

SZAKDOLGOZAT

OE-YBL
2024.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Erdélyi Dániel



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Erdélyi Dániel

Szakdolgozat száma: [REDACTED]

Törzskönyvi száma: [REDACTED]

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: Építőmérnöki

Specializáció: Magasépítési

A dolgozat címe: Stadion lelátó tartószerkezeti tervezése

A dolgozat címe angolul: Structural design of a stadium tribune

A feladat részletezése: Stadion lelátó vasbeton nézőterének és acél tetőszerkezetének tartószerkezeti tervezése, kiviteli terveinek készítése.

Intézményi konzulens neve: Szabó Balázs

A kiadott téma elévülési határideje: 2028. 12. 31.

Beadási határidő: 2024. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2024. 03. 06.

Óbudai Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
1446 Budapest, Thököly út 74.
1442 Budapest, 70., Pf. 117.

[Signature]
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2024. 05. 15.

[Signature]
belső konzulens

[Signature]
külső konzulens

SZAKDOLGOZAT KÖNZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: ERDELYI DÁNIEL Dolgozat száma: [REDACTED]
 Oktatási azonosítója: [REDACTED] Szak, specializáció megnevezése:
 Neptun azonosítója: [REDACTED] ÉPÍTŐMÉRNÖKI
 Törzskönyvi száma: [REDACTED] NYALAS ÉPÍTÉSI

A dolgozat címe magyar nyelven: STADIUM LEJÁRÓ TARTÓSZERKEZETI TERVEZÉS
 A dolgozat címe angol nyelven: STRUCTURAL DESIGN OF A STADIUM ROOF TRUSSES

Belső (kari) konzulens neve: STABO BALÁZS
 Külső konzulens neve:
 Külső konzulens munkahelye:

ALK.	DÁTUM	KÖNZULTÁCIÓ TÉMÁJA, TARTALMA	KÖNZULENS ALÁÍRÁSA
1.	<u>2024.07.23.</u>	<u>tematika, kiindulási adatok</u>	<u>[Signature]</u>
2.	<u>2024.03.08.</u>	<u>terv, geometriai változások</u>	<u>[Signature]</u>
3.	<u>2024.03.22.</u>	<u>acél méretezés</u>	<u>[Signature]</u>
4.	<u>2024.05.10.</u>	<u>vasbeton méretezés</u>	<u>[Signature]</u>

A Konzultációs naplót minimum négy alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A részvételt a konzulens akkor igazolhatja, ha arra a hallgató felkészülten érkezik, azaz érdemi konzultáció történt.

A hallgató a Szakedolgozat/Diplomaterv/Diplomamunka tantárgy(ak)* követelményét teljesítette.

Kelt: Bp. (hely), 2024.05.10. (dátum)

[Signature]
belső (kari) konzulens

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Erdélyi Dániel hallgató kijelentem, hogy a dolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült dolgozatban található eredményeket az Óbudai Egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Kelt: Budapest, 2024.05.12.



hallgató

Köszönöm a támogatást Menyasszonyomnak,
Testvéremnek és a Kész Metaltech Kft-nek.

Tartalom

TARTÓSZERKEZETI MŰSZAKI LEÍRÁS	3
1. Előzmények.....	3
2. Általános leírás.....	3
2.1. Az épület általános ismertetése	3
2.2. Az építési terület felszíni viszonyai	4
3. Talajmechanikai viszonyok.....	4
3.1. Talajrétegződés	4
3.2. Talajvíz viszonyok	4
4. Tartószerkezet leírása.....	4
4.1. Felhasznált szabványok	4
4.2. Anyagminőségek	5
4.3. Alapozás.....	6
4.3.1. Szerkezet leírása	6
4.4. Tetőszerkezet	6
4.4.1. Szerkezet leírása	6
4.4.2. Bővíthetőség	6
4.4.3. Merevítő rendszer	7
4.4.4. Kapcsolatok	7
4.5. Lelátó	7
4.5.1. Szerkezet leírása	7
4.5.2. Bővíthetőség	8
4.5.3. Merevítő rendszer	8
4.5.4. Kapcsolatok	8
5. Tervezett anyagok és anyagminőségek	8
6. Rezgésvizsgálat	9
7. Megjegyzések.....	9
TERVEZŐI NYILATKOZAT	10
8. Számítási melléklet	11
8.1. Geometria.....	11
8.2. Terhek	12
8.3. Beépített anyagok	29
8.4. Igénybevételek	30
8.4.1. Acélszerkezet.....	30
8.4.2. Vasbeton szerkezetek.....	43
8.5. Rezgés vizsgálat.....	85
9. Mellékletek.....	92
10. Felhasznált irodalom	93

TARTÓSZERKEZETI MŰSZAKI LEÍRÁS

1. Előzmények

A Szolnoki 1921 LSE – továbbiakban Beruházó- a Szolnok, Stadion u. 6. szám alatti, 465 hrsz.-ú ingatlanon meglévő labdarúgó pálya bővítését kívánja megvalósítani a Nemzeti Stadionfejlesztési Program keretén belül elnyert támogatási összegből. A Szabó és Társa Építész iroda – továbbiakban Megrendelő – felkérte Erdélyi Dániel tartószerkezeti tervezőt a tárgyi munka „C” jelű lelátó tartószerkezeti tervezésére. Jelen tartószerkezeti tervfejezet a kiviteli tervdokumentáció részeként készült, alapjául 1:100-as léptékű építészeti kiviteli tervek, illetve az Major Civil Kft. általános talajmechanikai szakvéleménye szolgáltak.

2. Általános leírás

2.1. Az épület általános ismertetése

A tervezett építmény a szolnoki labdarúgó pálya bővítésének része. A már meglévő lelátó és sportpálya mellé tervezett 3 darab lelátó, 2 darab parkoló és 1 darab kiszolgáló épület kerül kivitelezésre. Jelen dokumentum a lelátók közül a „C” jelű lelátó tartószerkezeti tervezésével foglalkozik. Az építmény vasbeton lelátóból és rácsos acél tetőszerkezetből áll. A lelátó vasbeton pilléreken ülő vasbeton gerendákból áll, rajtuk 2 támaszú tartóként ültetett vasbeton fiók gerendákkal. A pilléreket falazat tölti ki merevítés és funkcionális okok miatt. Az acél rácsos tetőszerkezet cső szelvényekből készül. Egyik lába a vasbeton szerkezeten, másik két lába vonórúdként a talajba kötve viseli a terheket. Alapozása vegyes alapozás. Pont alapozást a kevésbé igénybe vett pillérek alá, sávalapot a falazat alá, cölöp alapozást az acél tető tartó pillér és a vonórudak alá választottunk. A mély alapozásnak az oka az agyagos altalaj miatti elcsúszás veszély és a konzolos tető kialakítás miatti egyenlőtlen süllyedés. A szerkezet 20 raszterből áll, összesen 116 méter hosszú és 21 méter széles.

2.2. Az építési terület felszíni viszonyai

A vizsgált építési terület jelenleg használaton kívüli, beépítetlen terület. A geodéziai mérések alapján síknak tekinthető.

3. Talajmechanikai viszonyok

A tervezéshez a Major Civil Kft által készített talajvizsgálati jelentést vettem alapul, amelyben 2 darab 20 méter mély CPT nyomószondázást készítettek. A szondázás eredményeit csatolom a műszaki leírás mellékleteként.

3.1. Talajrétegződés

A feltárásokban nagy rétegvastagú agyagréteg jelentkezett 4 méterig a térszín alatt. 4 és 10 méter között homokos réteggel találoztunk, aminek a határvonalát a szondázás markánsan jelzi. Utána merev agyagréteggel ütközünk, ami a terület alapkőzete. Részletes adatokat a TVJ tartalmazza.

3.2. Talajvíz viszonyok

Magyarország talajvíz térképe alapján a területen a talajvíz átlagos mélysége a 4 - 8 m közötti mélységtartományban van. Mind a két szondázás során alkalmával 4 méter mélyen talajvízbe ütköztünk. A TVJ a karakterisztikus talajvízszintet 2 méter mélyen határozta meg. Az alaptetek alsó síkja -1,50 méteren van, így a munkavégzés során nem kell a víztelenítéssel számolni.

A laborba küldött minták alapján a talajvíz nem agresszív, speciális betontechnológiát nem igényel az alapozás.

4. Tartószerkezet leírása

4.1. Felhasznált szabványok

MSZ EN 1990 Eurocode 0: A tartószerkezetek tervezésének alapjai

MSZ EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások

MSZ EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése

MSZ EN 1993 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése

MSZ EN 1996 Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése

MSZ EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés

MSZ EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek földrengésállóságának tervezése

4.2. Anyagminőségek

szerkezet	szerkezeti elem	anyagminőség
főtartó	CHS 101,6x12,5	S355
	CHS 101,6x4	S355
	CHS 101,6x5	S355
	CHS 101,6x8,8	S355
	CHS 193,7x8	S355
	CHS 21,3x4	S355
	CHS 38x4	S355
	CHS 42,4x4	S355
	CHS 48,3x4	S355
	CHS 54x4	S355
	CHS 63,5x4	S355
	CHS 82,5x4	S355
	CHS CF 193,7x8,8	S355
merevítés, szérlács	CHS 101,6x4	S355
	CHS 48,3x4	S355
	CHS 51x4	S355
	CHS 57x4	S355
szelemen	Z150x2,5	S350GD+Z275
vonórúd	CHS101,6x10	S355
főktartó	L41,5x105	C30/37-XC3-16
	L41,5x185	C30/37-XC3-16
	200x20	C30/37-XC3-16
gerenda	55x85	C30/37-XC3-16
pillér	55x55	C30/37-XC3-16

4.3. Alapozás

4.3.1. Szerkezet leírása

Az épület alapozása vegyes alapozás. „A”, „B” és „C” tengelyen sík, még a „D” és „E” tengely alatt mélyalapozással számoltunk.

Síkalapozásnál az alapozási sík -1,50m. Az alapozás módja monolit ponttalap, amibe az előregyártott kelyhek kerülnek bekötésre a pillérek esetében. A „B” és „C” tengely mentén futó falazat alatt sávalap kerül kivitelezésre.

A cölöpcsoportokat fejtömbökkel fogjuk össze, amibe belekötjük a vasbeton pillérek esetében a befogását adó előregyártott kehelynyakakat, az acél vonórudak esetében pedig a lehorgonyzást biztosító szerelvényeket.

4.4. Tetőszerkezet

4.4.1. Szerkezet leírása

A tető acél rácsos cső szelvényű szerkezet. A főtartó felső öveire hegesztett szelemen tartó bakokra ülnek Z150/2,5 szelemenek, amire trapézlemez héjalás kerül. A főtartó konzolos végén kerülnek kialakításra a sportpályát megvilágító lámpák. Ezeknek a villamos berendezéseknek a karbantartása érdekében szükséges volt szerelőjárda fogadására szolgáló szerkezet tervezése. Ezt egy teljes hosszon végigfutó háromdimenziós rácsostartó oldja meg. Az előbb említett mellett két másik rácsostartó merevíti az építményt hosszában. Keresztirányban szélrács mezők kerülnek kialakításra három helyen. Egy főtartó 3 fő szerkezeti elemből áll össze. Az alsó öv CHS 193,7x8, a felső övek CHS 101,6x4 és CHS 101,6x8,8, a rácsrudak 21,3x4, 38x4, 42,4x4, 48,3x4, 54x4, 63,5x4, 82,5x4 méretű csőszelvényekből állnak. A merevítés és szélrács 101,6x4, 48,3x4, 51x4 és 57x4 méretű csőszelvény. Az tetőszerkezet anyaga S355 minőségű acél. A szelemenek S350GD + Z275 minőségű horganyzott acél. Az acélszerkezet bevonatrendszere a vonatkozó építész tervek szerint készül.

4.4.2. Bővíthetőség

Az épületszerkezetet nem terveztük bővítés esetére.

4.4.3. Merevítő rendszer

A tetőszerkezet keresztirányú merevítését három, a 4-5, 10-11 és a 16-17. raszter közötti szélrács mező adja.

Hosszirányban pedig az építmény teljes hosszában, a főtartók között végig futó három rácsostartók adják.

4.4.4. Kapcsolatok

A főtartók a „D” tengelyen talplemezzel kapcsolódnak a vasbeton gerendában bebetonozott szerelvényekhez, az „E” tengelyen pedig karimás kapcsolattal a vonórudakhoz. A főtartó rács rudjai műhelyben kerülnek összehegesztésre. A főtartó toldása 4 rácsrúdon karimás toldással, az ereszt tartó szerkezet pedig a főtartóhoz hegesztett pengelemezzel kerül legyártásra. A szélrácsok és merevítések hevederlemezes kapcsolattal kerülnek kialakításra a főtartókkal.

Csavarok minősége 8.8. Csavarozott kapcsolatok „A” és „D” osztályúak. Hegesztés gyökmérete minimum 3mm, de a kisebb lemez vastagság 70%-a sarok és 100% tompavarrat esetén.

4.5. Lelátó

4.5.1. Szerkezet leírása

A lelátó vasbeton szerkezetű fióktartókból, gerendákból és pillérekből áll. A fióktartók szelvényei L41,5x105, L41,5x185 és 200x20. Két támaszú tartóként ülnek a pilléreken. A 4-5, 10-11 és 16-17. raszterben kerül kialakításra a nézőtérre vezető acél szerkezetű lépcső a „B” és a „C” tengely között. Ezeken a fióktartókon kerülnek telepítésre a nézőtérhez tartozó funkcionális berendezések, mint székek, korlátok, könyöklők, lépcsők. A fióktartók tengelyére merőlegesen 3 darab gerenda ül kéttámaszú tartóként a pilléreken raszteronként. A pillérek rövidkonzolos kialakítással tartják a gerendákat. A pillérek közé kerül a „B” és „C” tengely közé falazat. Az épület merevítése mellett itt kapnak helyet a kiszolgáló helységek is, mint játékos és bírói öltözők, raktárak, orvosi szobák és büfék. A beton minősége C30/37-XC3-16. Betonacél B500.

Az acél alapanyagú vonórudakat belekötjük az alaptestbe, majd terepszintig kibetonozzuk a helyszínen a biztonság és a korróziógátlás miatt.

4.5.2. Bővíthetőség

Az épületszerkezetet nem terveztük bővítés esetére.

4.5.3. Merevítő rendszer

Az épületrész merevítését a „B” és „C” tengely közé épített falazat biztosítja.

4.5.4. Kapcsolatok

A fióktartók és a gerendák közötti rögzítést a gerendákba bebetonozott betonacél túske adja meg. A fióktartókban található PVC cső szolgál ezen tüskék fogadására. Majd a helyszínen ezt ki kell betonozni. A gerendákban is található PVC cső, ami a pillérekből kiálló tüskék fogadására szolgál. Ezek a kapcsolatok csuklós kapcsolatként viselkednek.

A pillérek 80 centiméter mélyen beleülnek a monolit alaptestbe bebetonozott előregyártott kehely elembe, majd ezt a helyszínen kibetonozzák. Ezzel befogott kapcsolatot kialakítva.

Az acél alapanyagú vonórudak karimás lemezekkel kapcsolódnak az alaptestbe bebetonozott szerelvényhez. Kiszakadás ellen a diafragmák és a helyszíni betonozás gondoskodnak.

5. Tervezett anyagok és anyagminőségek

Betonminőségek: C30/37-XC3-16

Betonacélok: B500

Szerkezeti acélok: S355

Szelemenek: S350GD + Z275

6. Rezgésvizsgálat

Előzetes becslés és a végeselemes program számításai szerint is a vasbeton lelátó szerkezetének sajátfrekvenciája meghaladja az 5 Hz-t. Ennek a dokumentálását a számítási mellékletben részletezem.

7. Megjegyzések

Fentiek, valamint a mellékelt statikai számítás alapján megállapítható, hogy a tervezett épület megépítésének az adott helyen tartószerkezeti akadálya nincs. A szerkezetek terv szerinti, szakszerű kivitelezése esetén kellő biztonsággal képesek betölteni teherhordó funkciójukat, megfelelnek a velük szemben támasztott állékonysági követelményeknek.

Jelen műleíráshoz statikai számítás tartozik, mely az épületek fontosabb tartószerkezeti elemei közül a legjobban igénybevetettek méretezését tartalmazza. Az itt kiszámítottak értelemszerűen érvényesek a kisebb terheknek kitett szerkezetekre is.

Budapest, 2024.04.18.

Erdélyi Dániel
tartószerkezet tervező

TERVEZŐI NYILATKOZAT

a Szolnok, Stadion u. 6. szám alatti létesítmény

Kivitelezési Tervéhez

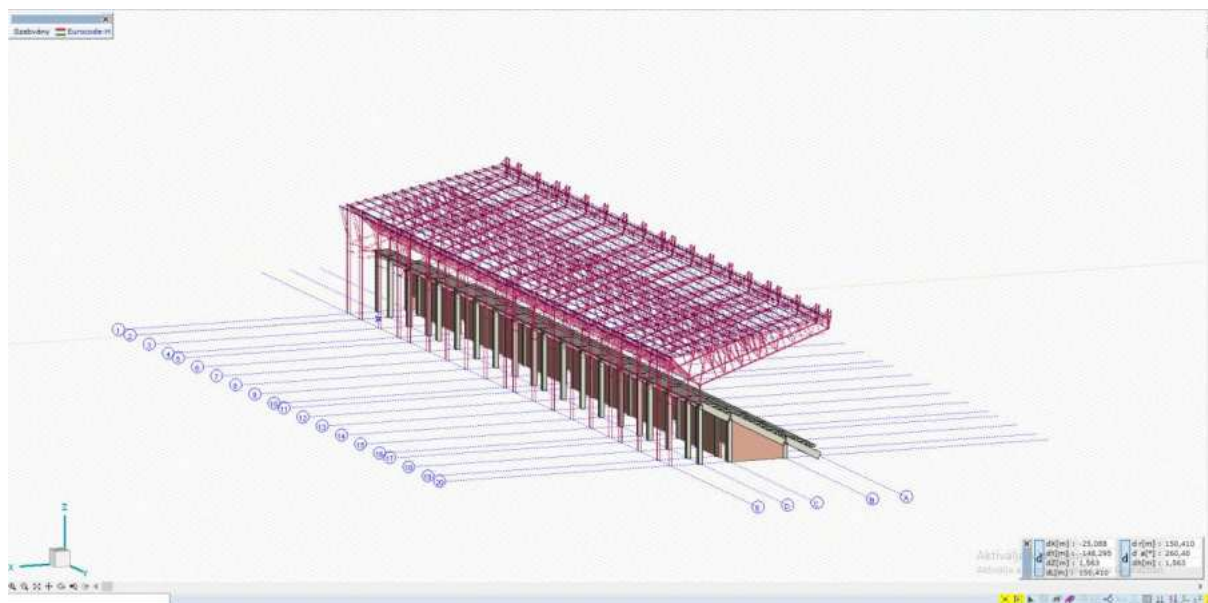
Alulírott Erdélyi Dániel, mint a tárgyi létesítmény statikus tervezője kijelentem, hogy a mellékelt Kivitelezési Tervdokumentációban bemutatott építési munkák az érvényes szabványok és előírások betartásával készültek, azok alól felmentést semmilyen tekintetben nem kellett kérni.

Budapest, 2024.04.18.

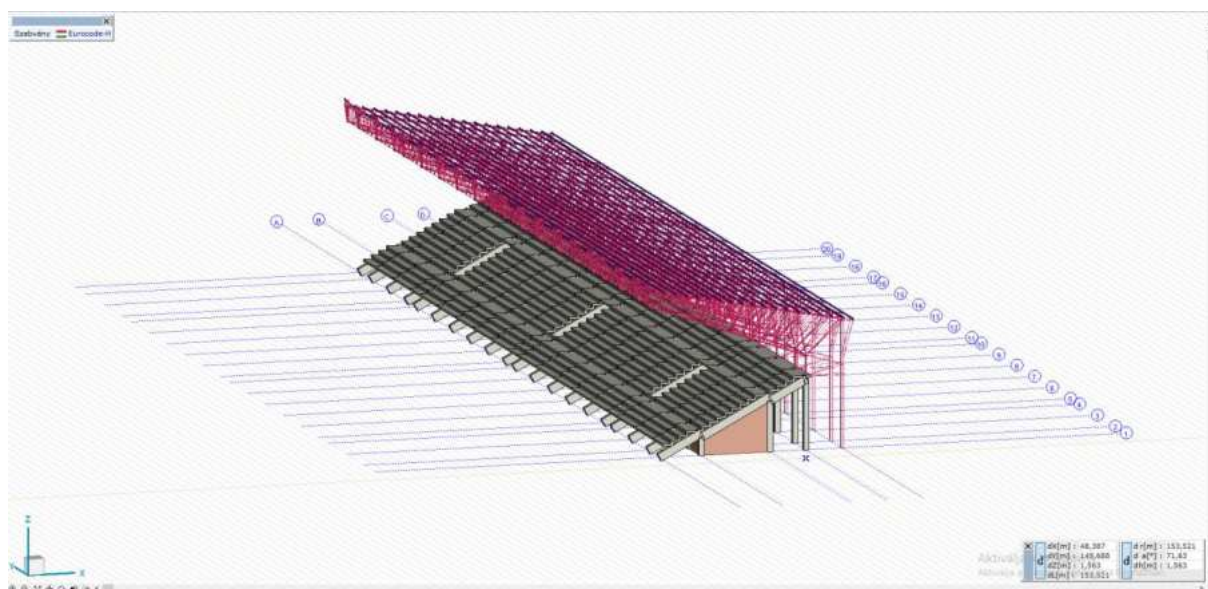
Erdélyi Dániel
tartószerkezet tervező

8. Számítási melléklet

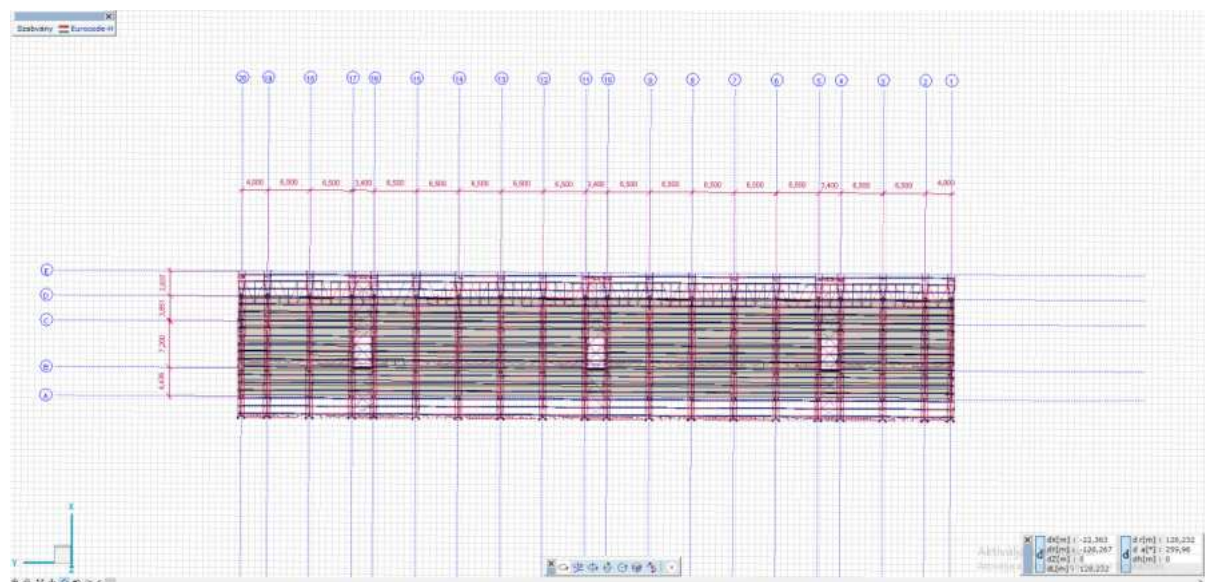
8.1. Geometria



1.kép: tervezett épület látványterve 1.

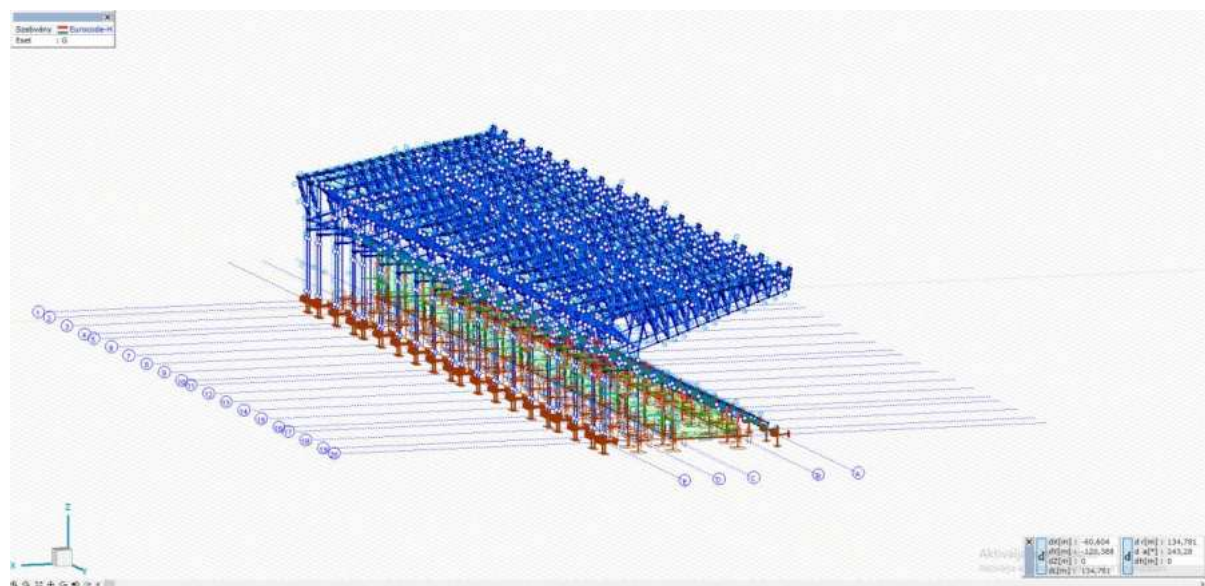


2.kép: tervezett épület látványterve 2.

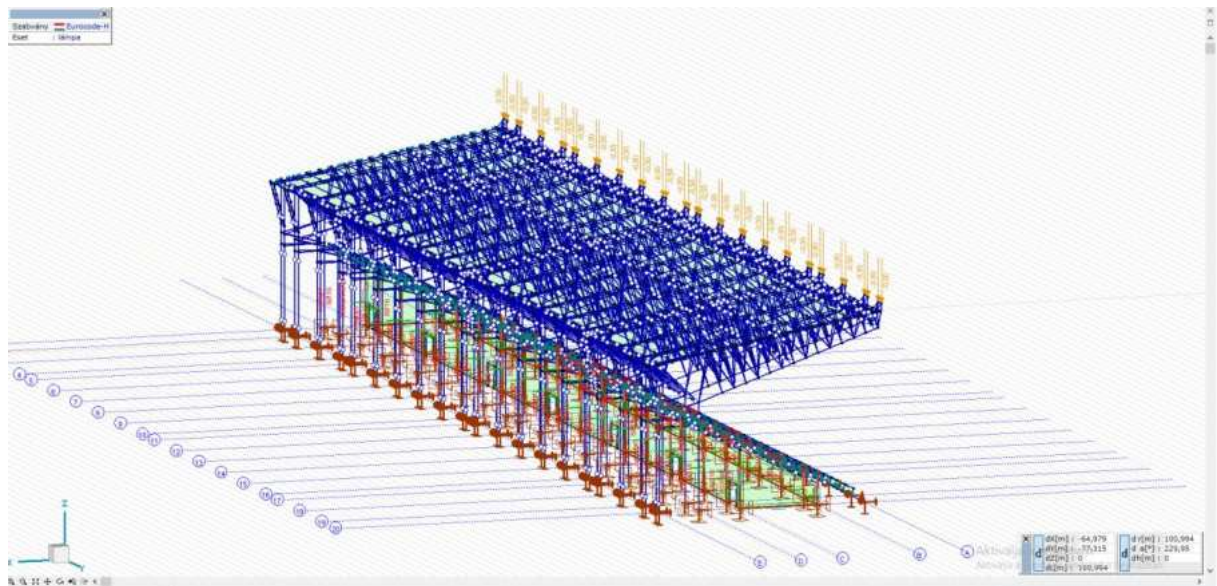


3.kép: tervezett épület tengely kiosztása.

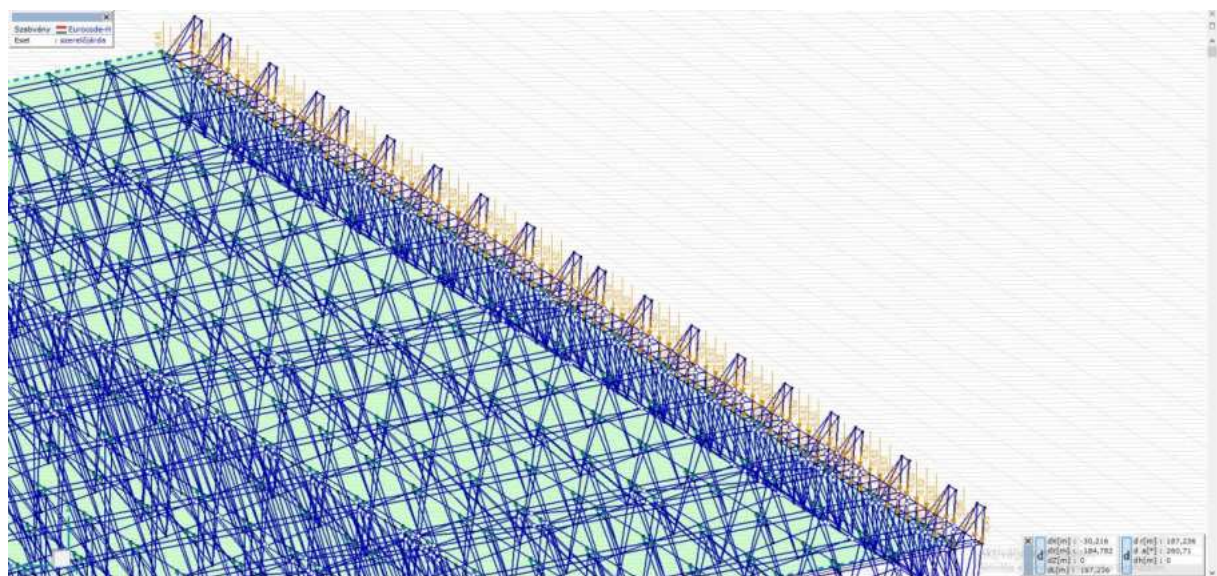
8.2. Terhek



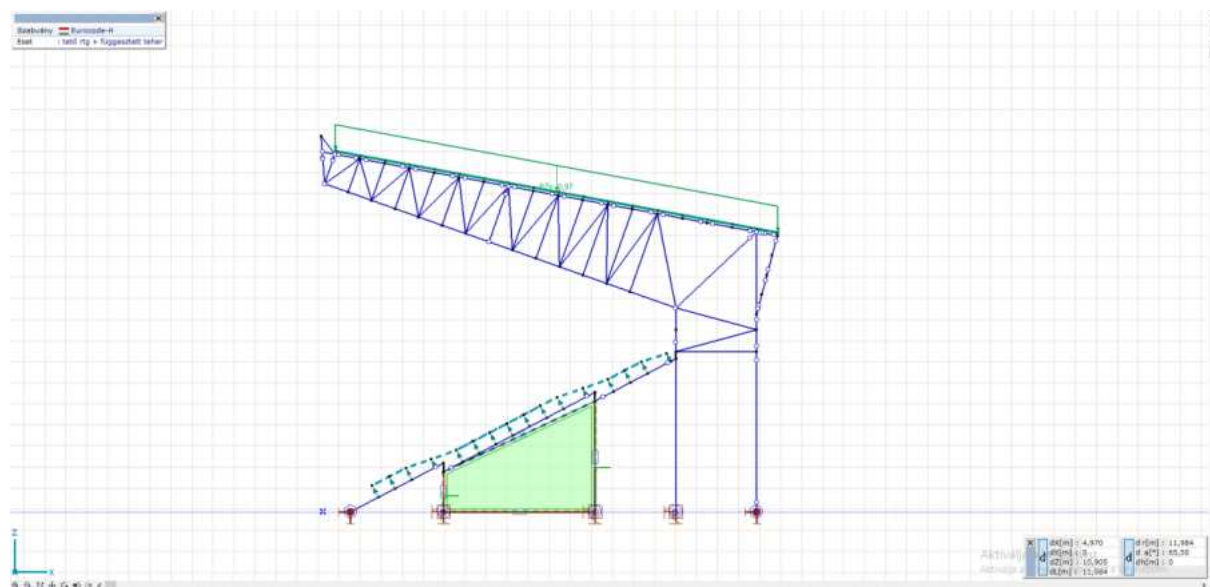
4.kép: önsúly



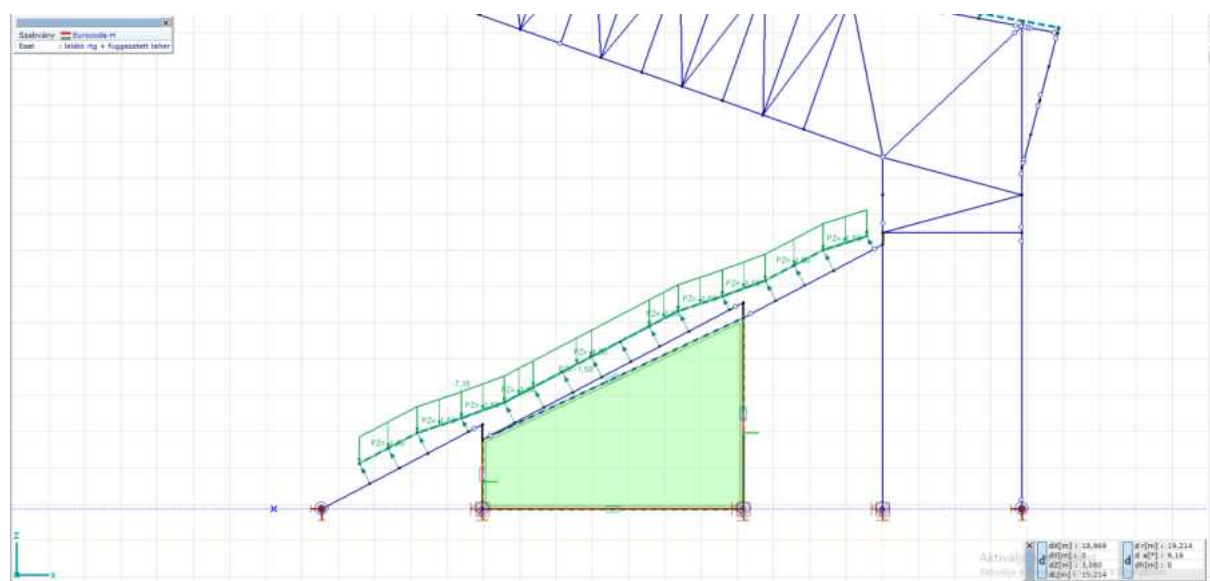
5.kép: lelátót megvilágító lámpák önsúly terhe



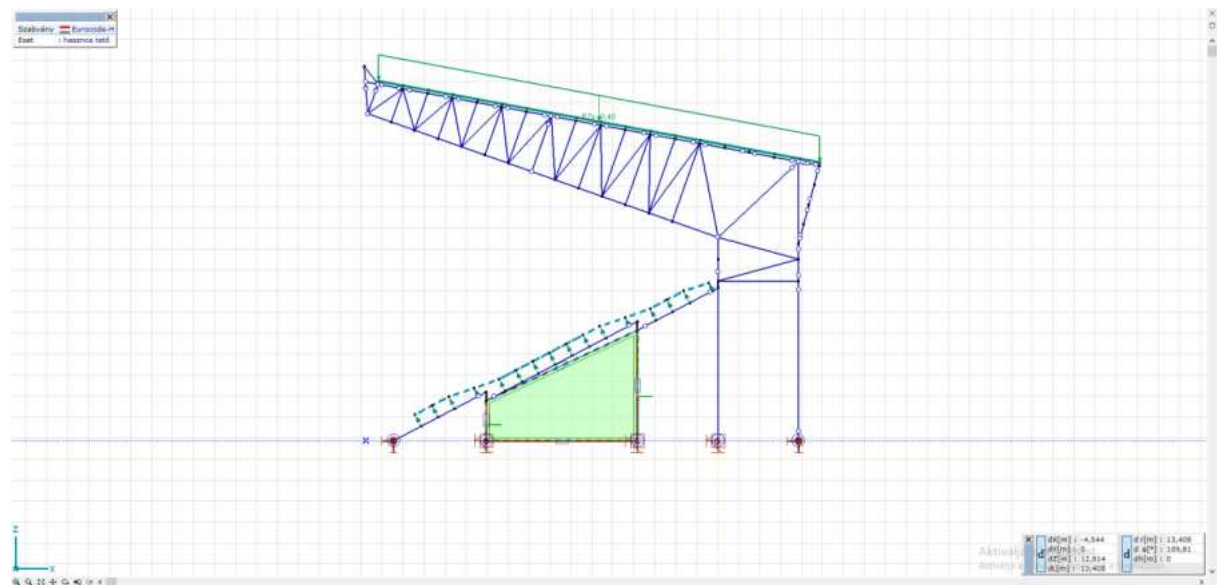
6.kép: szerelőjárda önsúly terhe



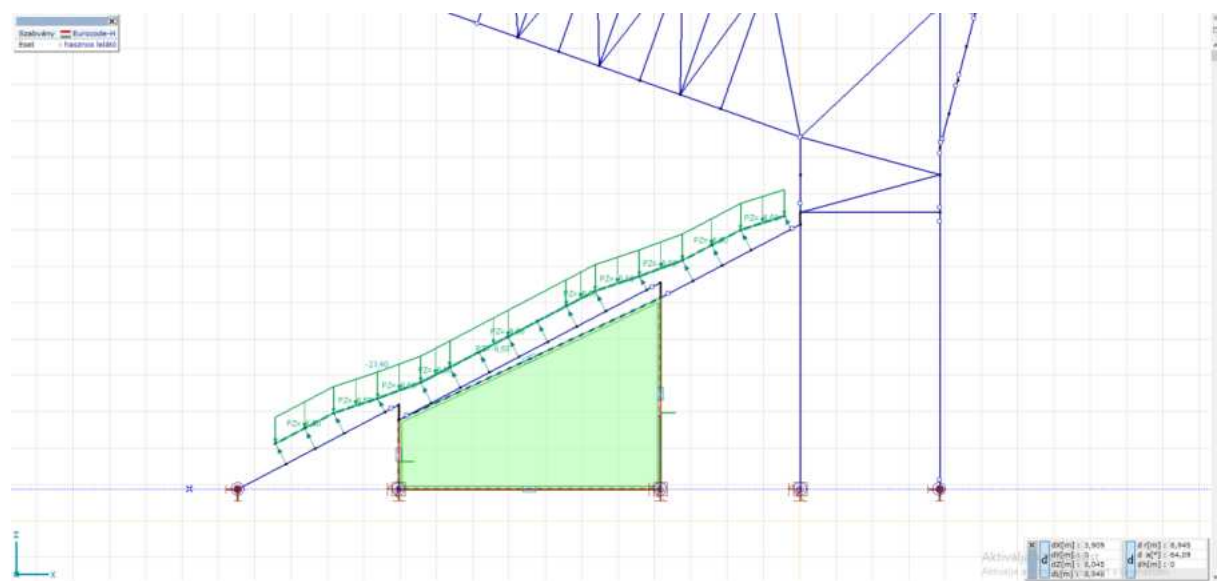
7.kép: tető önsúlya (rétegrend + függesztett terhek)



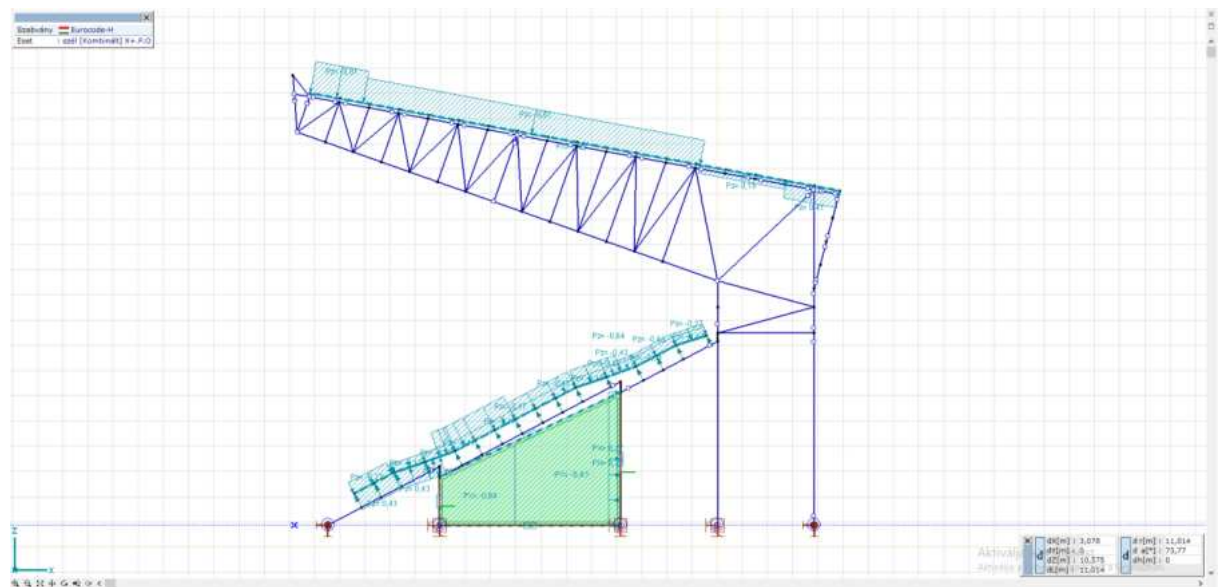
8. kép: lelátó önsúlya (rétegrend + függesztett terhek)



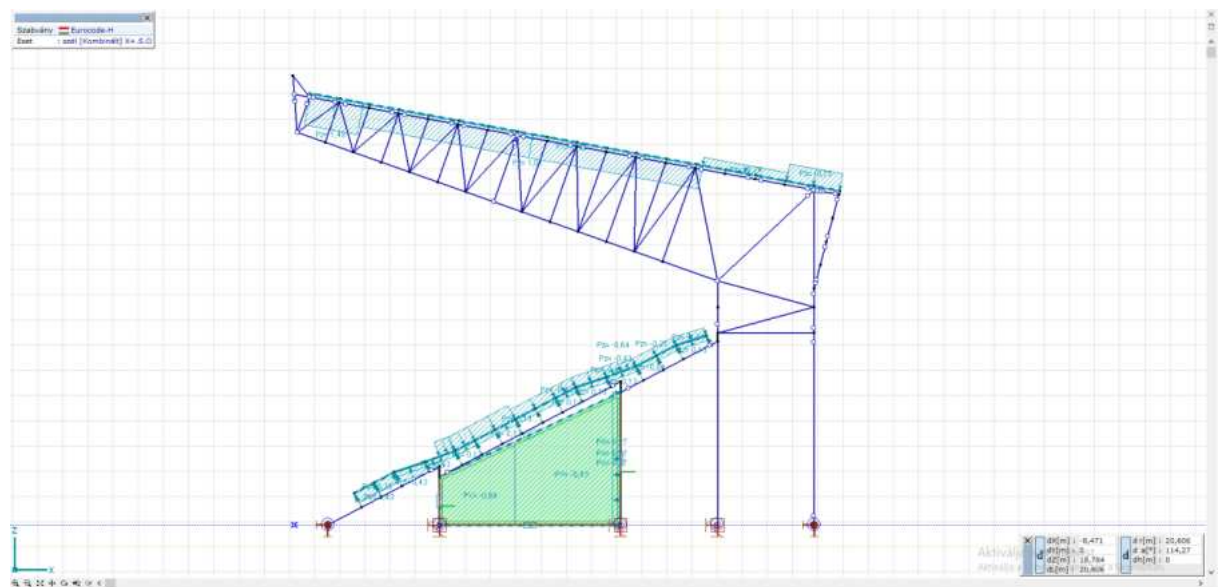
9. kép: tető hasznos teher



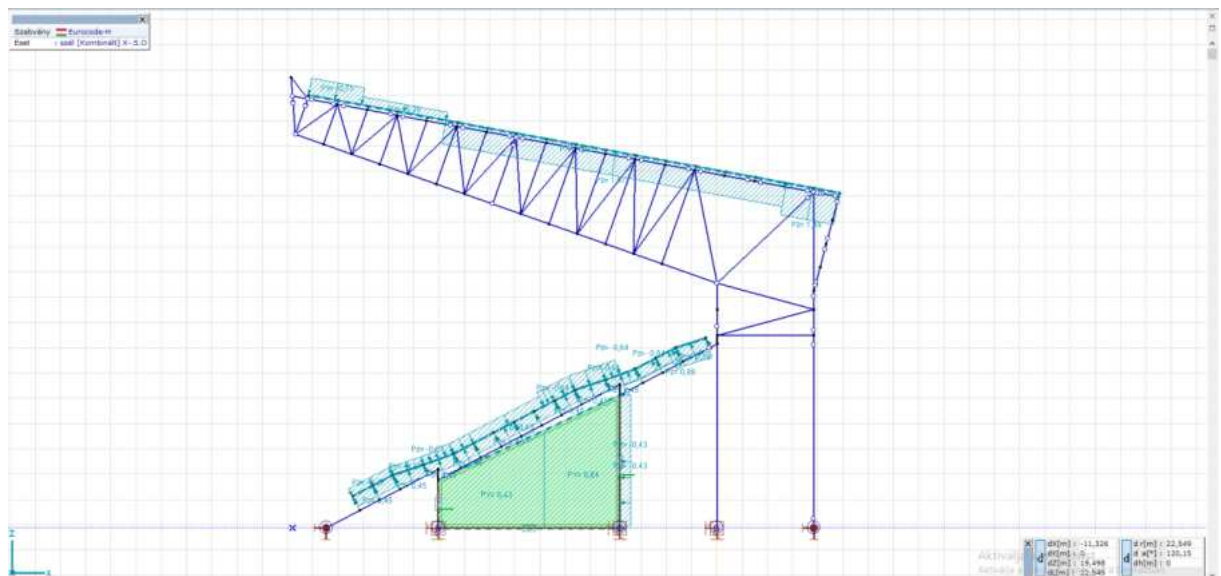
10. kép: lelátó hasznos teher



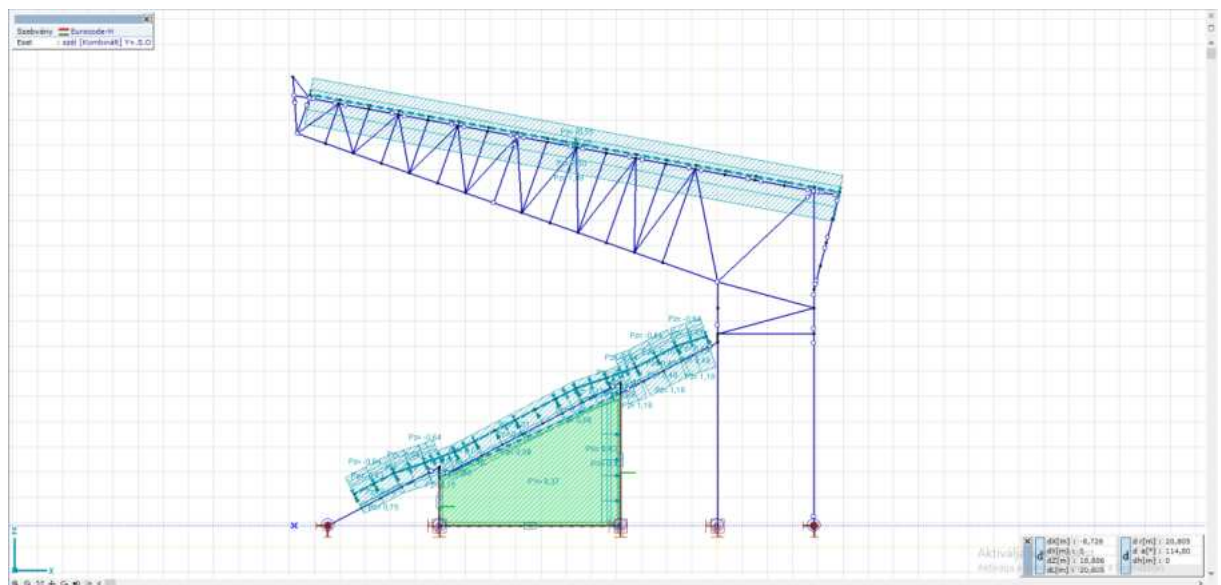
11. kép: szélteher 1



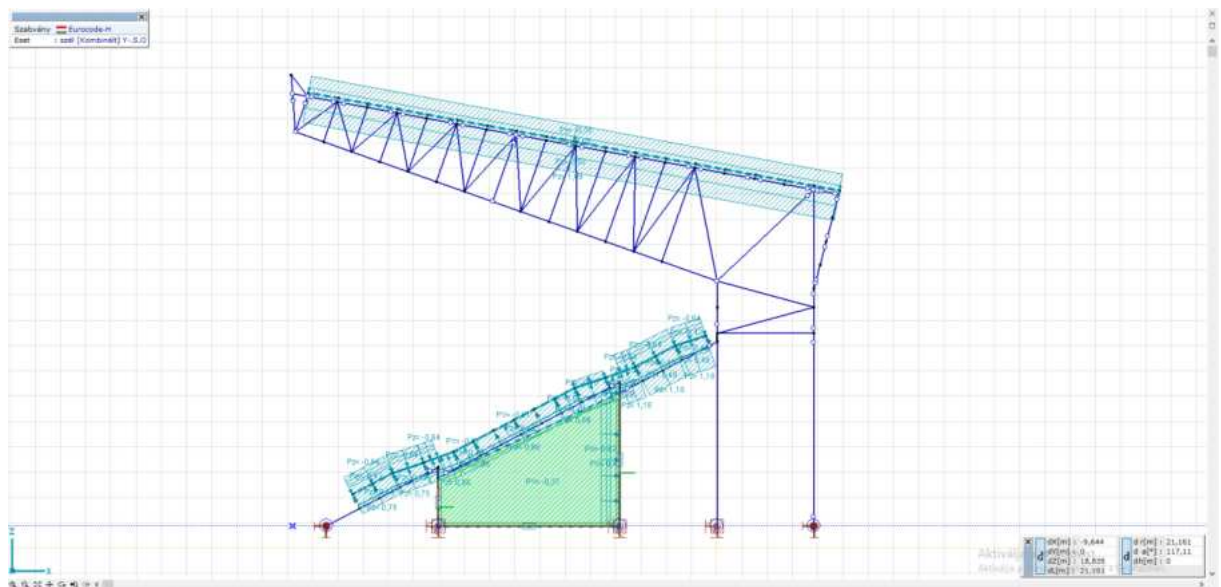
12. kép: szélteher 2



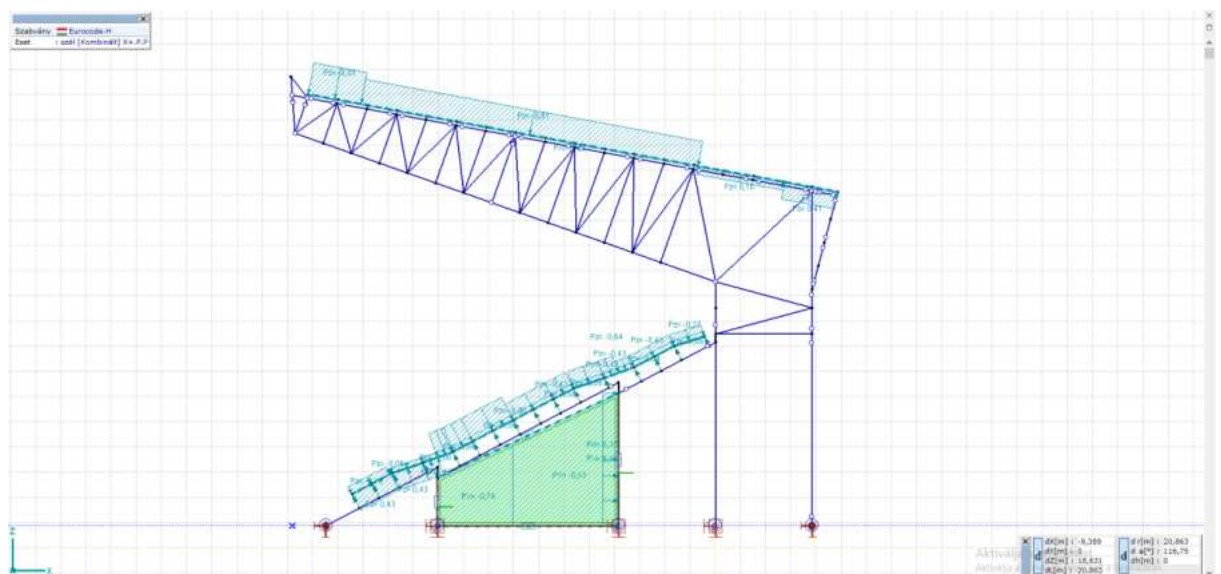
13. kép: szélteher 3



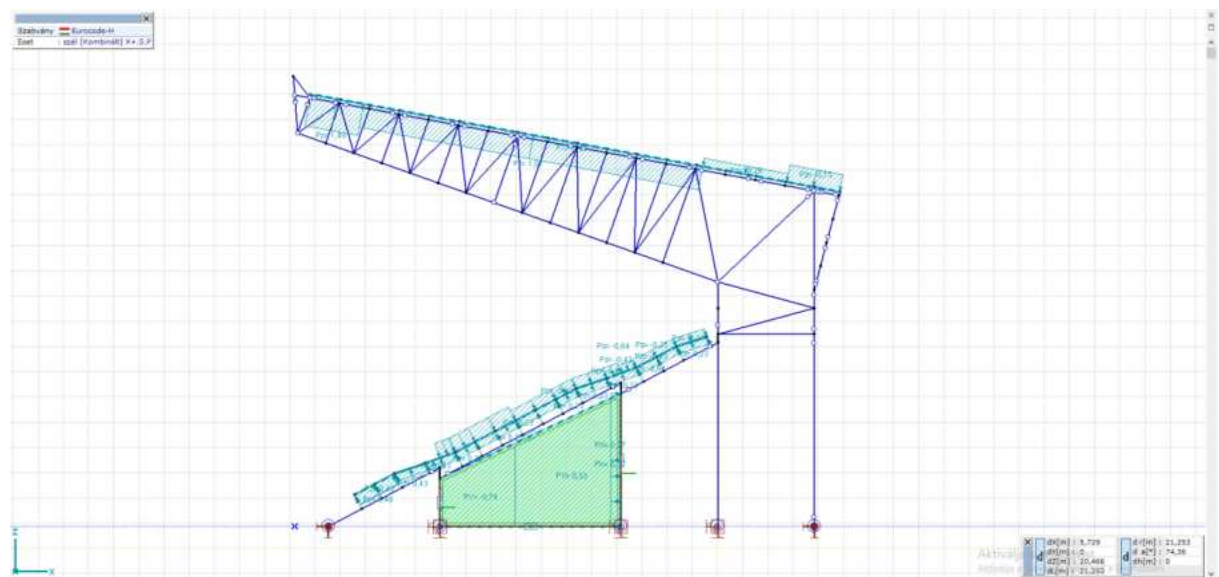
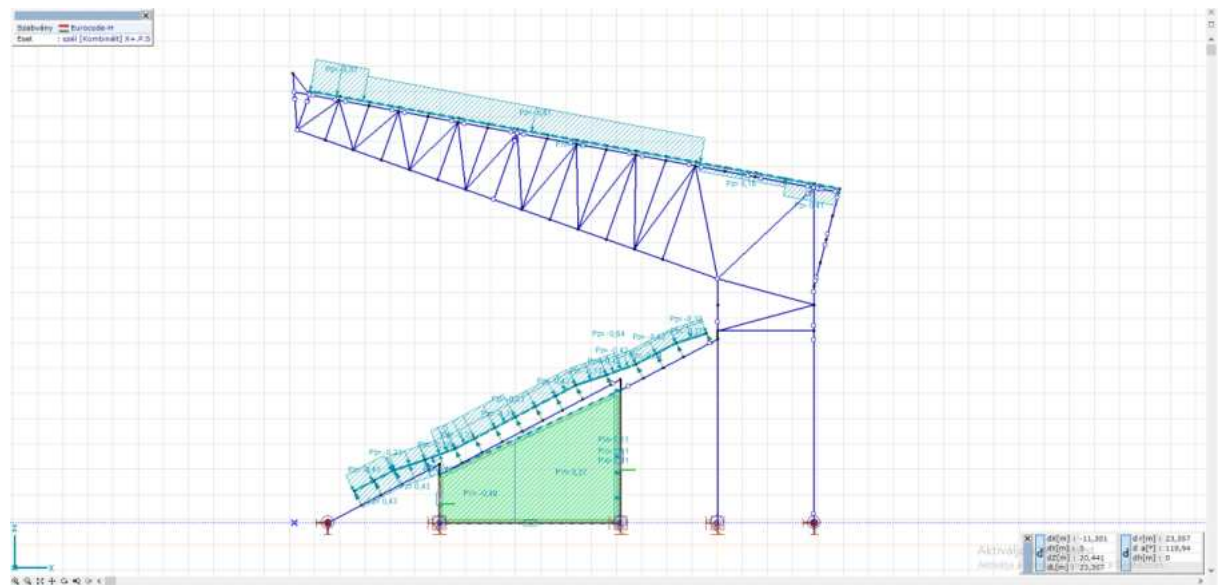
14. kép: szélteher 4

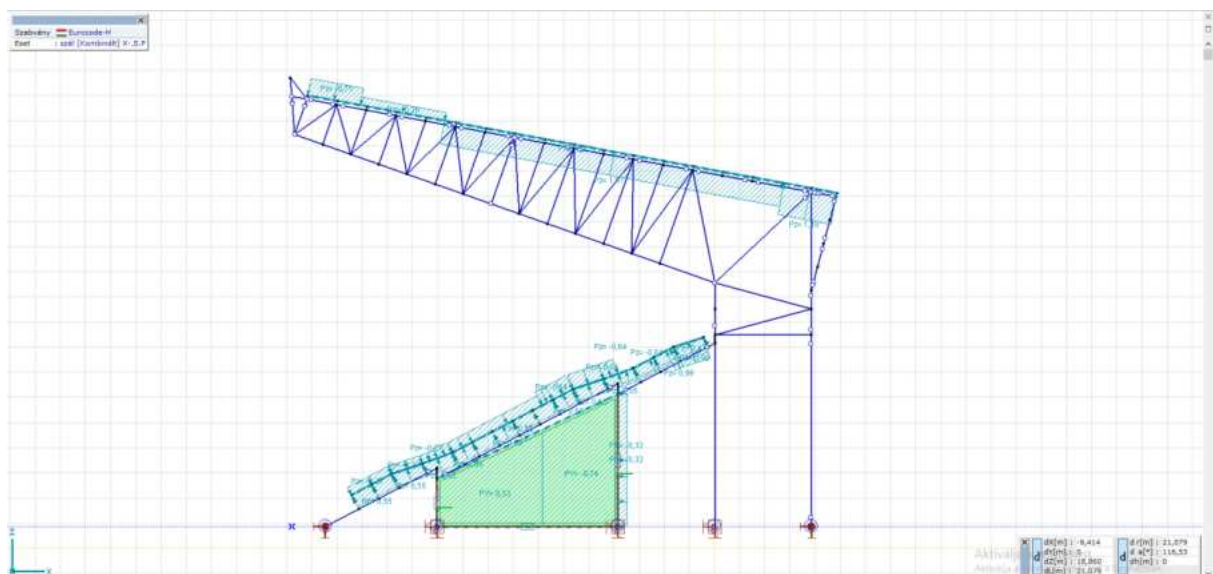
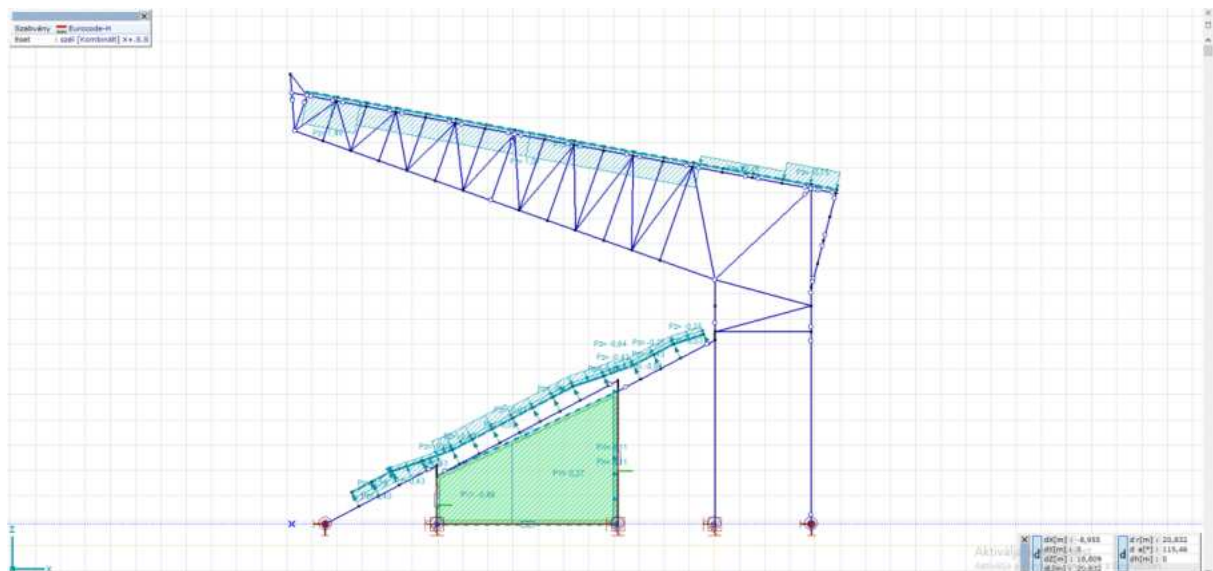


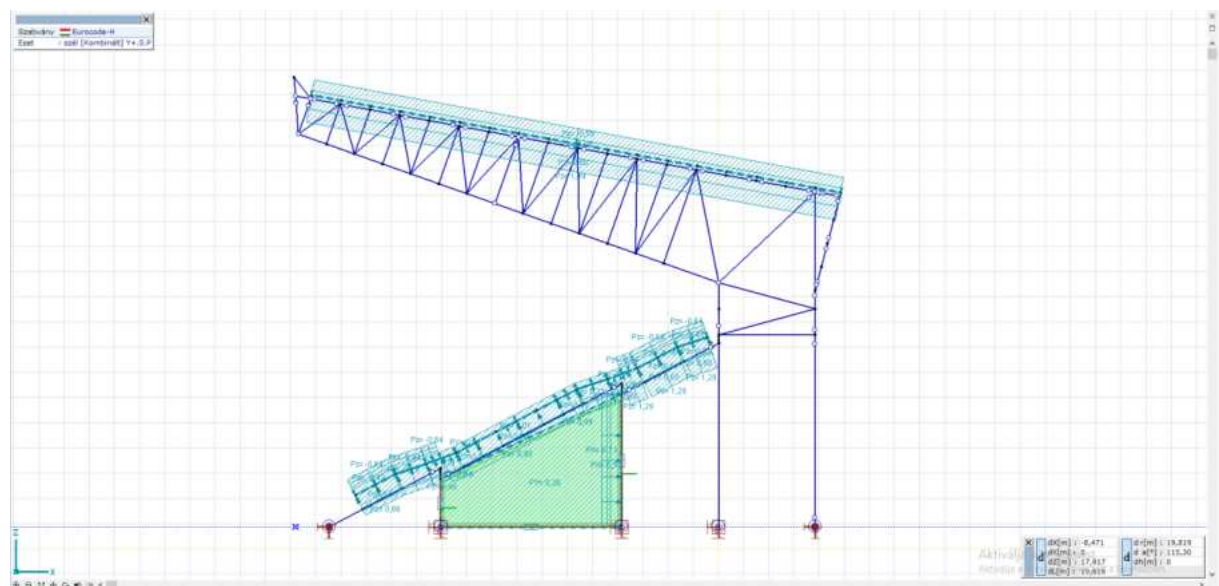
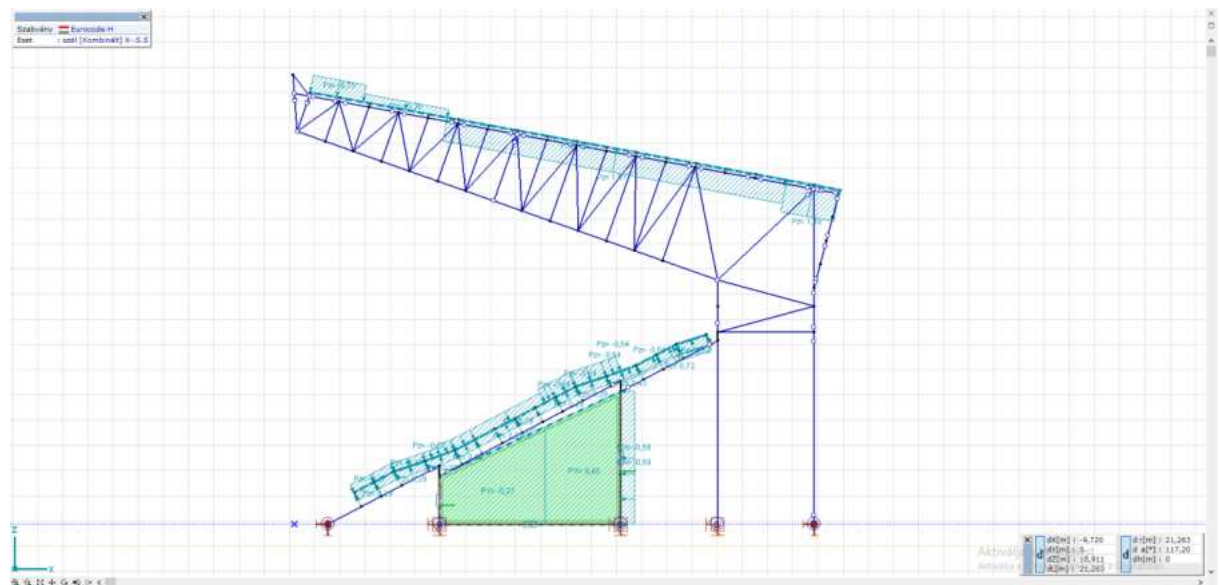
15. kép: szélteher 5

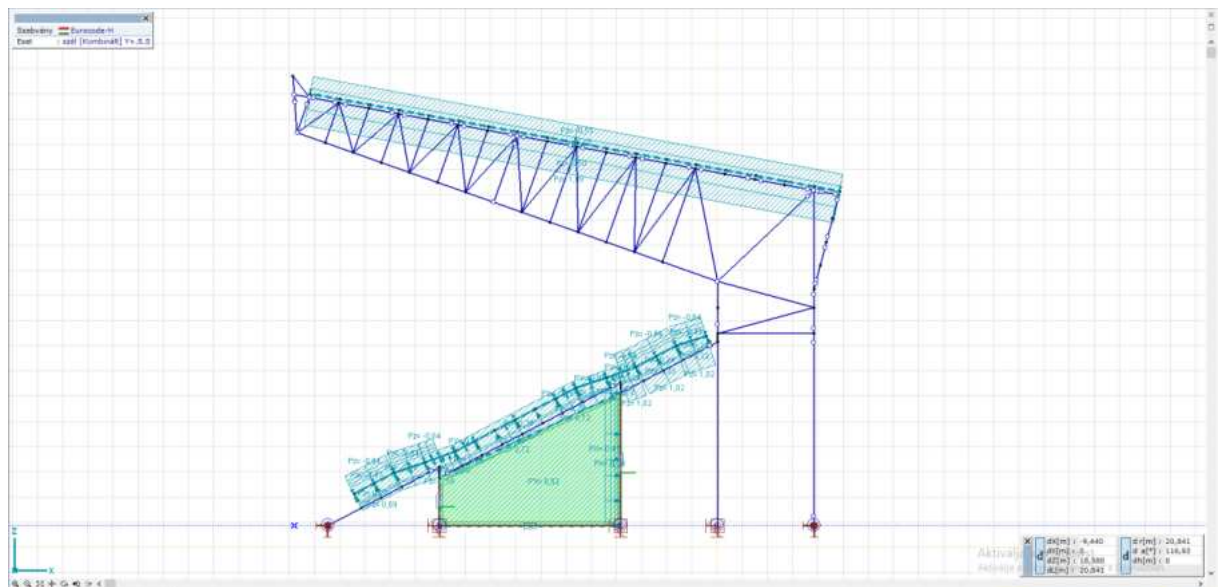


16. kép: szélteher 6

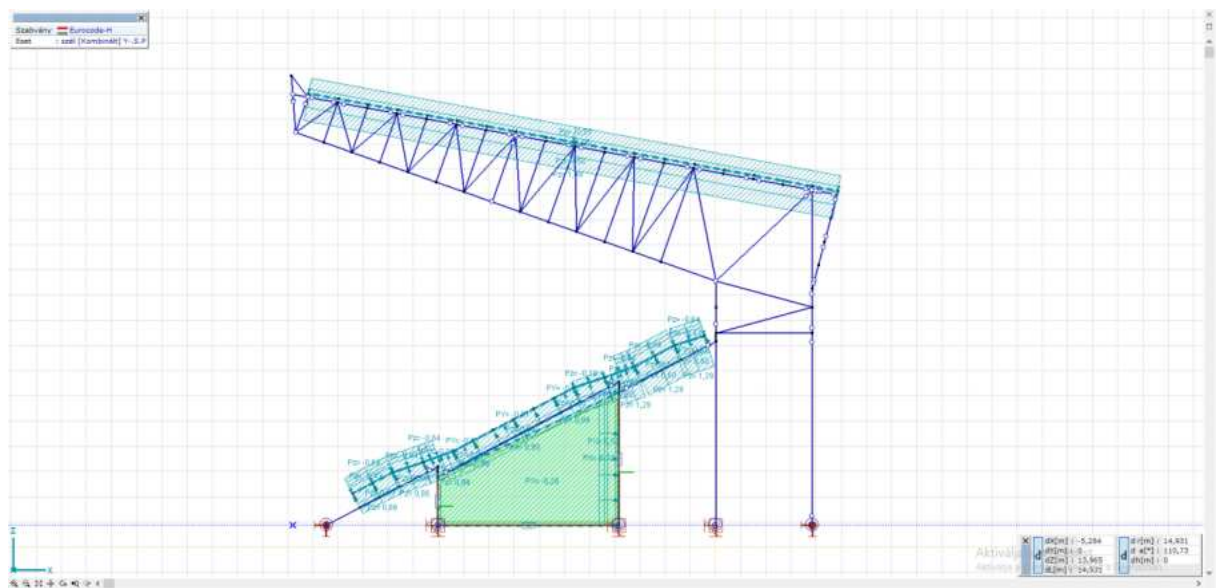




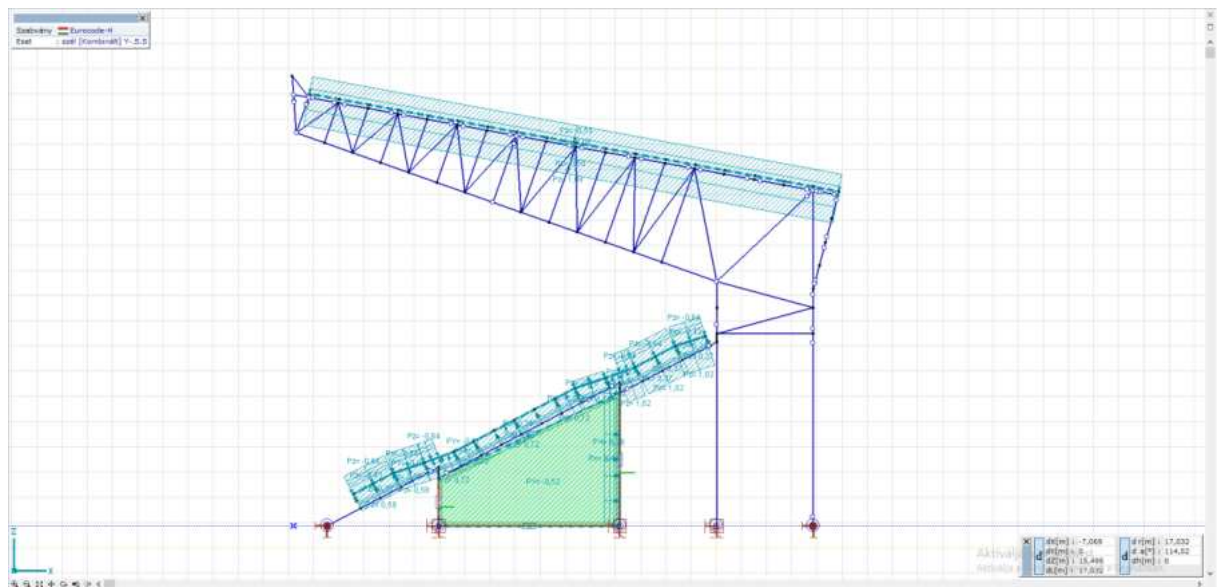




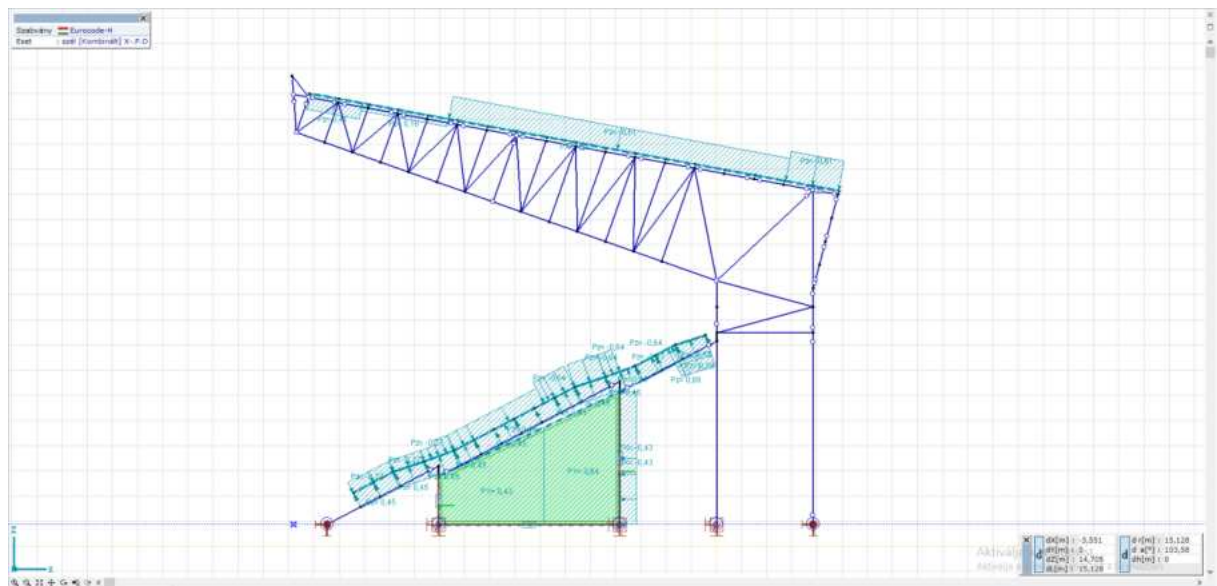
23. kép: szélteher 13



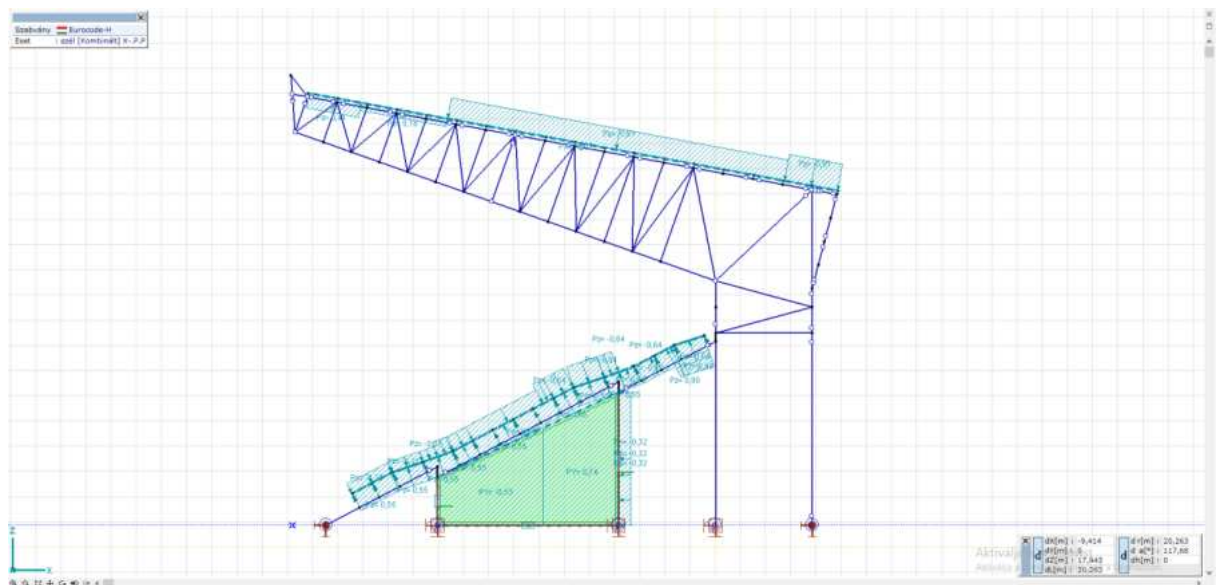
24. kép: szélteher 14



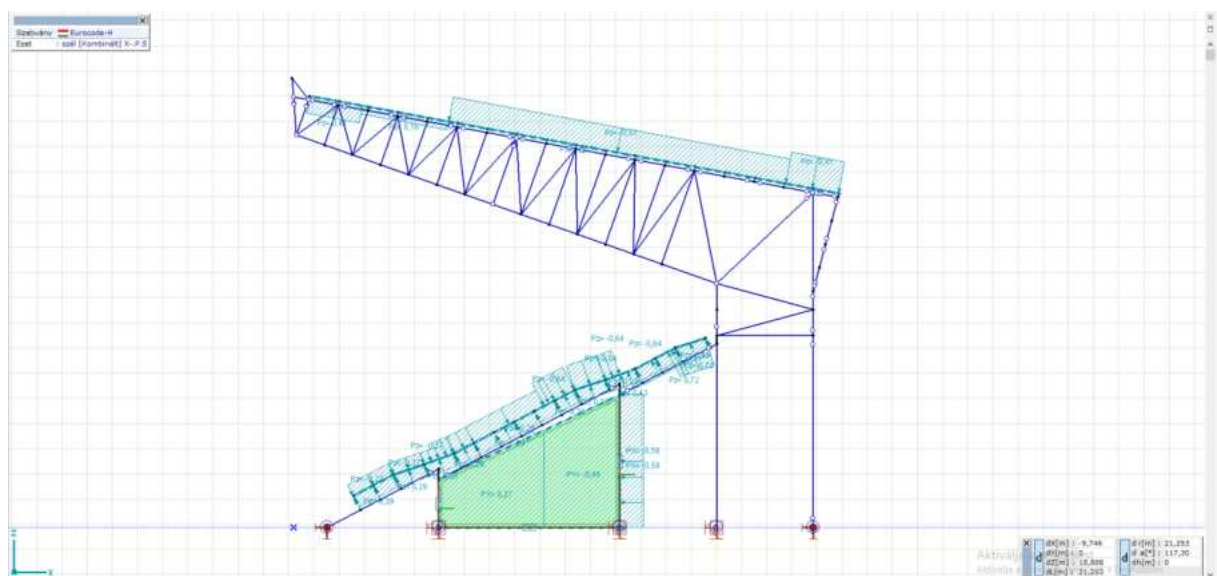
25. kép: szélteher 15



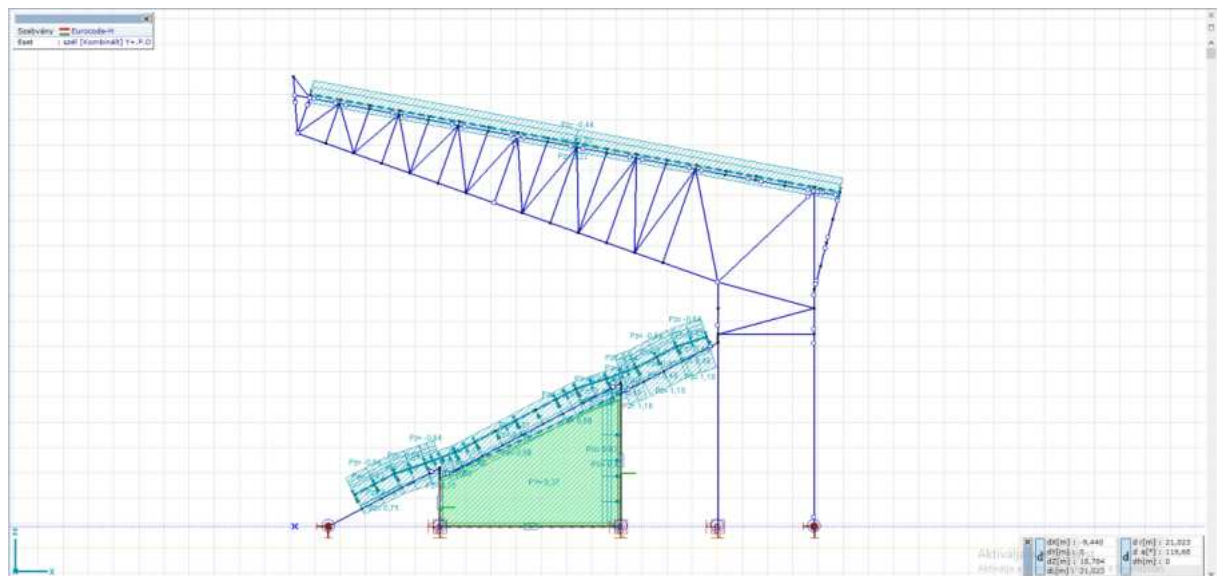
26. kép: szélteher 16



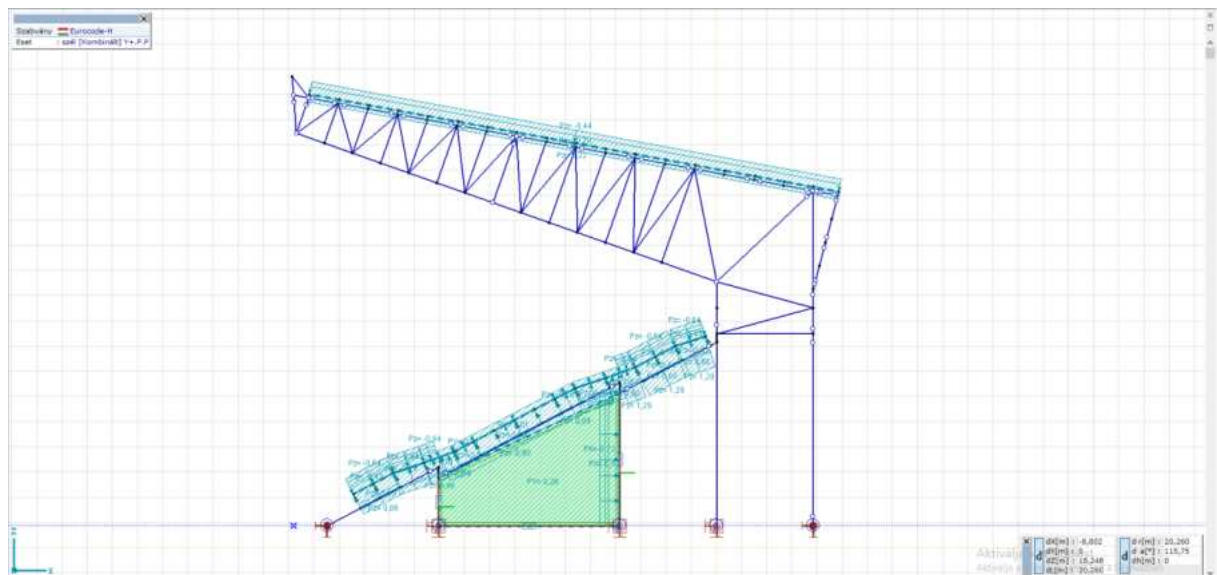
27. kép: szélteher 17



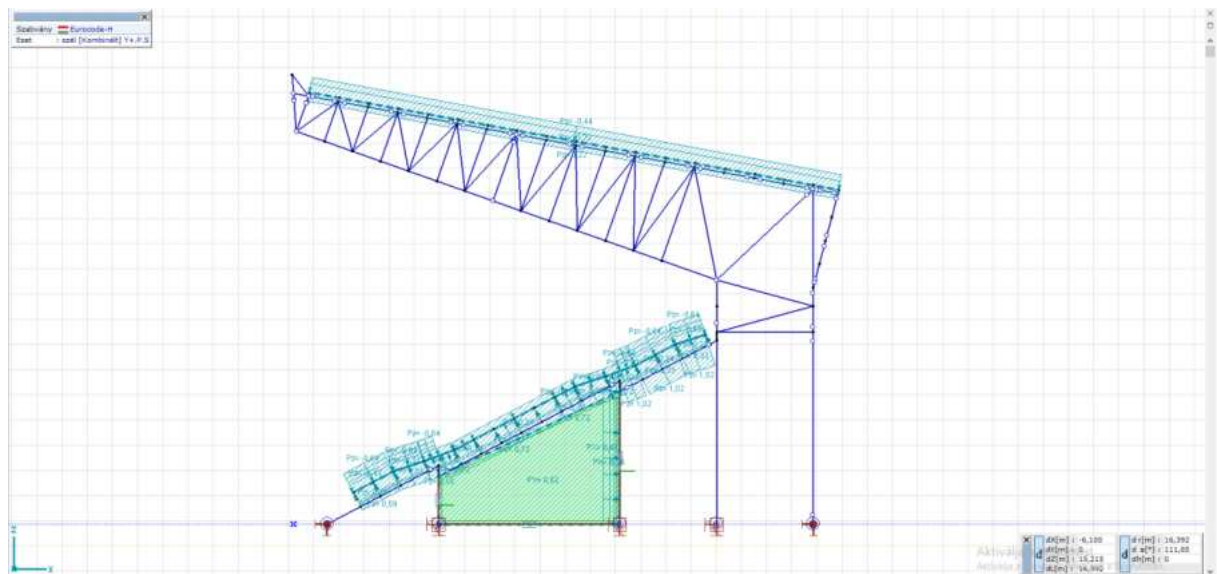
28. kép: szélteher 18



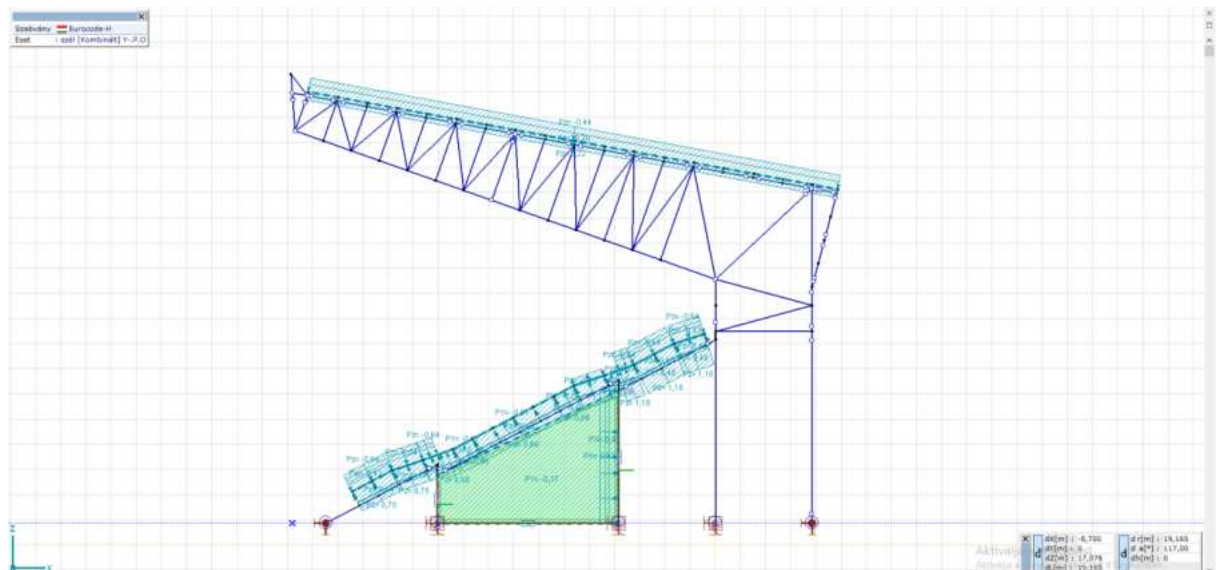
29. kép: szélteher 19



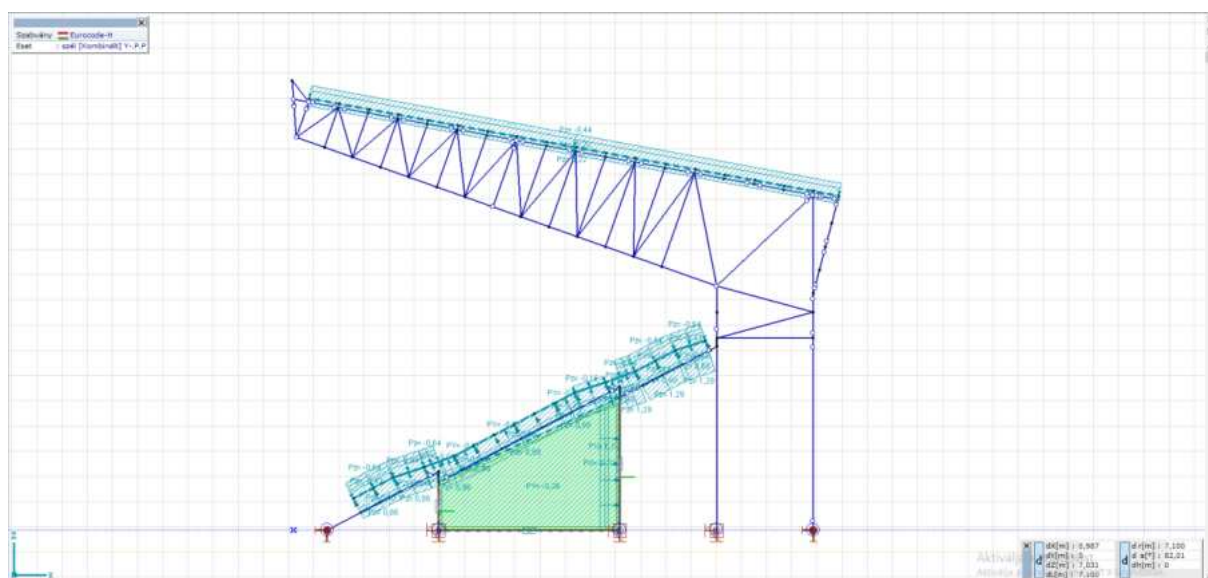
30. kép: szélteher 20



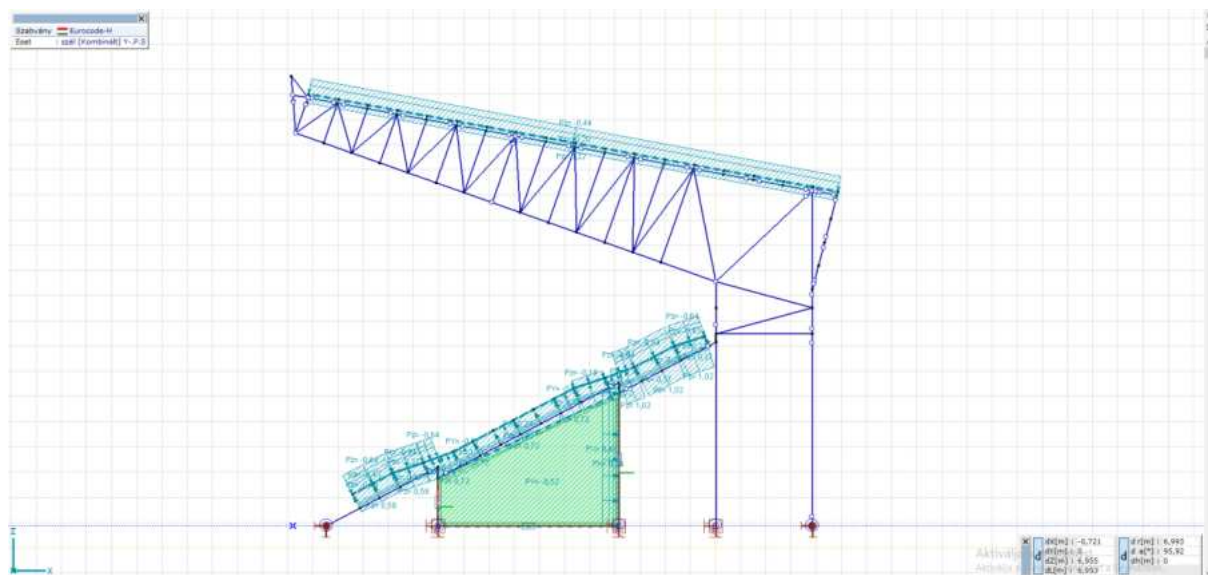
31. kép: szélteher 21



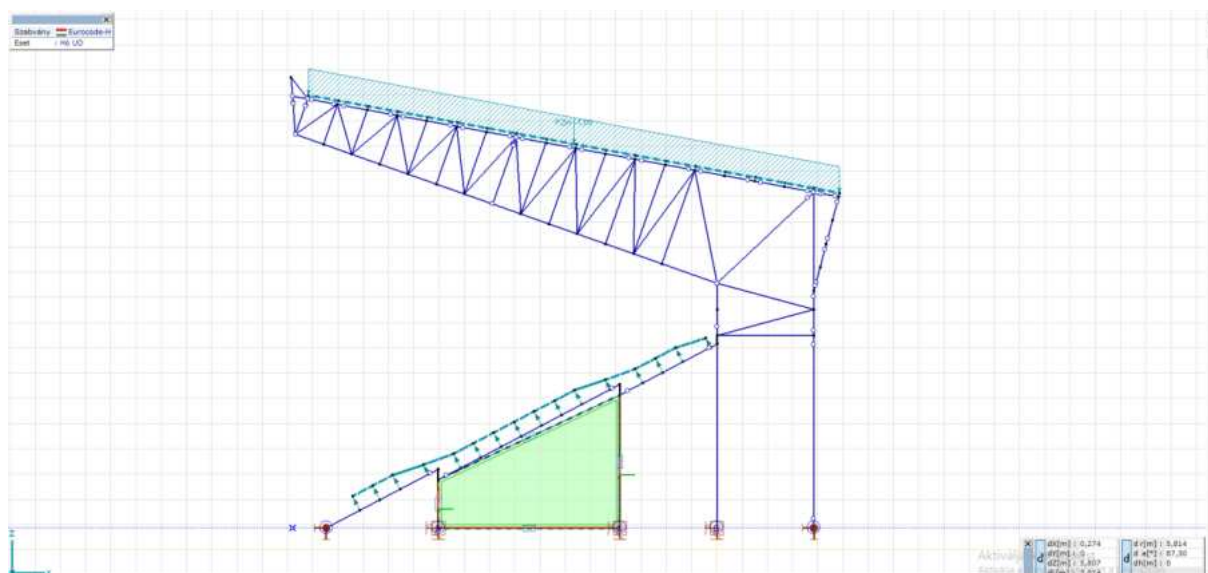
32. kép: szélteher 22



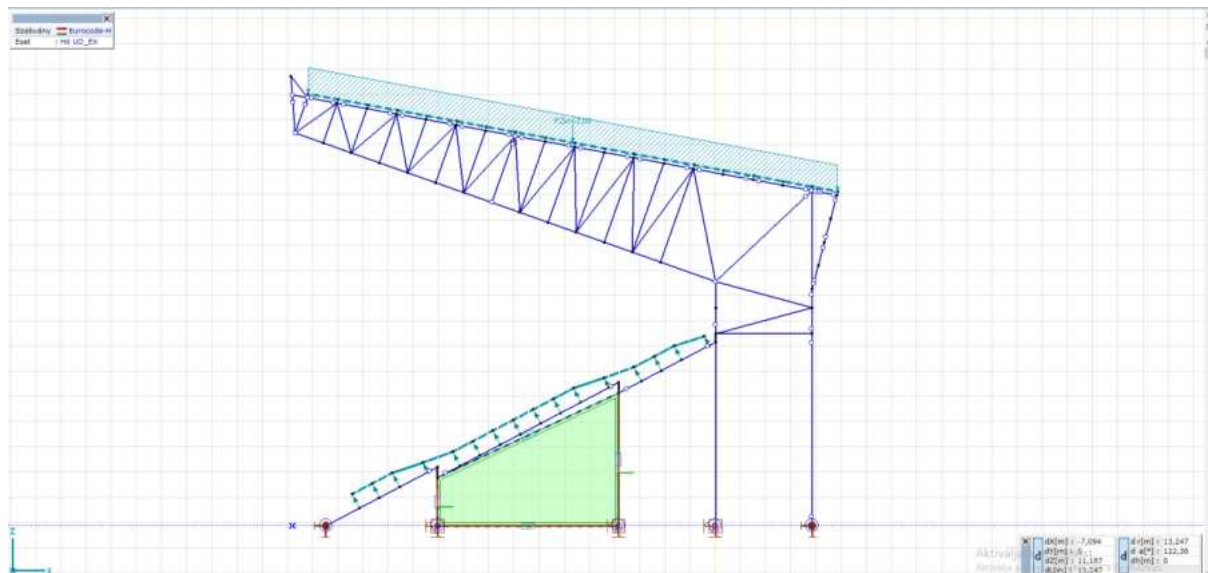
33. kép: szélteher 23



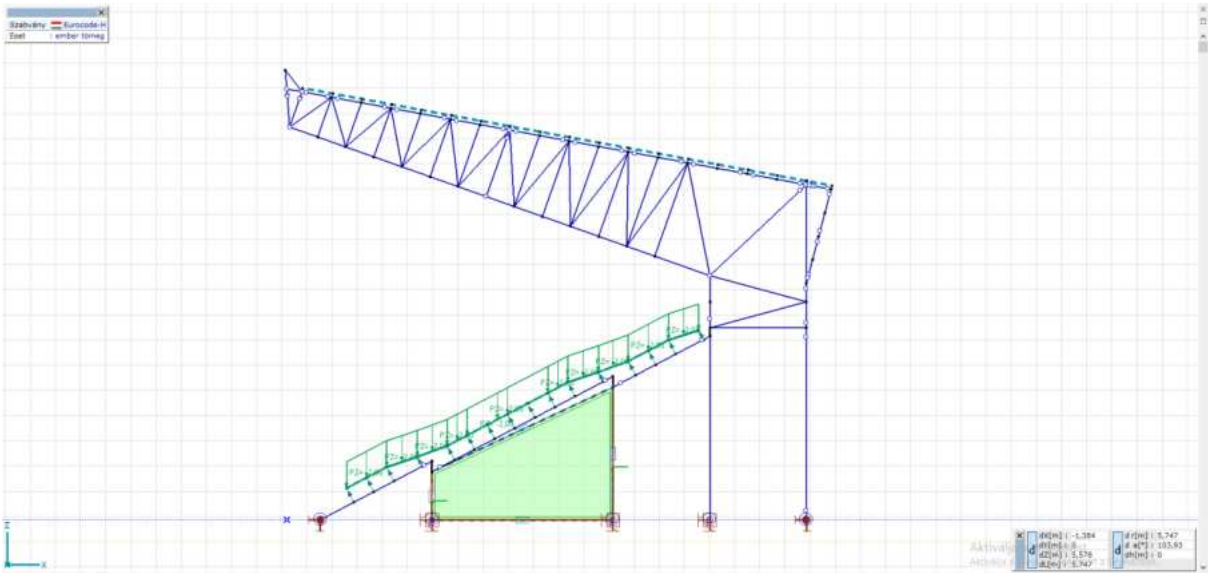
34. kép: szélteher 24



35. kép: hő teher



36. kép: rendkívüli hőteher



37. kép: ember tömeg (rezgésvizsgálathoz)

8.3. Beépített anyagok

Súly anyagok szerint

	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	S 355	7850	10,156	79721,589
2	PTH 30 N+F M10 G	827	242,227	200321,941
3	C30/37	2500	731,331	1828327,668
4	S350GD+Z275	7850	1,327	10414,733
	Összesen		985,041	2118785,931

p: Sűrűség; ΣV : Össztérfogat; ΣG : Össztömeg;

38. kép: súly anyag szerint

	Elemtípus	Anyag neve	ρ [kg/m ³]	ΣA [m ²]	ΣV [m ³]	ΣG [kg]
1	Héj	PTH 30 N+F M10 G	827	807,424	242,227	200321,941
	Összesen			807,424	242,227	200321,941

p: Sűrűség; ΣA : Összfelület; ΣV : Össztérfogat; ΣG : Össztömeg;

39. kép: merevítő fal súlya

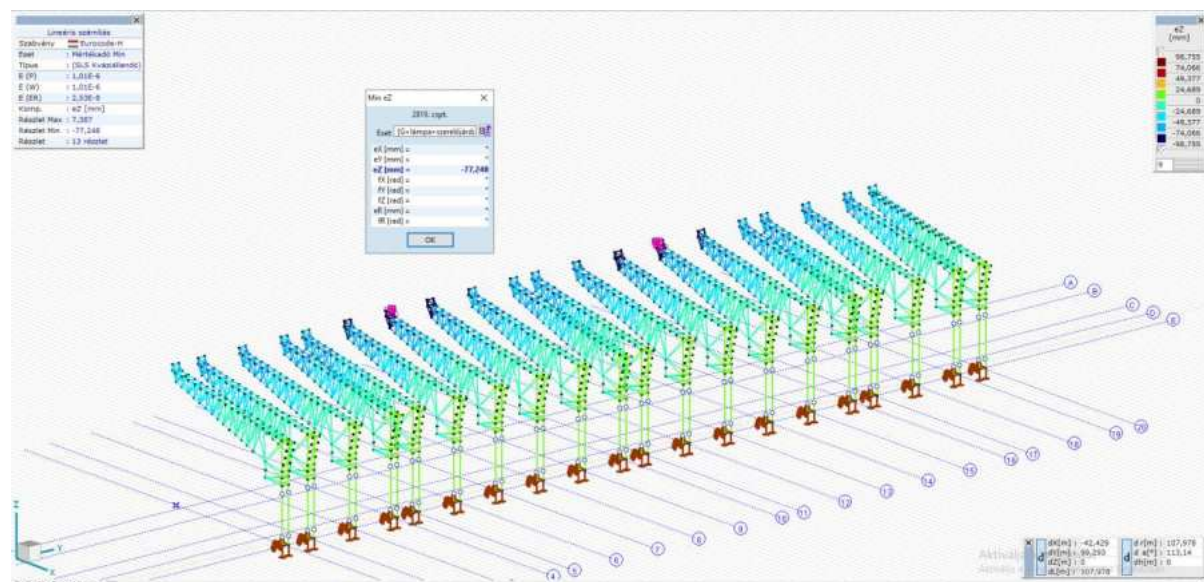
	Szelvény	Anyag neve	ΣL [m]	ΣV [m ³]	M [kg/m]	ΣG [kg]	ΣA_o [m ²]	ΣA_i [m ²]
2	200x20	C30/37	108,860	43,544	1000,000	108860,002	478,984	0
3	L 41,5x105	C30/37	1344,185	345,859	643,250	864646,980	3938,462	0
4	L 41,5x185	C30/37	217,715	90,852	1043,250	227131,178	986,249	0
17	Lindab Z 150/2,5	S350GD+Z275	2093,800	1,327	4,974	10414,733	1091,755	0
26	CHS 82,5x4	S 355	183,665	0,181	7,742	1421,959	47,603	42,987
32	CHS 21,3x4	S 355	832,735	0,181	1,706	1420,837	55,723	34,794
50	CHS 101,6x4	S 355	595,337	0,730	9,626	5730,651	190,023	175,061
53	CHS 101,6x12,5	S 355	211,695	0,741	27,461	5813,383	67,570	50,943
55	CHS 38x4	S 355	194,269	0,122	4,931	3209,245	114,253	90,199
56	CHS 54x4	S 355	194,269	0,122	4,931	958,001	32,957	28,075
57	CHS 48,3x4	S 355	249,428	0,139	4,369	1089,783	37,848	31,579
60	CHS 57x4 1	S 355	606,892	0,404	5,227	3172,330	108,677	93,424
61	CHS 101,6x4 1	S 355	199,400	0,245	9,626	1919,404	63,646	58,634
63	CHS 101,6x5 1	S 355	227,391	0,345	11,909	2708,015	72,580	65,436
67	55x85	C30/37	349,833	163,547	1168,750	408867,427	979,533	0
69	CHS 42,4x4 1	S 355	475,266	0,229	3,787	1799,946	63,307	51,362
70	CHS 101,6x8,8	S 355	287,852	0,738	20,135	5796,042	91,878	75,962
71	CHS 48,3x4 1	S 355	339,560	0,189	4,369	1483,581	51,524	42,990
72	CHS 63,5x4	S 355	1818,133	1,359	5,868	10669,251	362,701	317,007
73	55x55	C30/37	289,352	87,529	756,250	218822,081	636,573	0
74	CHS 57x4 2	S 355	489,000	0,326	5,227	2556,089	87,566	75,276
75	CHS 51x4 2	S 355	775,308	0,458	4,635	3593,878	124,221	104,735
77	CHS CF 193,7x8,8	S 355	448,061	2,290	40,119	17975,780	272,657	247,883
81	CHS 193,7x8	S 355	41,480	0,194	36,630	1519,399	25,242	23,157
84	CHS 101,6x10 2	S 355	304,800	0,877	22,585	6884,014	97,288	78,137
	Összesen			742,813		1918463,989	10078,820	1687,641

ΣL : Összhossz; ΣV : Össztérforat; M : Hosszegységre eső tömeg; ΣG : Össztömeg; ΣA_o : Festési felület (külső); ΣA_i : Festési felület (belső);

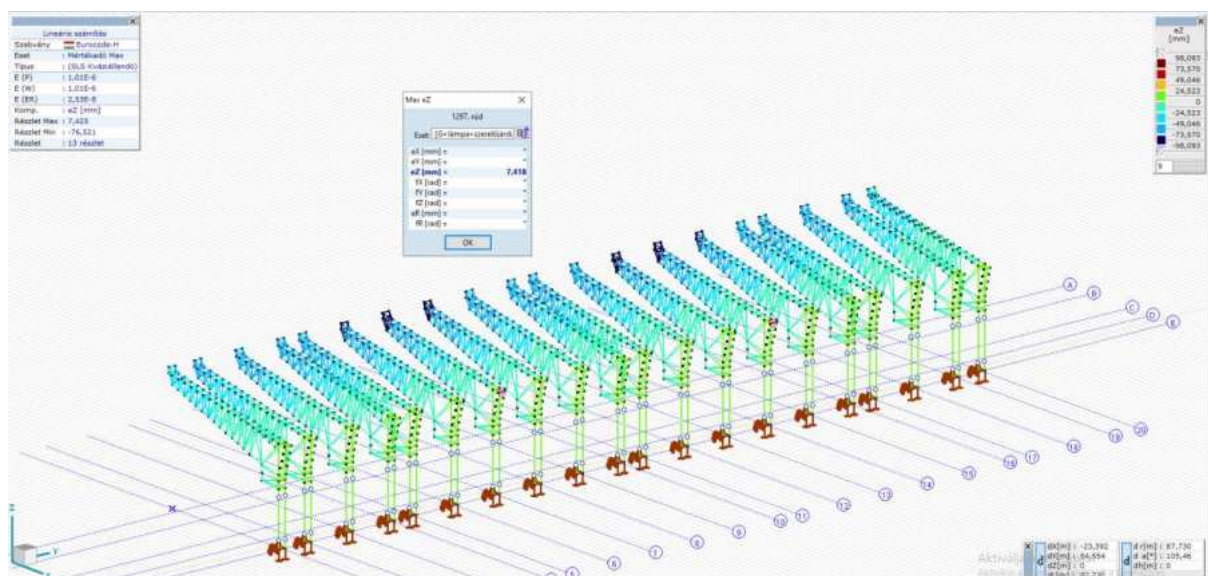
40. kép: súly szelvények szerint

8.4. Igénybevételek

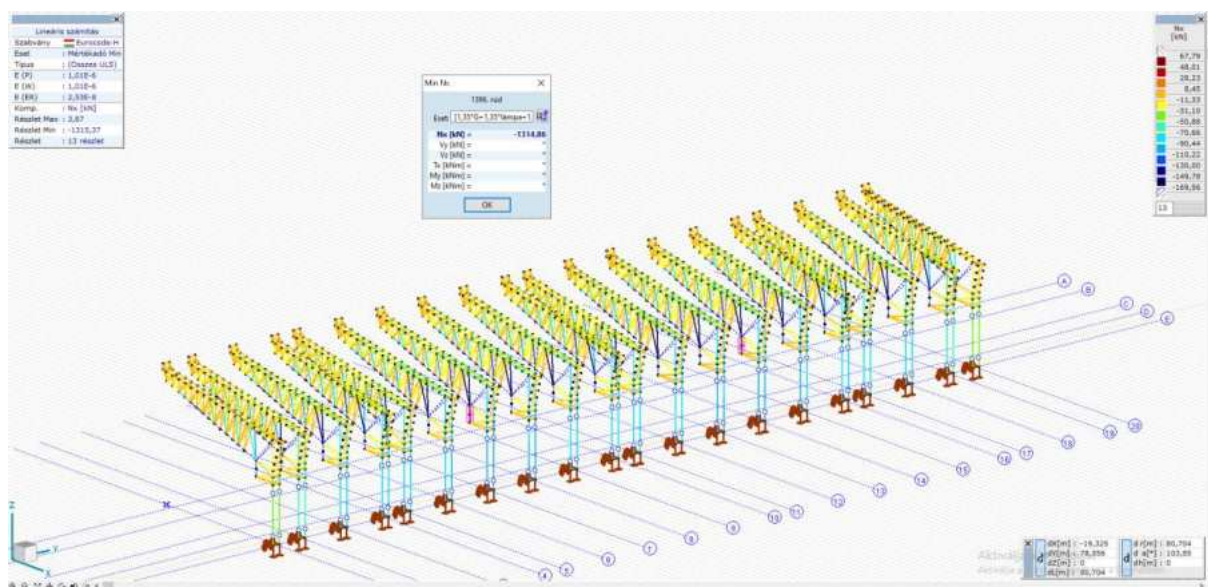
8.4.1. Acélszerkezet



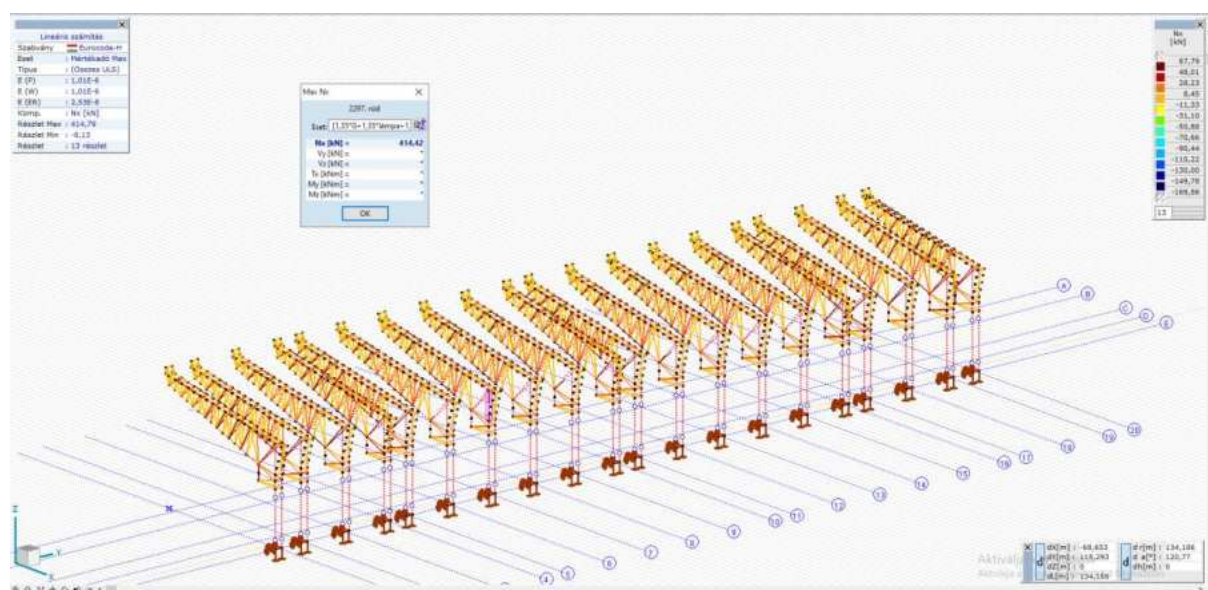
41. kép: keret min lehajlás



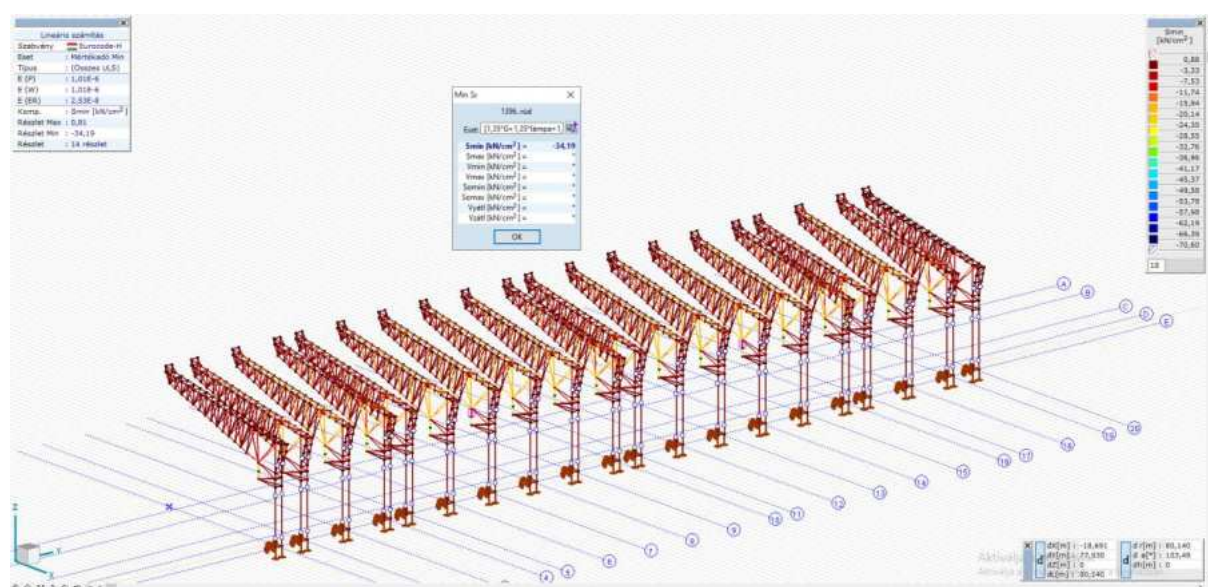
42. kép: keret max lehajlás



43. kép: keret min N



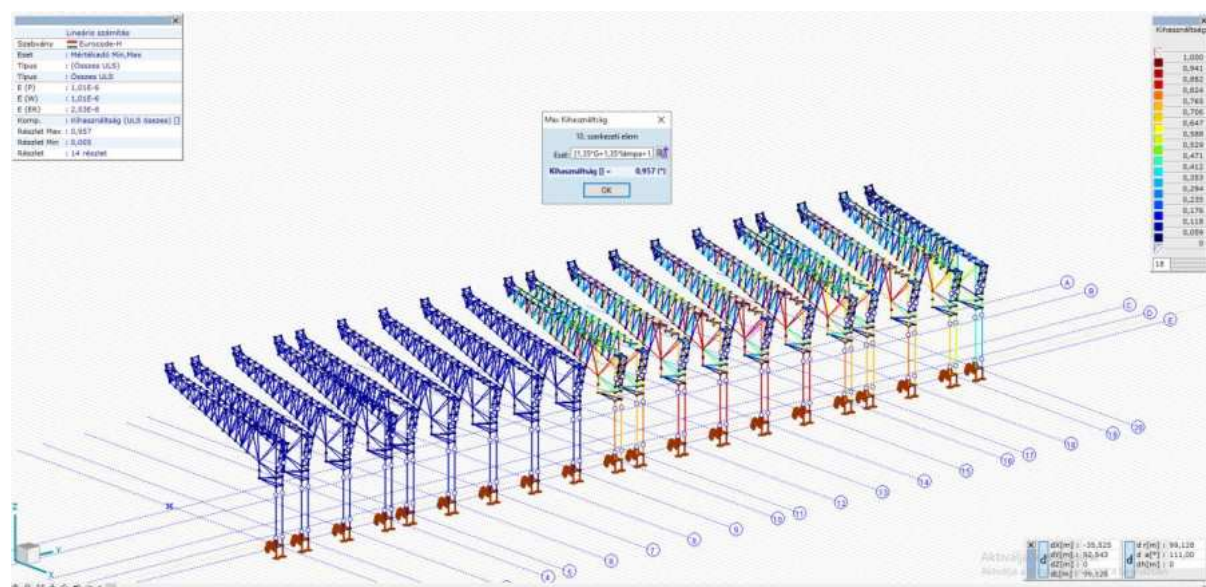
44. kép: keret max N



45. kép: keret smín

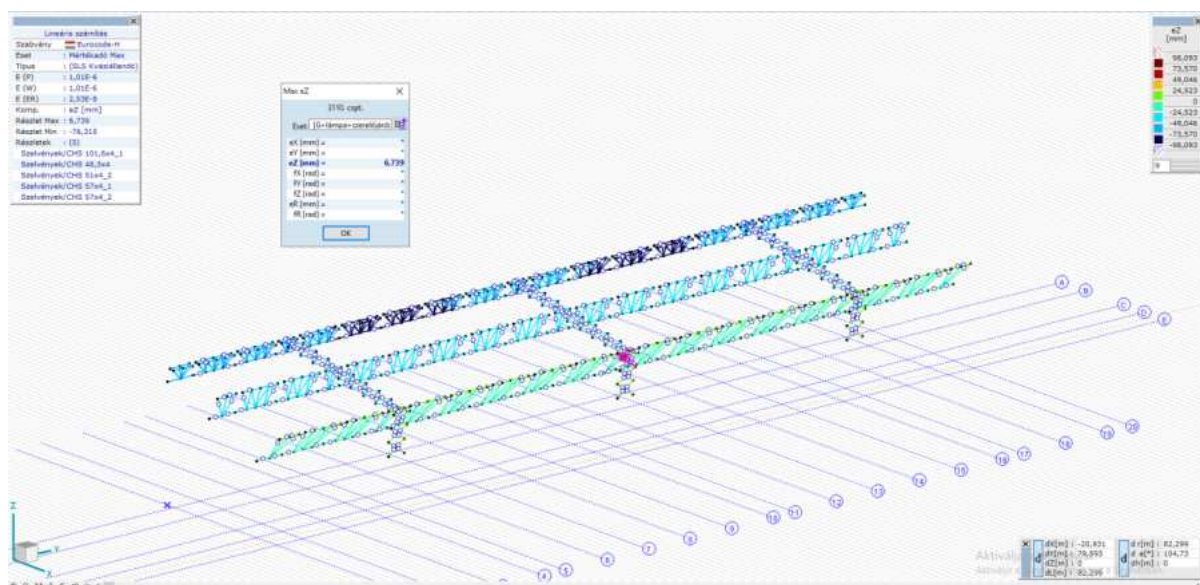
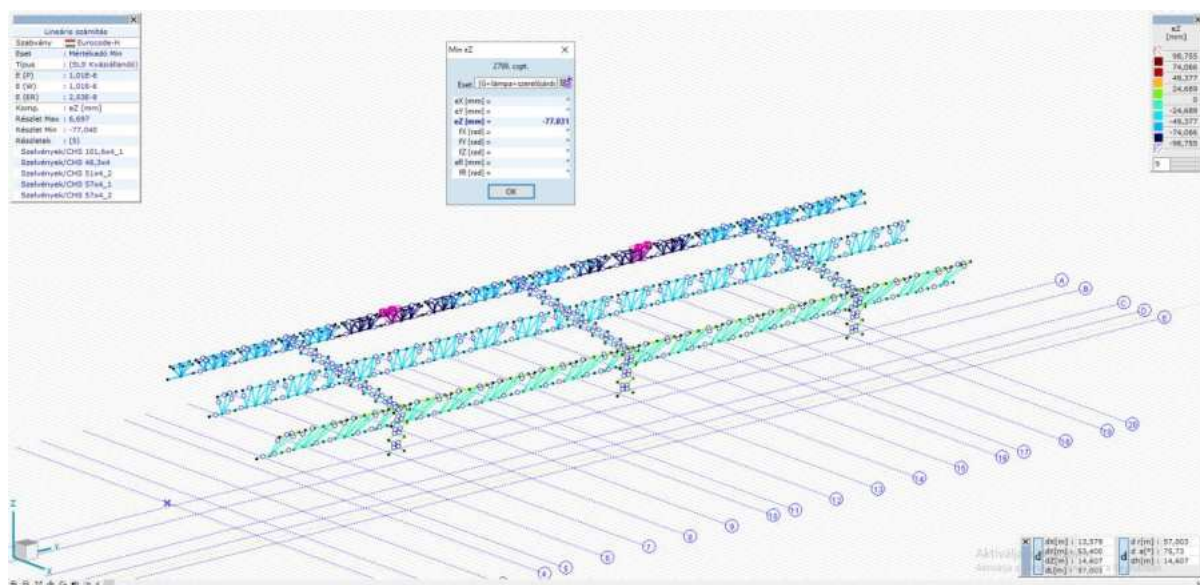


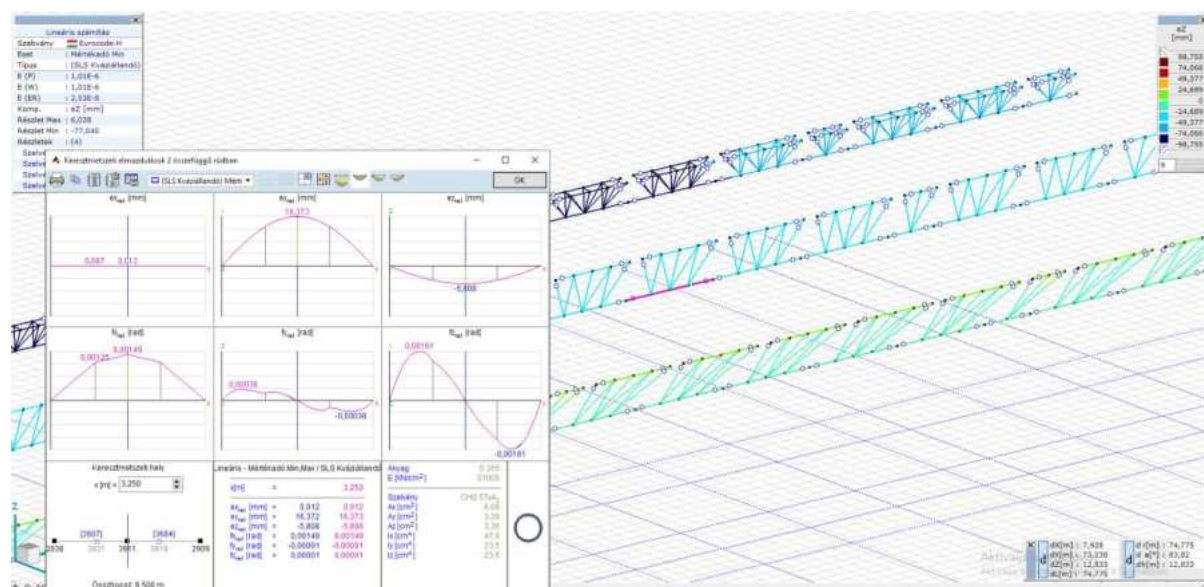
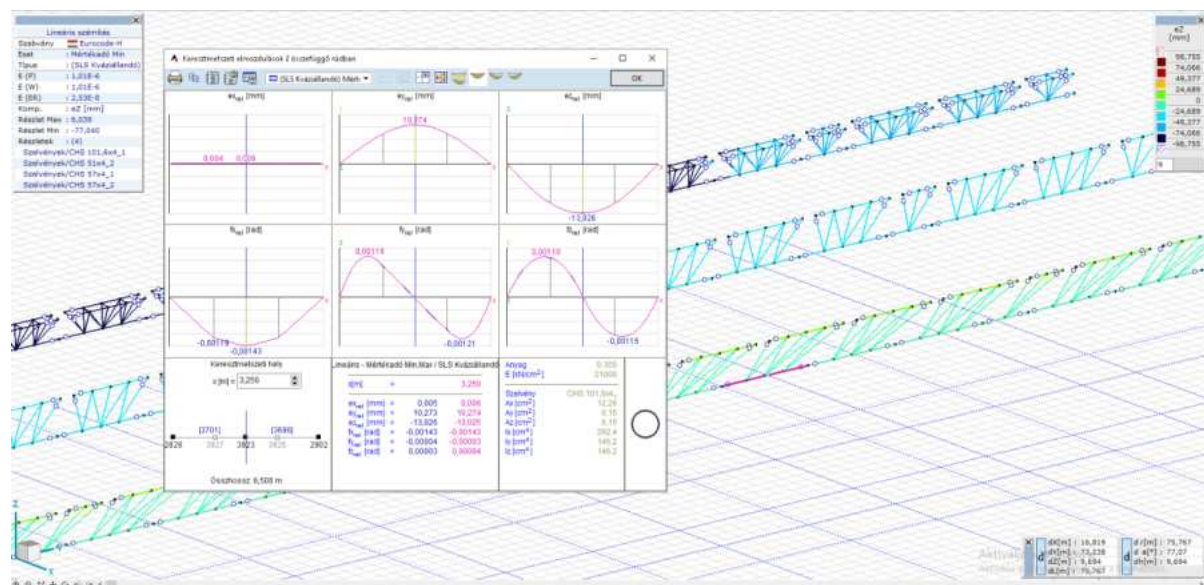
46. kép: keret smax

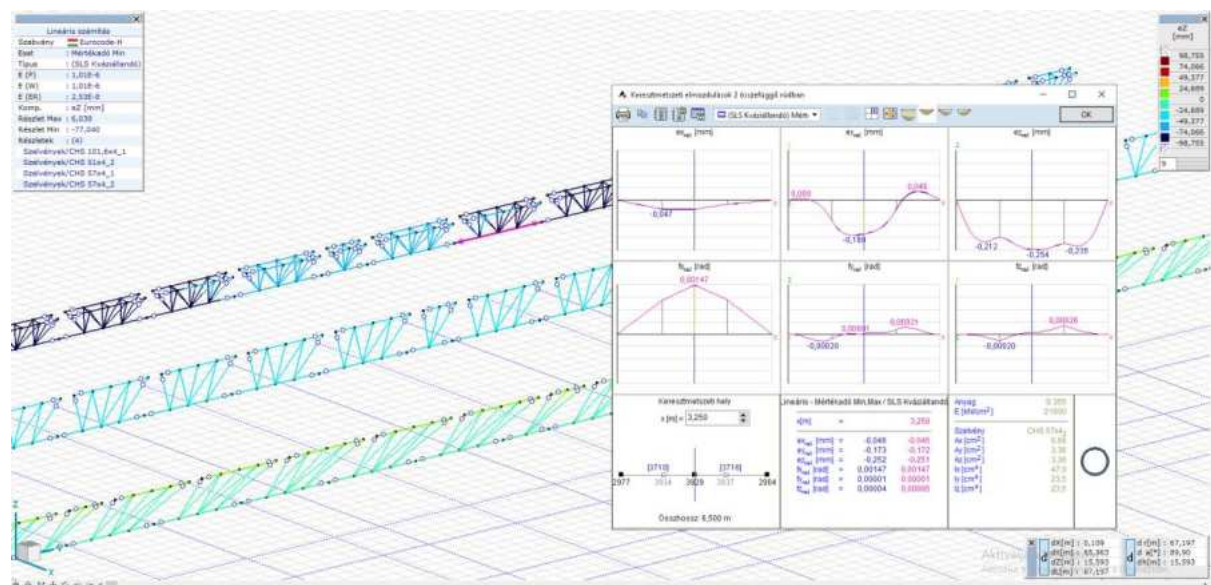


47. kép: keret kihasználtság*

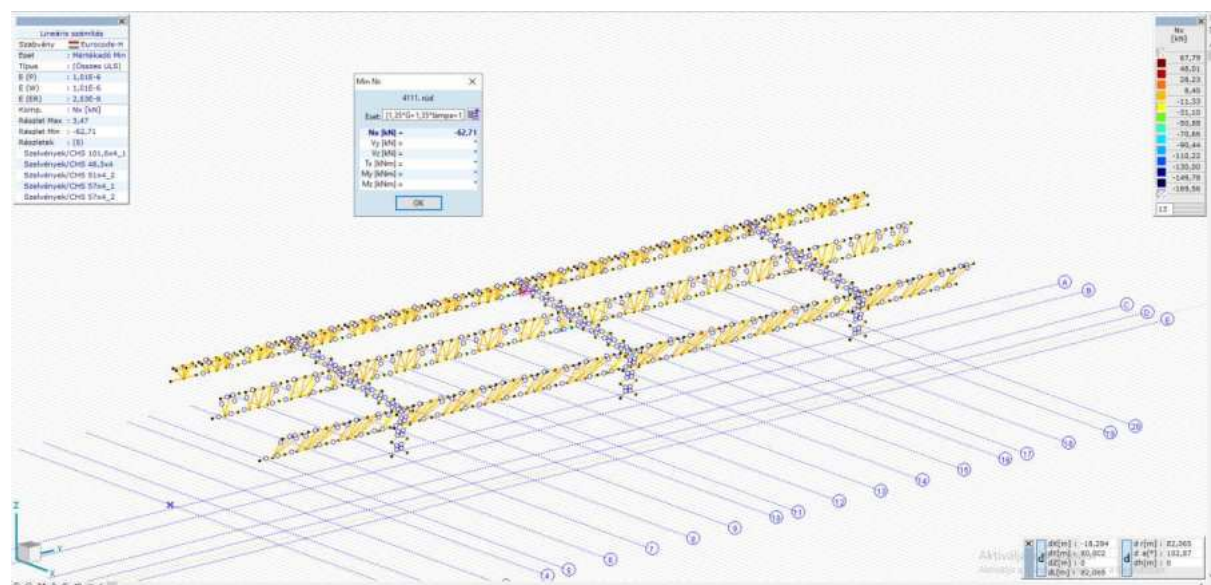
*: a szimmetria miatt az elemek felére tettem hálót, számoltam acél és vasbeton paramétereiket



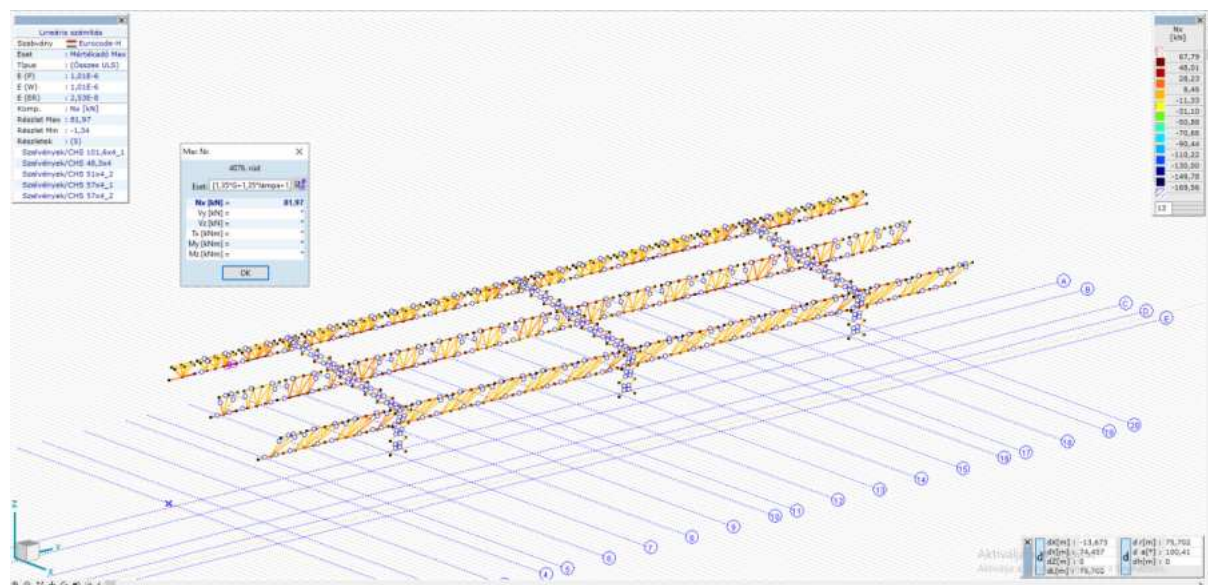




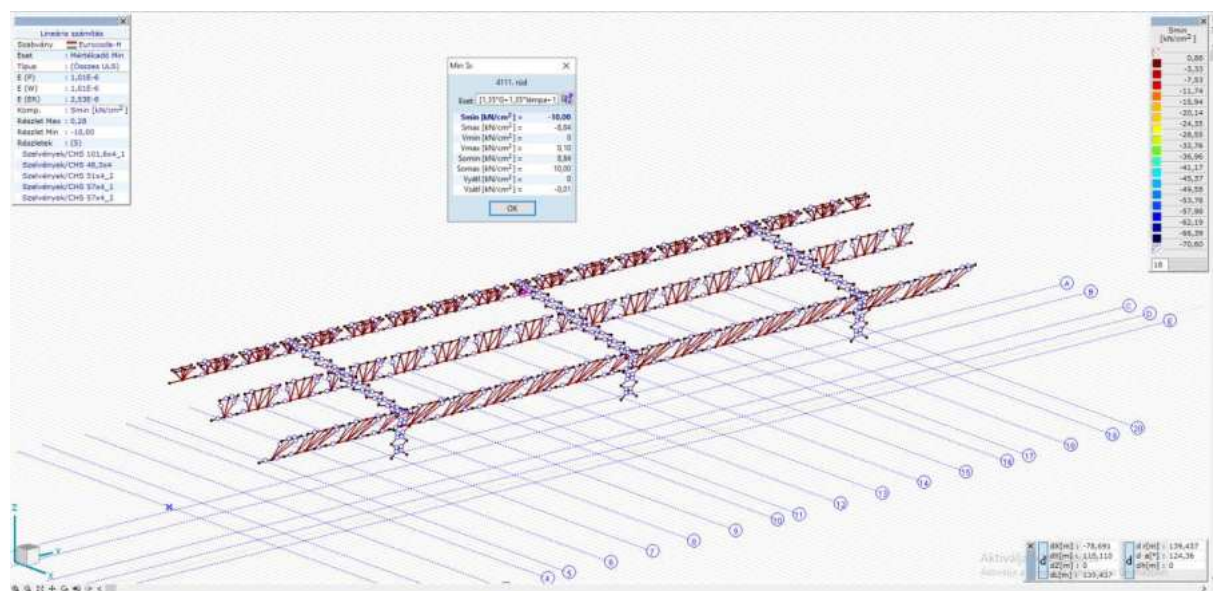
52. kép: merevítés lokális min lehajlás 3



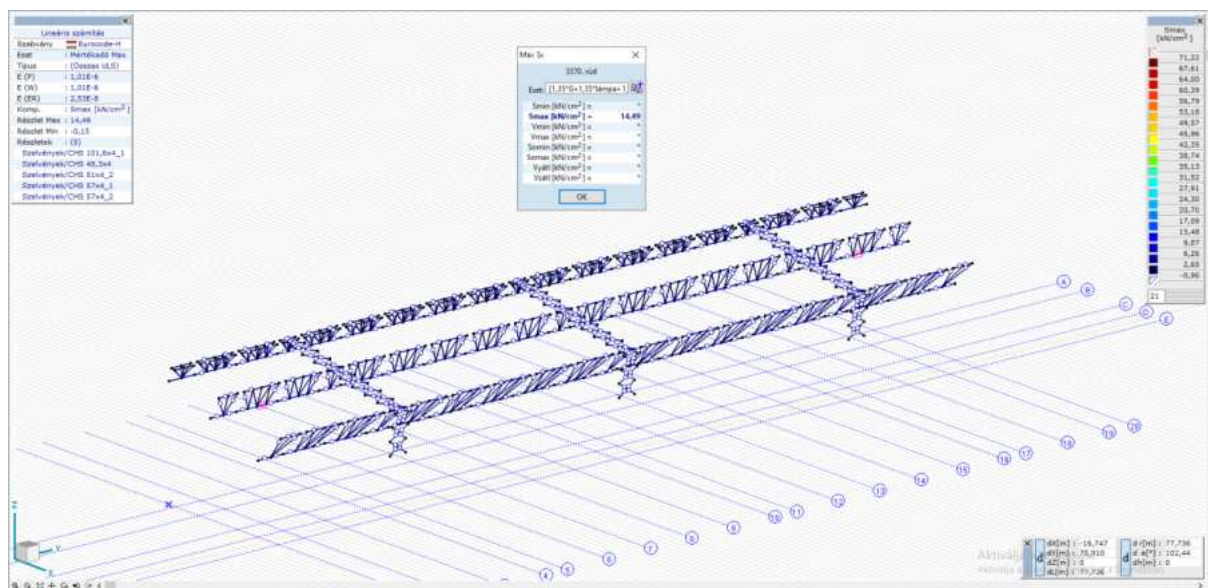
53. kép: merevítés min N



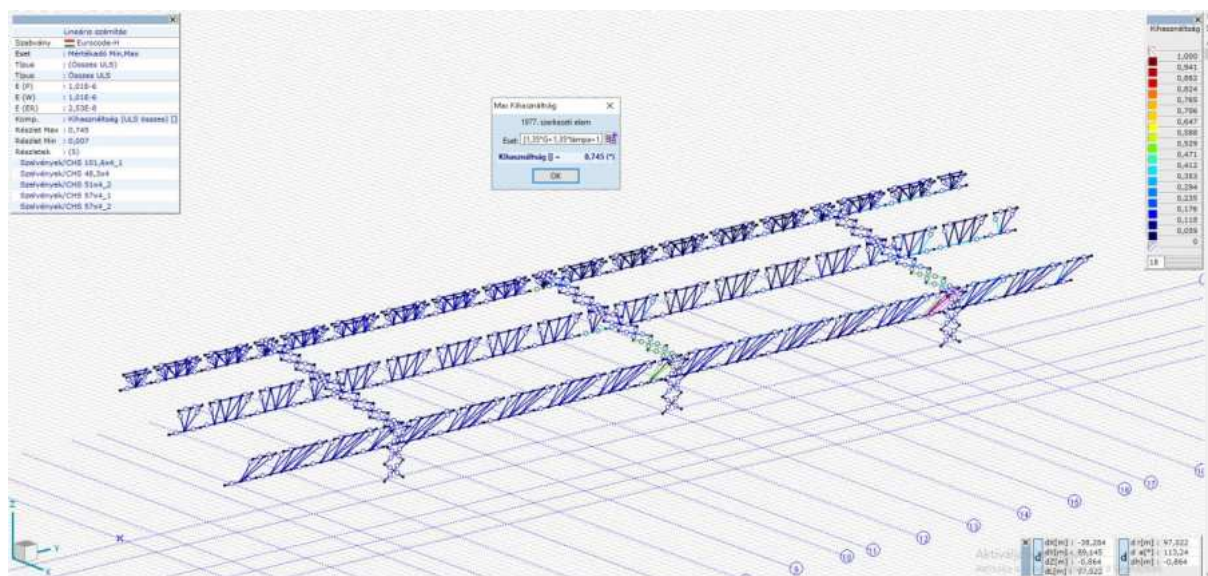
54. kép: merevítés max N



55. kép: merevítés smin

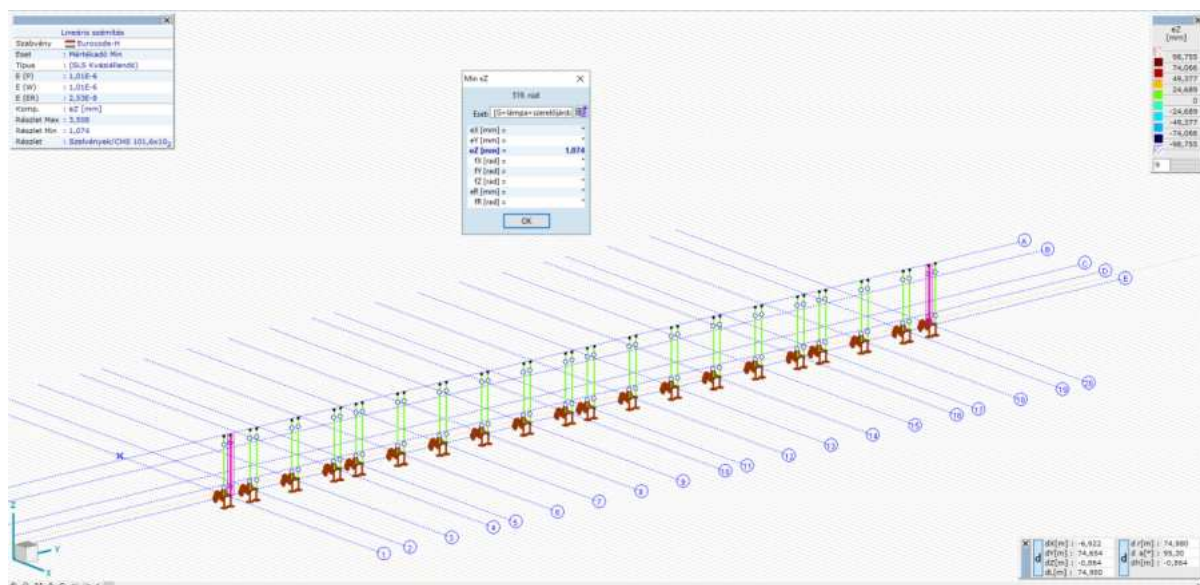


56. kép: merevítés smax

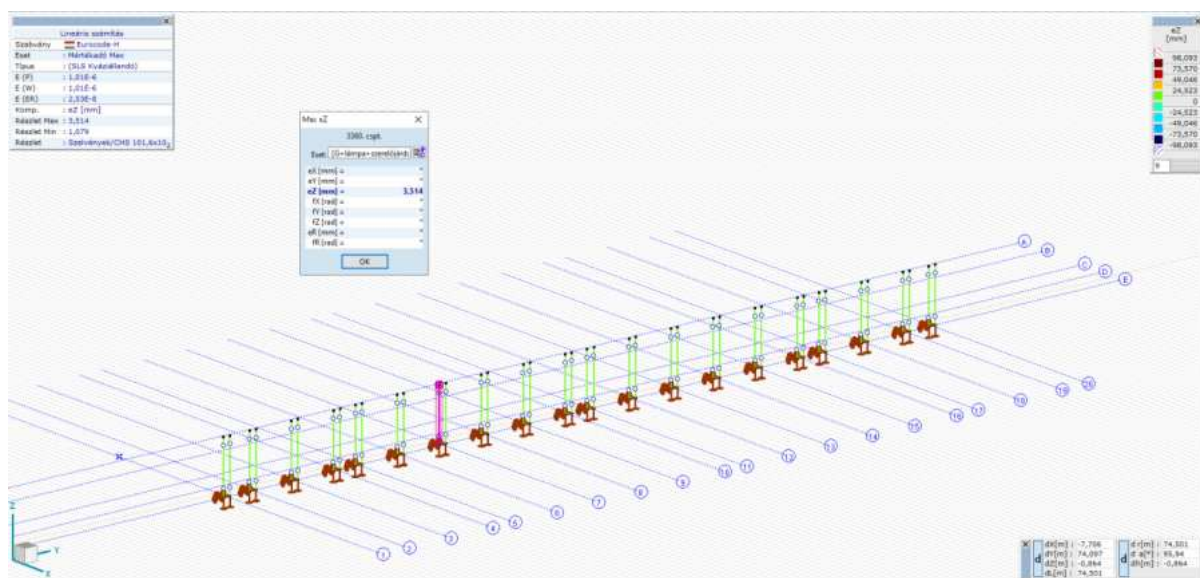


57. kép: merevítés kihasználtság*

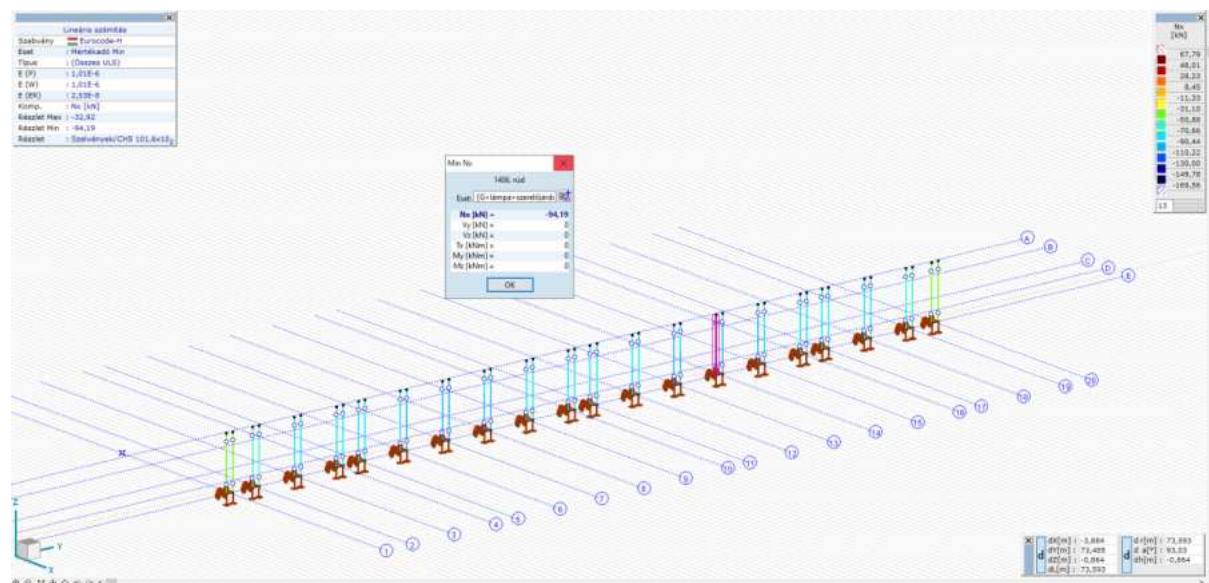
*: a szimmetria miatt az elemek felére tettem hálót, számoltam acél és vasbeton paramétereiket



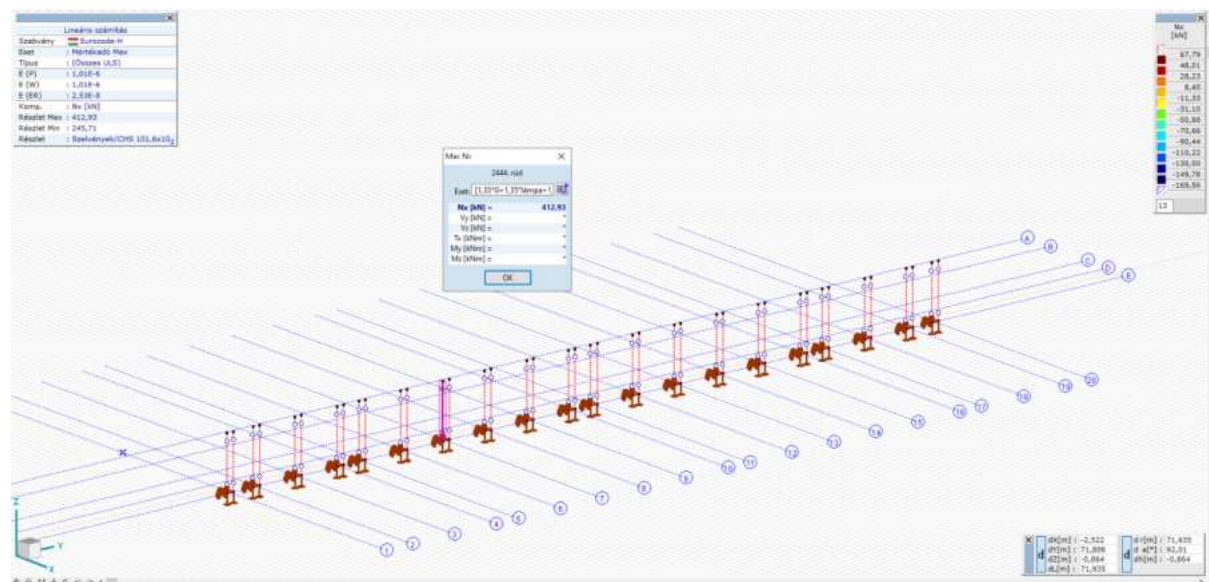
58. kép: vonórudak min lehajlás



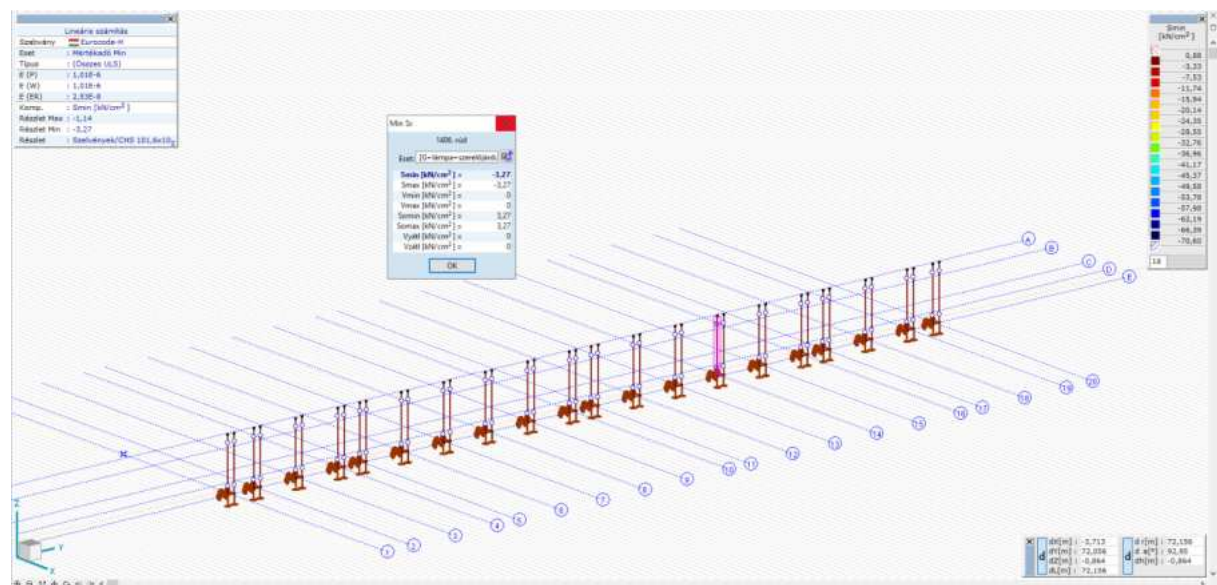
59. kép: vonórudak max lehajlás



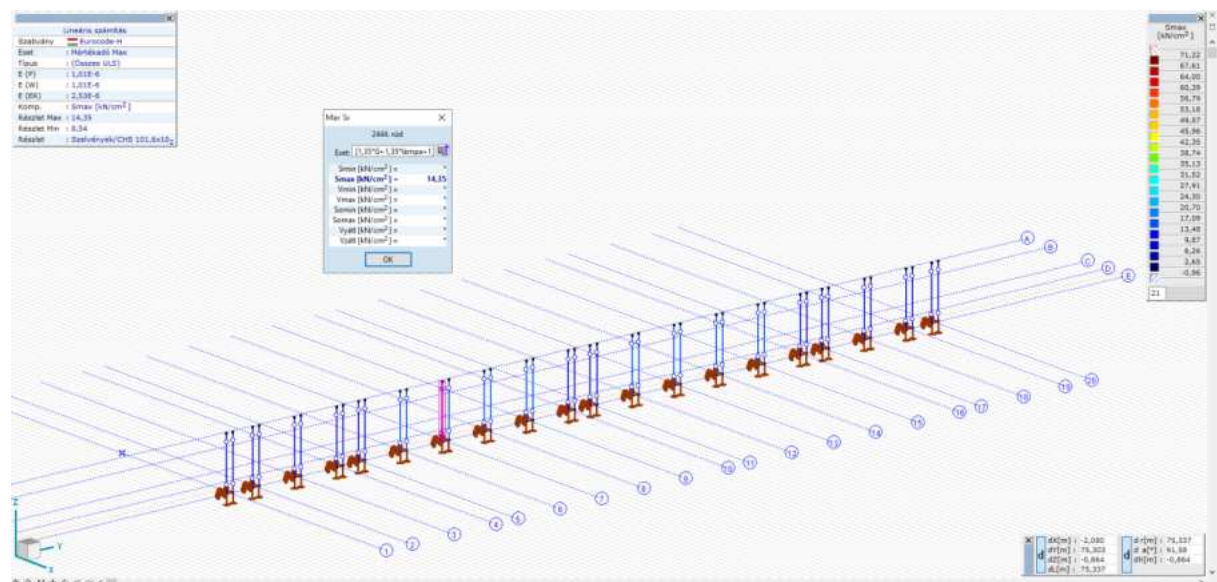
60. kép: vonórudak min N



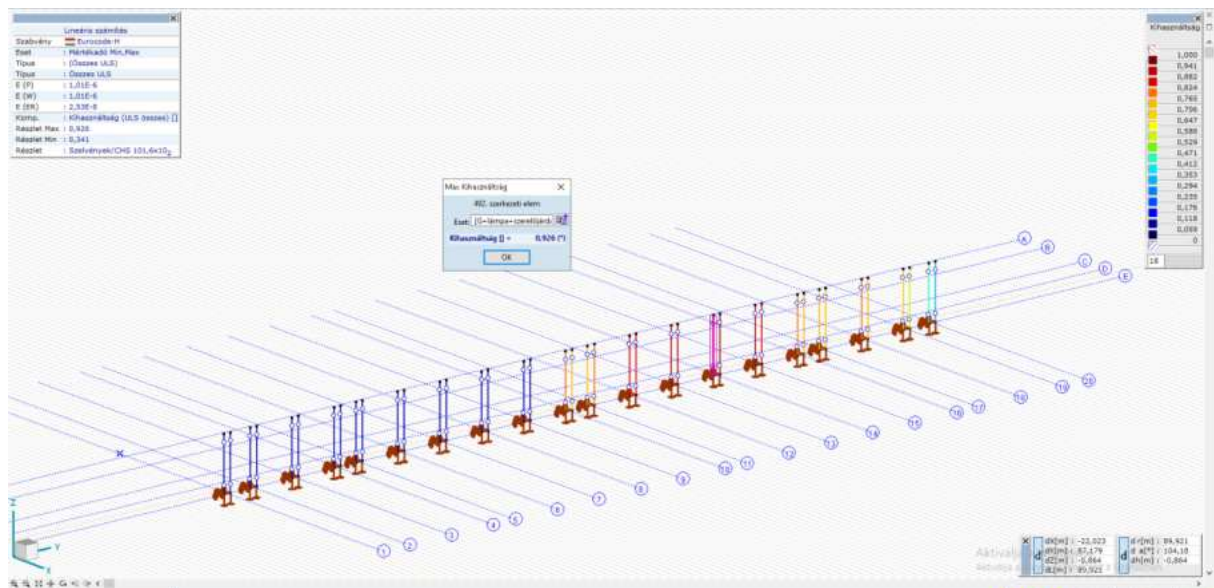
61. kép: vonórudak max N



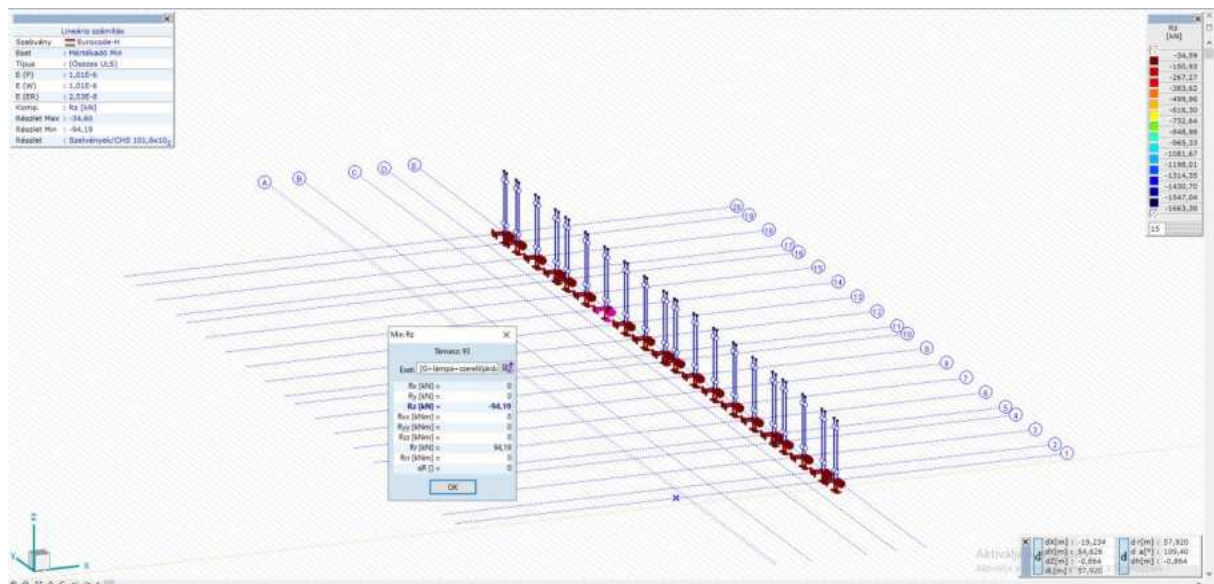
62. kép: vonórudak smin



63. kép: vonórudak smax

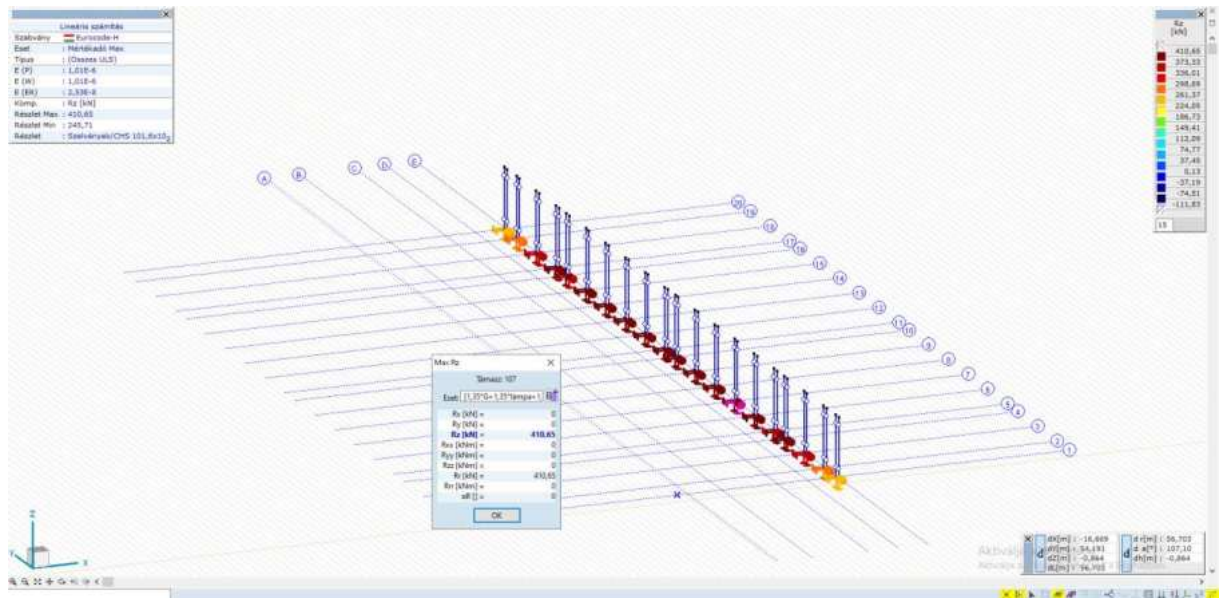


64. kép: vonórudak kihasználtság*



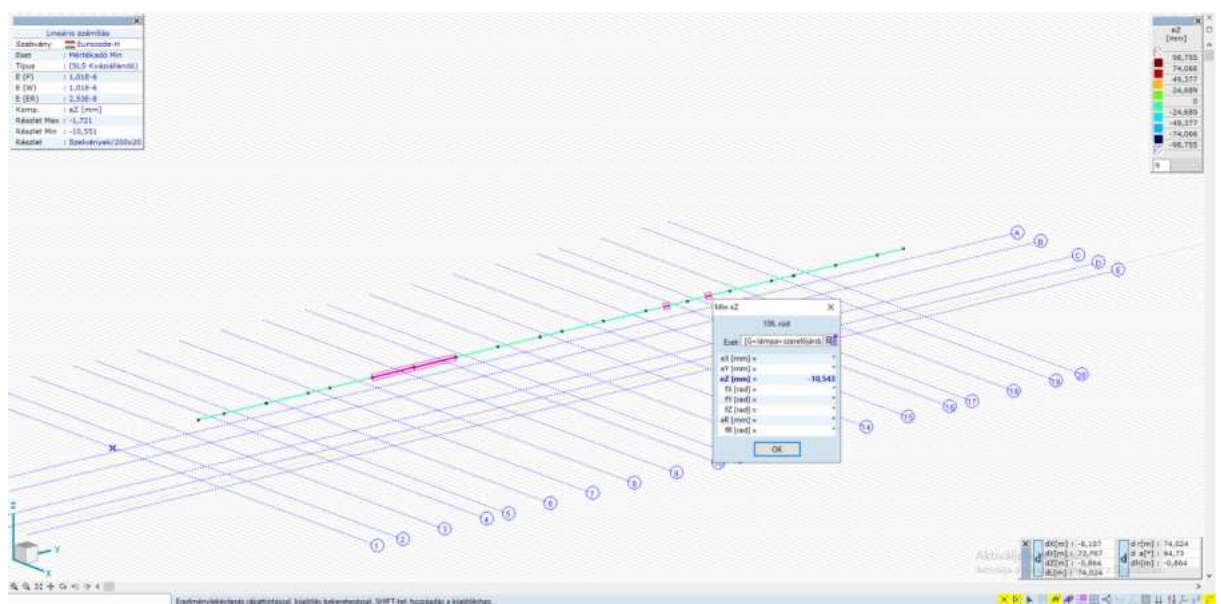
65. kép: vonórudak támasz min

*: a szimmetria miatt az elemek felére tettem hálót, számoltam acél és vasbeton paramétereiket

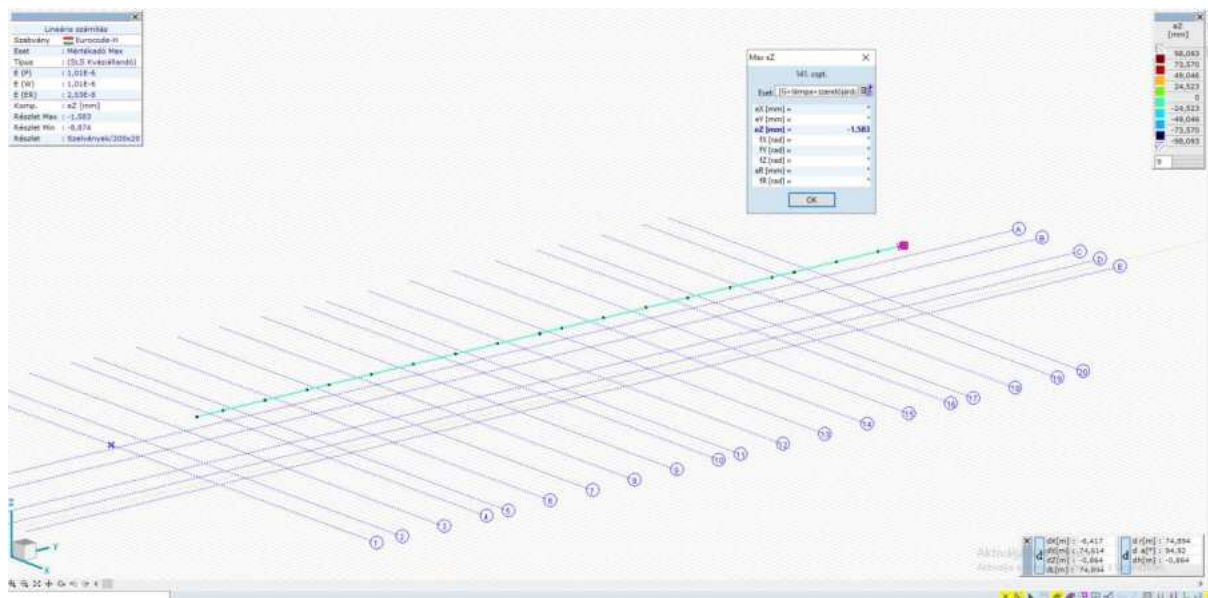


66. kép: vonórudak támasz max

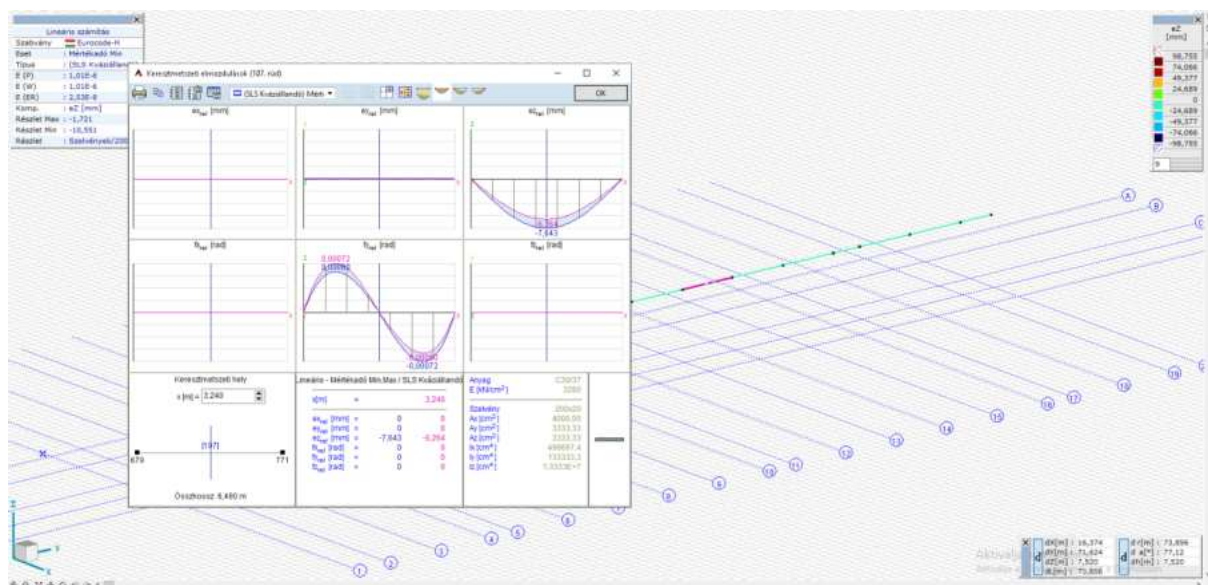
8.4.2. Vasbeton szerkezetek



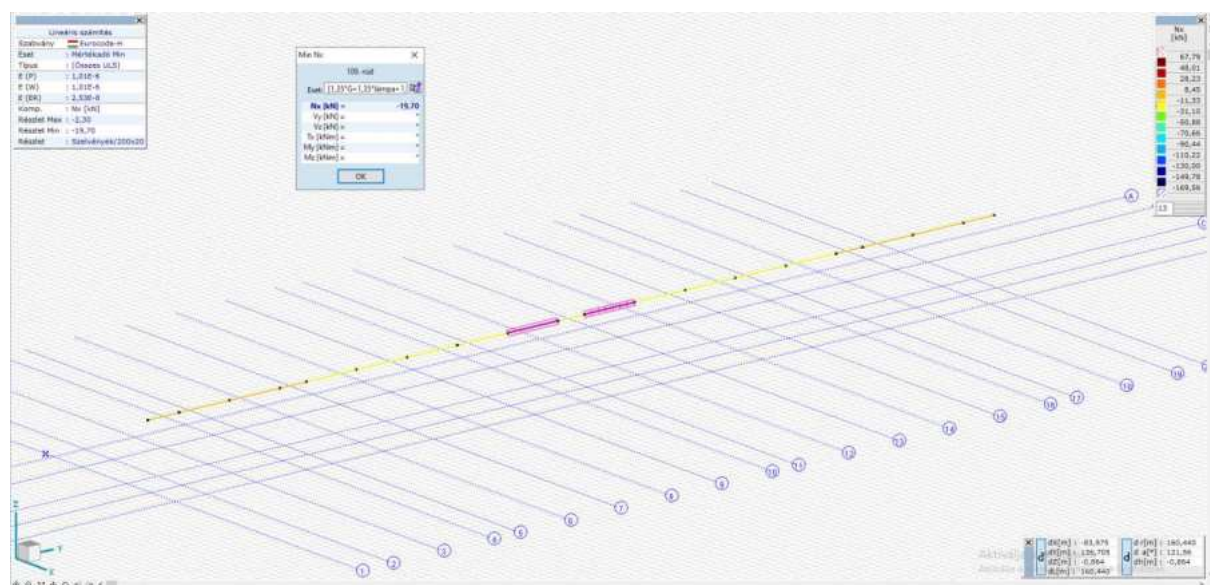
67. kép: 200x20 fióktartó min lehajlás



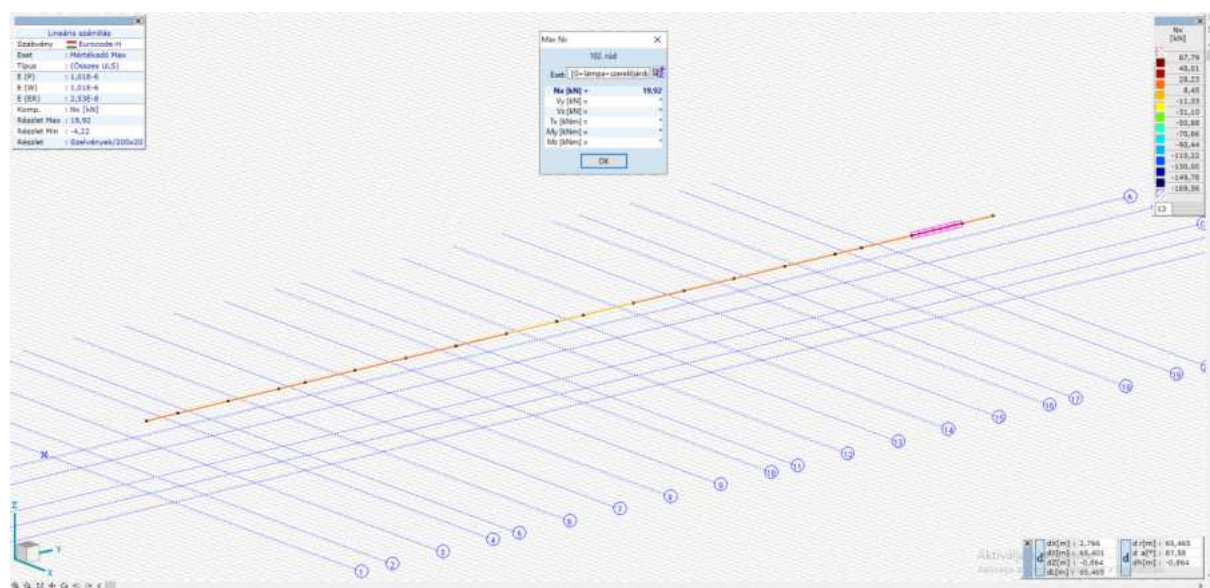
68. kép: 200x20 fióktartó max lehajlás



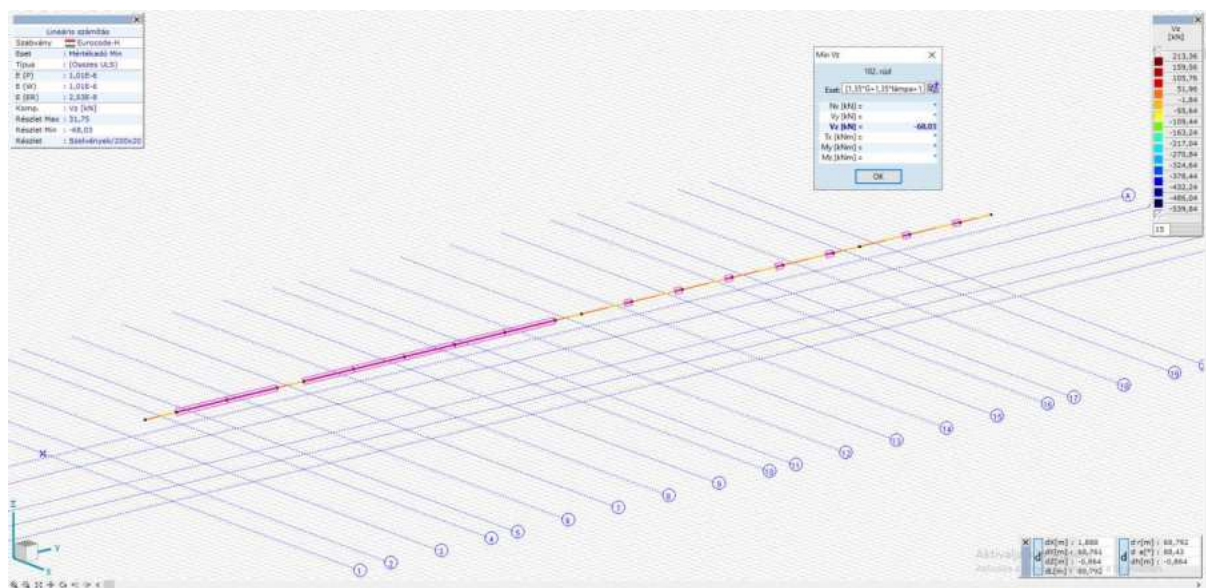
69. kép: 200x20 fióktartó lokális lehajlás



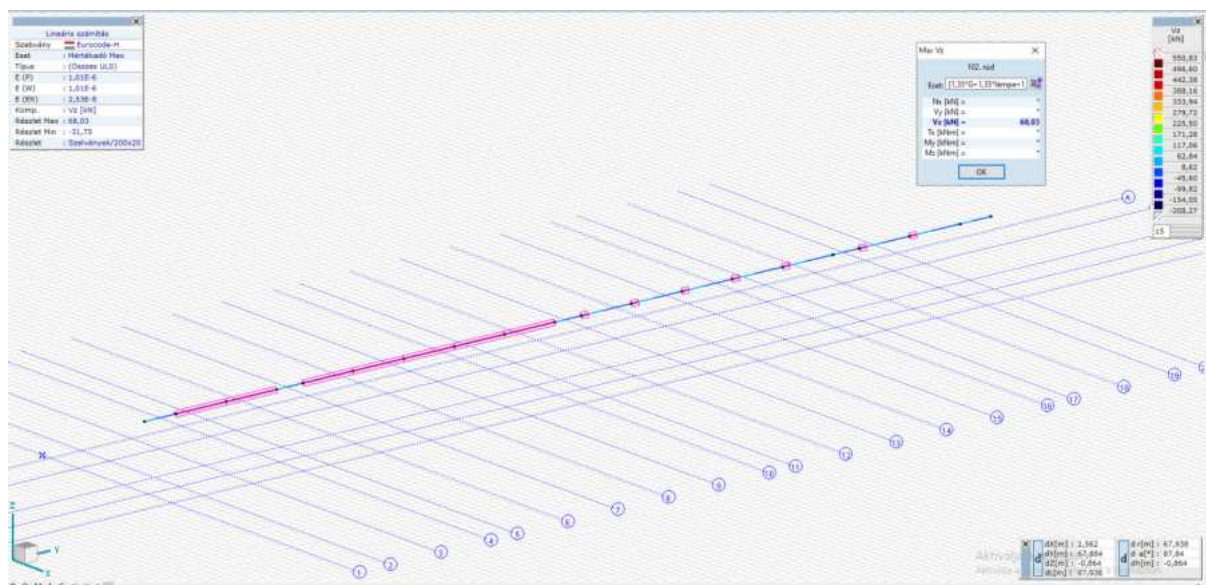
70. kép: 200x20 fióktartó min N



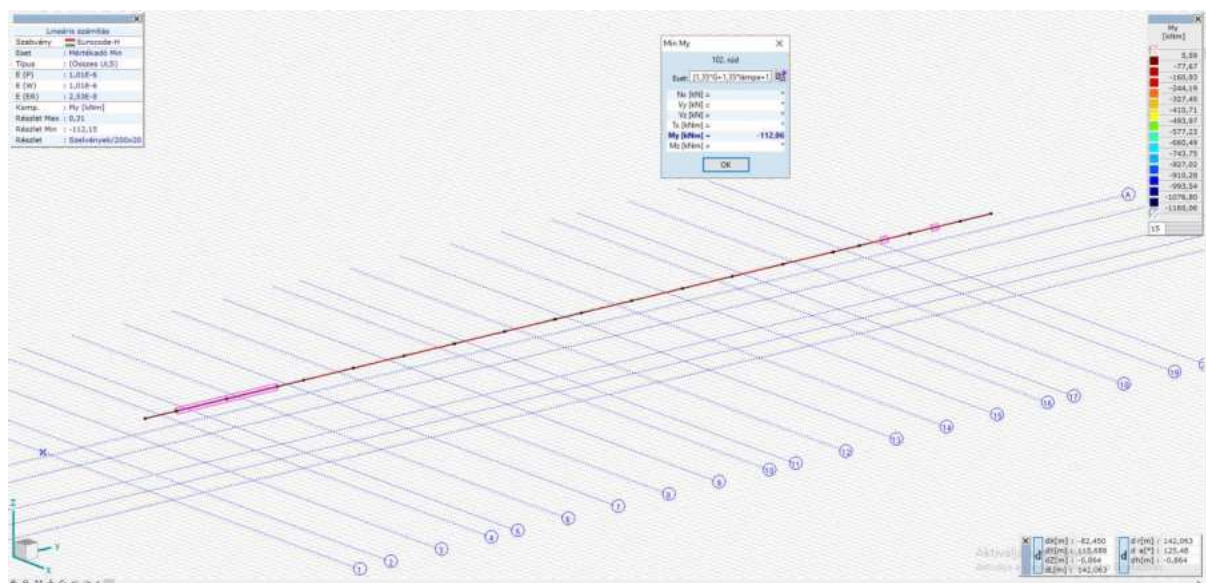
71. kép: 200x20 fióktartó max N



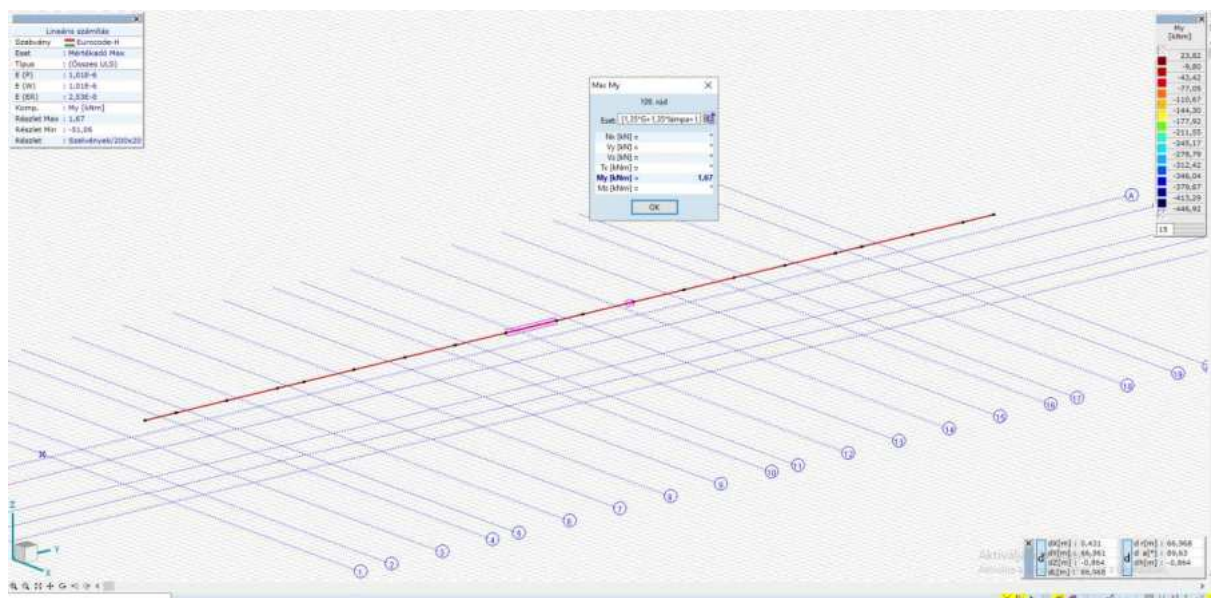
72. kép: 200x20 fióktartó min V



73. kép: 200x20 fióktartó max V



74. kép: 200x20 fióktartó min M



75. kép: 200x20 fióktartó max M

Gerendavasalki paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Beton: C30/37 D_{max} (mm) = 16

Szerkezeti osztály: S4 $V_z - M_y$

b_w [cm] = 200,0 h [cm] = 20,0

Környezeti osztályok, betonfedések

Felső (+z) XC3 c_{te} (+z) [cm] = 1,5 $\geq 1,5$

Bal (-y) XC3 c_{te} (-y) [cm] = 1,5 $\geq 1,5$

Jobb (+y) XC3 c_{te} (+y) [cm] = 1,5 $\geq 1,5$

Alsó (-z) XC3 c_{te} (-z) [cm] = 1,5 $\geq 1,5$

Minimális betonfedés alkalmazása

Kengyel: B500B Szálak száma = 2

Hosszvasalás: B500B

Tipus: Bontázott

ϕ_b [mm] = 8 ϕ_s [mm] = 8

ϕ_{bx} [mm] = 10 ϕ_{sx} [mm] = 10

Kengyeltávolság lépésköz: Δa [cm] = 2,0

Alkalmazott hosszvasalások maximális száma

Oldaló csavaró vasalás: ϕ_{cs} [mm] = 8

☐ Ez legyen az alapbeállítás

OK Mégsem

76. kép: 200x20 fióktartó vasalás beállítás 1

Gerendavasalki paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Méretezési igénybevételek

☒ $V_z - M_y$ ☐ $V_y - M_z$

☐ Csavarónyomaték figyelembevétele

☒ Nyíróerő-redukció a támaszoknál

Nyomott betonra csúszó dőlésszöge

☒ 45° ☐ Változó ☐ Egyedi beállítás $\theta = 45^\circ$

Repedéstágasság

☒ Vasalás automatikus növelése a maximális repedéstágasság alapján (SLS)

Felső repedéstágasság [mm] = 0,30

Alsó repedéstágasság [mm] = 0,30

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

Teljes időbeli jellege

☐ Rövid idejű (kt = 0,6) ☒ Tartós (kt = 0,4)

Megengedett íshajlás ellenőrzése

A íshajlás ellenőrzése csak eredeti anyag és keresztmetszet esetén működik.

Rövid: L / 300

Konzol: L / 400

Nemlineáris számítás

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

☒ f_{cm} ☐ f_{yk} f_{ctk} [%] = 0,400

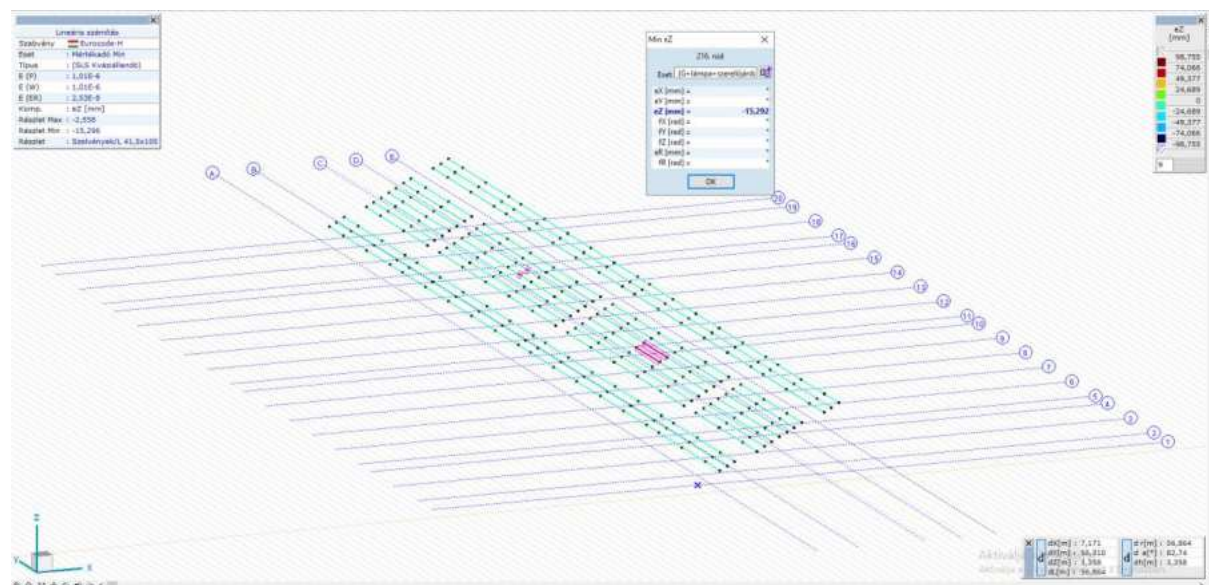
Földrengés: Tűz

Földrengési igénybevételek szorzója f_{se} = 1

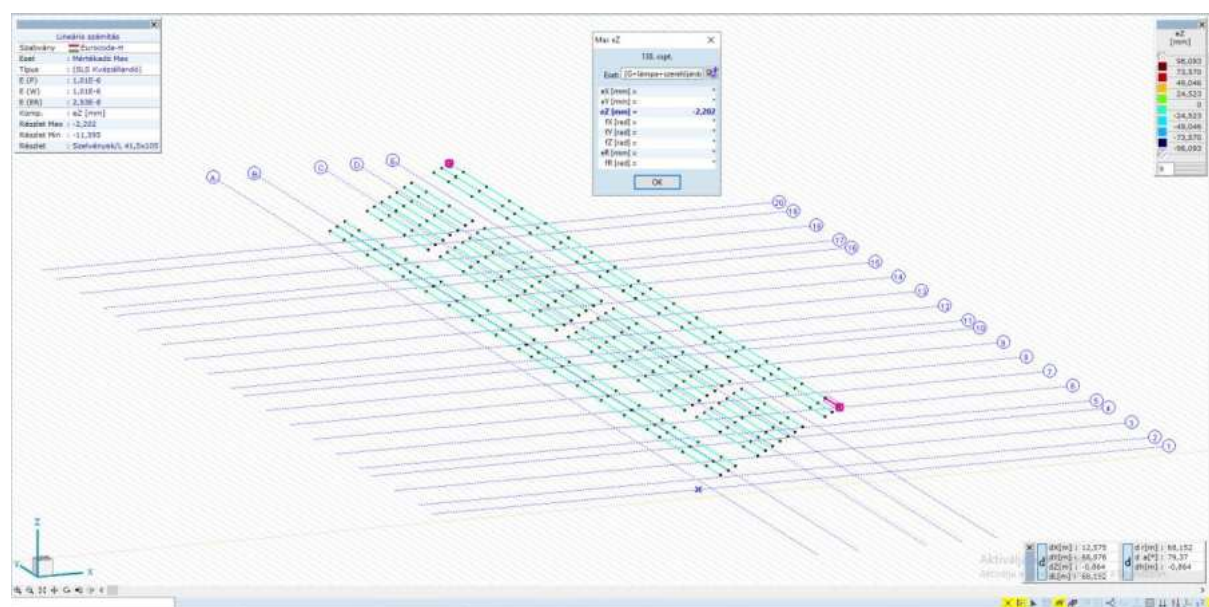
☐ Ez legyen az alapbeállítás

OK Mégsem

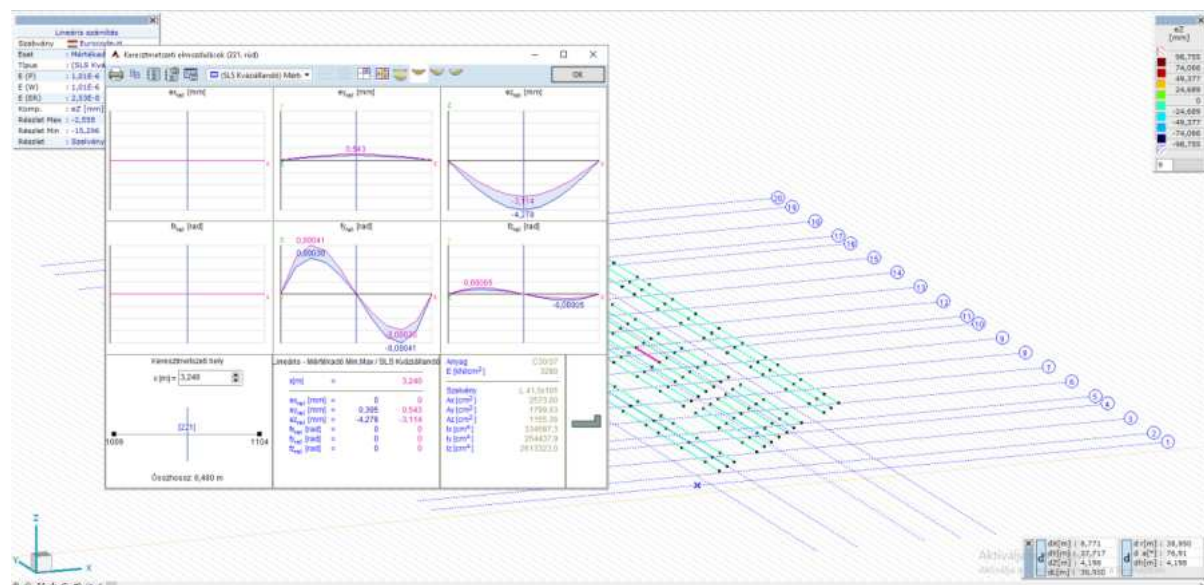
77. kép: 200x20 fióktartó vasalás beállítás 2



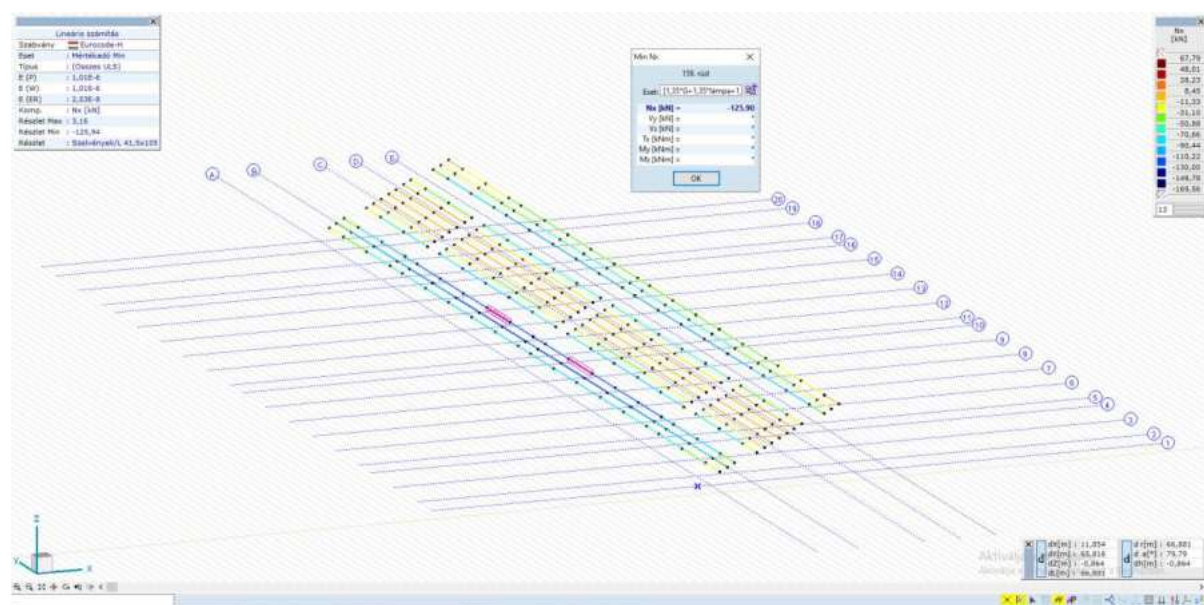
78. kép: 105x20 fióktartó min lehajlás



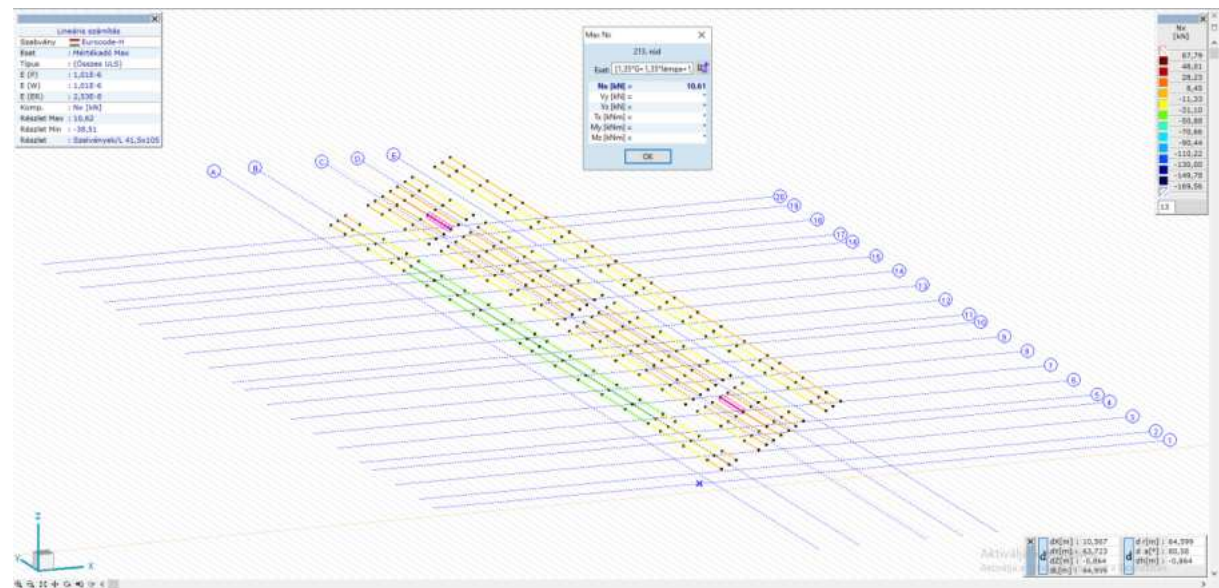
79. kép: 105x20 fióktartó max lehajlás



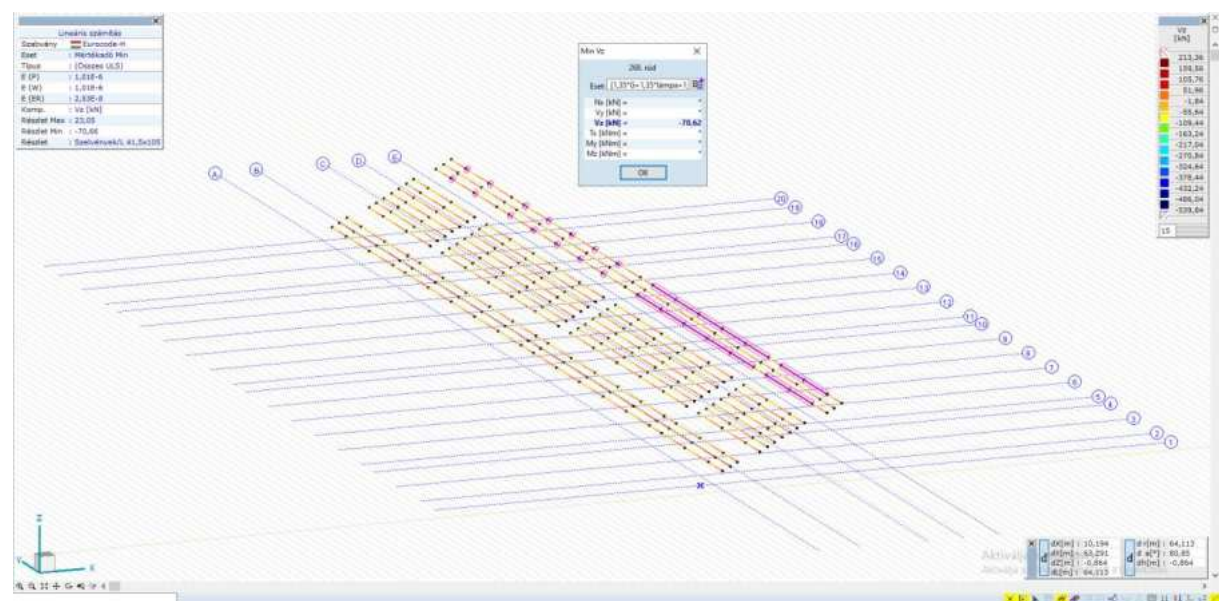
80. kép: 105x20 fióktartó lokális lehajlás



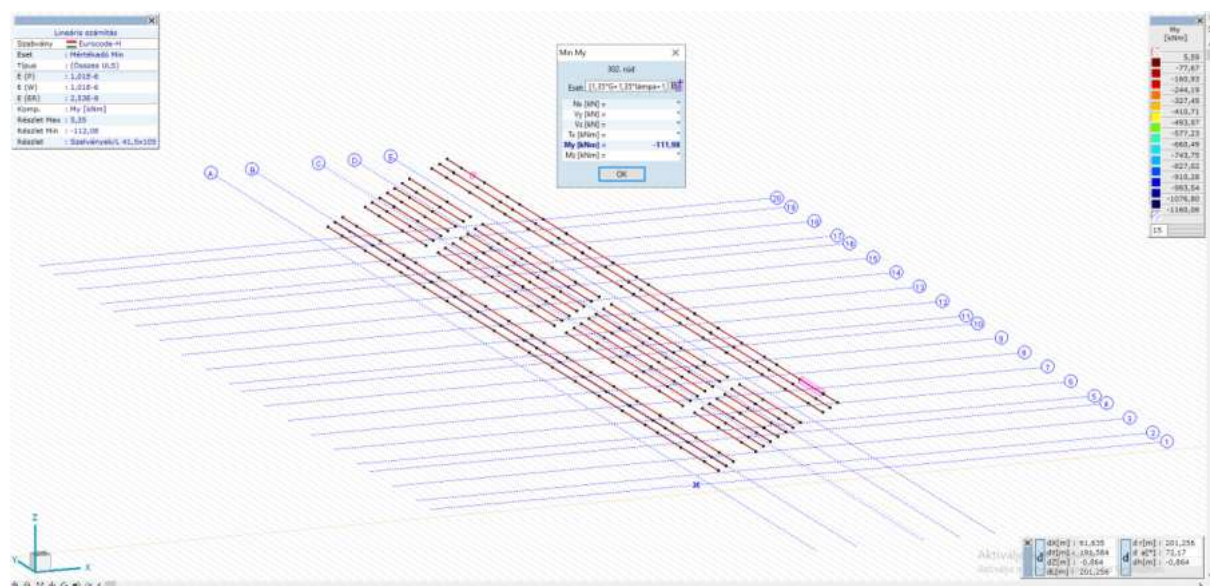
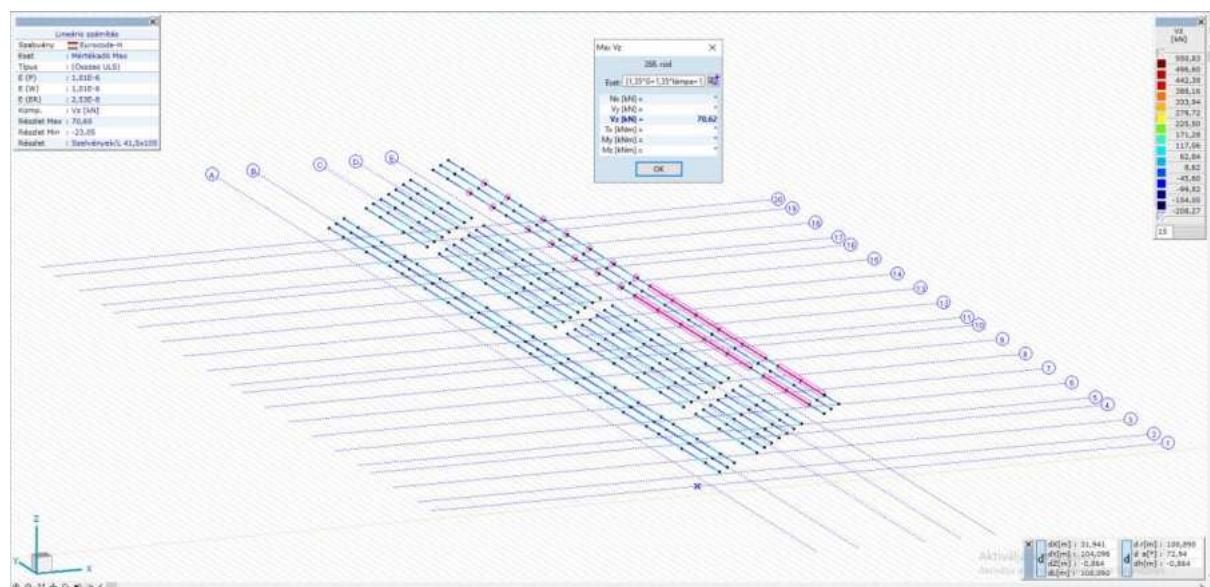
81. kép: 105x20 fióktartó min N

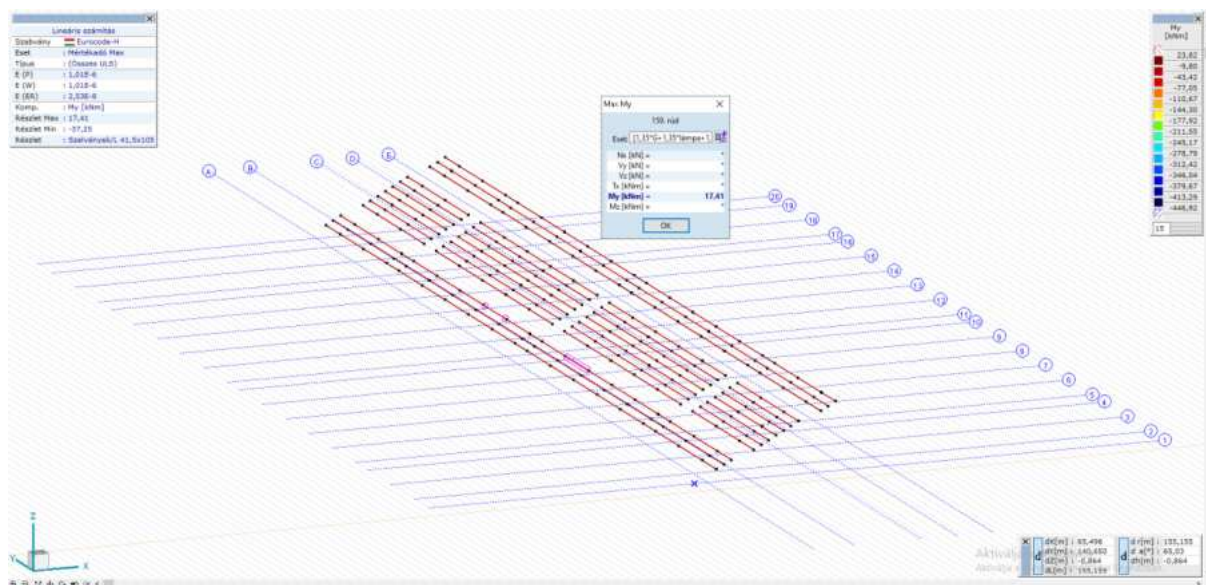


82. kép: 105x20 fióktartó max N



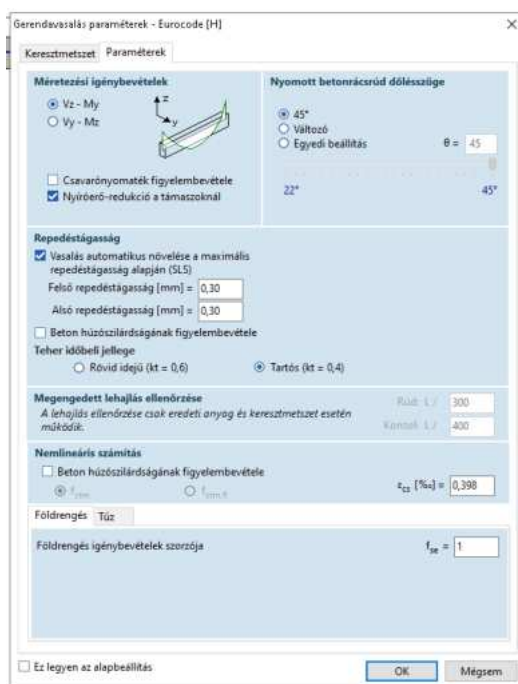
83. kép: 105x20 fióktartó min V



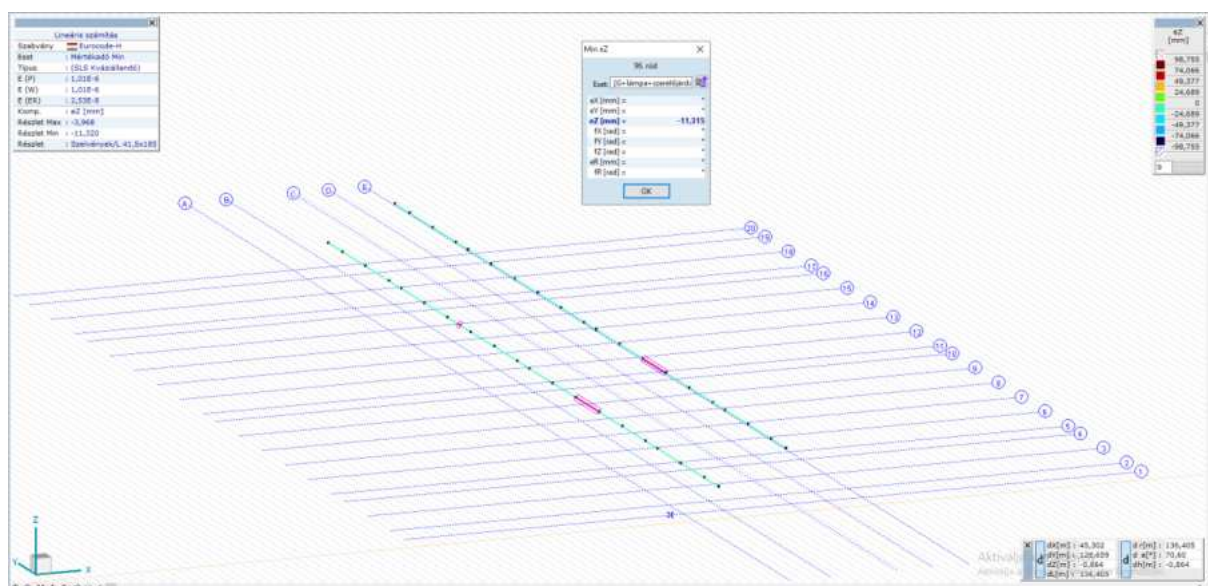


86. kép: 105x20 fióktartó max M

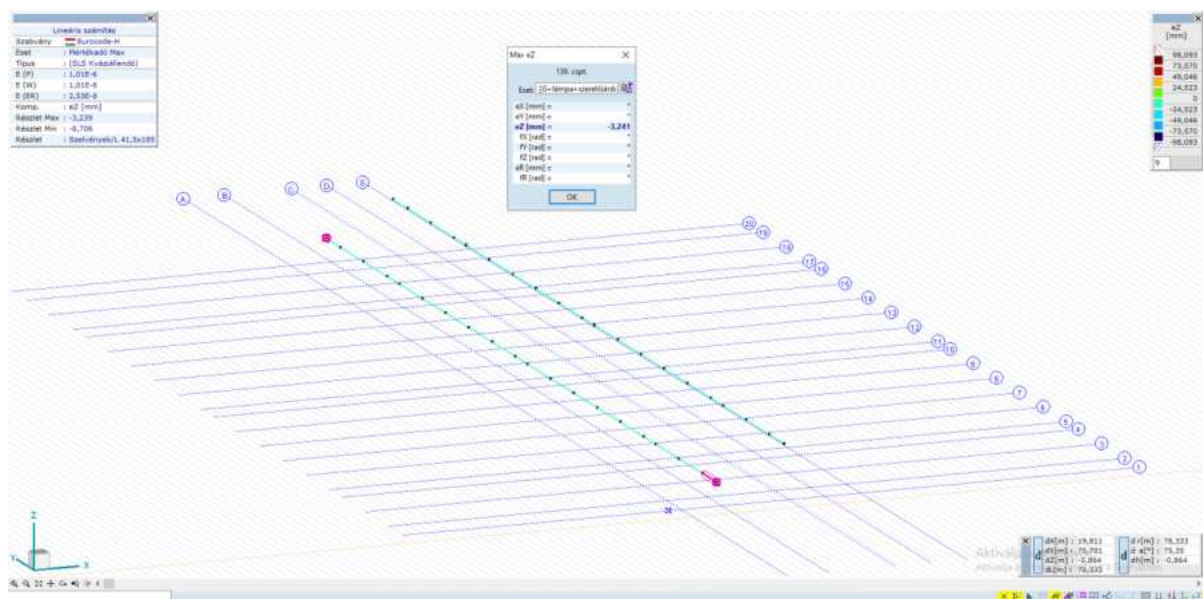
87. kép: 105x20 fióktartó vasalás beállítás 1



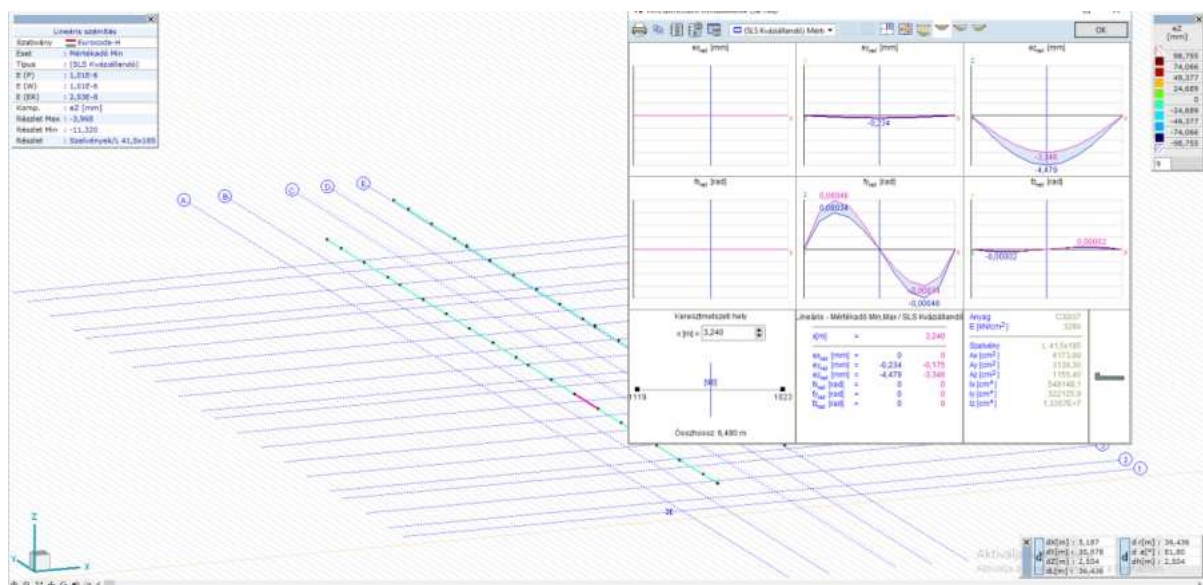
88. kép: 105x20 fióktartó vasalás beállítás 2



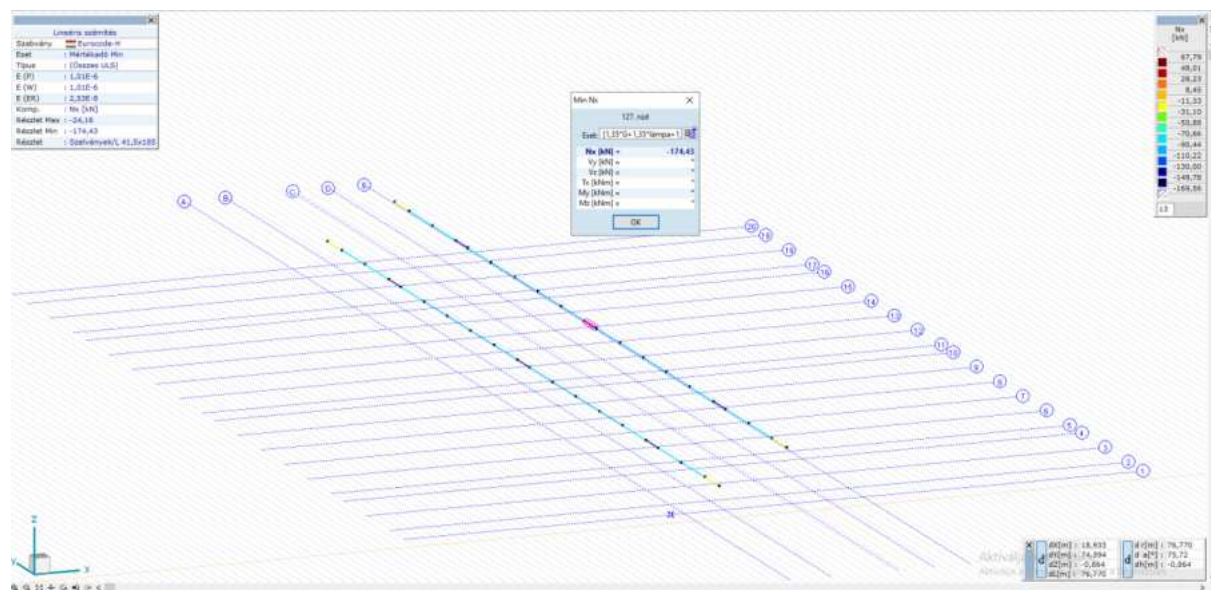
89. kép: 185x20 fióktartó min lehajlás



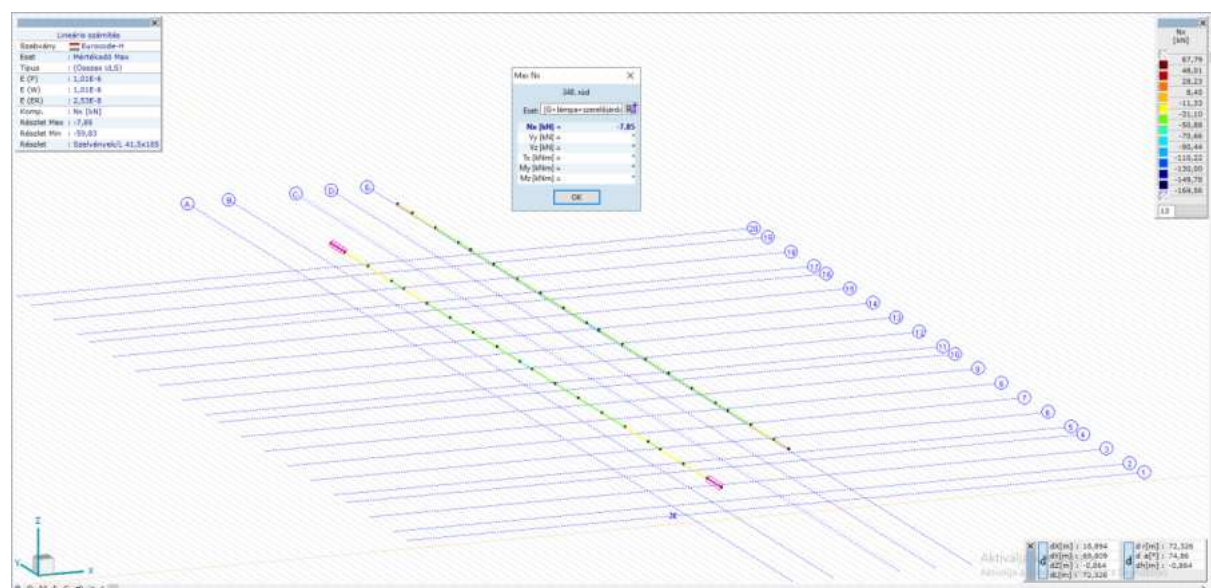
90. kép: 185x20 fióktartó max lehajlás



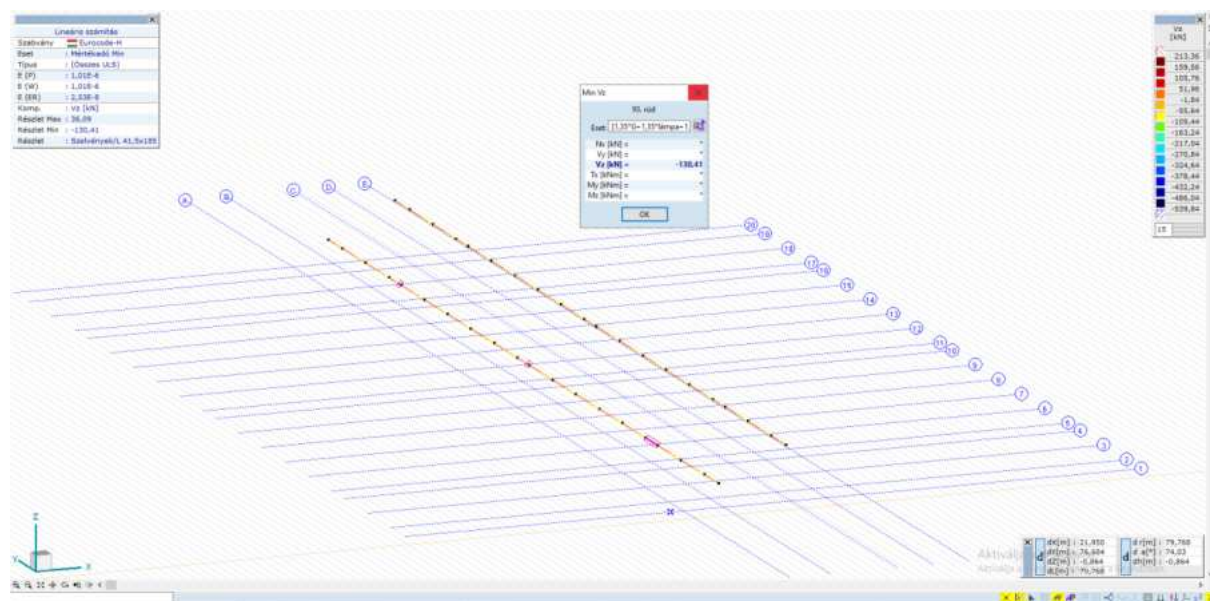
91. kép: 185x20 fióktartó lokális lehajlás



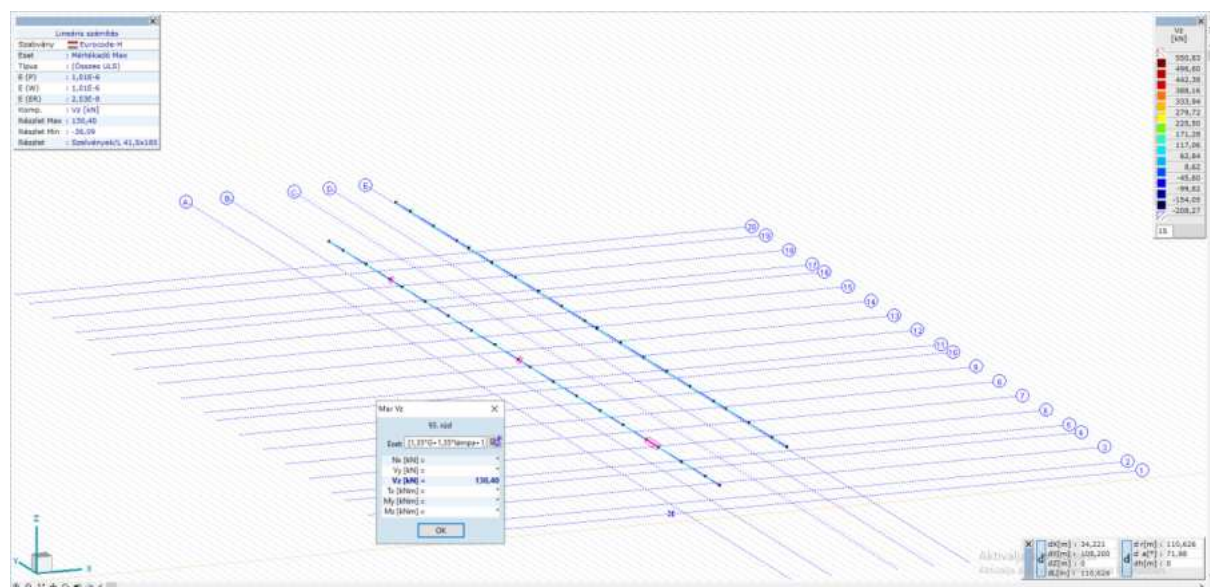
92. kép: 185x20 fióktartó min N



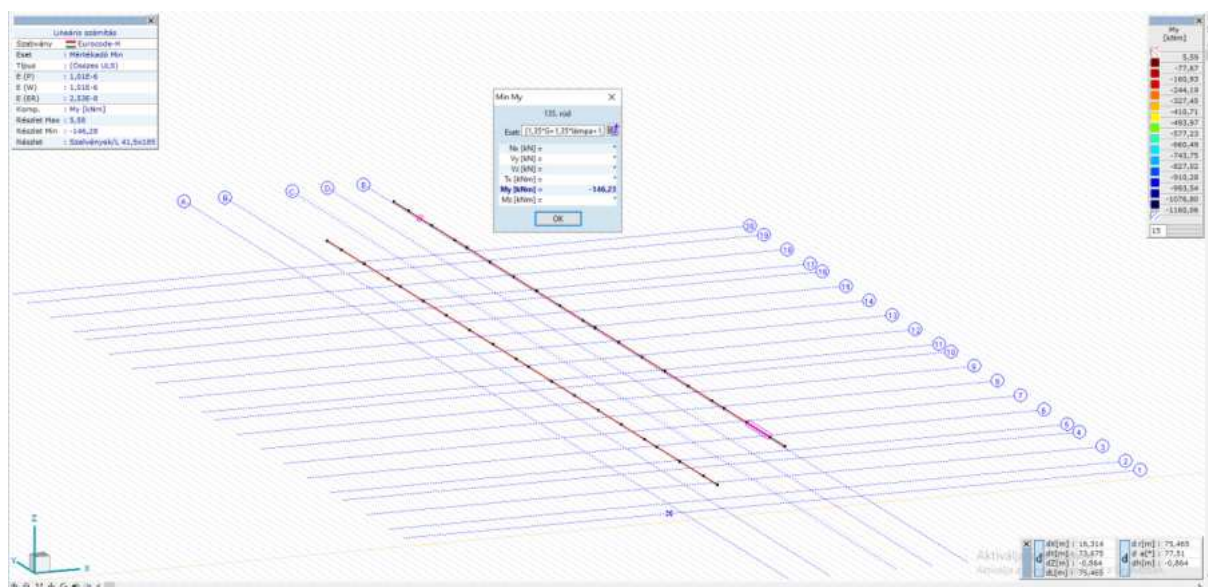
93. kép: 185x20 fióktartó max N



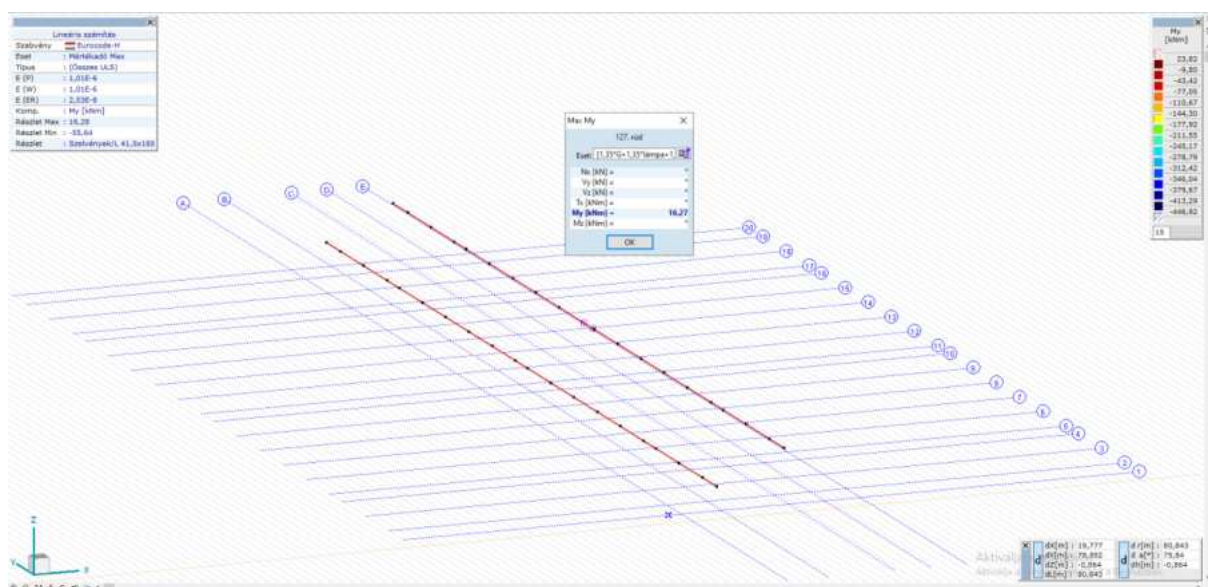
94. kép: 185x20 fióktartó min V



95. kép: 185x20 fióktartó max V



96. kép: 185x20 fióktartó min M



97. kép: 185x20 fióktartó max M

Gerendavasalás paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Beton: C30/37 D_{max} [mm] = 16

Szerkezeti osztály: S4

Vz - My

L: 41,5x185

b_w

h

b_w [cm] = 185,0

h [cm] = 20,0

Környezeti osztályok, betonfedések

☒ Minimális betonfedés alkalmazása

Felső (+z) XC3 c_y (+z) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Bal (-y) XC3 c_y (-y) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Jobb (+y) XC3 c_y (+y) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Alsó (-z) XC3 c_y (-z) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Kengyel: B500B Szárak száma = 2

ϕ_k [mm] = 8

Hosszvasalás: B500B

Típus: Bordázott

ϕ_y [mm] = 8

ϕ_z [mm] = 8

ϕ_s [mm] = 16

ϕ_b [mm] = 16

Kengyeltávolság lépcső: Δs [cm] = 5,0

Oldalsó csavarvasalás: ϕ_{cs} [mm] = 8

Alkalmazott hosszvasalások maximális száma: 3

☐ Ez legyen az alapbeállítás

OK Mégsem

98. kép: 185x20 fióktartó vasalás beállítás 1

Gerendavasalás paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Méretezési igénybevételek

☒ Vz - My

☐ Vy - Mz

☐ Csavarónyomaték figyelembevétele

☒ Nyíróerő-redukció a támaszoknál

Nyomott betonra csúszási dőlésszöge

☒ 45°

☐ Változó

☐ Egyedi beállítás $\theta = 45$

22° 45°

Repedéstágasság

☒ Vasalás automatikus növelése a maximális repedéstágasság alapján (SLS)

Felső repedéstágasság [mm] = 0,30

Alsó repedéstágasság [mm] = 0,30

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

Teljes időbeli jellege

☐ Rövid idejű (kt = 0,6)

☒ Tartós (kt = 0,4)

Megengedett lehajlás ellenőrzése

A lehajlás ellenőrzése csak eredeti anyag és keresztmetszet esetén működik.

Rövid l / 300

Tartós l / 400

Nemlineáris számítás

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

☒ f_{cm}

☐ $f_{cm,0.9}$

ϵ_{cz} [‰] = 0,398

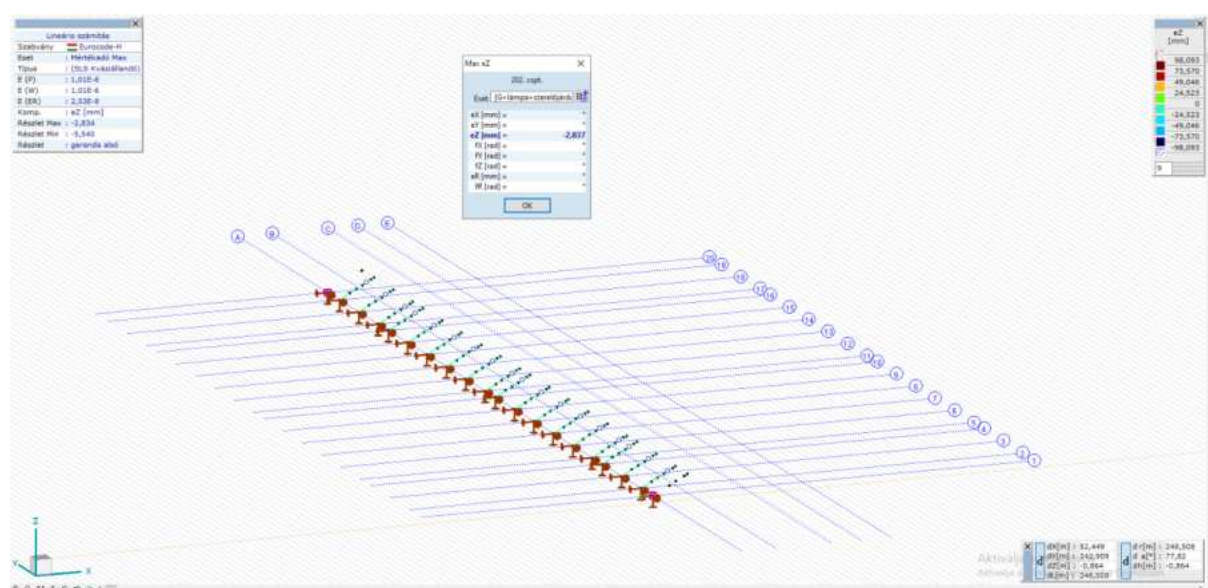
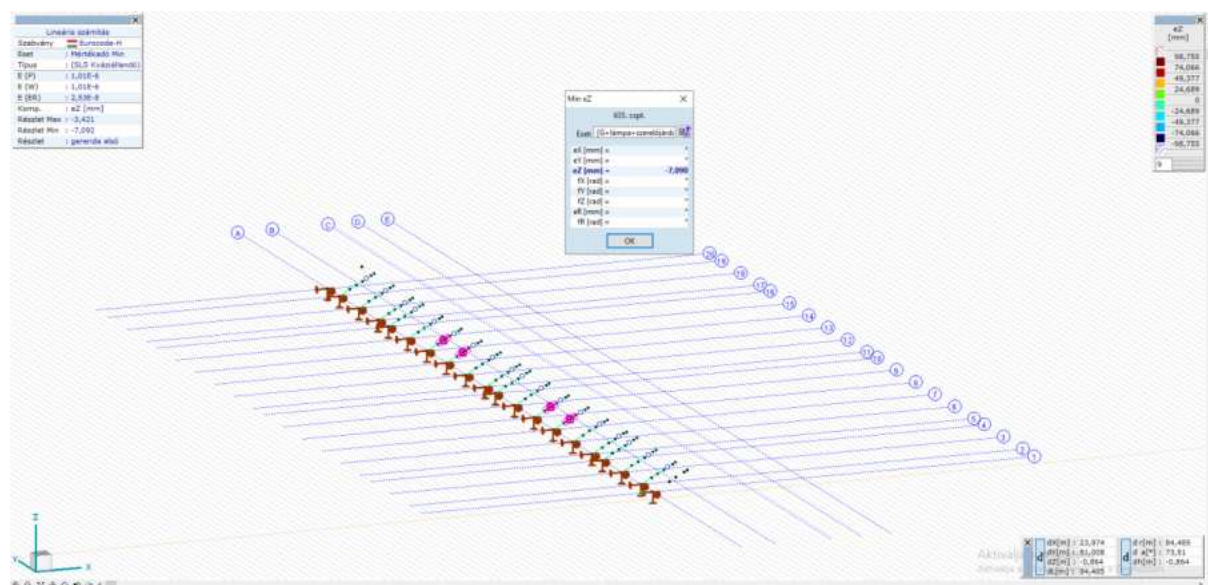
Földrengés Tűz

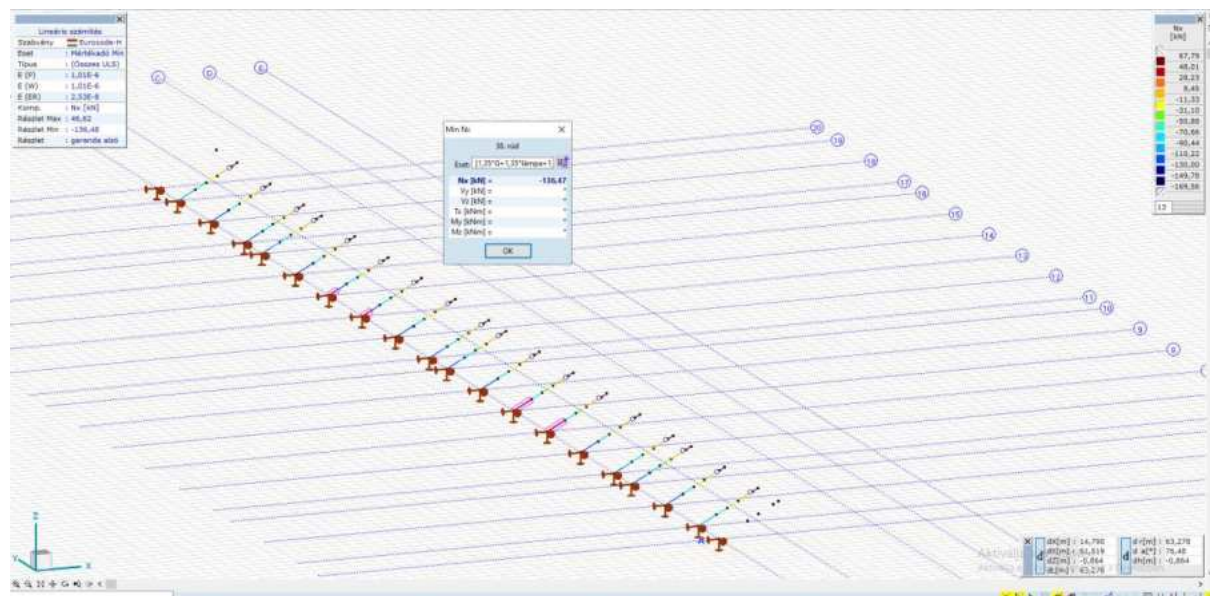
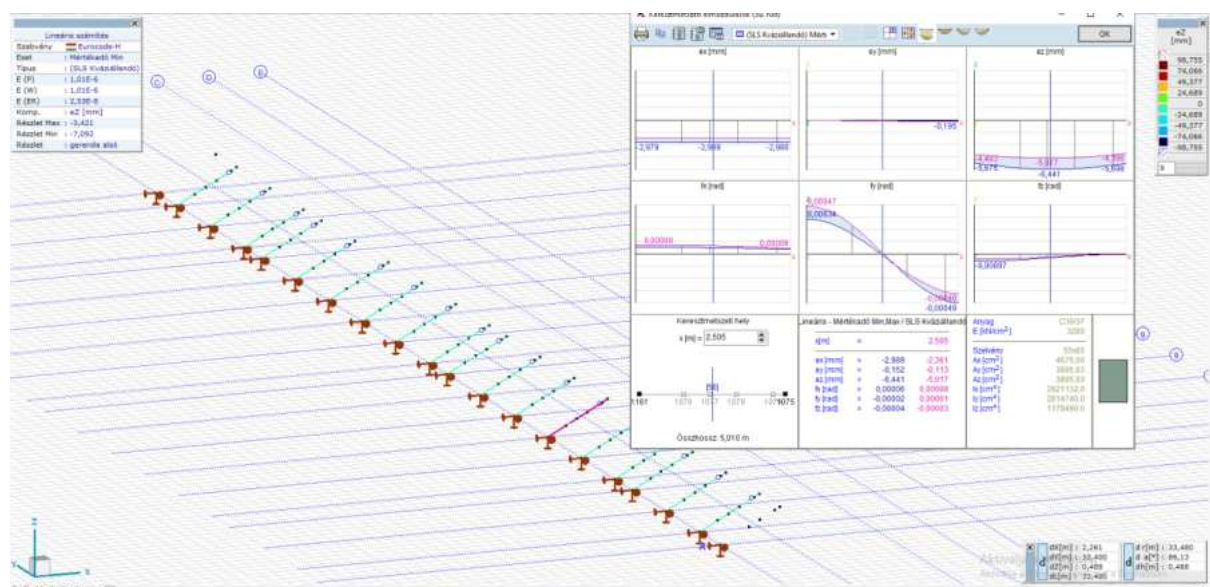
Földrengés igénybevételek szorzója $f_{ss} = 1$

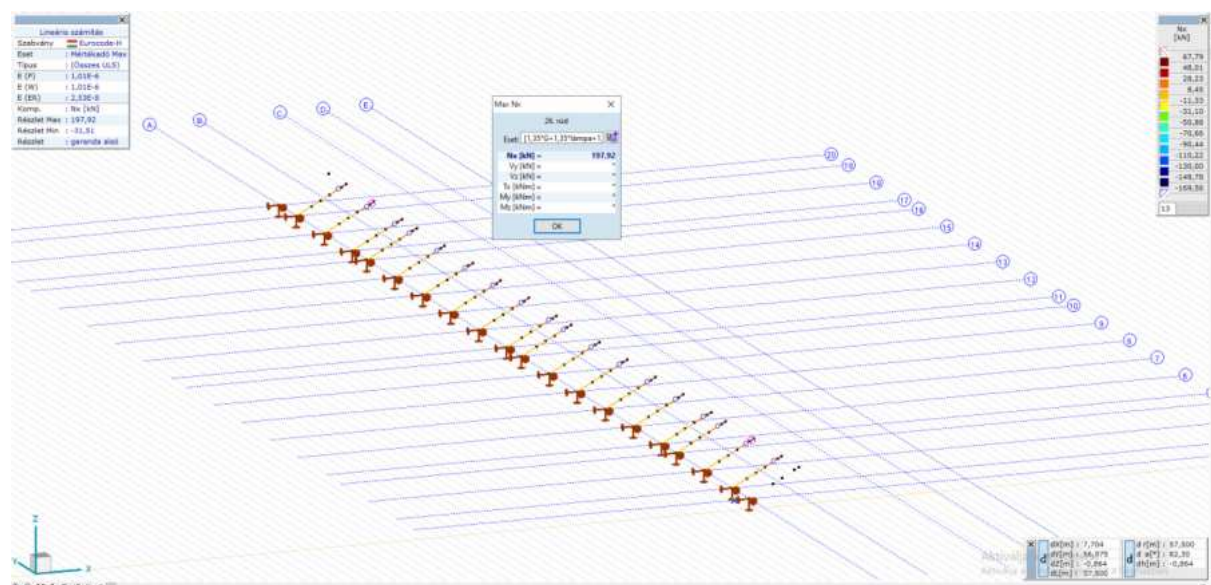
☐ Ez legyen az alapbeállítás

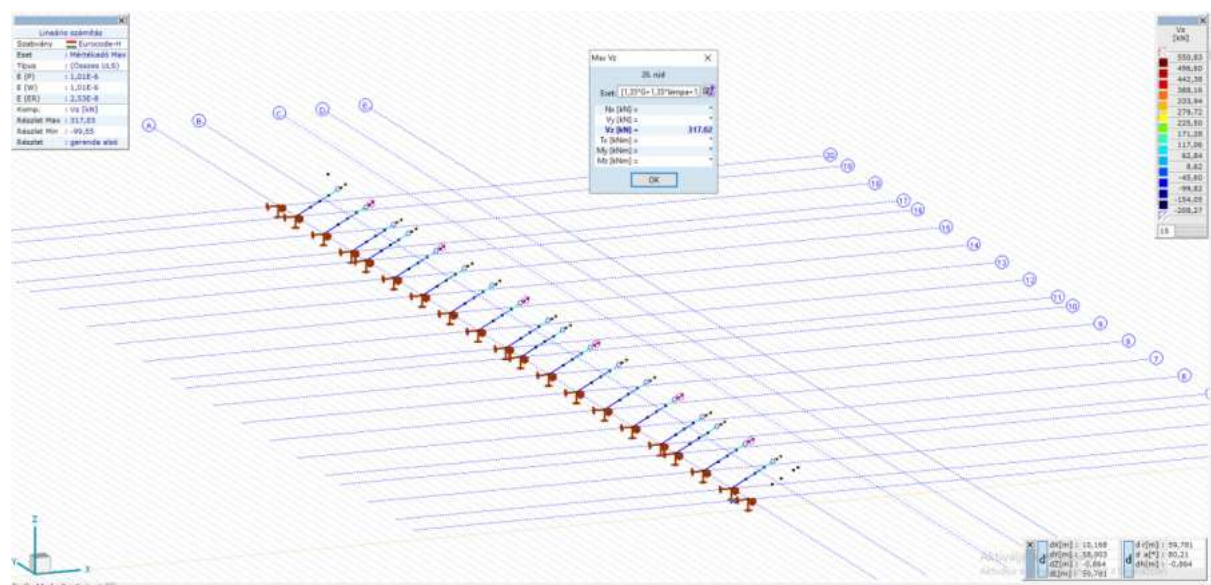
OK Mégsem

99. kép: 185x20 fióktartó vasalás beállítás 2

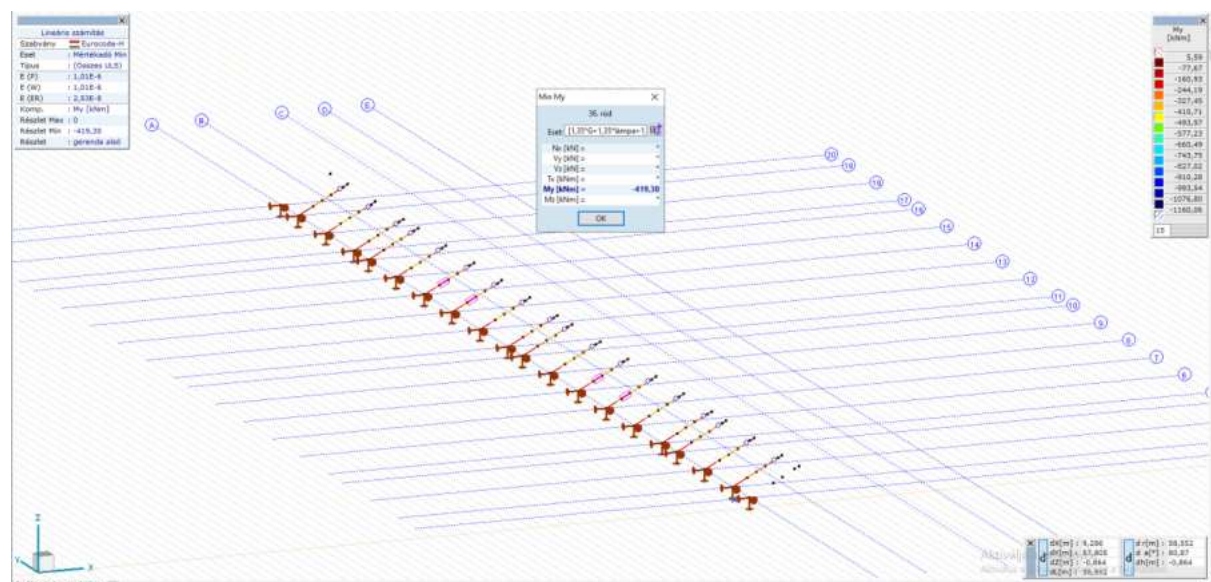




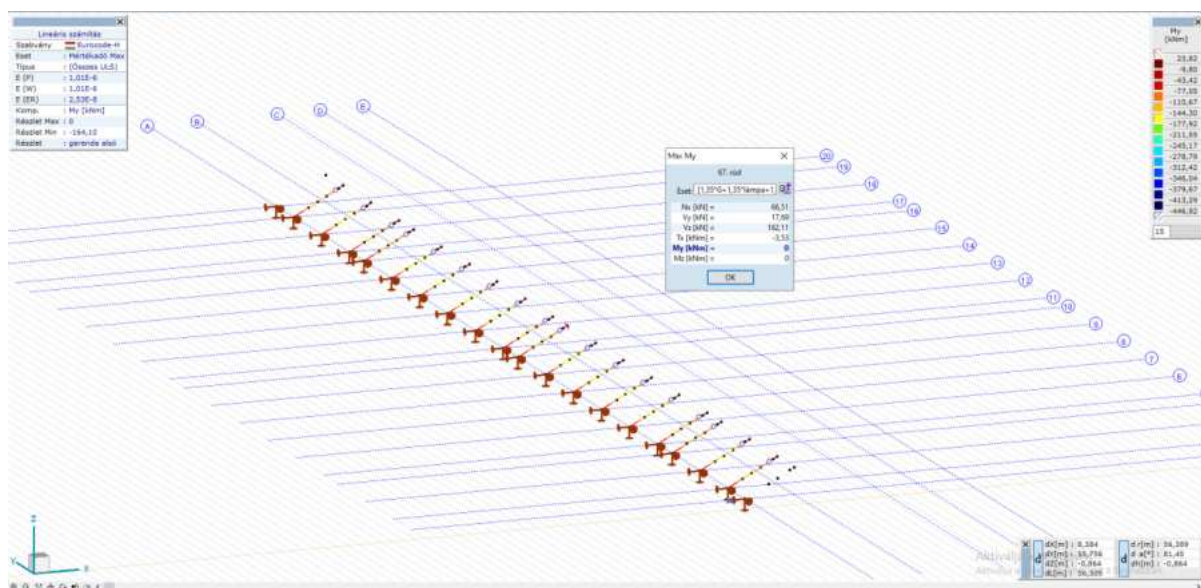




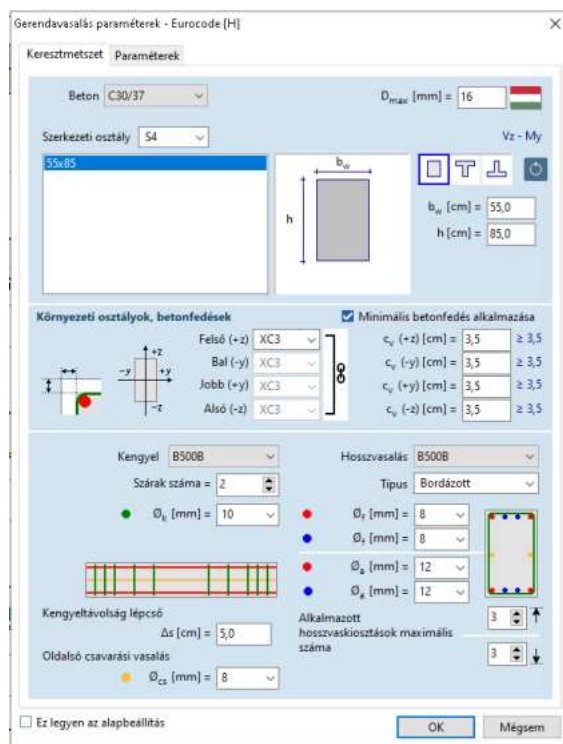
106. kép: alsó gerenda max V



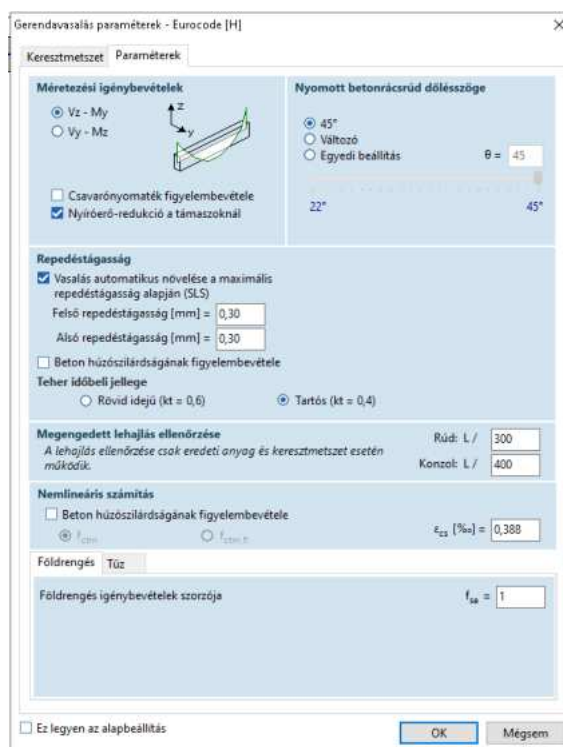
107. kép: alsó gerenda min M



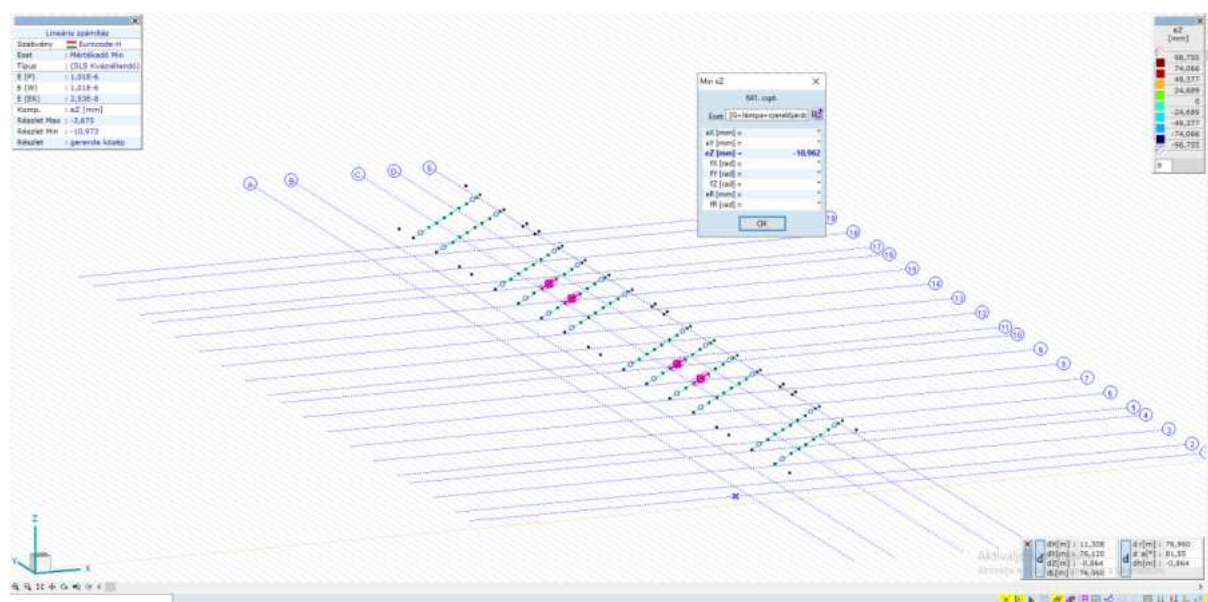
108. kép: alsó gerenda max M



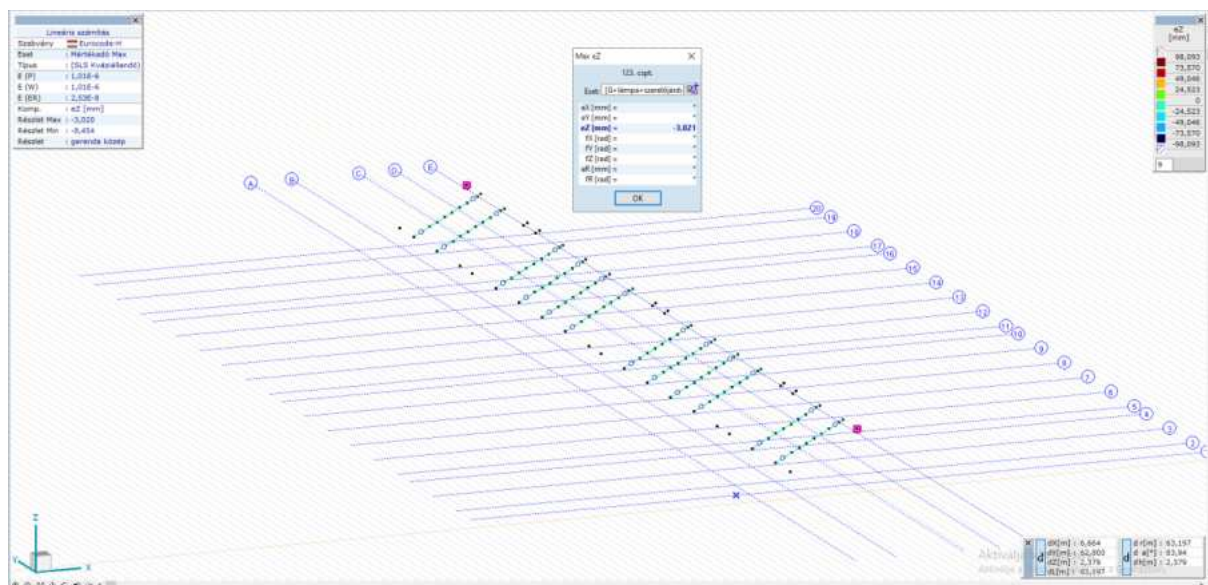
109. kép: alsó gerenda vasalás beállítás 1



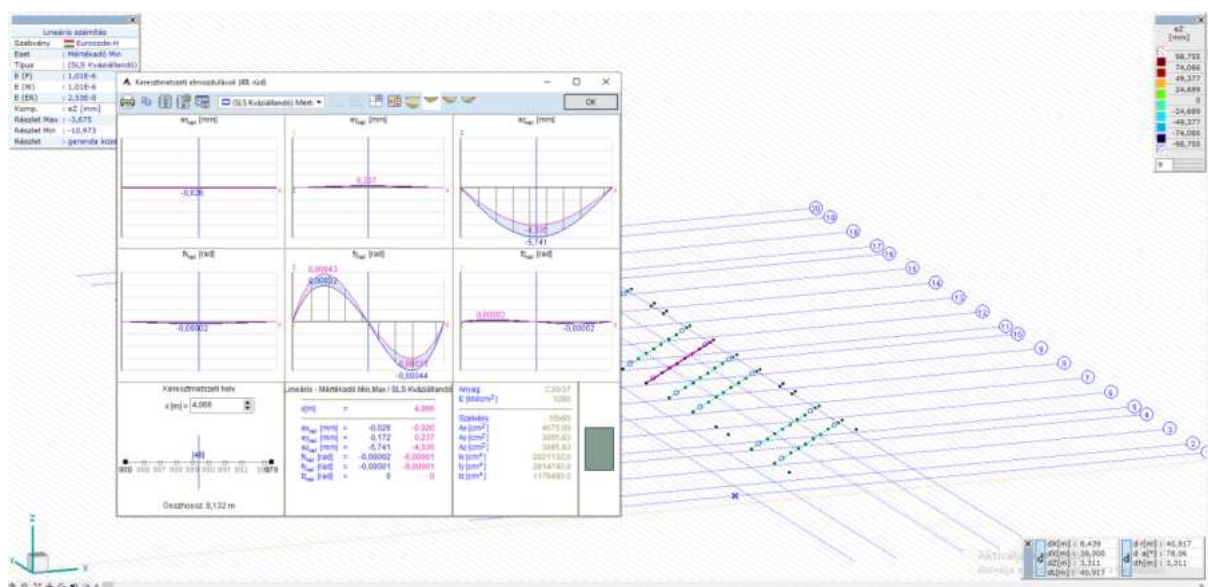
110. kép: alsó gerenda vasalás beállítás 2



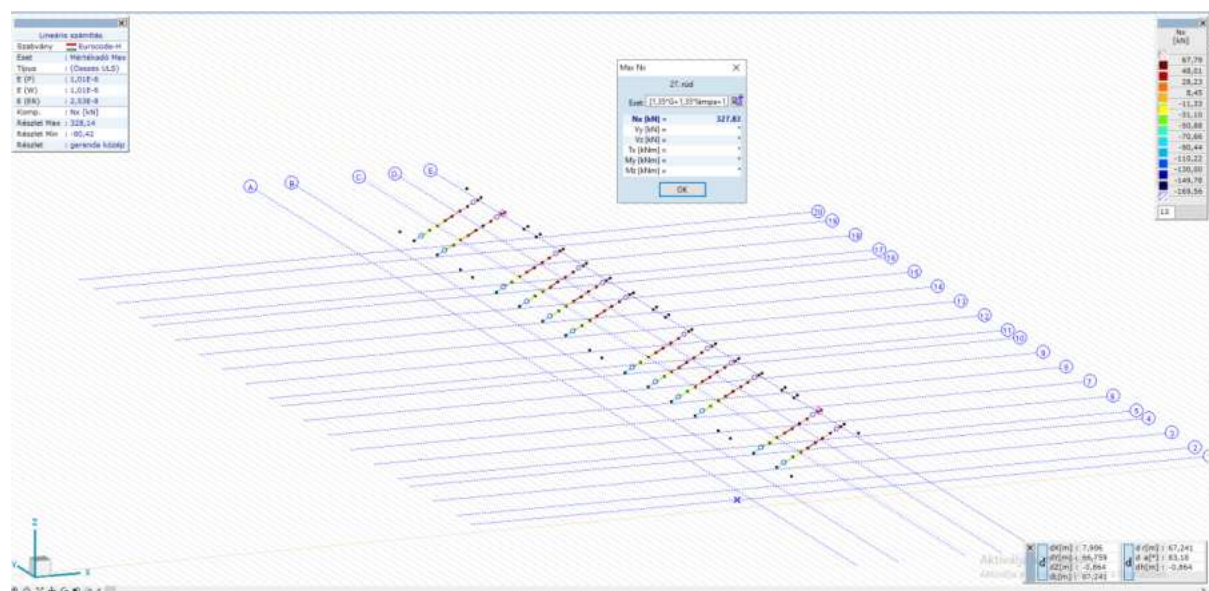
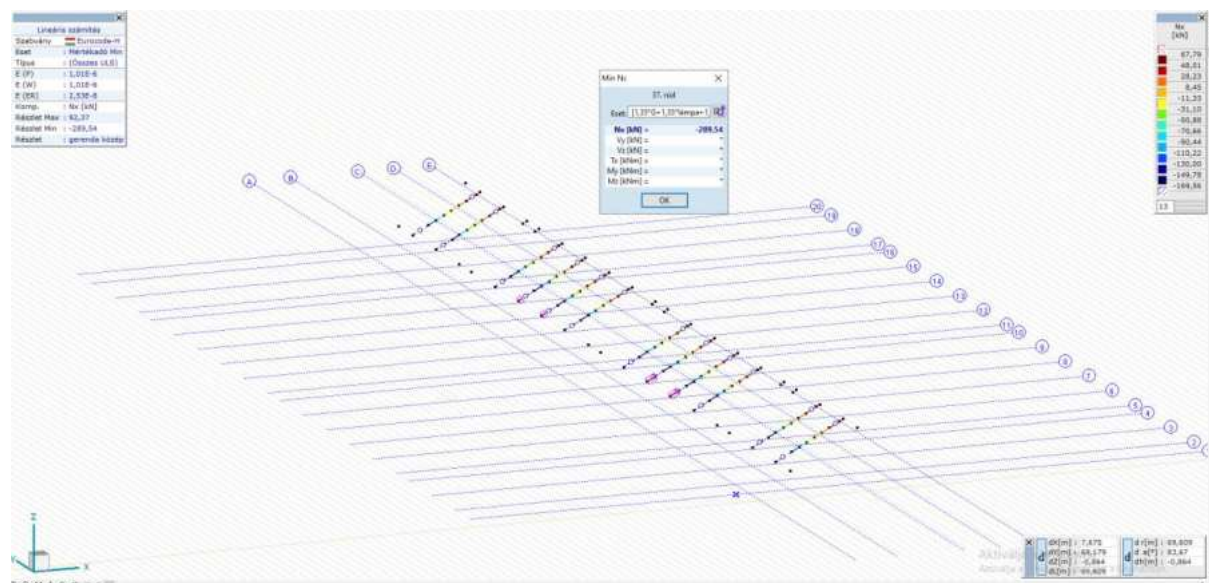
111. kép: középső gerenda min lehajlás

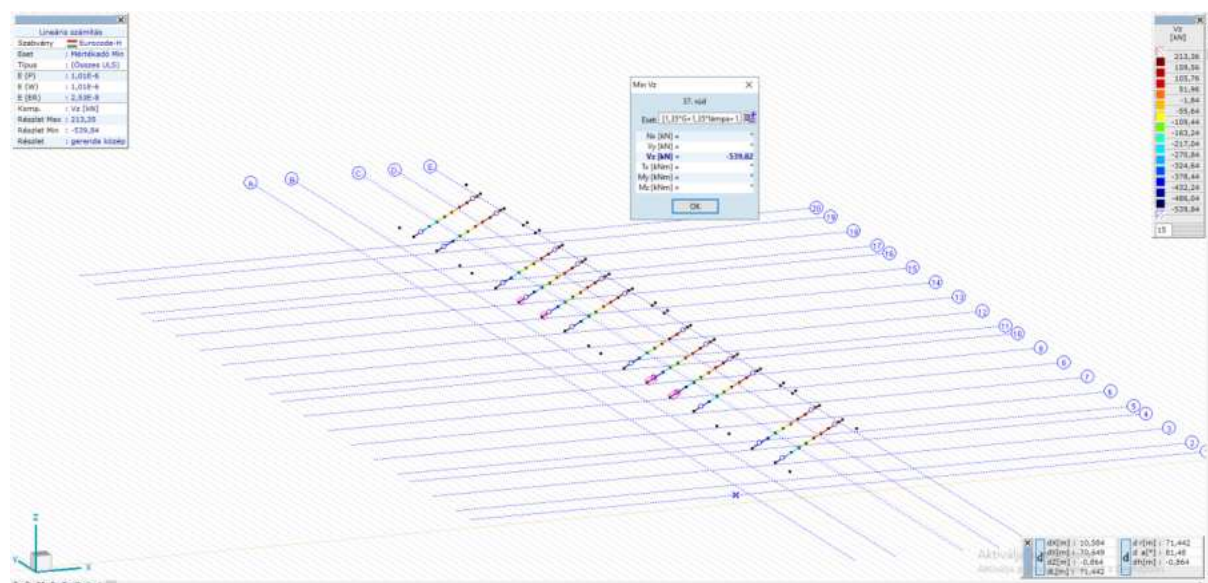


112. kép: középső gerenda max lehajlás

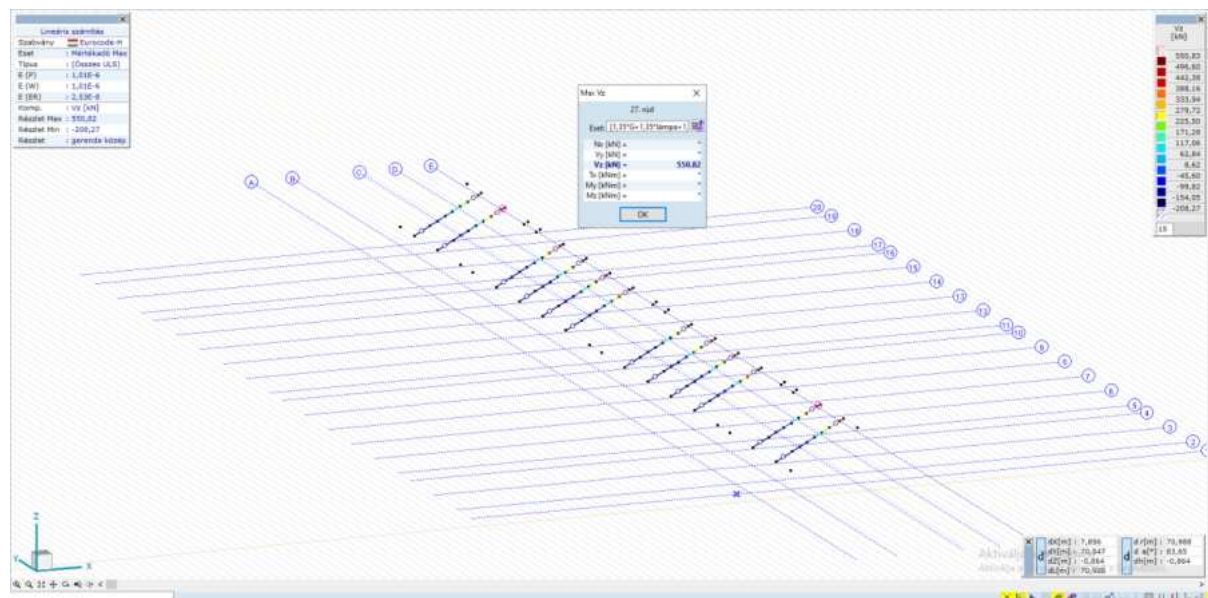


113. kép: középső gerenda lokális lehajlás

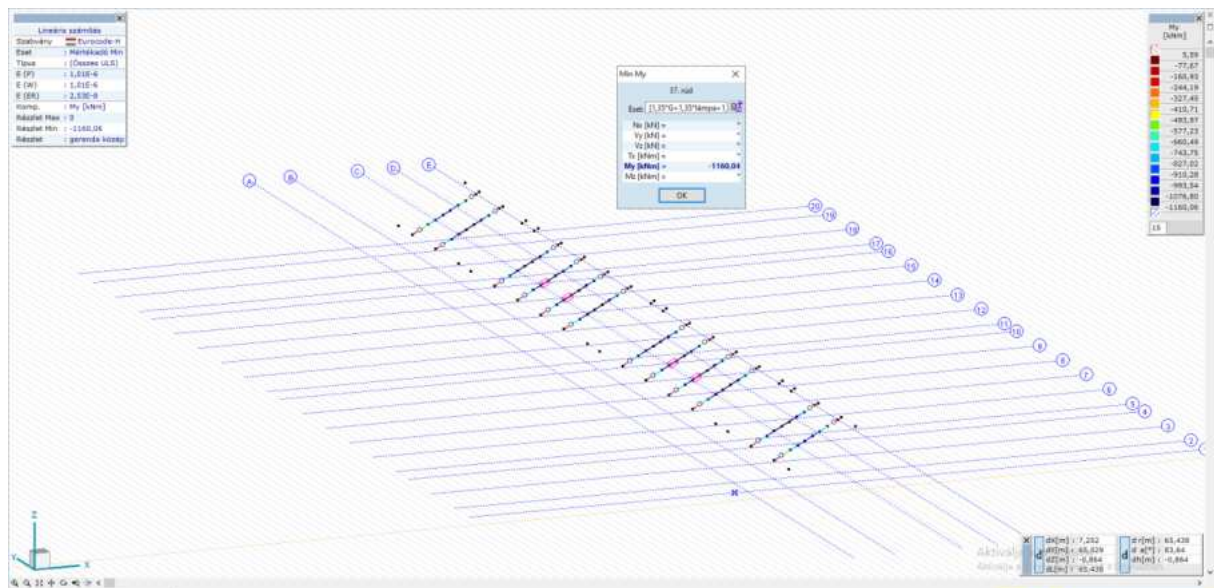




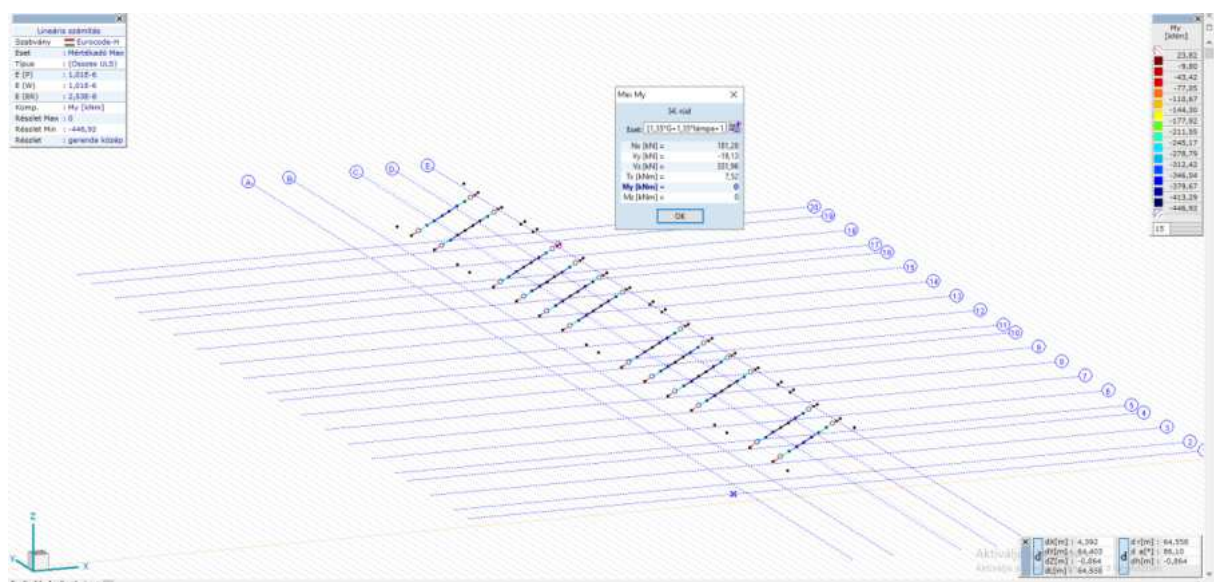
116. kép: középső gerenda min V



117. kép: középső gerenda max V



118. kép: középső gerenda min M



119. kép: középső gerenda ma M

Gerendavasalás: paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Beton: C30/37 D_{max} [mm] = 16

Szerkezeti osztály: S4 $V_z - M_y$

53x85

b_w [cm] = 55,0 h [cm] = 85,0

Környezeti osztályok, betonfedések

Felső (+z) XC3 c_y (+z) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Bal (-y) XC3 c_y (-y) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Jobb (+y) XC3 c_y (+y) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

Alsó (-z) XC3 c_y (-z) [cm] = 3,5 $\geq 3,5$

☒ Minimális betonfedés alkalmazása

Kengyel: B500B Szárak száma = 2 Φ_k [mm] = 8

Hosszvasalás: B500B Φ_y [mm] = 8 Φ_z [mm] = 8 Φ_x [mm] = 22 Φ_b [mm] = 22

Kengyeltávolság lépcső Δs [cm] = 5,0

Oldalsó csavarvasalás Φ_{cs} [mm] = 8

Alkalmazott hosszvasalások maximális száma: 3

☐ Ez legyen az alapbeállítás

OK Mégsem

120. kép: középső gerenda vasalás beállítás 1

Gerendavasalás: paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Méretezési igénybevételek

☒ $V_z - M_y$ ☐ $V_y - M_z$

☐ Csavarónyomaték figyelembevétele

☒ Nyíróerő-redukció a támaszoknál

Nyomott betonra csúrdőlésszöge

☒ 45° ☐ Változó ☐ Egyedi beállítás $\theta = 45^\circ$

22° 45°

Repedéstágasság

☒ Vasalás automatikus növelése a maximális repedéstágasság alapján (SLS)

Felső repedéstágasság [mm] = 0,30

Alsó repedéstágasság [mm] = 0,30

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

Téher időbeli jellege

☐ Rövid idejű ($k_t = 0,6$) ☒ Tartós ($k_t = 0,4$)

Megengedett lehajlás ellenőrzése

A lehajlás ellenőrzése csak eredeti anyag és keresztmetszet esetén működik.

Rúd: L / 300

Konzol: L / 400

Nemlineáris számítás

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

☒ f_{yk} ☐ $f_{yk,0.9}$ ϵ_{cs} [‰] = 0,388

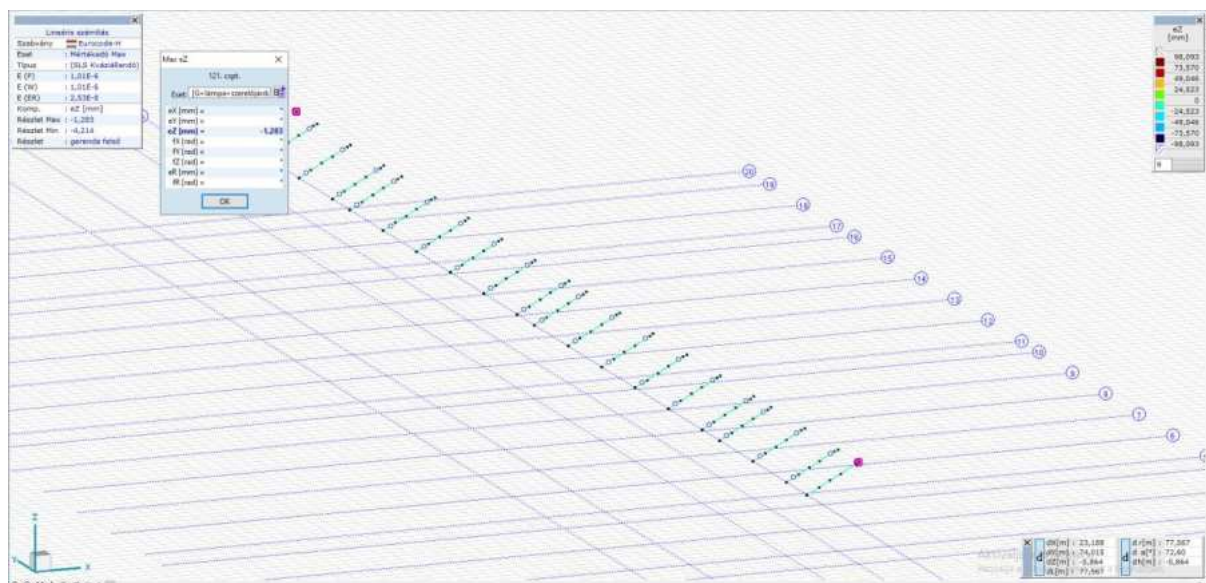
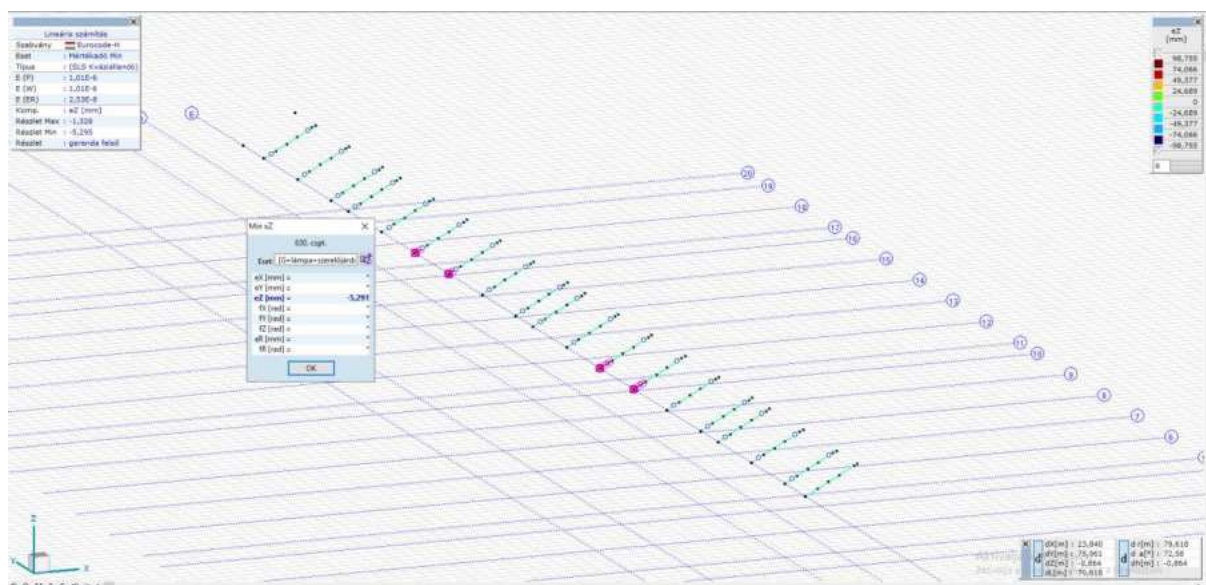
Földrengés Tűz

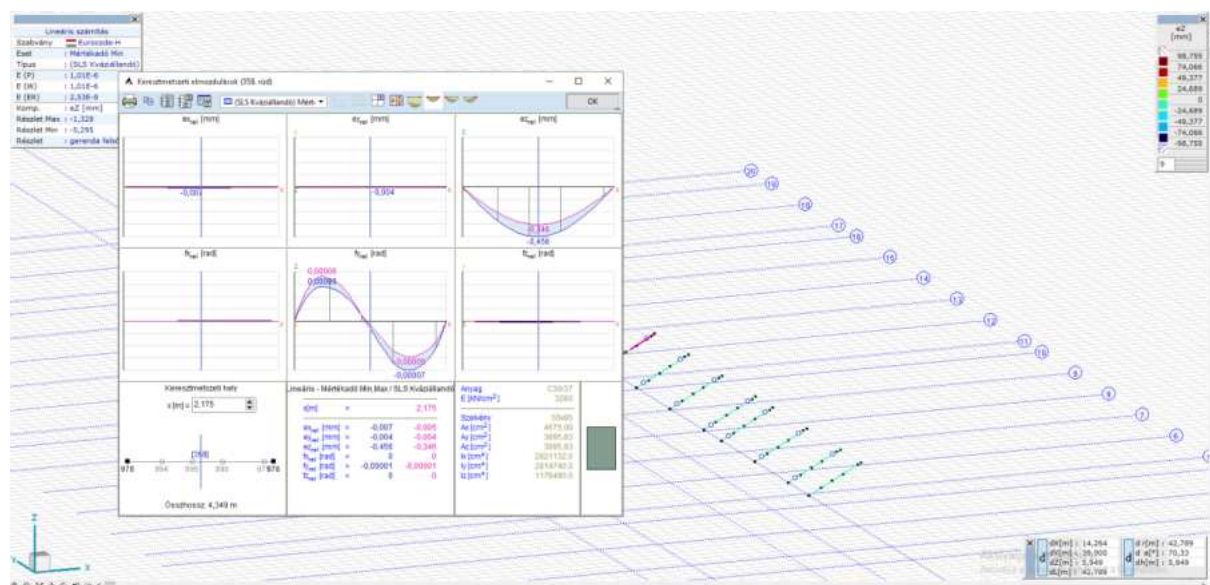
Földrengés igénybevételek szorzója $f_{sk} = 1$

☐ Ez legyen az alapbeállítás

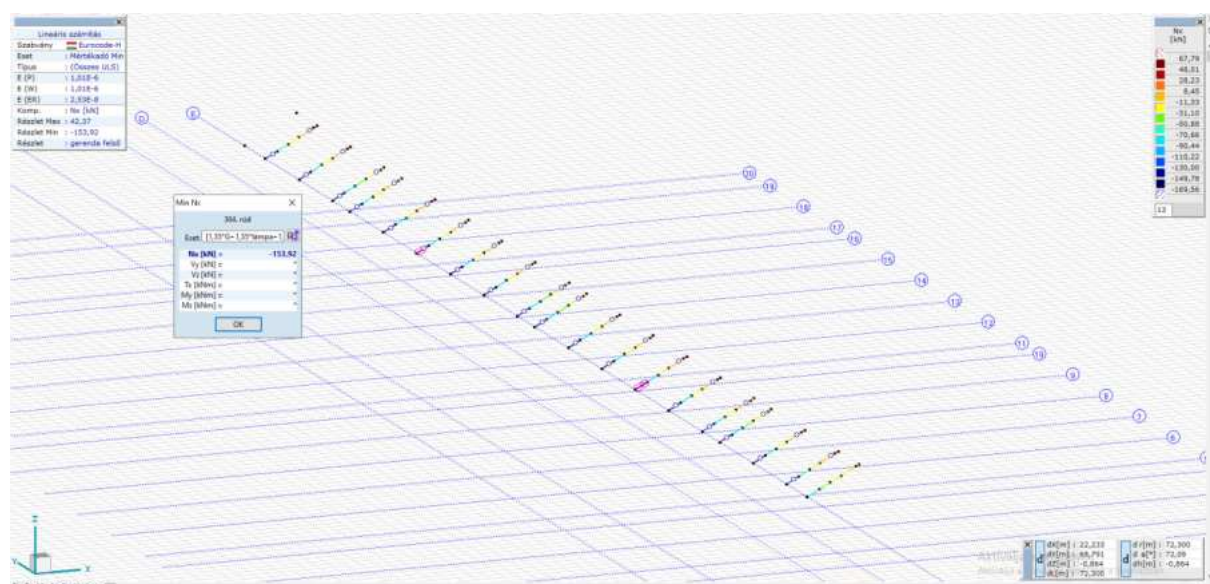
OK Mégsem

121. kép: középső gerenda vasalás beállítás 2

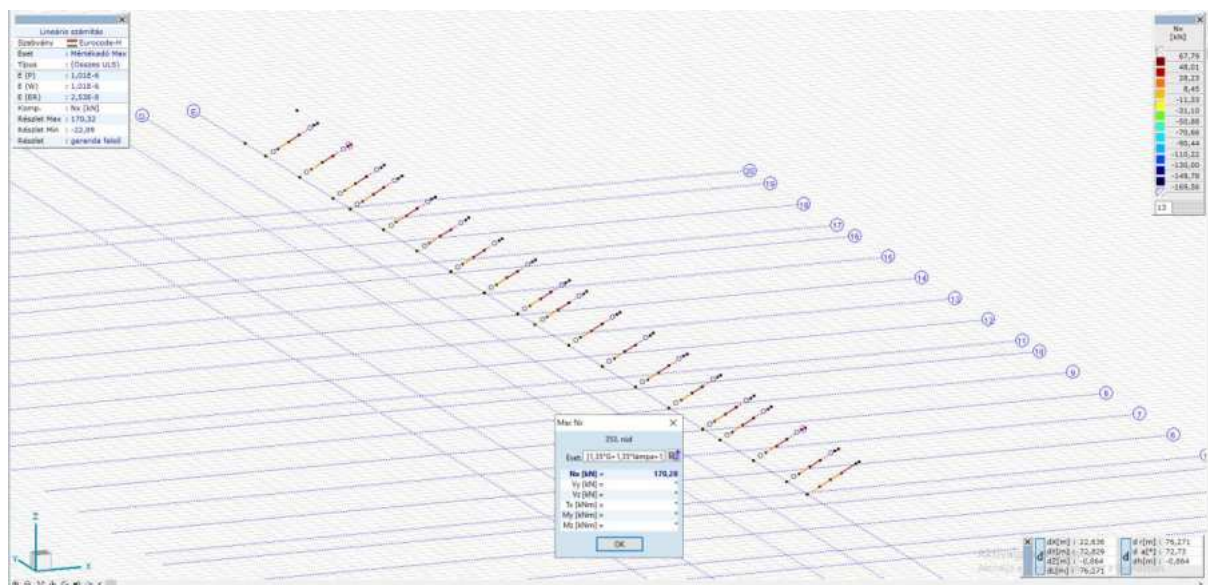




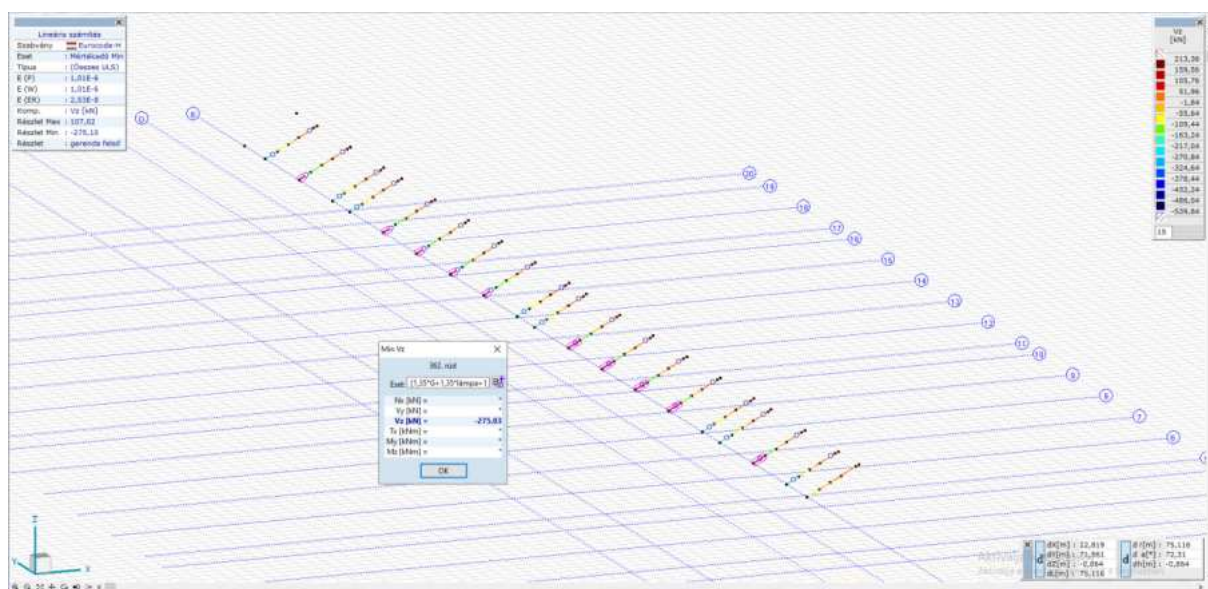
124. kép: felső gerenda lokális lehajlás



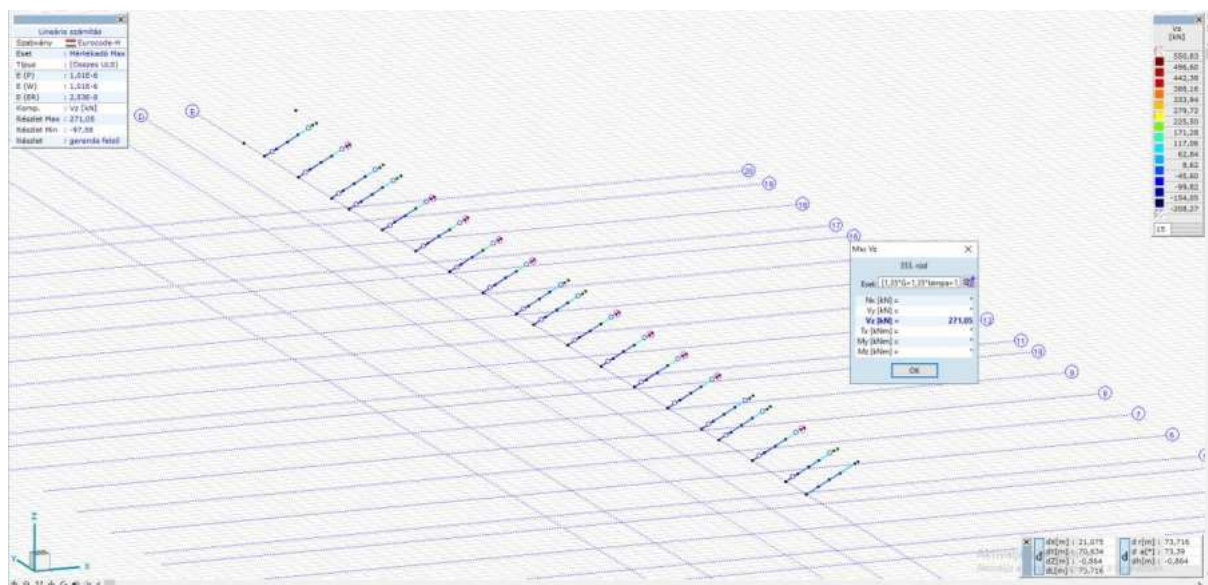
125. kép: felső gerenda min N



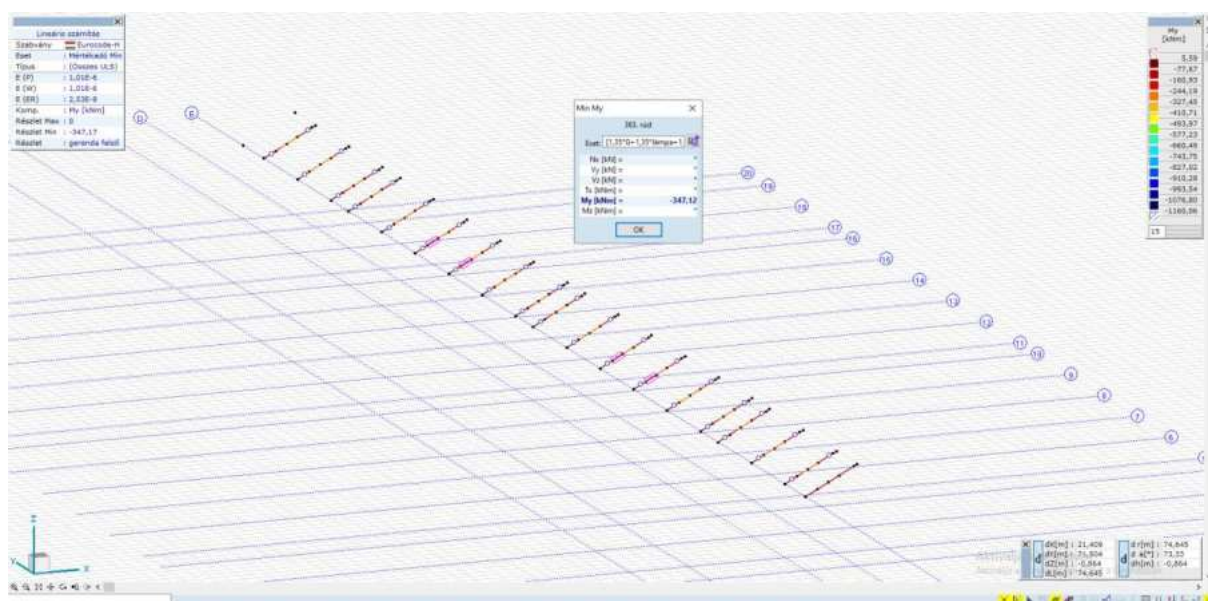
126. kép: felső gerenda max N



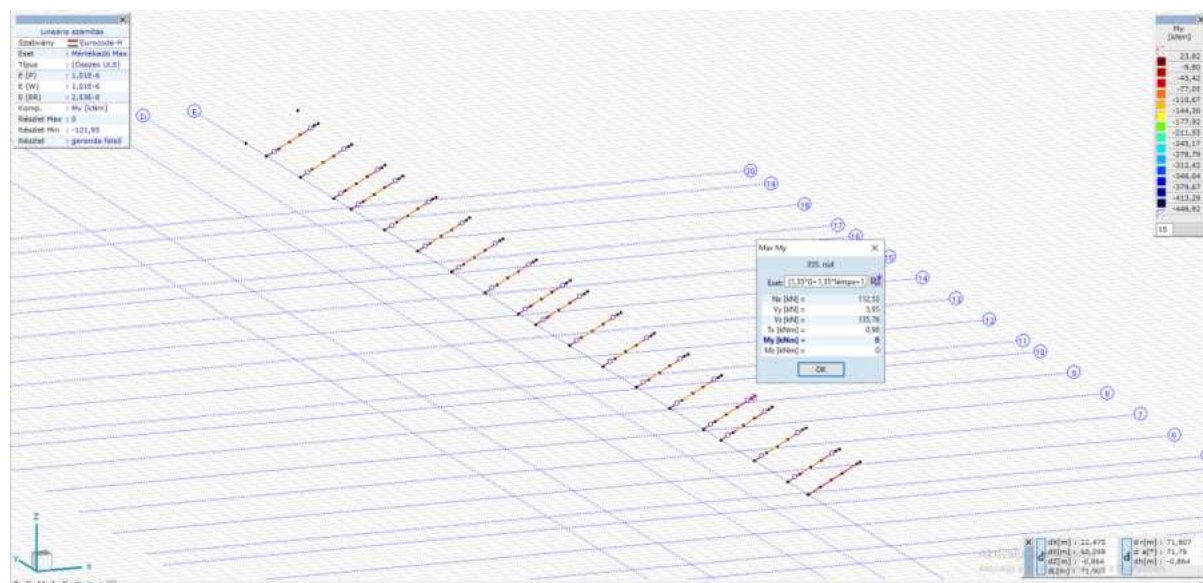
127. kép: felső gerenda min V



128. kép: felső gerenda max V



129. kép: felső gerenda min M



130. kép: felső gerenda max M

Gerendavasalás paraméterek - Eurocode [H]

Keresztmetszet Paraméterek

Méretezési igénybevételek

☒ Vz - My
☐ Vy - Mz

☐ Csavarónyomaték figyelembevétele
☒ Nyíróerő-redukció a támaszoknál

Nyomott betonra csúszás dőlésszöge

☒ 45°
☐ Változó
☐ Egyedi beállítás $\theta = 45$

Repedéstágasság

☒ Vasalás automatikus növelése a maximális repedéstágasság alapján (SLS)
 Felső repedéstágasság [mm] = 0,30
 Alsó repedéstágasság [mm] = 0,30

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

Teljes időbeli jellege

☐ Rövid idejű (kt = 0,6)
☒ Tartós (kt = 0,4)

Megengedett lehajlás ellenőrzése

A lehajlás ellenőrzése csak eredeti anyag és keresztmetszet esetén működik.

Rúd: L / 300
 Konzol: L / 400

Nemlineáris számítás

☐ Beton húzószilárdságának figyelembevétele

☒ f_{ctm}
☐ $f_{ctm,0}$

ϵ_{cs} [%] = 0,388

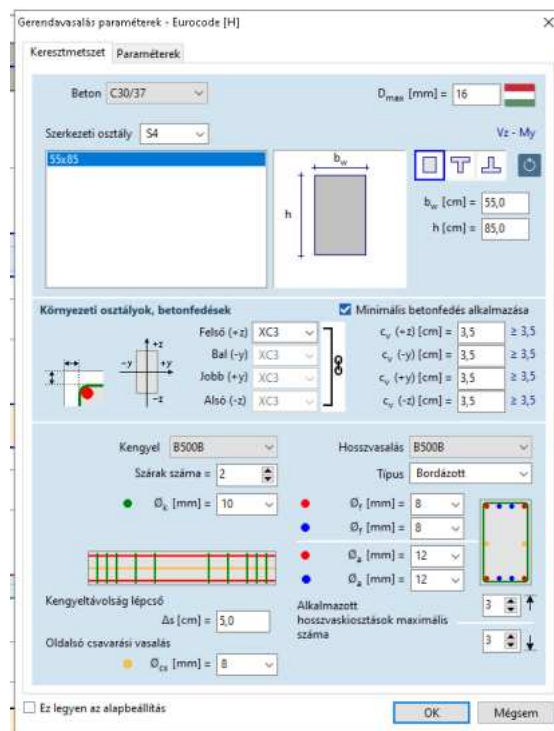
Földrengés Tűz

Földrengés igénybevételek szorzója $f_{se} = 1$

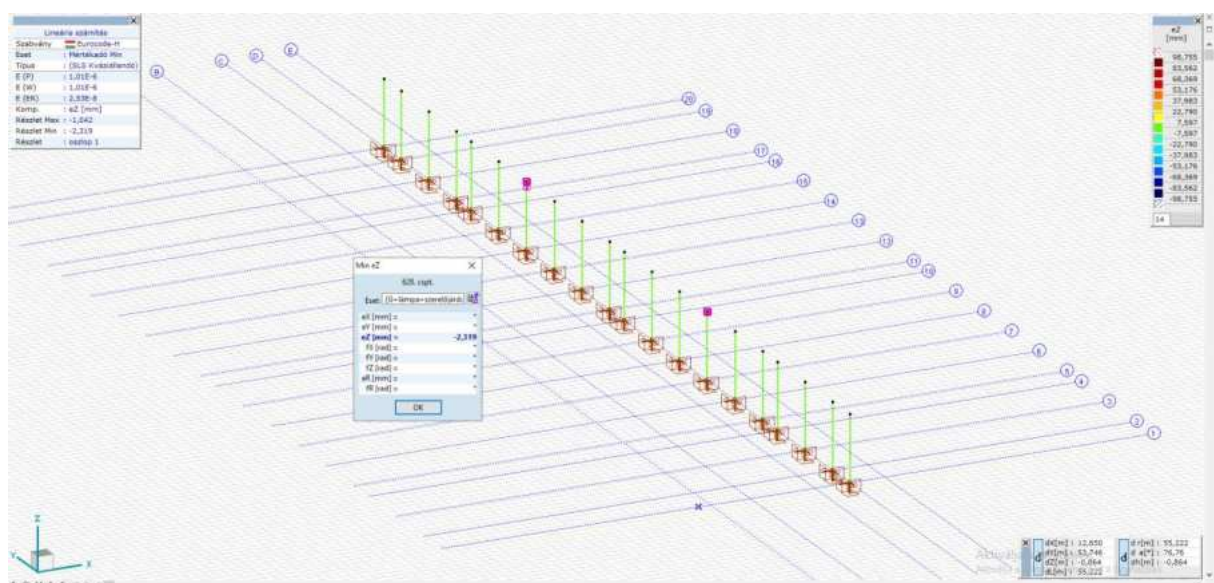
☐ Ez legyen az alapbeállítás

OK Mégsem

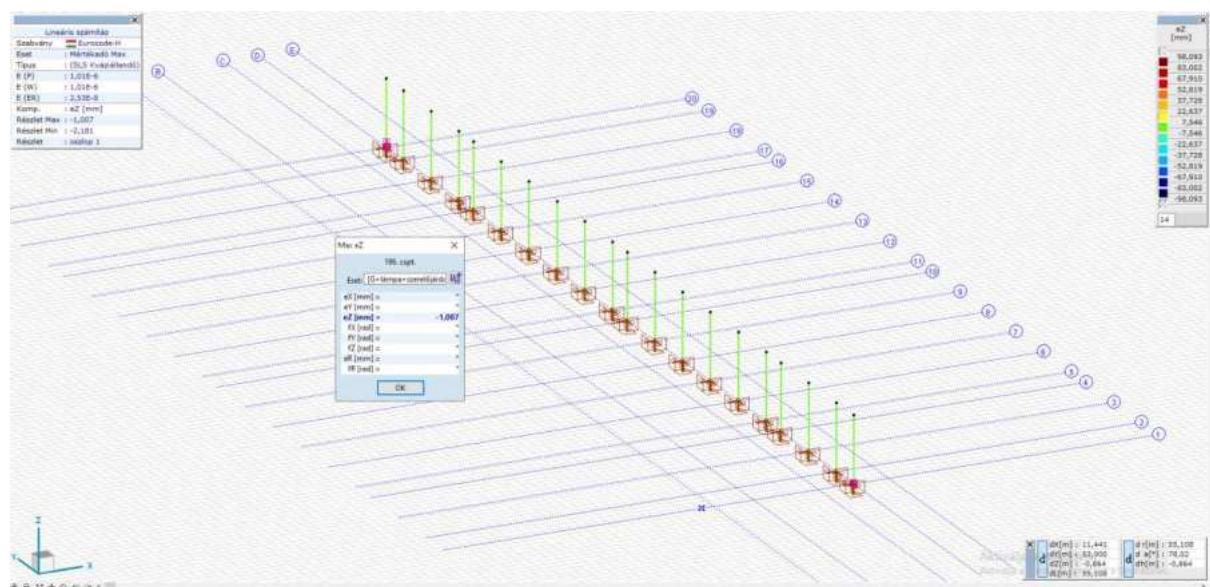
131. kép: felső gerenda vasalás beállítás 1



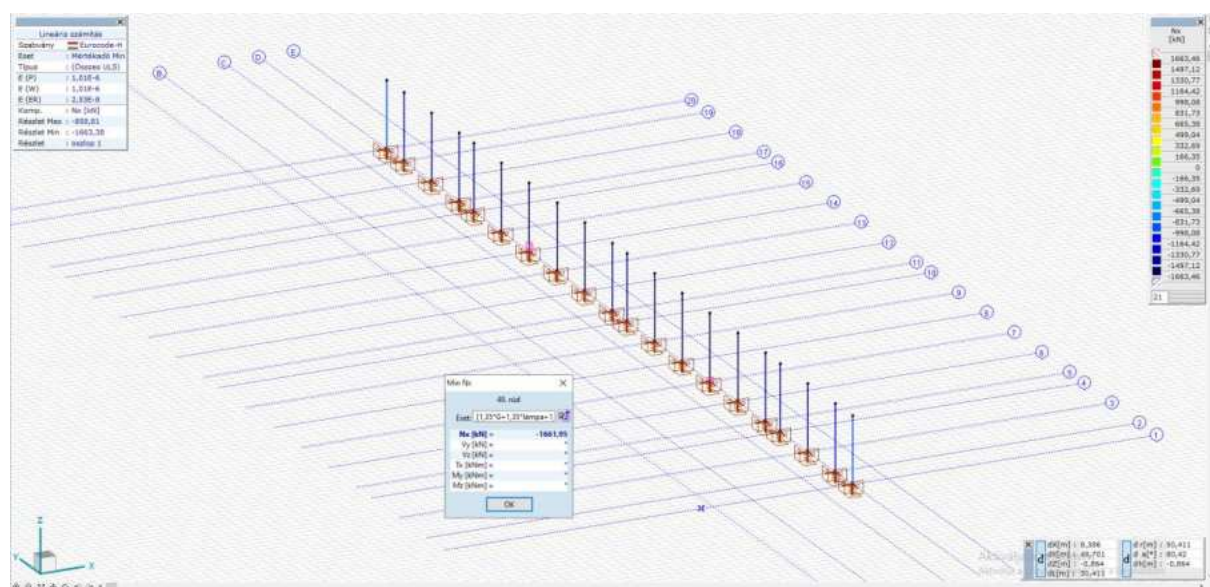
132. kép: felső gerenda vasalás beállítás 2



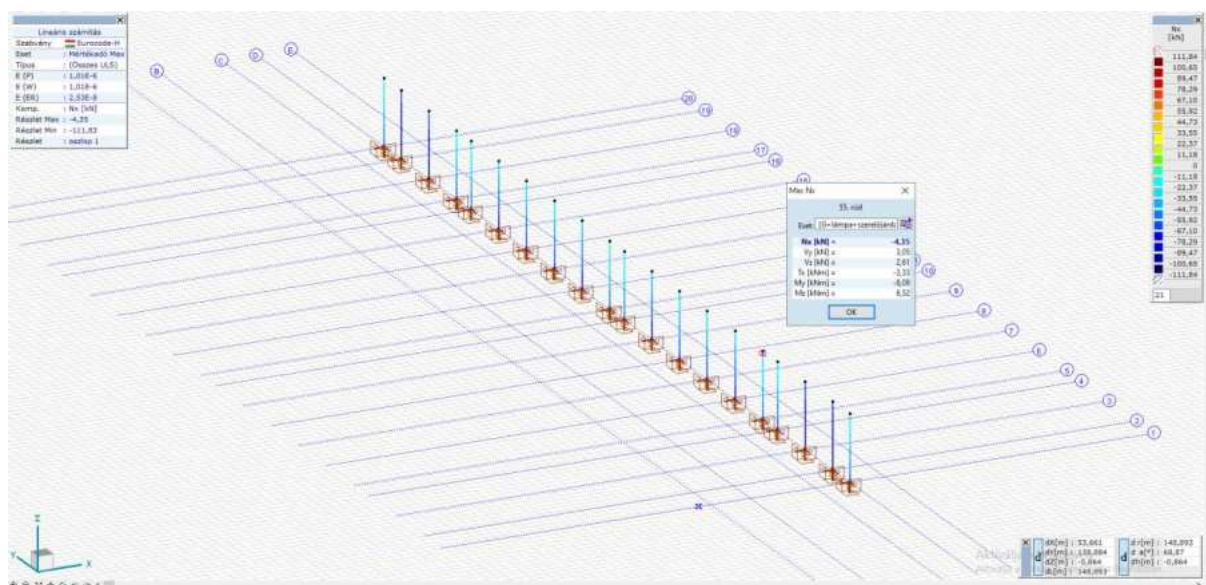
133. kép: „D” oszlop min lehajlás



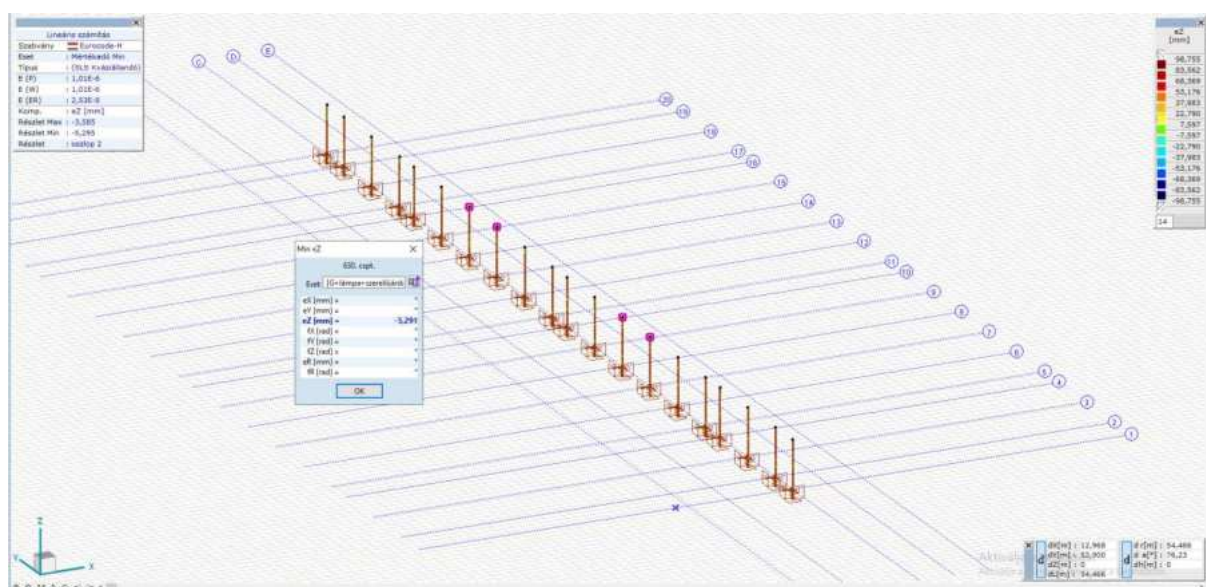
134. kép: „D” oszlop max lehajlás



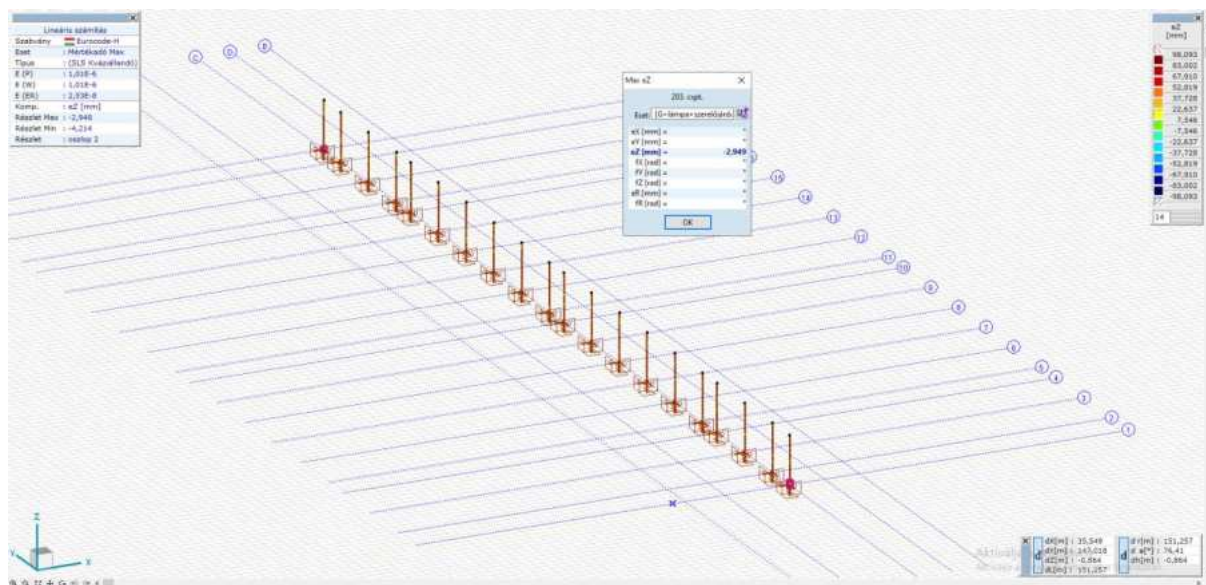
135. kép: „D” oszlop min N



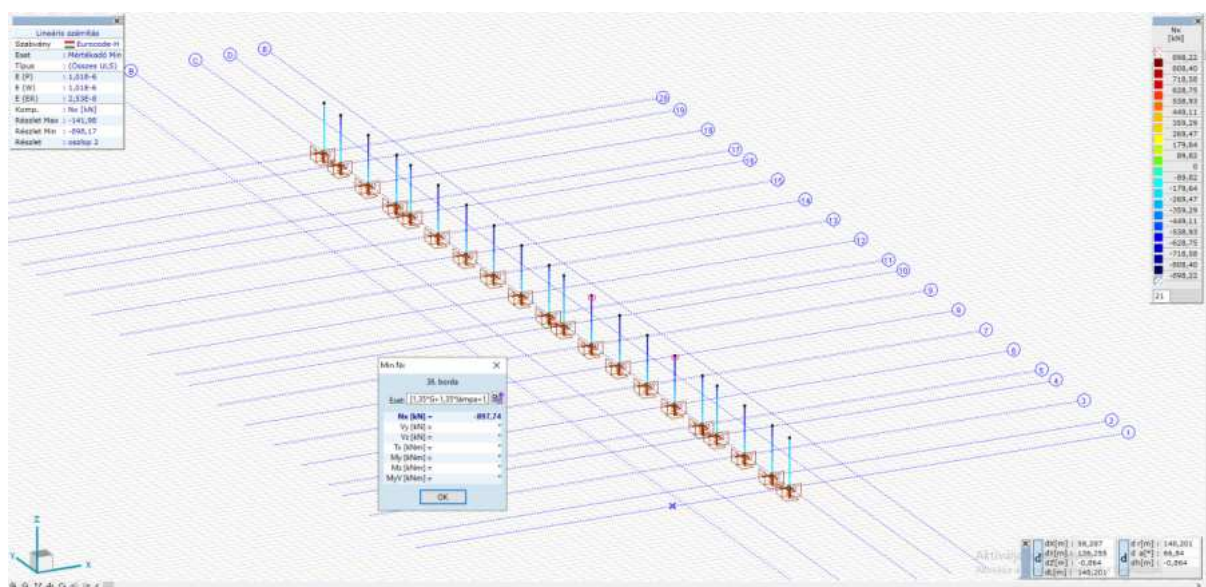
136. kép: „D” oszlop max N



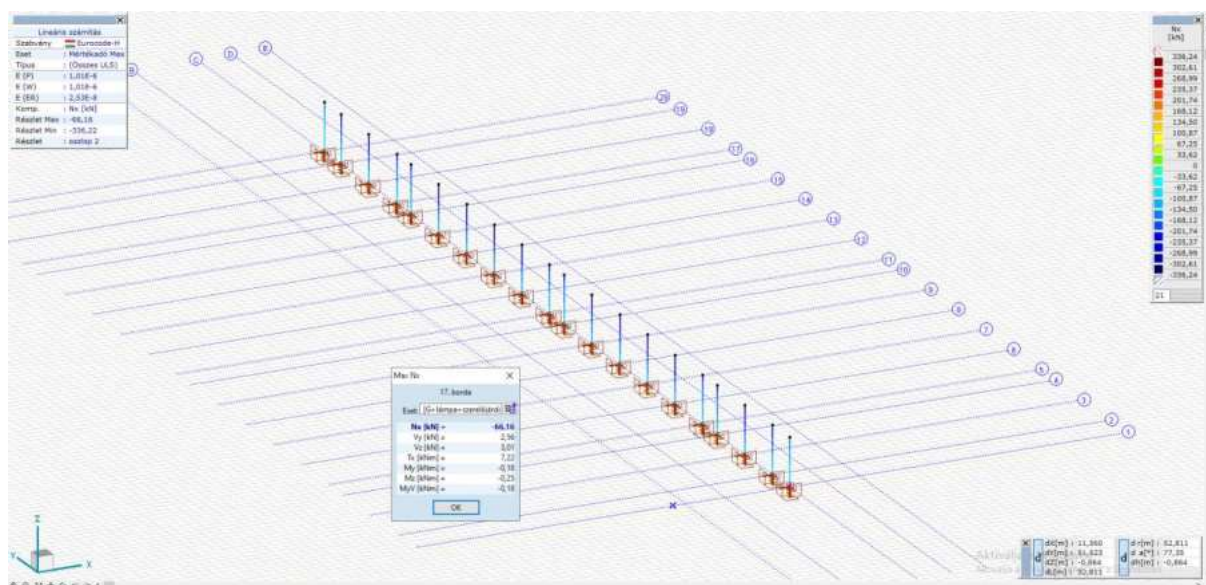
137. kép: „C” oszlop min lehajlás



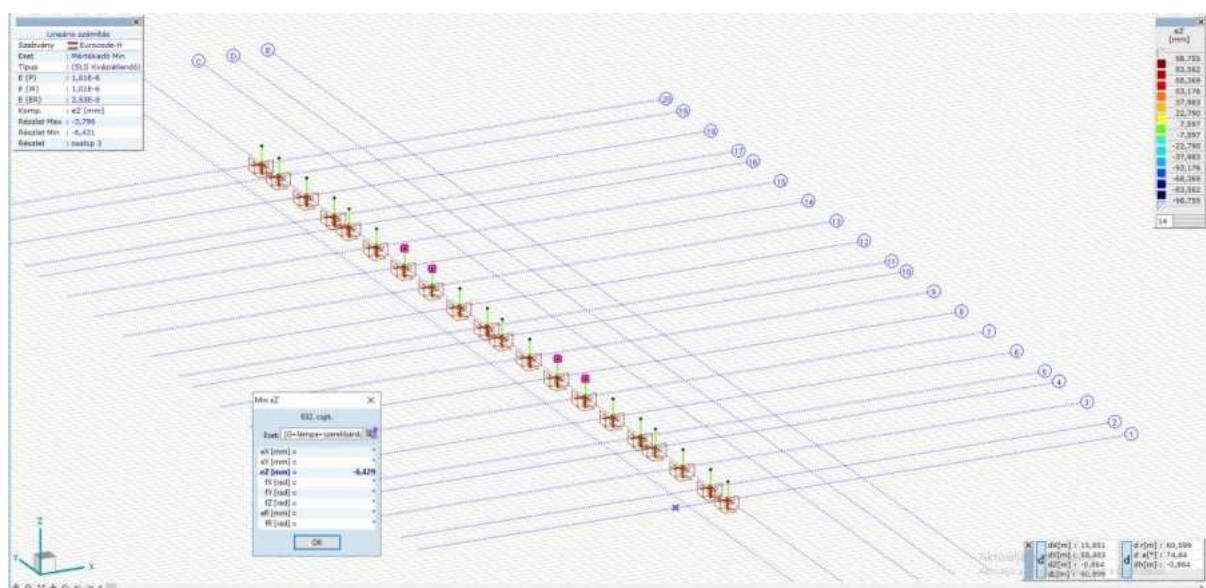
138. kép: „C” oszlop max lehajlás



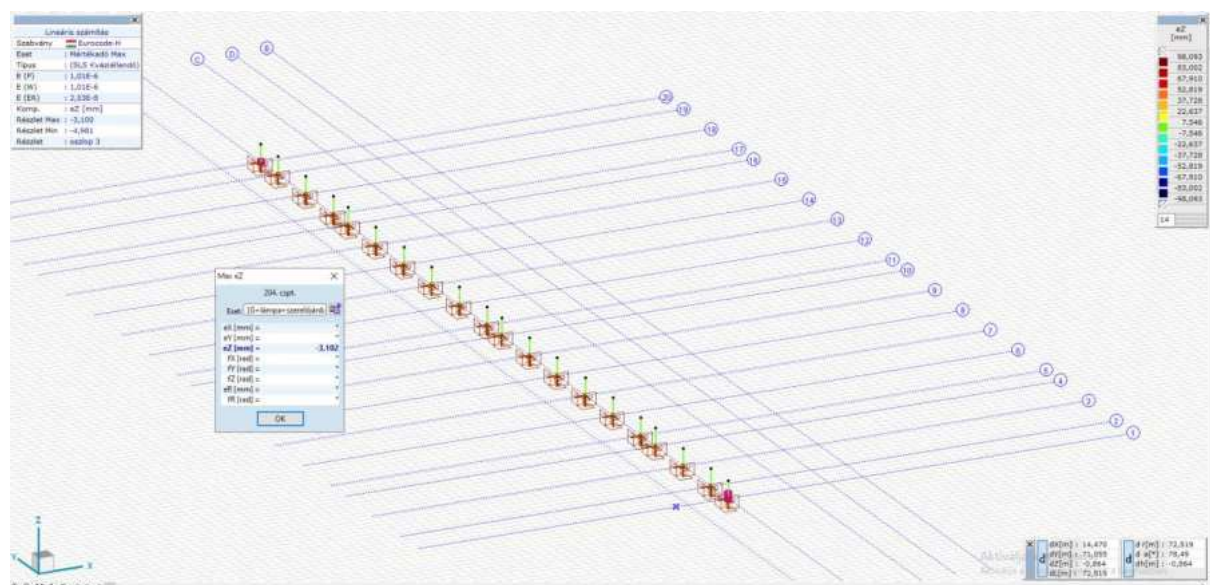
139. kép: „C” oszlop min N



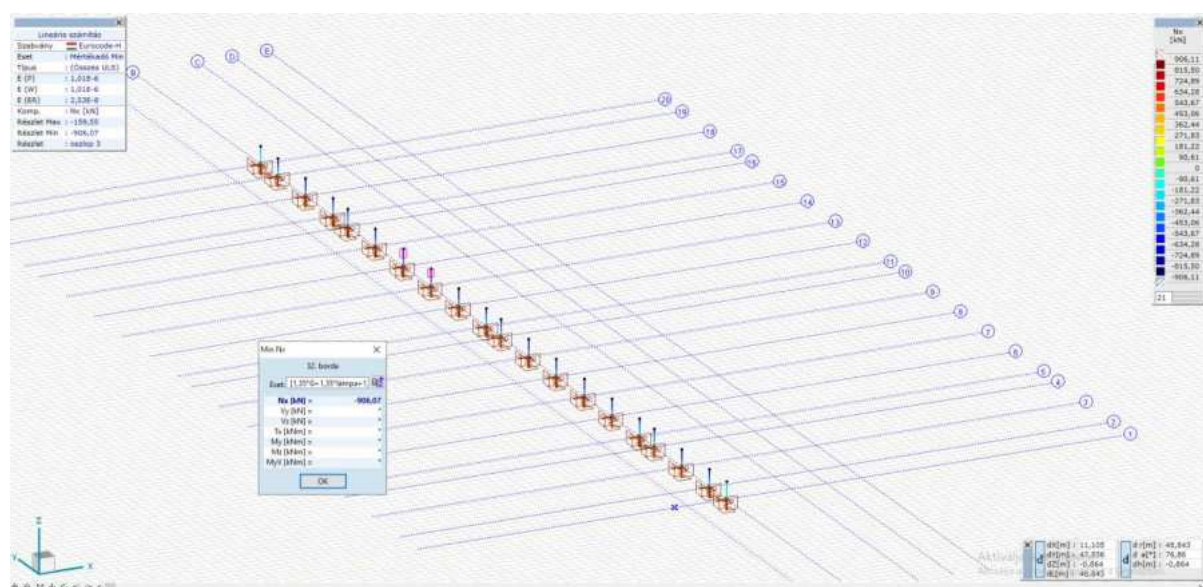
140. kép: „C” oszlop max N



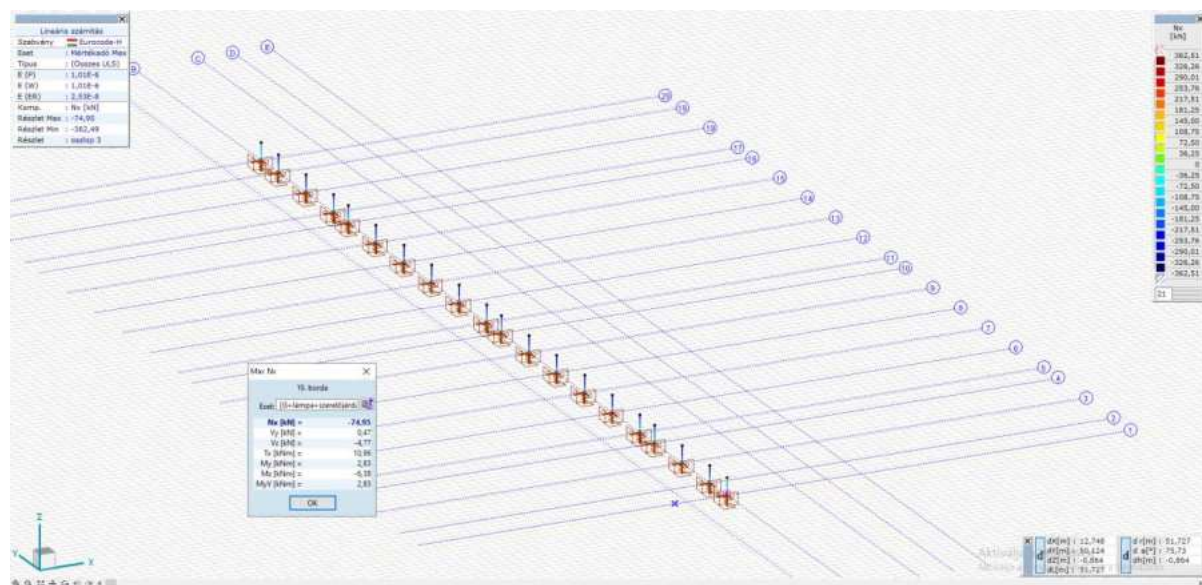
141. kép: „B” oszlop min lehajlás



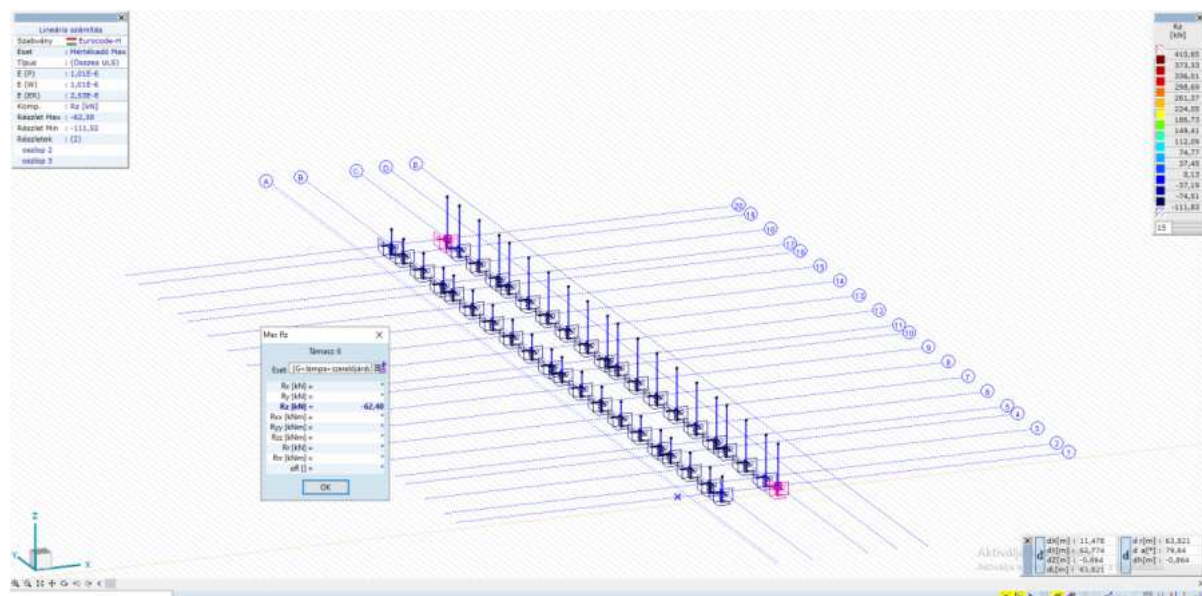
142. kép: „B” oszlop max lehajlás



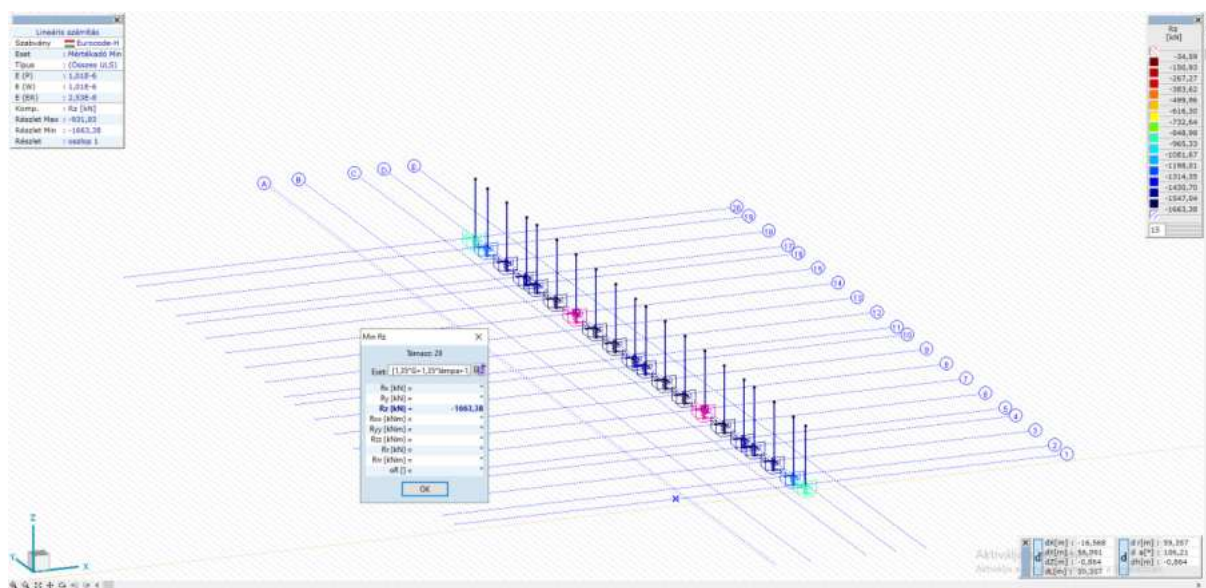
143. kép: „B” oszlop min N



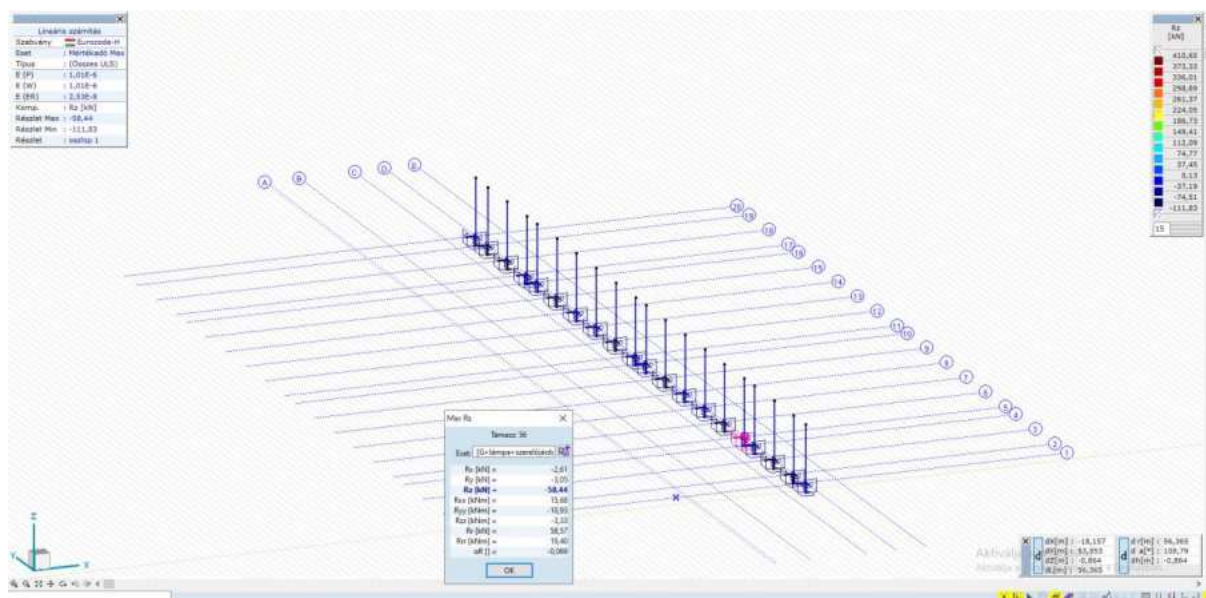
144. kép: „B” oszlop max N



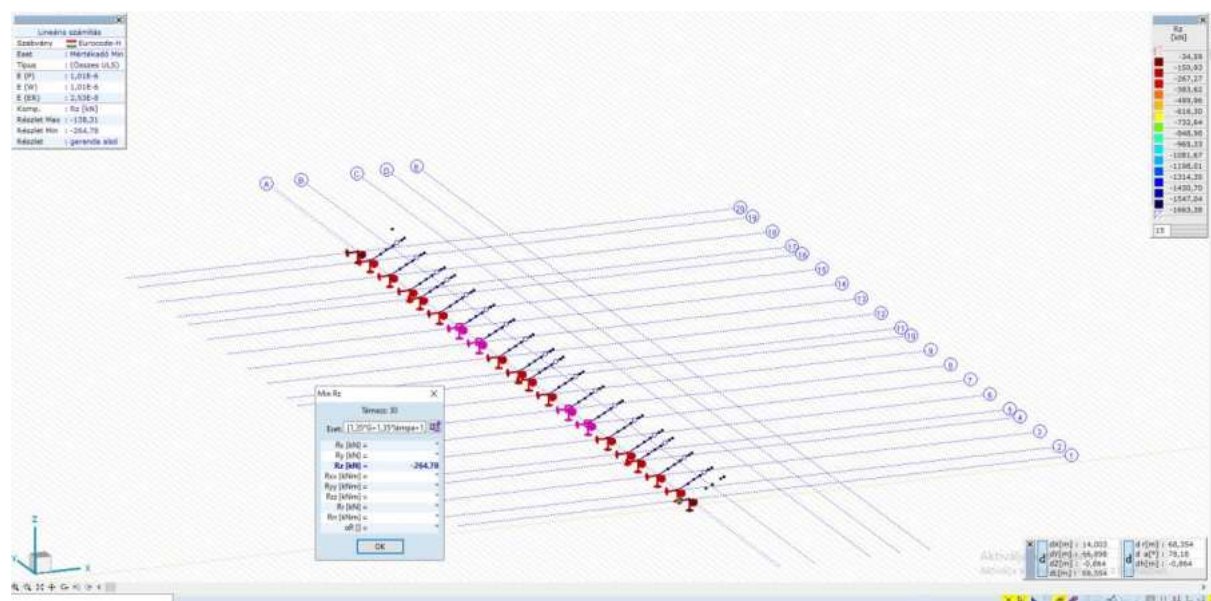
145. kép: “C” “B” oszlop támasz max



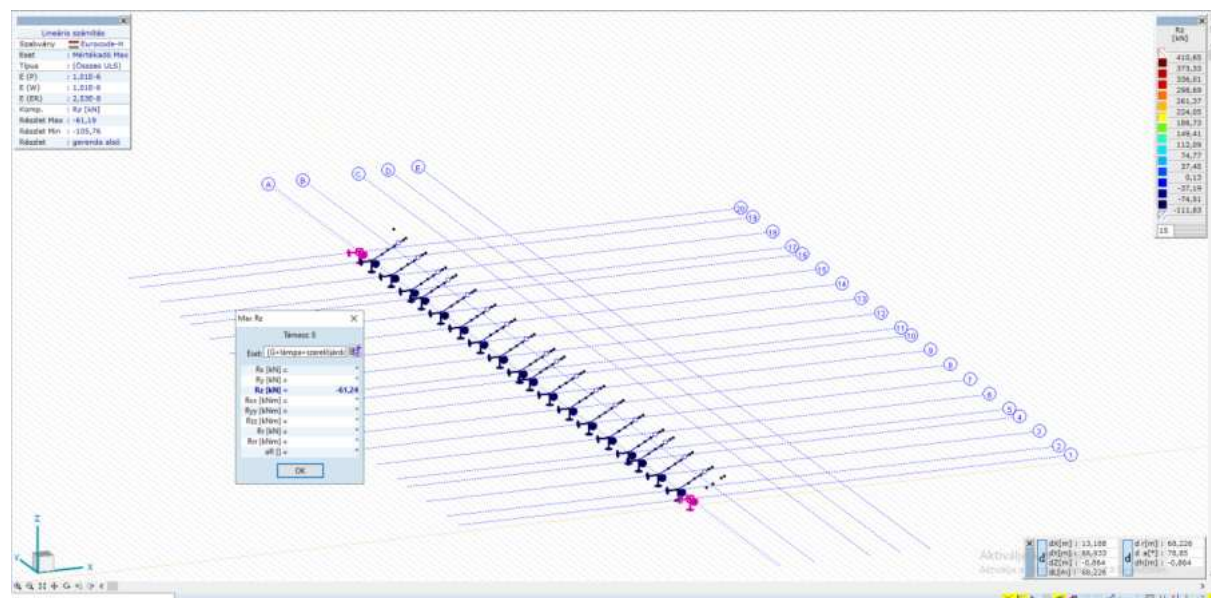
146. kép: “D” oszlop támasz min



147. kép: “D” oszlop támasz max

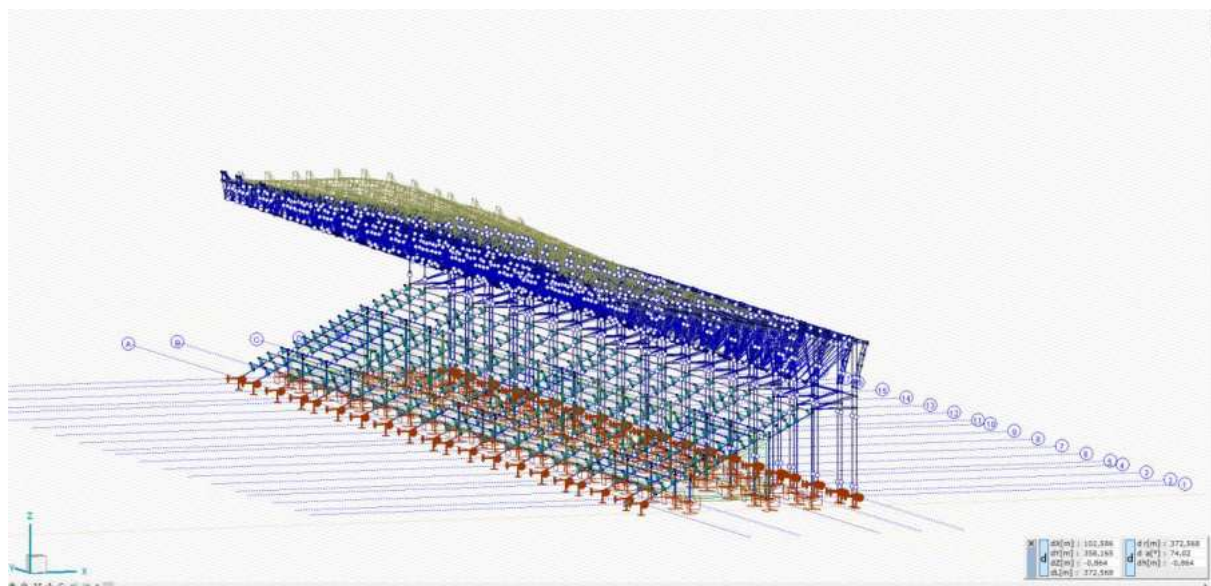


148. kép: alsó gerenda támasz min

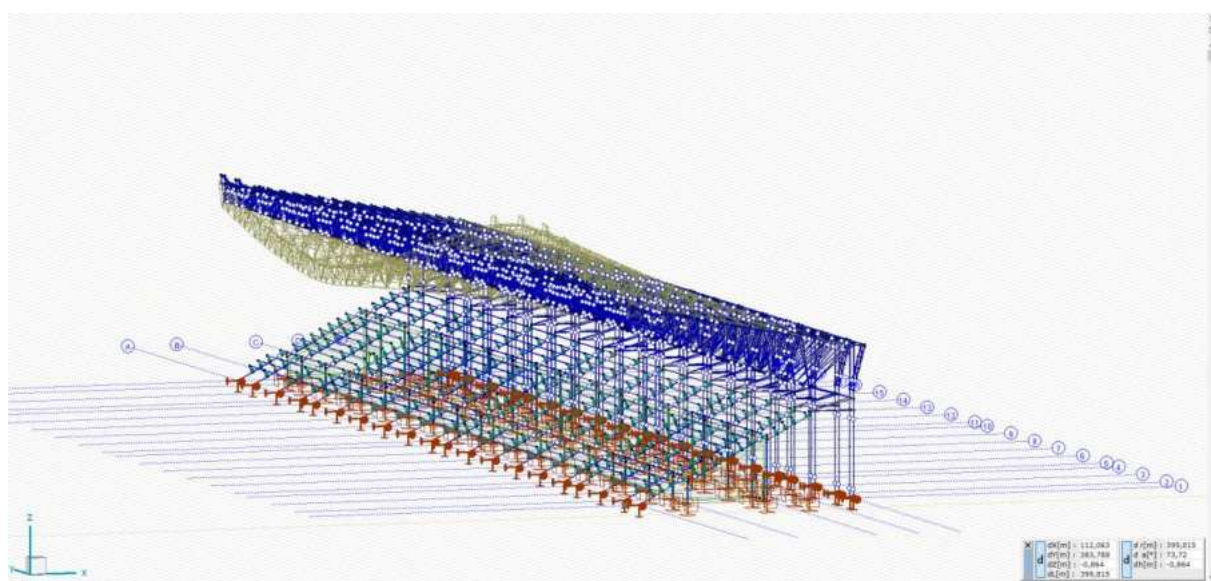


149. kép: alsó gerenda támasz max

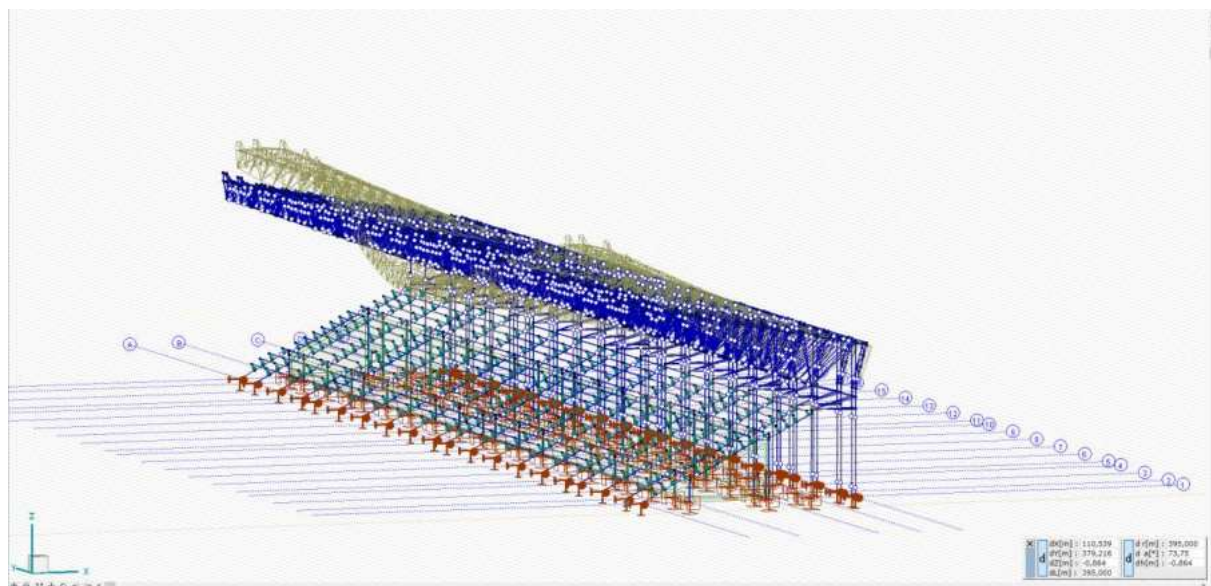
8.5. Rezgés vizsgálat



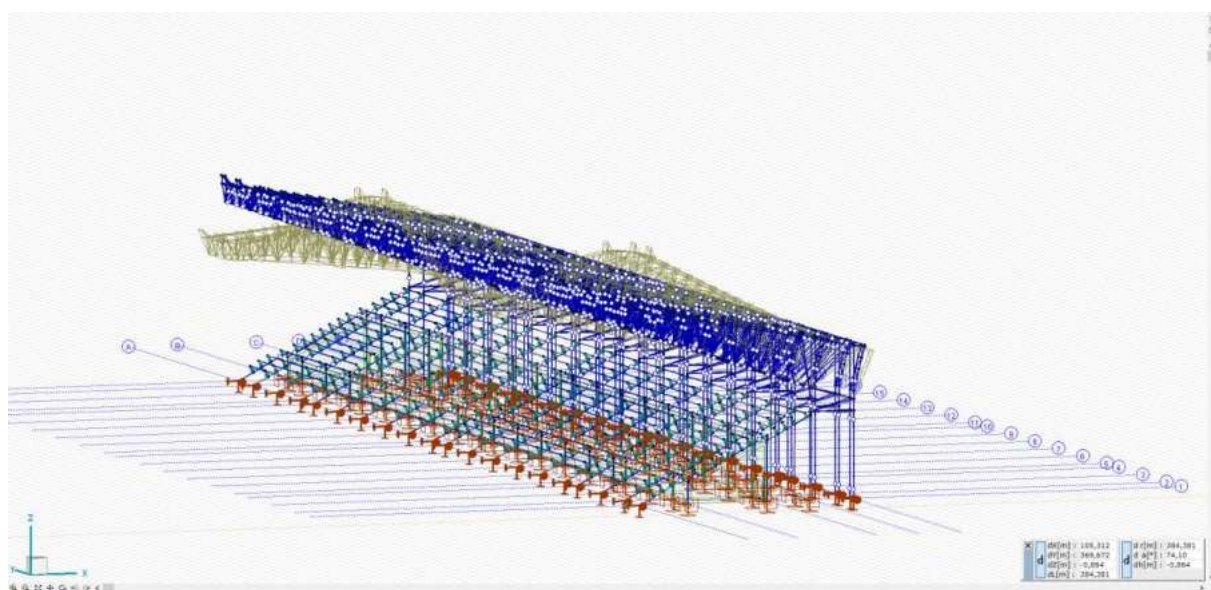
150. kép: rezgés vizsgálat, 1. alak (2,24 Hz)



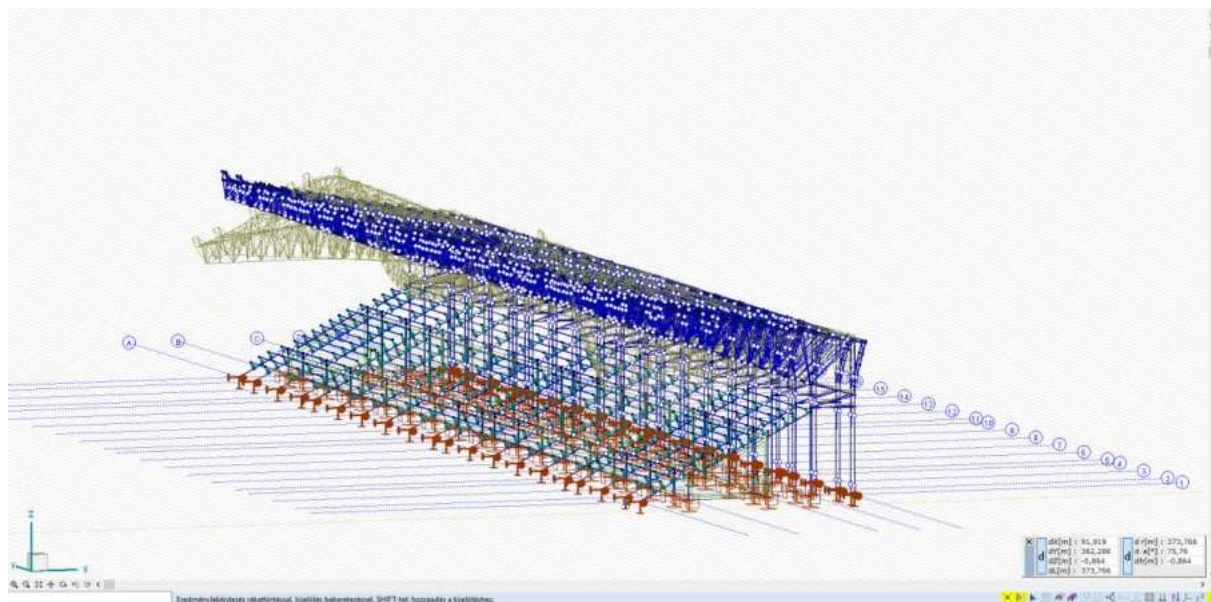
151. kép: rezgés vizsgálat, 2. alak (2,28 Hz)



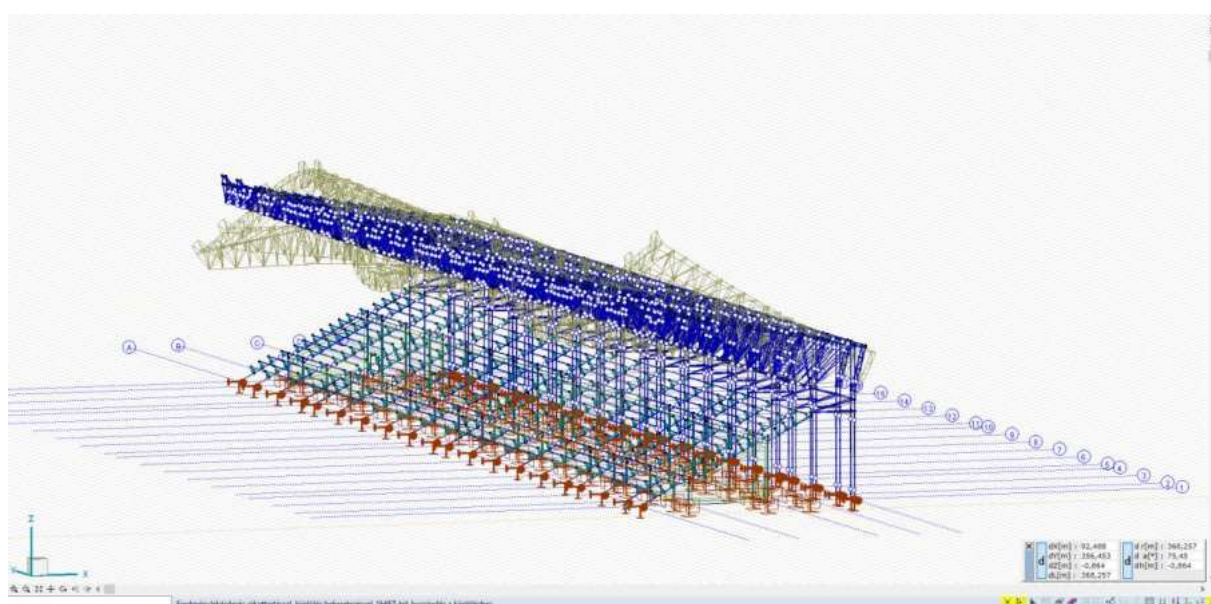
152. kép: rezgés vizsgálat, 3. alak (2,43 Hz)



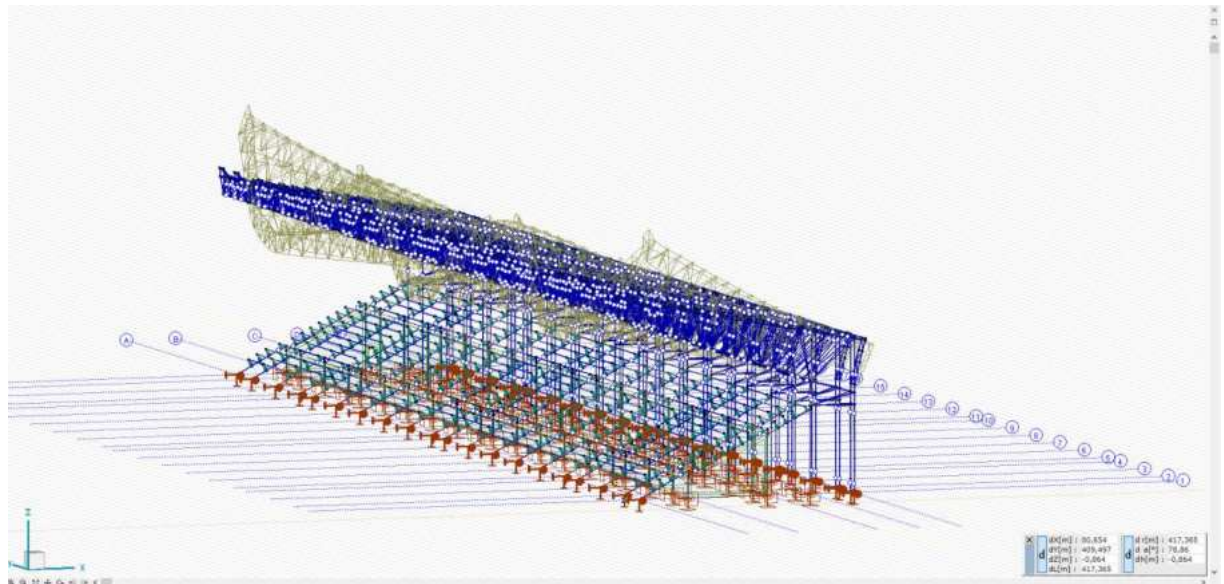
153. kép: rezgés vizsgálat, 4. alak (2,56 Hz)



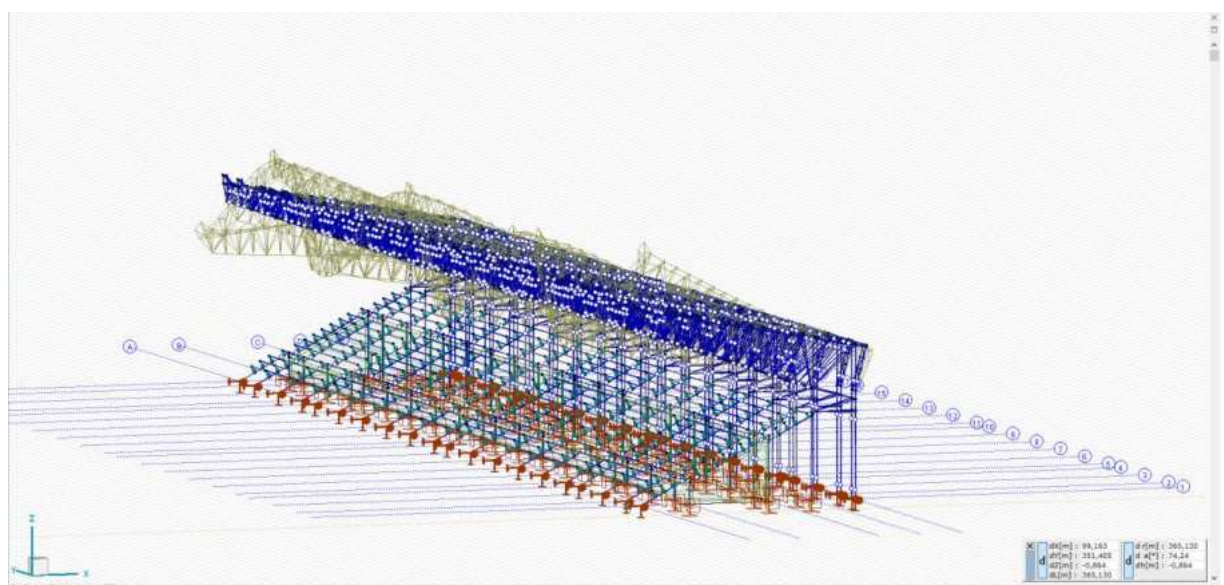
154. kép: rezgés vizsgálat, 5. alak (2,79 Hz)



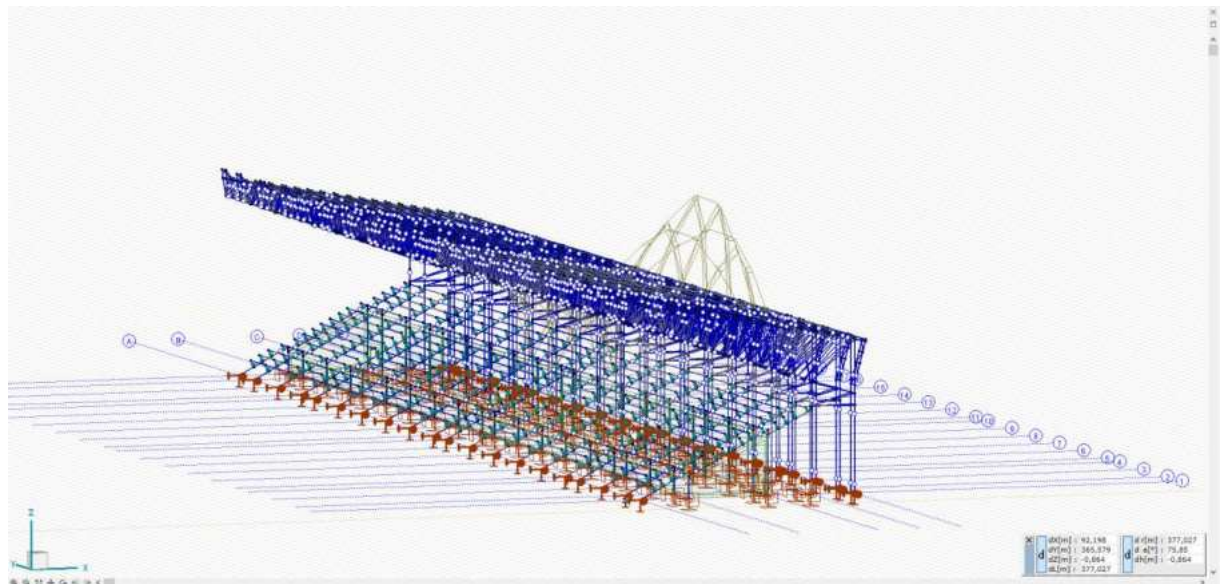
155. kép: rezgés vizsgálat, 6. alak (3,13 Hz)



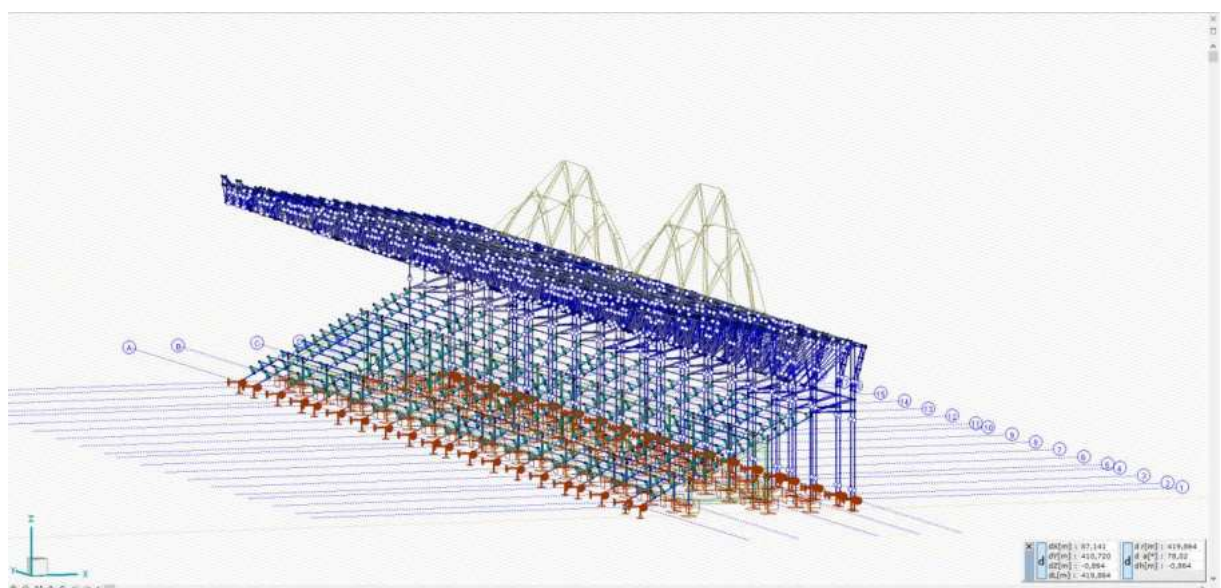
156. kép: rezgés vizsgálat, 7. alak (3,63 Hz)



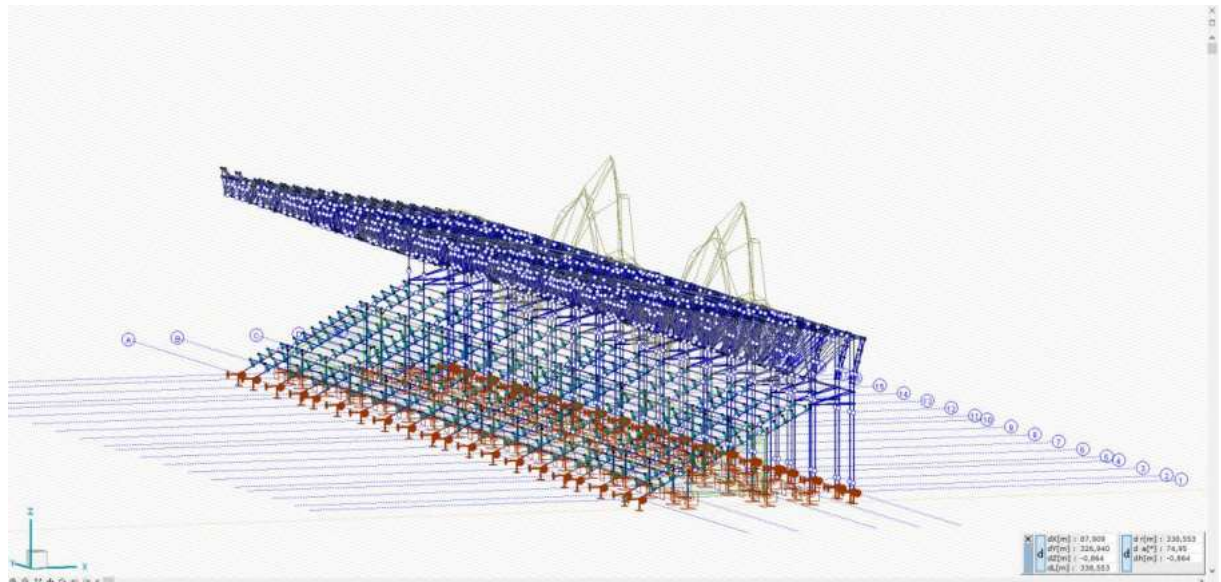
157. kép: rezgés vizsgálat, 8. alak (4,33 Hz)



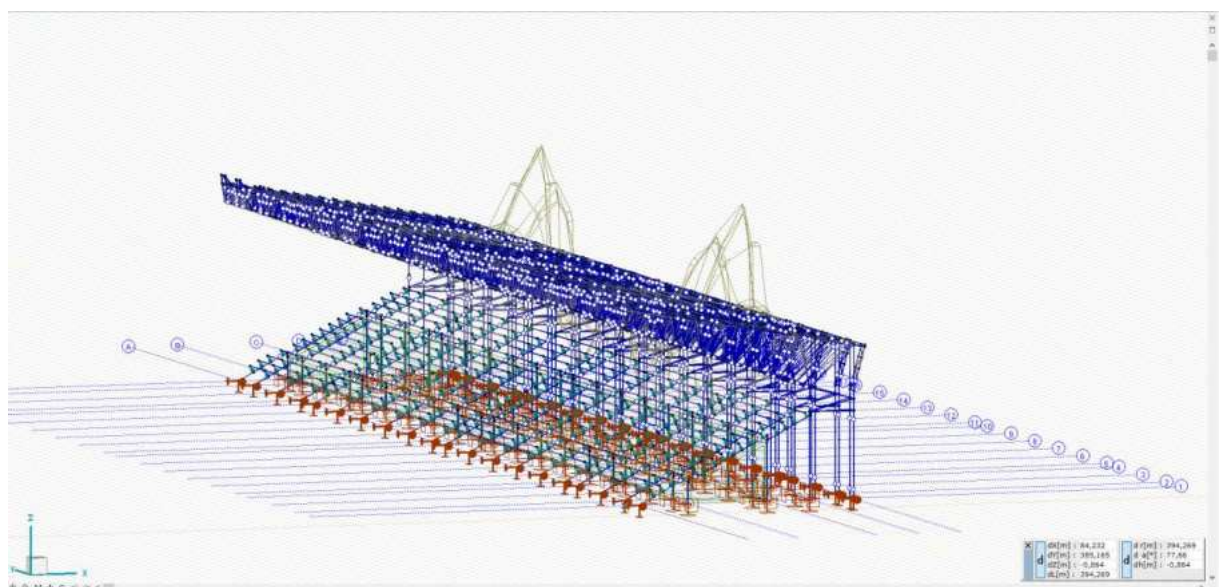
158. kép: rezgés vizsgálat, 9. alak (4,87 Hz)



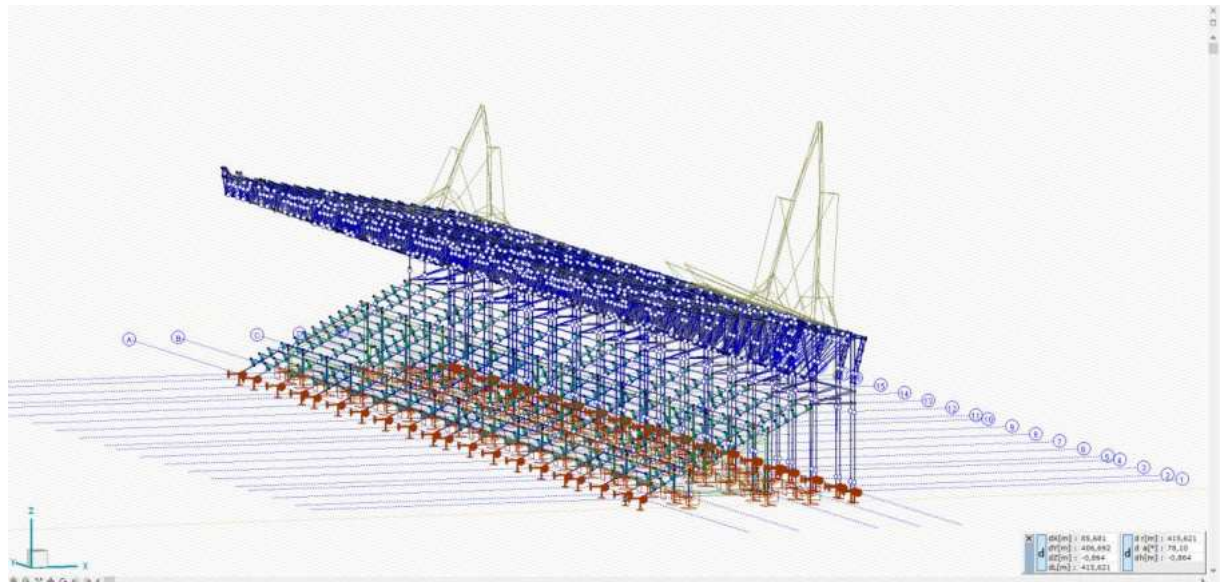
159. kép: rezgés vizsgálat, 10. alak (4,87 Hz)



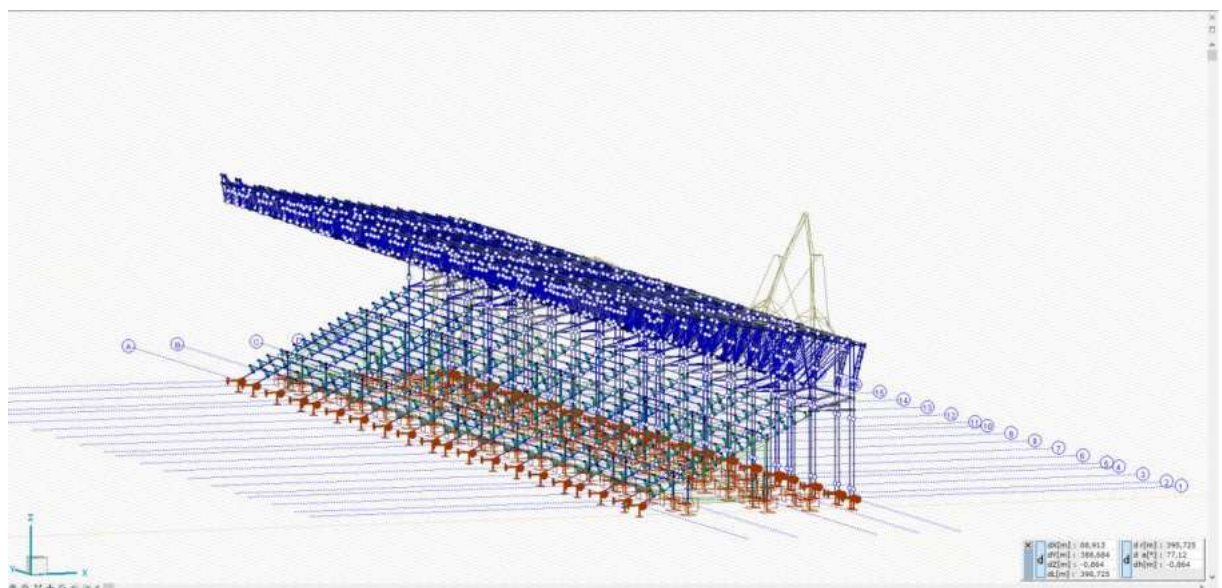
160. kép: rezgés vizsgálat, 11. alak (4,92 Hz)



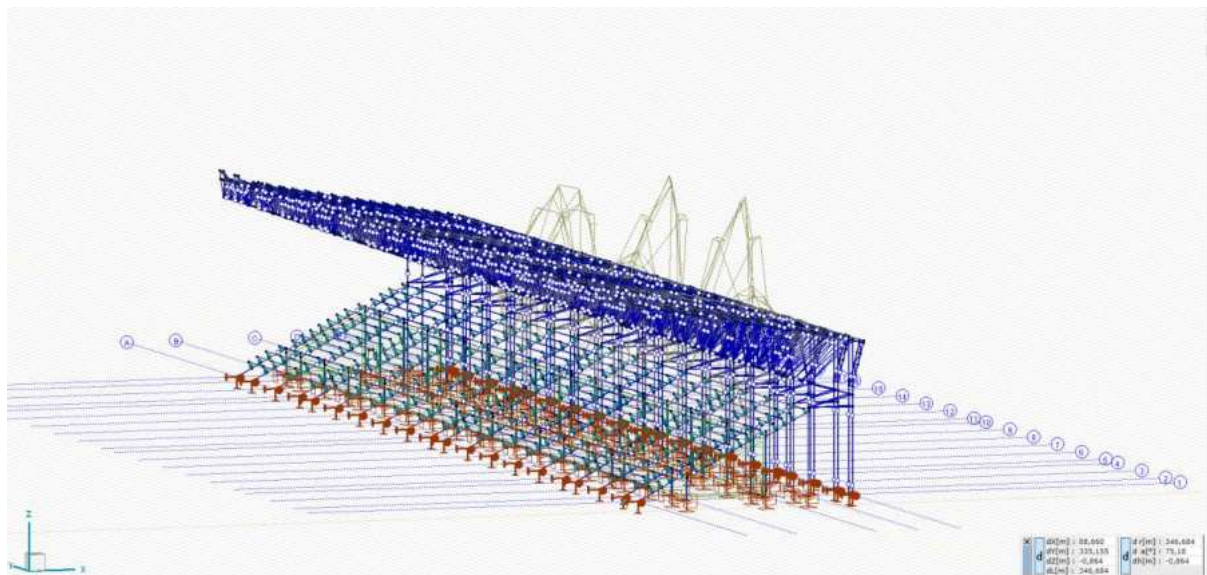
161. kép: rezgés vizsgálat, 12. alak (4,92 Hz)



162. kép: rezgés vizsgálat, 13. alak (4,96 Hz)



163. kép: rezgés vizsgálat, 14. alak (4,96 Hz)



164. kép: rezgés vizsgálat, 15. alak (5,01 Hz)

9. Mellékletek

- szm1 teherfelvétel
- szm2 pillér vasalás kézi számítása
- szm3 rövidkonzol vasalásának számítása
- szm4 felső öv karimás csomópontjának ellenőrzése
- szm5 rácsrúd karimás csomópontjának ellenőrzése
- szm6 szerelőjárda hevederlemezkes kapcsolatának ellenőrzése
- szm7 hegesztett rácsrudak ellenőrzése
- szm8 cölöp teherbírás számítása
- szm9 cölöp vasalás számítása
- szm10 vonórúd karimás kapcsolat számítása
- szm11 rezgés vizsgálat
- szm12 200x20 fióktartó uls számítás
- szm13 200x20 fióktartó sls számítás
- szm14 105x20 fióktartó uls számítás
- szm15 105x20 fióktartó sls számítás
- szm16 185x20 fióktartó uls számítás
- szm17 185x20 fióktartó sls számítás
- szm18 alsó gerenda uls számítás
- szm19 alsó gerenda sls számítás
- szm20 középső gerenda uls számítás
- szm21 középső gerenda sls számítás
- szm22 felső gerenda uls számítás
- szm23 felső gerenda sls számítás

10. Felhasznált irodalom

Dr. Visnovitz György, Erdélyi Tamás, Dr. Kollár László: A tartószerkezet tervezés alapjai, Terhek és hatások (2022)

Ádány Sándor, Dulácska Endre, Dunai László, Fernezelyi Sándor, Horváth László, Kövesdi Balázs: Acélszerkezetek, tervezés az Eurocode alapján (2022)

Deák György, Draskóczy András, Dulácska Endre, Kollár László, Visnovitz György: Vasbeton szerkezetek, tervezés az Eurocode alapján (2018)

Tetherfelvétet

10 fokos nem járható tető terhek

γ_G : 1,35 γ_Q : 1,50 ψ_0 : - ψ_1 : - ψ_2 : -

állandó

$g, k, \text{főtartók, szelemenek}$: axis számításai alapján

$g, k, \text{rétegtrend}$: 0,97 kN/m² trapézlemez fedés + függesztett rendszerek a tető alatt

$g, k, \text{szereelőjárda}$: 0,75 kN/m² szerkezet + járórács + korlát

$g, k, \text{lámpák}$: 0,50 kN pontszerű

esetleges

hasznos

$Q, k, \text{tető}$: 0,40 kN/m²

meteorológiai

hó: axis számításai alapján

rendkívüli hó: axis számításai alapján

szél: axis számításai alapján

gyülekezésre szolgáló területek (vasbeton lépcsők) terhek

γ_G : 1,35 γ_Q : 1,50 ψ_0 : 0,70 ψ_1 : 0,70 ψ_2 : 0,70

állandó terhek

rétegtrend 1,50 kN/m² lépcső, székek, korlátok, függesztett berendezések, álmennyezet

feljáró lépcső lépcső: 7,35 kN/m lépcső minden tartozékkal, kb 5 t

esetleges terhek

tömegrendezvények céljára szolgáló földemterületek "C5" 6,50 kN/m² x 1,3 (dinamikus tényező)

feljáró lépcső: 23,40 kN/m lépcső 7,2*3,4 m * 5 kN/m x 1,3 (dinamikus tényező)

meteorológiai

hó: nincs

rendkívüli hó: nincs

szél: axis számításai alapján

3.5. A hatások parciális (biztonsági) tényezői

3-4. táblázat

3-4. táblázat

A hatások biztonsági tényezői (parciális tényezők)							γ_F
Teherbírási határállapot							Használhatósági határállapot
Hatás (teher) jellege		Jel	Tartós vagy ideiglenes tervezési helyzet			Rendkívüli/szeizmikus tervezési helyzet	
			Szilárdsági / alaki stabilitási vizsgálat (STR)	Helyzeti állékonysági vizsgálat (EQU, UPL)	Kombinált eljárás (STR+EQU)		
Állandó	kedvezőtlen	$\gamma_{G,all}$	1,35	1,10	1,35	1,0	1,0
	kedvező	$\gamma_{G,inf}$	1,00	0,90	1,15		
Esetleges		γ_Q	1,50	1,50	1,50		
Rendkívüli		γ_A	-	-	-		
Feszítőerő	kedvezőtlen	$\gamma_{P,all}$	1,3	-	-		
	kedvező	$\gamma_{P,inf}$	1,0	-	-		
Zsugorodás		γ_{sh}		1,0			

3-5. táblázat

ψ tényezők a reprezentatív érték meghatározásához			
Hatás (teher) fajtája		Egyidejűségi (kombinációs) tényező ³	ψ_0, ψ_1, ψ_2
			Kvázi-állandó teherszint tényezője
Hasznos terhek	Lakóépületek, irodák	0,7	0,3
	Gyülekezésre szolgáló területek, üzletek	0,7	0,6
	Raktárak	1,0	0,8
	Nem járható tetők	0,0	0,0
	Nehéz járművel nem járható födémek ⁽¹⁾	0,7	0,6
	Nehéz járművel járható födémek ⁽²⁾	0,7	0,3
Meteorológiai terhek	Szélteher (Magyarországon)	0,6	0,0
	Hóteher (Magyarországon)	0,5	0,0
Hőmérsékletkülönbség hatása		0,6	0,0
Gépi berendezések		1,0	egyedi ⁽³⁾
Járműteher		1,0	0,0
Daruteher		1,0	egyedi ⁽³⁾
Építési terhek		1,0	- ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ $G \leq 30$ kN ; ⁽²⁾ 30 kN $< G \leq 160$ kN
⁽³⁾ A tényező a gép önsúlyának, mint állandó tehernek és a gép hasznos terhelését is tartalmazó teljes tehernek az arányszámaként veendő fel.
⁽⁴⁾ Építési terheknél a vizsgálat rövididejű jellegéből adódóan a gyakori teherszint nem használatos.

Szilárdsági/alaki stabilitási vizsgálatához (STR) és állékonysági vizsgálatához (EQU) a 4-1. táblázat szerinti, úgynevezett **alapkombináció** használandó. A tervezési gyakorlatban ez a leggyakoribb hatáskombináció.

4-1. táblázat

A tartós és ideiglenes tervezési helyzethez tartozó kombináció (STR/EQU)				
Minden terhet a biztonsági tényezőt is tartalmazó tervezési értékével kell számításba venni. [*] A domináns (kiemelt) esetleges teher (hatás) kivételével a többi esetleges terhet egyidejűségi tényezővel lehet csökkenteni.				
$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$				
A "+" és Σ jelek a hatások egyidejű figyelembevételére utalnak, és nem jelentenek feltétlenül algebraiösszegzést.				
$\gamma_{Q,j}$ a j-edik állandó teher parciális biztonsági tényezője (lásd 3.4. táblázat):	hatás jellege	$\gamma_{Q,j}$	STR	EQU
	kedvezőtlen	$\gamma_{Q,j,all}$	1,35	1,10
	kedvező	$\gamma_{Q,j,inf}$	1,00	0,90
$G_{k,j}$ a j-edik állandó hatás, $Q_{k,1}$ a domináns esetleges hatás, $Q_{k,i}$ a többi esetleges hatás ($i > 1$). $\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,50$ az esetleges teher parciális biztonsági tényezője (ha a teher kedvező, $\gamma_Q = 0$) $\psi_{0,i}$ a $Q_{k,i}$ az i-edik nem domináns esetleges hatás egyidejűségi tényezője a 3-5. táblázat szerint.				
A feszítőerő az önsúllyal azonos módon, állandó hatásként kezelendő.				

A rendkívüli tervezési helyzethez tartozó kombináció

Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel,^{*} a rendkívüli terhet, mint domináns esetleges terhet (tűz, robbanás) tervezési, a fő esetleges terhet (ha van ilyen) gyakori értékével, a többi esetleges terhet pedig kvázi-állandó értékével kell számításba venni:

$$\sum_{j=1} G_{k,j} + A_d + \psi_{1,i} Q_{k,i} + \sum_{i=2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

4-4. táblázat

Kvázi-állandó kombináció	
A kvázi-állandó kombináció akkor használható, ha az ebben foglaltnál nagyobb használati teher esetén az elváltozások reverzibilisek (a teher csökkenését követően visszaáll a korábbi állapot), valamint nem okozzák a károk hirtelen és jelentős növekedését. Elsősorban a tartószerkezet megjelenésével kapcsolatos használhatósági határállapotokban fordul elő (pl. alakváltozások, vasbeton szerkezetek repedéstágassága). Esetenként az általános használhatóság ellenőrzése is ezzel a kombinációval történhet (pl. vasbeton szerkezetek).	
Az állandó terheket karakterisztikus értékükkel, míg az összes esetleges hatást kvázi-állandó értékével kell számításba venni: [*]	
$\sum_{j=1} G_{k,j} + \sum_{i=2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$	

Födémek és tetők függőleges hasznos terhei			q_k, Q_k
Az MSZ EN 1991-1-1 a hasznos terhek nagyságát általában egy alacsonyabb és egy magasabb érték közötti tartományként, továbbá egy kiemelt ajánlott értékkel adja meg. Az alábbi táblázatban a nemzeti melléklet által előírt minimális értékek szerepelnek, a valóságos teher ennél nagyobb is lehet. A közölt értékek nem tartalmazzák a nehéz berendezések (pl. ipari konyhák, radiológiai gépek, kazánok, páncélszekrények stb.) terheit. A megadott terhek vízszintes felületen ható (illetve vízszintes vetületen megoszló), függőlegesen lefelé mutató erőhatások. Vízszintes irányú hasznos terhekre a 7.5. szakasz ad tájékoztatást.			
Használati osztály	Funkció szerint besorolás	Felületen megoszló teher q_k [kN/m ²]	Pontszerű teher ⁽¹⁾ Q_k [kN]
A	Háztartási és tartózkodási célra szolgáló területek (lakások és szállodák szobái, konyhák és mellékhelyiségek, kórtérmekek)	2,00	2,00
	Padlások (nem rendszeres tartózkodás céljára)	1,50	2,00
	Lépcsők, erkélyek	3,00	3,00
B	Irodák	3,00	4,50
C	C1 Asztalokkal berendezett helyiségek (iskolák, vendéglátóhelyek, olvasótermekek)	3,00	4,00
	C2 Rögzített ülőhelyes termek (színház, mozi, előadó, templom, váróterem)	4,00	4,00
	C3 Emberi mozgást nem akadályozó berendezésű födémek (múzeumok, kiállítótermekek, középületek közlekedő területei)	5,00	4,00
	C4 Összehangoltan mozgó tömegek által használt területek (tánc terem, színpad, tornaterem, sportpálya)		7,00
	C5 Tömegrendezvények céljára szolgáló födémterületek (tánc terem, színpad, tornaterem, sportpálya)		4,50
D	D1 Kiskereskedelem üzlethelyiségei	4,00	4,00
	D2 Áruházak (pontosabb adatok hiányában)	5,00	7,00
E	E1 Raktárak (pontosabb adatok hiányában)	7,50	7,00
	E2 Ipari épületek közbelső födémjei	technológustervező adatai alapján	
F	Könnyű gépjárművel járható födémek (személygépkocsi garázs, parkolóház $G_k \leq 30$ kN összsúlyú járművekkel)	2,50	20,00
G	Nehézgépjárművel járható födémek (tehergépkocsi, autóbusz forgalom, tűzoltóautó útvonala $G_k \leq 160$ kN összsúlyú járművekkel)	5,00	90,00
H	Nem járható tetők	$\leq 10^\circ$ hajlásszög	0,40
		$\geq 20^\circ$ hajlásszög	0,00
		ha nincs külön hálalás	1,50
I	Járható tetők A-D használati osztályoknak megfelelő igénybevétellel	használati osztálynak megfelelően	
K	Különleges célokra kialakított tetők (pl. helikopter leszállóhelyként kialakított tető)	egyesített adatszolgáltatás alapján (helikopterre lásd 7.7. táblázat)	
-	Tetőlétrák, tetőjárdák	0,40	1,00
	Tető vizsgálójárdák		1,50
-	Menekülési útvonalak járdái	a menekülési úthoz tartozó földmészakasz használati osztályának megfelelő q_k érték [†]	
-	Büvönnyílások keret- és lefedőszerkezetei (az üvegezés kivételével), álmennyezetek függesztő szerkezetei	0,25	0,90
-	Állattartási épületek helyiségei [†]	kis állatok (állatsúly $\leq 0,25$ kN/db)	1,50
		egyéb állatok	5,00

(1) A pontszerű teher a födém, az erkély vagy a lépcső bármely helyén működhet, általában egy pontban, kerek járművek tengelyterhe esetén jellemzően két pontban koncentráva. Ha nincs nagyobb méretű teherelosztó elem, a feltételezendő teherátadási felület általában egy 50 x 50 mm-es négyzet. Járművek tengelyterhéhez tartozó teherátadási felületekre lásd a 7.6. fejezet adatait.

Kérdésetekben a számításba veendő hasznos teher értékét a funkcionának, illetve a technológustervező által közölt adatoknak megfelelően kell megállapítani a megbízó és az illetékes hatóság egyetértésével.

A dinamikus hatás figyelembe vétele a statikus hatás dinamikus tényezővel történő növelésével történhet, amennyiben a dinamikus hatások nem okoznak számottevő gyorsulásokat a szerkezeten, és rezonancia-jelenség sem várható. A dinamikus hatás karakterisztikus értéke ekkor:

$$Q_{k, dyn} = \varphi \cdot Q_k$$

ahol: Q_k a statikus hatás karakterisztikus értéke, φ a dinamikus növelő tényező a 7-8. táblázat szerint[†].

7-8. táblázat

Hasznos terhek dinamikus tényezői			
Használati osztály [†]	A dinamikus hasznos teher fajtája	Vizsgált szerkezeti elem vagy szerkezet	dinamikus tényező, φ
C4 C5	Erőhatás embercsoportok ritmikus mozgásából: - tánc terem, tornaterem, színpadok terhe - tribünök, jelentős tömegek közlekedését szolgáló területek, vasúti peronok stb. terhe	födém (lemez, gerenda stb.)	1,30
		fal, oszlop	1,10
E1, E2 -	Ipari épületek födémjein működő gépek Állattartási épületek födémterhe	alapozás	1,00
E1, E2	Darupályák függőleges keréknyomása (v az emelt teher felfüggesztési pontjának bármely irányú maximális emelési sebessége)	födém (lemez, gerenda stb.)	$v \leq 1,5$ m/s 1,20
			$v > 1,5$ m/s 1,30
		fal, oszlop	$v \leq 1,5$ m/s 1,10
			$v > 1,5$ m/s 1,20
E1, E2	Emelővillás targoncák koncentrált terhe	alapozás	1,0
		födém (lemez, gerenda stb.)	- felfújható kerék - tömör kerék 1,40 2,00
C, D, E1, E2	Szállítójárművek, fenntartási célú eszközök koncentrált erőhatásai	bármilyen kerék	1,00
K	Helikopter felszálláshoz tartozó, ütközési hatásokat is tartalmazó teher	födém (lemez, gerenda stb.)	egyedileg veendő fel
		födém alátámasztó szerkezet	1,40
		tetőfödém	egyedileg veendő fel
		tetőfödém alátámasztó szerkezet	egyedileg veendő fel

"D" tengelyen álló pillér vasalásának kézi számítása

vasbeton

C30/37-XC3-16

l: 4,688 m

y: 0,55 m

z: 0,55 m

d: 0,493 m

β_{zz} : 0,7

β_{yy} : 0,7

N: 734 kN

M: 278,3 kNm

l0: 3,2816 m

e01_e: 0,379155313 m kezdeti elsőrendű külpontosság

e01_i: 0,032854 m külpontosság növekmény imperfekció miatt

e01_2: 0,010921804 m külpontosságnövekmény másodrendű hatás miatt (karcsúság, kihajlás, stabilitásvesztés)

e01_d: 0,422931117 m

Ned: 734 kN

Med: 310,43144 kNm

Beton C30/37

fck 30000 kN/m²

fcd 20000 kN/m²

Betonacél B500

fyd 435000 kN/m²

d 0,022 m

n1: 3 db

n: 8 db

As1: 0,00113982 m²

As: 0,00303952 m²

zs: 0,436 m

xc0: 0,24157

Nu': 7372,1912 kN

Ms: 216,1782612 kNm

Nbal: 2657,27 N

deltaM: 409,7908931 kNm

Mrd,max: 625,9691543 kNm

Vrd,c: 97559,77 N

c: 0,257

bw: 550

d: 493

fctd: 1,4

Ved: 90000 N

6.6.2 Külpontosság-növekmények

Az alábbiakban feltételezzük, hogy az oszlopra ható nyomaték az oszlop hossza mentén lineárisan változik, és az oszlop két végén a nyomatékok M_{01} illetve M_{02} , ahol $|M_{02}| \geq |M_{01}|$.

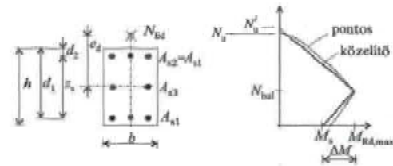
A figyelembeveendő teljes külpontosság:

$$e = \max \left\{ \begin{array}{l} e_0 + e_1 + e_2 \\ M_{02}/N_{Ed} \\ e_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} = \text{külpontosságok összege} \\ = \text{külpontosság a rúd végén} \\ = \text{minimális külpontosság} \end{array}$$

6.2.2 Külpontos erő a szimmetriasíkban (egyszerűsített teherbírási vonal)

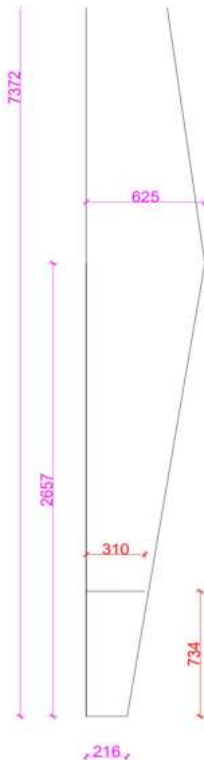
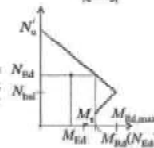
Szimmetrikus vasalású téglalap keresztmetszet esetén a teherbírási vonalat az ún. egyszerűsített teherbírási vonallal helyettesíthetjük, amely három jellemző pontot összekötő két egyenesből áll. A pontokat az alábbi összefüggések szerint számíthatjuk [22]:

$$\begin{aligned} N_u' &= f_{cd}bh + A_s f_{yd}, & A_s &= \sum A_{si} \\ M_u' &= A_{s1} f_{yd} z_{s1} \\ N_{bal} &= f_{cd} b x_{bal} \\ \Delta M &= N_{bal} \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{bal}}{2} \right), \\ M_{bal,max} &\approx M_u' + \Delta M \end{aligned}$$



$x_{bal} = \xi_{bal} d$, ahol ξ_{bal} értékét a 2. fejezet betonacél táblázata tartalmazza. (B500 acél esetén $\xi_{bal} = 0,49$)

Ellenőrzés: A megfelelő teherbírás feltétele, hogy az A_{s1} , N_{bal} igénybevétel-pár alapján meghatározott pont a közelítő teherbírási vonalon belül legyen, amely adott N_{Ed} esetén az $M_{Ed} \leq M_{bal}(N_{Ed})$ feltétellel is ellenőrizhető. Az $M_{Ed} = e_d N_{Ed}$ nyomaték számításához használt e_d értéket a keresztmetszet geometriai középpontjától mérjük.



a beton fel tudja venni a nyírást, a szerkezeti szabályoknak megfelelő minimális kengyelezés szükséges

Rövid konzol méretezése

Beton	C30/37		
fck	30		
fcd	20		
Betonacél	B500		
fyd	435		
d hurok	18		
As,hurok	2034,72	4 sor hurokkal számolok	
Db	8		
d zárt kengyel	8		
As_zártkengy	803,84		
Mértékadó adatok			
d	412		
hc	500		
b	550		
ac	300		
cnom	35		
k1	1		
ν	0,88		
F _{ed}	620000		
Hed	62000		
α	0,1		
aH	108		
αaH	10,8		
Erő meghatározása			
$\sigma_{rd,max}$	x	y	θ (rad)
	17,6	64,04958678	57 2,085474486
F _s	613760 N		
A _{s,min}	1763,678161	Hurok	Megfelel!
A _{s,prov}	2034,72		
A _{s,link,min}	712,6436782	Kengyelek	Megfelel!
A _{s,link,prov}	803,84		

1. Betonok jellemzői

$(f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2)^*$		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck}	N/mm ² (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{cd}		8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3
f_{ctd}		0,73	0,89	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
f_{ctm}		1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
f_{td}		1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3
$\rho'(\infty, 28)$	-	3,02	2,76	2,55	2,35	2,13	1,92	1,76	1,63	1,53
E_{cm}	kN/mm ²	27	29	30	31	33	34	35	36	37
$E_{c,eff}$	(GPa)	6,7	7,7	8,5	9,3	10,5	11,6	12,7	13,7	14,6
$\epsilon_{cs, \infty}$	η_{∞}	0,4								
α_e	1/°C	10^{-5}								

2. Betonacélok jellemzői

		Melegen hengerelt betonacélok			Hidegen húzott acélok	
Eurocode		B 500	B 400	B 240	B 500	
MSZ		B 60.50 B 75.50	B 55.40 B 60.40*	B 38.24	BHB55.50	BHS55.50 C15
f_{yk}	N/mm ² (MPa)	500	400	240	500	500
f_{yd}		435	348	209	435	435
ϵ_{uk}	%	18	20	25	10	10
ϕ	mm	8-40	8-40	6-40	4,2 - 5,5	4,2 - 12
jellemző felület		csavarbordás	nyílborás	sima	bordázott	sima
hegeszthetőség		a	c	a	b	b
E_s	kN/mm ² (GPa)	200	200	200	200	200
ξ_{co}		0,49	0,53	0,62	0,49	0,49
ξ'_{co}		2,11	1,59	1,14	2,11	2,11



csavarbordás
betonacél



nyílborás
betonacél

6.9. Rövidkonzol

A vasbeton konzol rövidkonzolként méretezendő, ha $\alpha_e < z_0$ (lásd az ábrát).

Terhek és belső erőjének: A rövidkonzolra ható terheket és a belső erőjének rácsos modelljét* vízszintes fővasalás esetén a mellékelt ábra mutatja. Egyéb lehetséges vasalási kialakításokat és rácsmodelleket itt nem tárgyalunk.

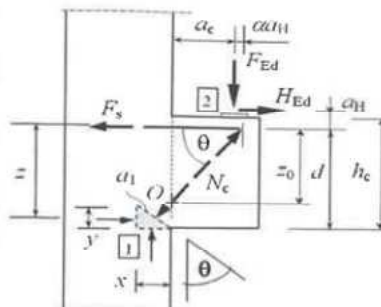
Az N_e nyomóerő ferdesége az $1,0 \leq \tan \theta \leq 2,5$ határok között lehet. (45° és 68° között.)

A rácsmodell úgy kell kialakítani, hogy az N_e nyomóerőt továbbító ferde rácsrud mindkét végének belső csomópontja nyomásra, valamint a vízszintes húzott rácsrud (fővasalás) húzásra egyaránt megfeleljen.

F_{Ed} a rövidkonzolt terhelő függőleges, H_{Ed} pedig a vízszintes erő a mellékelt ábra szerint, $\alpha = H_{Ed}/F_{Ed}$.

H_{Ed} értékének meghatározásakor az F_{Ed} erő lehetséges ferdeségét is számításba kell venni. Feltételezzük, hogy a ferdeségből fellépő vízszintes erő az F_{Ed} függőleges teher 10%-a. Emiatt a H_{Ed} erő minimális értéke:

$$H_{Ed, \min} = 0,1 F_{Ed}$$



Tipikus rövidkonzoloknál H_{Ed} értéke nem lépi túl az F_{Ed} erő 20%-át. Az itt javasolt eljárások olyan konzolokra vonatkoznak, amelyeknél ennek megfelelően H_{Ed}/F_{Ed} értéke kicsi.

A teherelosztó lemezt a rövidkonzolba méretezett vasalással kell bekötni, amelynek a súrlódás feltételezése nélkül is alkalmasnak kell lennie a H_{Ed} erő átadására.

F_s a húzott fővasalásban ébredő erő. A fővasalás több sorban is elhelyezhető, ekkor z_0 , d és a_1 a fővasalás súlyponti tengelyétől értelmezendő.

A továbbiakban feltételezzük, hogy a rövidkonzol keresztirányú b mérete minden vizsgált részén azonos, továbbá a b betonszélességen szimmetrikusan elhelyezett teherelosztó lemez keresztirányú t méretére teljesül a $t \geq b - 2s_0$ feltétel.¹ Itt s_0 a húzott fővasak felső oldali betonfedésének és fél vasátmérőjének az összege.

A méretezés alapja az **1** csomópontban felvett derékszögű háromszög keresztmetszetű, mindhárom oldalán egyenletesen megoszló nyomófeszültségekkel terhelt, egyensúlyban levő „betonék”. Ennek egyik csúcsa általában a rövidkonzol alsó éléhez illeszkedik. Az a_1 elmerőleges az N_e erő hatásvonalára.

A méretezés célja a rácsmodell megfelelő felvételével a rövidkonzol teherbírásának igazolása, vagy a rövidkonzol megtervezése adott terhelés, szilárdságok és geometria mellett. Az elérhető legnagyobb teherbírás az erőtanilag még lehetséges, illetve megengedett legnagyobb θ szöghöz tartozik.

Az egyensúlyban levő **1** csomópontot többtengelyű nyomás terheli. Ezért mindhárom lapján azonos nyomófeszültségek lépnek fel, amelyek a szilárdságilag megengedhető legmeredekebb θ szög esetén megegyeznek a $\sigma_{Rd, \max}$ helyi nyomószilárdsággal:

$$\sigma_{Rd, \max} = k_1 \nu' f_{cd}$$

ahol $k_1=1,0$, $v=1-f_{ck}/250$, f_{cd} és f_{sk} a nyomószilárdság tervezési, illetve karakterisztikus értéke N/mm^2 -ben.

A derékszögű betonék x mérete a függőleges vetületi egyenletből, y mérete pedig a geometriai viszonyokból határozható meg:

$$x = \frac{F_{Ed}}{b\sigma_{Rd,max}}, \quad \operatorname{tg}\theta = \frac{x}{y} = \frac{d-y/2}{x/2+a_c+\alpha a_H} \rightarrow y \rightarrow \theta$$

A második összefüggés y -ra egy másodfokú egyenlet, amelyből y , majd ennek segítségével a θ szög és belső erők karja (z vagy z_0) is számítható. A képletekben b a rövidkonzol szélességi mérete, $\alpha = H_{Ed}/F_{Ed}$. A többi mennyiség jelentése az ábrából kiolvasható.

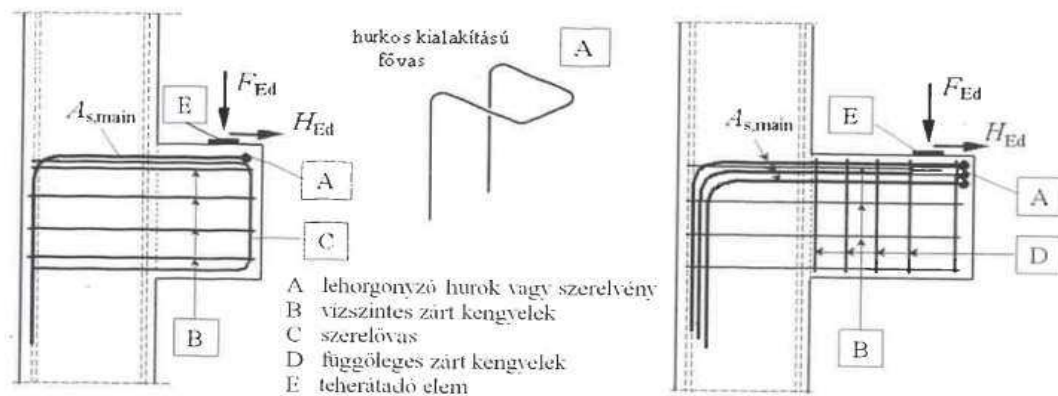
Ha $\operatorname{tg}\theta < 1,0$, a ferde nyomóerő túl lapos, és a rövidkonzol magasságát vagy szélességét növelni kell. (az f_{cd} betonszilárdság növelése nem hatékony).

Ha $\operatorname{tg}\theta > 2,5$, a θ szöget a megengedett maximális értékével szabad csak felvenni. Ilyenkor a rövidkonzol teljes magassága nem használható ki, a betonék csomópont – a szaggatott függőleges vonal mentén felfelé elcsúszva – magasabbra kerül. Az x méret az előzőekkel egyezően határozható meg, és $y = x/2,5$.

A húzott fővasalásban ébredő erő y ismeretében:

$$F_s = y b \sigma_{Rd,max} + H_{Ed}$$

A fővasak támaszba bevezetett végénél a függőleges síkban lehajlított betonacélok lehorgonyzási hosszát a megtámasztó szerkezet rövidkonzolhoz legközelebbi függőleges hosszvasától (vagy közelítőleg a rövidkonzol belső szélétől) kell számítani. Lehajlítás helyett ezen az oldalon is lehetséges a megfelelően méretezett és lehorgonyzott hurkos kialakítás, vagy lehorgonyzó elem.



Kengyelek kialakítási szabályai:

A kengyelek anyagminősége a fővasakéval legyen azonos.

Ha $a_c \leq 0,5h_c$, akkor a magasság mentén közel egyenletesen elosztott, $\Sigma A_{s,link} \geq 0,5A_{s,main}$ összkeresztmetszetű vízszintes zárt kengyelezést kell alkalmazni a nyomott rácsrúd felhasadása ellen (bal oldali ábra).

Ha $a_c > 0,5h_c$, akkor az F_{Ed} erő és a befogás közötti szakaszon $\Sigma A_{s,link} \geq 0,5F_{Ed}/f_{yd}$ összkeresztmetszetű függőleges zárt kengyeleket is kell alkalmazni (jobb oldali ábra).

A vízszintes kengyelek kampói mindig a megtámasztó szerkezetbe kerüljenek.

A függőleges kengyelek kampói a rövidkonzol alsó oldalán legyenek.

A függőleges kengyelek vegyék körbe a vízszintes fővasalást és a vízszintes kengyeleket.

Felső öv karimás toldása

γm_0 : 1 γm_1 : 1 γm_2 : 1,25

csavar ell

tep: 12 mm
fy: 355 N/mm²
fu: 490 N/mm²

tw: 8,8 mm
d1: 101,6 mm
e1: 24 mm
e2: 24 mm

r2: 74,8
r3: 46,4
k1: 0,477518
k3: 2,477518
f3: 4,747183

Nt,rd,1: 381001,3 N

Nt,ed: 300000 N **megfelel**

n: 6 db
d: 16 mm
d0: 18 mm
fyb: 640 N/mm²
fub: 800 N/mm²
A: 200,96 mm²

Ft,rd: 115753 N

r1: 98,8

eeff: 24

Nt,rd,2: 449140,7 N

Nt,ed: 300000 N **megfelel**

Nt,rd,3: 555614,2

Nt,ed: 300000 N **megfelel**

hegesztés ell

d1: 101,6 mm

Fed: 300000 N

Fw,ed: 940,3681 N/mm

a: 4 mm

β_w : 0,9

Fw,rd: 1005,872 N/mm **megfelel**

A homloklemez folyásához tartozó ellenállás (1. mód):

$$N_{T,Rd,1} = \frac{t_{ep}^2 f_{yp} \pi f_3}{2 \gamma_{M0}}$$

ahol

t_{ep} = a homloklemez vastagsága

f_{yp} = lemez folyáshatára

$$f_3 = \frac{1}{2 k_1} \left(k_3 + \sqrt{k_3^2 - 4 k_1} \right)$$

$$k_3 = k_1 + 2$$

$$k_1 = \ln(r_2 / r_3)$$

$$r_2 = d_1 / 2 + e_1$$

d_1 = csőszelvény külső átmérője

e_1 = csavartengely távolsága a csőszelvény külső falától

$$r_3 = (d_1 - t_w) / 2$$

t_w = zártszelvény falvastagsága

A homloklemez folyásával egyidejű csavar tönkremenetelhez tartozó ellenállás (2. mód):

$$N_{T,Rd,2} = \frac{n F_{t,Rd}}{\left(1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln \frac{r_1}{r_2}} \right)}$$

ahol

$F_{t,Rd}$ = csavar húzási ellenállása

n = alkalmazott csavarszám

$$r_1 = d_1 / 2 + e_1 + e_{eff}$$

$$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 e_1)$$

A csavartöréshez tartozó ellenállás (3. mód):

Csavar húzási ellenállása:

$$N_{T,Rd,3} = n F_{t,Rd}$$

ahol

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 f_{ub} A_S}{\gamma_{M2}}$$

f_{ub} = csavar szakítószilárdsága

A_S = csavar feszültség keresztmetszete

γ_{M2} = parciális tényező szilárdsági vizsgálatokhoz képlékeny törés esetén

$$(\gamma_{M2} = 1.25)$$

n = a csavarképben alkalmazott csavarszám

A kapcsolat homloklemeze a választott csavarokkal és csavarképpel megfelel, ha:

$$N_{Ed} \leq \min(N_{T,Rd,1}; N_{T,Rd,2}; N_{T,Rd,3})$$

- a csavartengelyek közötti távolság (p) minimuma $p_{min} = 2.2 d_0$, maximuma $p_{max} = \min(14 t_{ep}; 200\text{mm})$;
- a csavarszám (n) $n_{min} \geq 4$;
- az emelőerő hatásának csökkentése érdekében javasolt az e_1 távolságot minimálisra felvenni, javasolt értéke a csavarátmérő másfél-kétszerese ($e_1 = 1.5 d \sim 2.0 d$), ugyanakkor $e_1 \geq 1.2 d_0$ és $e_2 \geq 1.2 d_0$ (az egyes paraméterek jelentését lásd a 2. ábrán).

Rácsrúd karimás toldása

γm_0 : 1 γm_1 : 1 γm_2 : 1,25

csavar ell

tep: 8 mm
fy: 355 N/mm²
fu: 490 N/mm²

tw: 4 mm
d1: 63,5 mm
e1: 18 mm
e2: 18 mm

r2: 49,75
r3: 29,75
k1: 0,514181
k3: 2,514181
f3: 4,452923

Nt,rd,1: 158837,5 N

Nt,ed: 125000 N **megfelel**

n: 6 db
d: 12 mm
d0: 14 mm
fyb: 640 N/mm²
fub: 800 N/mm²
A: 113,04 mm²

Ft,rd: 65111,04 N

r1: 67,75

eeff: 18

Nt,rd,2: 259987,4 N

Nt,ed: 125000 N **megfelel**

Nt,rd,3: 312533

Nt,ed: 125000 N **megfelel**

hegesztés ell

d1: 63,5 mm

Fed: 125000 N

Fw,ed: 626,9121 N/mm

a: 4 mm

β_w : 0,9

$F_{w,rd}$: 1005,872 N/mm **megfelel**

A homloklemez folyásához tartozó ellenállás (1. mód):

$$N_{T,Rd,1} = \frac{t_{ep}^2 f_{yp} \pi f_3}{2 \gamma_{M0}}$$

ahol

t_{ep} = a homloklemez vastagsága

f_{yp} = lemez folyáshatára

$$f_3 = \frac{1}{2 k_1} \left(k_3 + \sqrt{(k_3^2 - 4 k_1)} \right)$$

$$k_3 = k_1 + 2$$

$$k_1 = \ln(r_2 / r_3)$$

$$r_2 = d_1 / 2 + e_1$$

d_1 = csőszelvény külső átmérője

e_1 = csavartengely távolsága a csőszelvény külső falától

$$r_3 = (d_1 - t_w) / 2$$

t_w = zártcszelvény falvastagsága

A homloklemez folyásával egyidejű csavar tönkremenetelhez tartozó ellenállás (2. mód):

$$N_{T,Rd,2} = \frac{n F_{t,Rd}}{\left(1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln \frac{r_1}{r_2}} \right)}$$

ahol

$F_{t,Rd}$ = csavar húzási ellenállása

n = alkalmazott csavarszám

$$r_1 = d_1 / 2 + e_1 + e_{eff}$$

$$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 e_1)$$

A csavartöréshez tartozó ellenállás (3. mód):

Csavar húzási ellenállása:

$$N_{T,Rd,3} = n F_{t,Rd}$$

ahol

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 f_{ub} A_S}{\gamma_{M2}}$$

f_{ub} = csavar szakítószilárdsága

A_S = csavar feszültség keresztmetszete

γ_{M2} = parciális tényező szilárdsági vizsgálatokhoz képlékeny törés esetén

$$(\gamma_{M2} = 1.25)$$

n = a csavarképpen alkalmazott csavarszám

A kapcsolat homloklemeze a választott csavarokkal és csavarképpel megfelel, ha:

$$N_{Ed} \leq \min(N_{T,Rd,1}; N_{T,Rd,2}; N_{T,Rd,3})$$

- a csavartengelyek közötti távolság (p) minimuma $p_{min} = 2.2 d_0$, maximuma $p_{max} = \min(14 t_{ep}; 200mm)$;
- a csavarszám (n) $n_{min} \geq 4$;
- az emelőerő hatásának csökkentése érdekében javasolt az e_1 távolságot minimálisra felvenni, javasolt értéke a csavarátmérő másfél-kétszerese ($e_1 = 1.5 d \sim 2.0 d$), ugyanakkor $e_1 \geq 1.2 d_0$ és $e_2 \geq 1.2 d_0$ (az egyes paraméterek jelentését lásd a 2. ábrán).

Hevederlemez bekötés, szerelőjárda

γm_0 :	1	γm_1 :	1	γm_2 :	1,25
f_y :	355 N/mm ²				
f_u :	490 N/mm ²				
f_{yb} :	640 N/mm ²				
f_{ub} :	800 N/mm ²				
n :	4				
d :	8				
d_0 :	9				
A :	50,24				
t_1 :	5				
e_1 :	10,8		sz :	91,4	
e_2 :	10,8		m :	43,2	
p_1 :	19,8				
p_2 :	21,6				
$F_{v,rd}$:	77168,64 N				
F_{ed} :	8600 N		megfelel		
$k_{1,sz}$:	1,66				
$k_{1,k}$:	1,66				
$\alpha_{b,sz}$:	0,4				
$\alpha_{b,k}$:	0,483333333				
$F_{b,rd,sz}$:	10411,52				
$F_{b,rd,k}$:	12580,58667				
$F_{b,rd}$:	10411,52				
F_{ed} :	8600 N		megfelel		
hegesztés ell					
l :	86,4 mm				
F_{ed} :	8600 N				
$F_{w,ed}$:	99,53703704 N/mm				

a: 4 mm

β_w : 0,9

$F_{w,rd}$: 1005,872469 N/mm **megfelel**

Csavaranyag minősége	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb}	240	300	480	640	900
f_{ub}	400	500	600	800	1000

3.3. táblázat: Csavaranyagok szilárdsági jellemzői [N/mm²]

Acélfajta jele	A szerkezeti elem névleges vastagsága t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	f_y	f_u	f_y	f_u
EN 10025				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S275NH/NLH	275	390	255	370
S355NH/NLH	355	490	335	470
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S275NH/NLH	275	370		
S355NH/NLH	355	470		

3.1. táblázat: Szerkezeti acélok szilárdsági jellemzői [N/mm²]

6.2.1. A csavarozott kapcsolatok típusai

A csavarozott kapcsolatokat a bennük lévő csavaroknak az erőátadásban játszott szerepe szerint öt osztályba soroljuk:

- **A** osztály: tengelyére merőlegesen terhelt, nem feszített (normál) csavar, ennek megfelelően az erőátadás **nyírás és palástnyomás** révén valósul meg.
- **B** osztály: tengelyére merőlegesen terhelt, feszített csavar, az erőátadás az összeszorított felületek közötti súrlódás révén valósul meg, de a **megcsúszásmentes** működés csak a **használatossági határállapotig** áll fenn, a teherbírást a csavar nyírása és palástnyomása határozza meg.
- **C** osztályú: tengelyére merőlegesen terhelt, feszített csavar, az erőátadás a **teherbírási határállapotban** is az összeszorított felületek közötti súrlódás révén, **megcsúszásmentesen** valósul meg.
- **D** osztályú: tengelye irányában terhelt (**húzott**), **nem feszített** csavar,
- **E** osztályú: tengelye irányában terhelt (**húzott**), **feszített** csavar.

Amennyiben egy csavar egyidejűleg húzott és nyírt, akkor két osztálya van, például: **AD**, vagy **CE**.

B, C és E osztályú – feszített csavaros kapcsolatok - esetén kizárólag 8.8 és 10.9 minőségű csavarok alkalmazhatók.

6.2.4.1 „A” osztályú nem feszített nyírt csavar

A nyírt csavarok tönkremenetele akkor következik be, ha:

- a csavarszár elnyíródik, vagy
- a csavarszár, vagy a csavarszár körül az alapanyag palástnyomási ellenállása kimerül.

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = n \frac{0,6 f_{ub} A}{\gamma_{M2}} \quad (6.2)$$

ahol: f_{ub} a csavar anyagának szakítószilárdsága,
 A a csavarszár keresztmetszeti területe (lásd 6.1. táblázat),
 n a nyírási síkok száma.

Fenti képlet akkor érvényes, ha a nyírás síkjában a teljes csavarszár van, azaz a menetes rész nem ér a nyírás síkjáig. Ellenkező esetben a csavarszár keresztmetszeti területe helyett a húzási keresztmetszeti területtel (A_s) kell számolni és 4.8, 5.8, 6.8 és 10.9 anyagminőségek esetén 20% mértékben csökkenteni kell az ellenállás értékét.

Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = k_1 \frac{\alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} \quad (6.3)$$

ahol: f_u az alapanyag szakítószilárdsága,
 d a csavarszár átmérője,
 t az egyirányban elmozduló lemezek közül a kisebbik lemez vastagsága,
 k_1 értéke a következők közül a kisebb:

$$\text{szélső csavar esetén: } \min \left(2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) \quad (6.4)$$

$$\text{közbenső csavar esetén: } \min \left(1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) \quad (6.5)$$

α_b értéke a következők közül a kisebb:

$$\text{szélső csavar esetén: } \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) \quad (6.6)$$

$$\text{közbenső csavar esetén: } \min \left(\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) \quad (6.7)$$

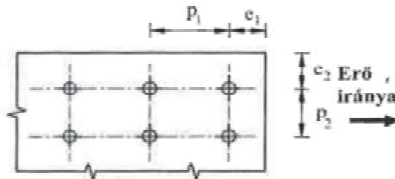
6.2.3. Csavarkép

A csavarkép kialakításánál betartandó maximális és minimális csavartávolságokat a 6.2. táblázat tartalmazza. Az alkalmazott jelöléseket a 6.1. ábra mutatja. Fáradásnak kitett elemekre alkalmazandó csavartávolságok szabályai az EC3-1-9-ben vannak.

Méret	Minimális távolság	Maximális távolság		
		Külsőtér Korrózió veszély	Belsőtér Nincs korrózió veszély	Korrózió fokozottan ellenálló acél
e_1	$1,2 \cdot d_0$	$40 \text{ mm} + 4 \cdot t$	-	$8 \cdot t$ vagy 125 mm
e_2				
p_1	$2,2 \cdot d_0$	$14 \cdot t$ vagy 200 mm	$14 \cdot t$ vagy 200 mm	$14 \cdot t$ vagy 175 mm
p_2	$2,4 \cdot d_0$			

6.2. táblázat: Csavarkép maximális és minimális távolságai

ahol: d_0 furat átmérő, a csavarlyuk átmérője,
 e_1 végtávolság, a szélső csavarlyuk tengelyének távolsága az elem szélétől az erő irányában,
 e_2 széltávolság, a szélső csavarlyuk tengelyének távolsága az elem szélétől az erőre merőleges irányában,
 p_1 osztásköz, a csavarlyukak tengelyének egymástól mért távolsága az erő irányában,
 p_2 osztásköz, a csavarlyukak tengelyének egymástól mért távolsága az erőre merőleges irányában,
 t a vékonyabbik kapcsolt lemez vastagsága.



6.1. ábra: Csavartávolságok jelölései

A maximális távolságra belső térben megadott korlátozást csak nyomott elemek esetén kell betartani.

A 6.2. táblázatban megadott minimális csavartávolságok a technikailag lehetséges legkisebb értékek. Tekintettel arra, hogy a palástnyomási ellenállás értéke függ a csavaroknak az elem szélétől, illetve egymástól való távolságától (6.2.5.1 szakasz) alkalmazásuk esetén előfordul, hogy a palástnyomási ellenállása a kapcsolatnak lényegesen kisebb lesz a nyírási ellenállásnál. Ezért a kapcsolat teherbírása kedvezőtlenebb lesz.

Szokásos kapcsolatok esetén viszonylag kedvező ellenállás értékeket kapunk, amennyiben az alábbi minimális csavartávolság értékeket alkalmazzuk:

$$e_1 = 2 \cdot d_0 \quad e_2 = 1,5 \cdot d_0 \quad p_1 = 3 \cdot d_0 \quad p_2 = 3 \cdot d_0$$

Aktiválja a Windo
Aktiválja a Windows re

6.2.4.3 „D” és „E” osztályú húzott csavarok ellenállása

A húzott csavar tönkremegy, ha az adott csavarra ható húzóerő meghaladja:

- a csavar húzási ellenállását,
- a csavar – lemez kapcsolat kigombolódási ellenállását.

Ez utóbbi tönkremeneteli formán az EC3 a csavarfejnek (vagy az anyának) az összekapcsolt lemezekre való átszakadását érti.

A csavar húzási ellenállása:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} \quad (6.14)$$

A képletben szereplő jelöléseket az előzőekben megadtuk.

A csavar – lemez együttes kigombolódási ellenállása:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} \quad (6.15)$$

ahol: d_m a csavarfej vagy csavaranya alatti rész átmérője (lásd 6.1. táblázat),
 t_p a csavarfej, illetve a csavaranya alatti, kisebbik lemez vastagság.

A D és E osztályú húzott csavar megfelel, amennyiben a húzási ellenállás és a kigombolódási ellenállás értéke is, meghaladja a csavarra ható húzóerő értékét, azaz:

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.16)$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{B_{p,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.17)$$

ahol: $F_{t,Rd}$ az adott csavarban számított húzóerő tervezési értéke.

Hegesztett kapcsolatok ellenőrzése

A következőekben ellenőriztem a cső szelvények hegesztett ellenállásait.
Minden méretet a hozzátartozó legnagyobb normálerővel.

γ_{m0} :	1	γ_{m1} :	1	γ_{m2} :	1,25
f_y :	355 N/mm ²				
f_u :	490 N/mm ²				
d :	21,3 mm				
F_{ed} :	43000 N				
$F_{w,ed}$:	642,9233576 N/mm				
a :	3 mm				
β_w :	0,9				
$F_{w,rd}$:	754,4043517 N/mm		megfelel		
d :	38,4 mm				
F_{ed} :	64000 N				
$F_{w,ed}$:	530,7855626 N/mm				
a :	3 mm				
β_w :	0,9				
$F_{w,rd}$:	754,4043517 N/mm		megfelel		
d :	42,4 mm				
F_{ed} :	30000 N				
$F_{w,ed}$:	225,3334936 N/mm				
a :	3 mm				
β_w :	0,9				
$F_{w,rd}$:	754,4043517 N/mm		megfelel		

d: 48,3 mm
Fed: 83000 N
Fw,ed: 547,2695863 N/mm
a: 3 mm
 β w: 0,9

Fw,rd: 754,4043517 N/mm **megfelel**

d: 51 mm
Fed: 28000 N
Fw,ed: 174,8470089 N/mm
a: 3 mm
 β w: 0,9

Fw,rd: 754,4043517 N/mm **megfelel**

d: 57 mm
Fed: 23000 N
Fw,ed: 128,5059783 N/mm
a: 3 mm
 β w: 0,9

Fw,rd: 754,4043517 N/mm **megfelel**

d: 63,5 mm
Fed: 125000 N
Fw,ed: 626,9120818 N/mm
a: 3 mm
 β w: 0,9

Fw,rd: 754,4043517 N/mm **megfelel**

d:	82,5 mm	
Fed:	161000 N	
Fw,ed:	621,5016406 N/mm	
a:	3 mm	
β_w :	0,9	
Fw,rd:	754,4043517 N/mm	megfelel
d:	101,6 mm	
Fed:	541000 N	
Fw,ed:	1695,797181 N/mm	
a:	8 mm	
β_w :	0,9	
Fw,rd:	2011,744938 N/mm	megfelel
d:	193,7 mm	
Fed:	1315000 N	
Fw,ed:	1663,118259 N/mm	
a:	8 mm	
β_w :	0,9	
Fw,rd:	2011,744938 N/mm	megfelel

Egyszerűsített eljárás

Az egyszerűsített eljárás a biztonság javára közelítő módszer. Ennél az eljárásnál nem teszünk különbséget abban a vonatkozásban, hogy a varrat tengely és a varrat szakaszra ható erő milyen szöget zárnak be egymással.

Kizárólag nyíró, vagy normál erővel terhelt kapcsolat esetén az ellenőrzést az egységnyi varrathosszra eső igénybevétel meghatározásával végezzük.

$$F_{w,Ed} = \frac{F_{Ed}}{\sum l_i} \quad (6.30)$$

ahol: F_{Ed} a kapcsolatra ható erő,
 l_i a kapcsolatban lévő varratzakaszok hossza (függetlenül az erő és a varrat irányától).

Excentrikus igénybevétel esetén (amikor nyomaték is hat a kapcsolatra) az adott varrat pontra (1 cm hosszú szakaszra) ható erők eredőjét kell meghatározni.

Az egységnyi hosszúságú varrat szakasz ellenállása:

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u a}{\sqrt{3} \beta_w \gamma_{M2}} \quad (6.31)$$

A képletben szereplő, anyagminőségtől függő β_w korrekciós tényező értékét a 6.4 táblázat tartalmazza.

A kapcsolat megfelel, amennyiben:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (6.32)$$

CFA cölöp tervezés "D" tengely vasbeton pillérjei alá

Kiindulási adatok

18A és 18B szondaszelvények

cölöp átmérője $D=60$ cm

cölöp keresztmetszeti kerülete: $K= D \times \pi = 0,6 \times \pi =$

1,57 m

cölöp keresztmetszeti területe: $A=$

0,19625 m²

mértékadó szintek:

terepszint: 100 mBf

cölöptalp síkja: 87,055 mBf

karakteresztikus talajvízszint: 97,8 mBf

építési talajvízszint: 95,9 mBf

Teljesítmény meghatározása CPT szondaszelvény alapján:

"A" jelű CPT szondaszelvény:

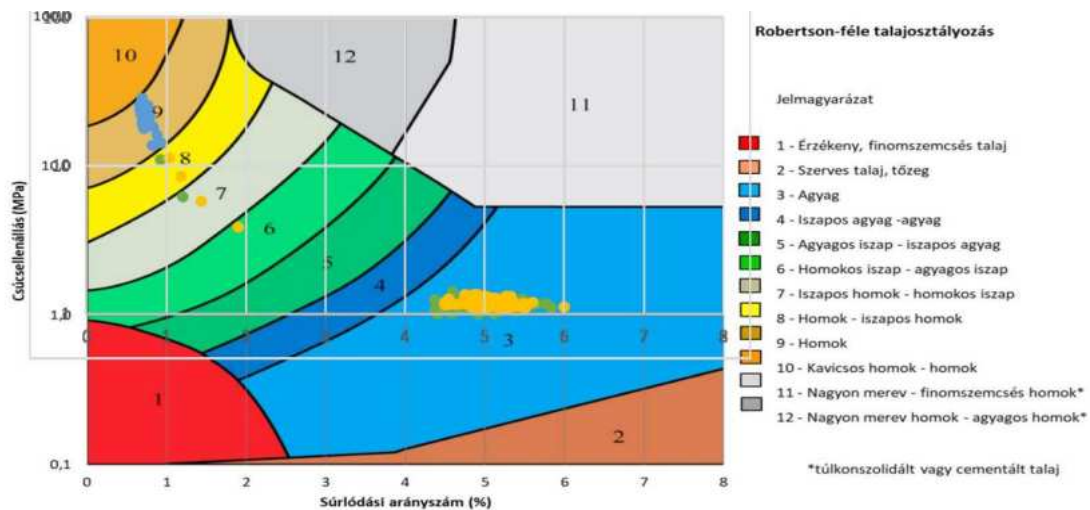
Robertson-féle talajosztályozás:

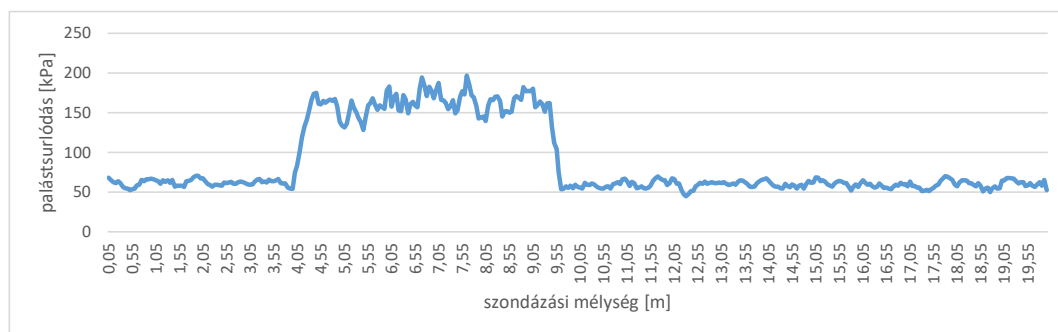
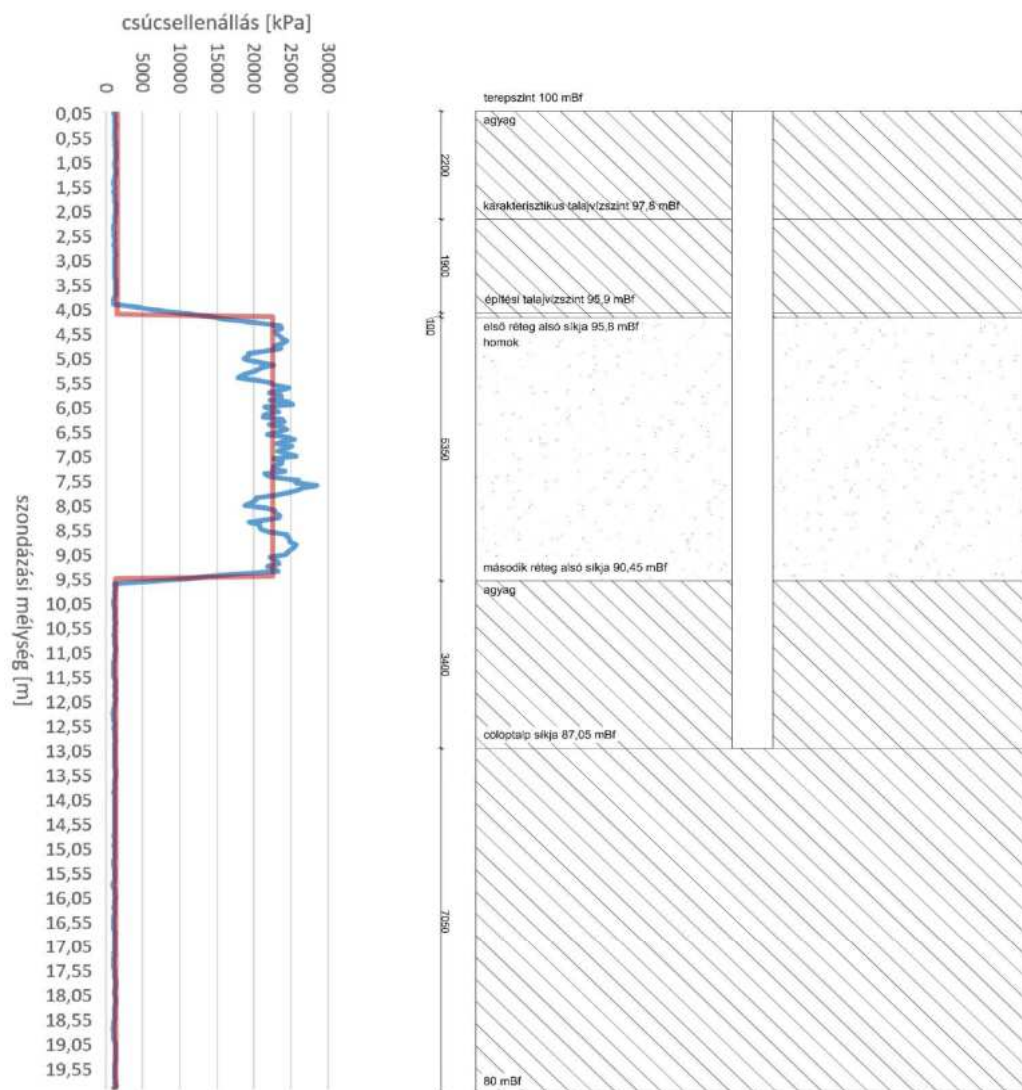
rétegsorrend:

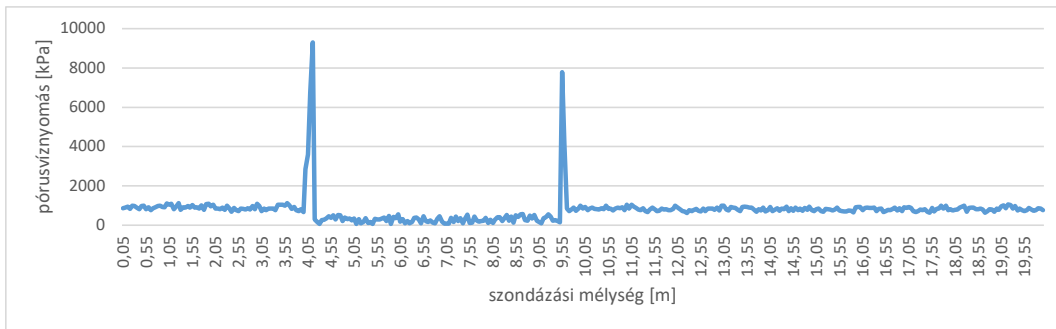
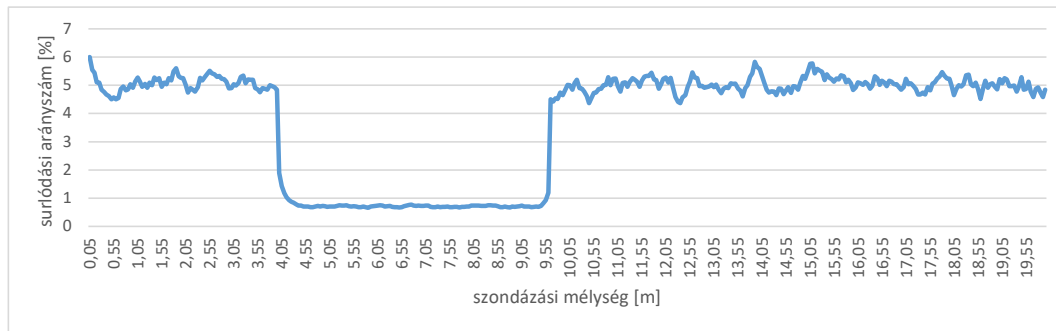
3 agyag - kötött

9 homok - szemcsés

3 agyag - kötött







Köpenyellenállás:

1. réteg

$q_{c,1,átl}$:		1521,658131 kPa
μ_s :		1
l_1 :		4,2 m
$q_{s,1,cal}$:	$1,20 \cdot \mu_s \cdot (q_{c,átl})^{(1/2)}$:	46,81012399 kPa
$q_{c,max}$:		80 kPa
$R_{s,cal,1}$:	$q_{s,1,cal} \cdot K \cdot l_1$:	308,6659576 kN

2. réteg

$q_{c,2,átl}$:		22550,77983 kPa
α_{sq} :		0,55
l_2 :		5,35 m
$q_{s,2,cal}$:	$\alpha_{sq} \cdot (q_{c,átl})^{(1/2)}$:	82,59304388 kPa
$q_{c,max}$:		120 kPa
$R_{s,cal,2}$:	$q_{s,2,cal} \cdot K \cdot l_2$:	693,7402721 kN

3. réteg

$q_{c,3,átl}$:		1262,001491 kPa
μ_s :		1
l_3 :		3,395 m
$q_{s,3,cal}$:	$1,20 \cdot \mu_s \cdot (q_{c,átl})^{(1/2)}$:	42,62959238 kPa
$q_{c,max}$:		80 kPa
$R_{s,cal,3}$:	$q_{s,3,cal} \cdot K \cdot l_3$:	227,2221218 kN

$\Sigma R_{s,cal}$:	$R_{s,cal,1} + R_{s,cal,2} + R_{s,cal,3}$:	1229,628352 kN
----------------------	---	----------------

Talpellénállás:

μ_b:	0,9
c_u:	79,51058
N_kt:	15
q_c_átl:	1192,659 Kpa
q_b,cal:	644,0357 Kpa
R_b,cal: A*q_b,cal:	126,392 kN

Cölöpteherbírás:

$R_{c,cal}$: $R_{b,cal}+R_{s,cal}$:

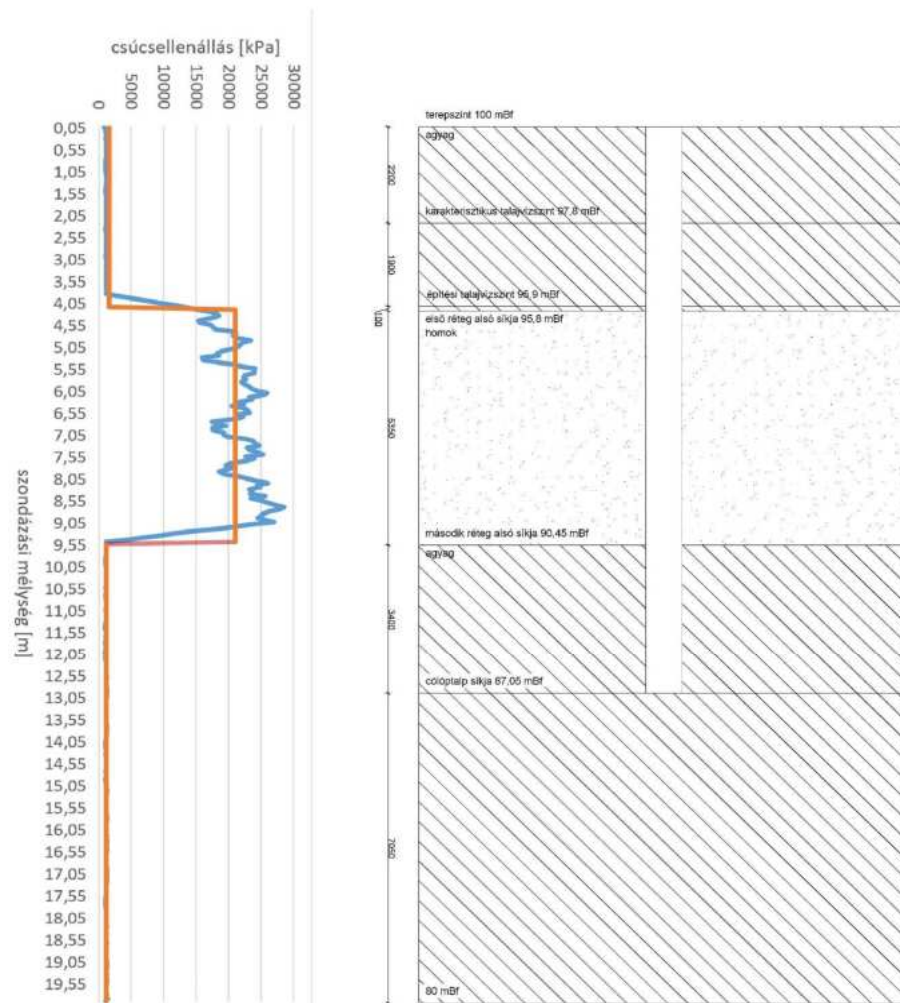
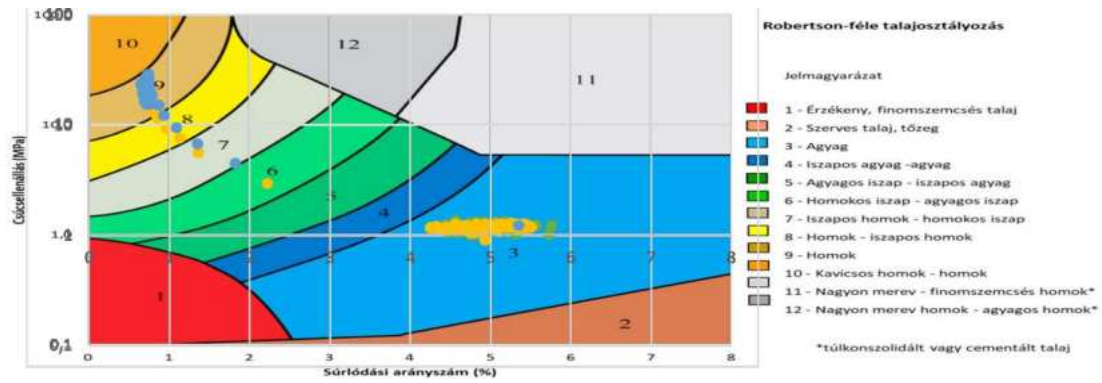
1356,02 kN

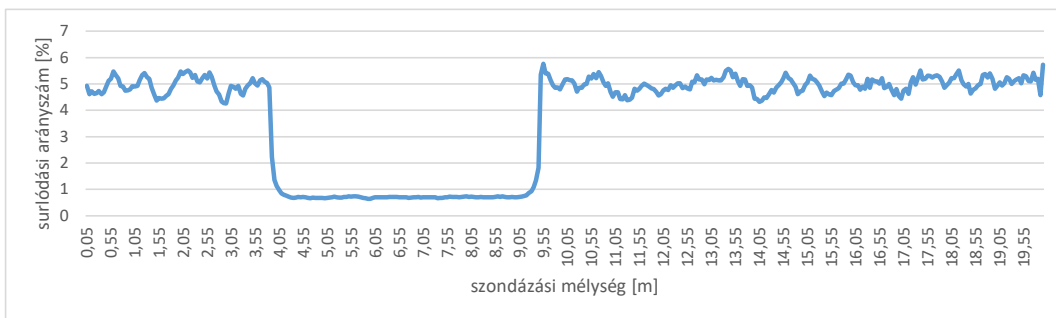
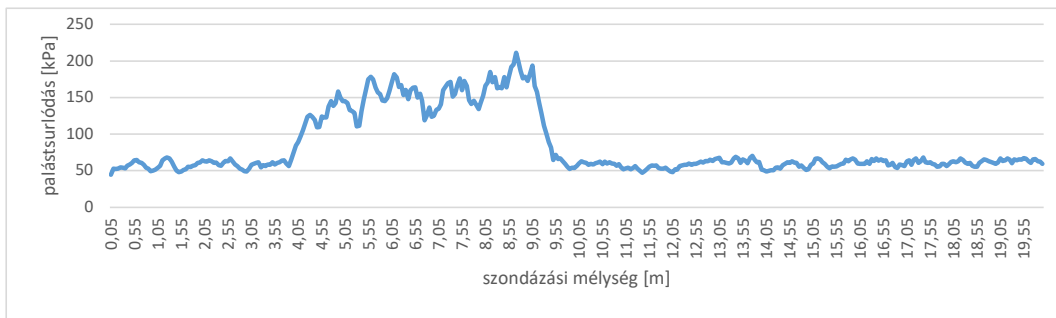
"B" jelű CPT szondaszelvény:

Robertson-féle talajosztályozás:

rétegsorrend:

3 agyag - kötött
9 homok - szemcsés
3 agyag - kötött





Köpenyellenállás:

1. réteg

$q_{c,1,átl}$:	1676,073458 kPa
μ_s :	1
l_1 :	4,2 m
$q_{s,1,cal}$:	$1,20 \cdot \mu_s \cdot (q_{c,átl})^{(1/2)}$: 49,12785136 kPa
$q_{c,max}$:	80 kPa
$R_{s,cal,1}$:	$q_{s,1,cal} \cdot K \cdot l_1$: 323,9490518 kN

2. réteg

$q_{c,2,átl}$:	21014,72134 kPa
α_{sq} :	0,55
l_2 :	5,35 m
$q_{s,2,cal}$:	$\alpha_{sq} \cdot (q_{c,átl})^{(1/2)}$: 79,73050361 kPa
$q_{c,max}$:	120 kPa
$R_{s,cal,2}$:	$q_{s,3,cal} \cdot K \cdot l_2$: 669,6963651 kN

3. réteg

q _{c,3,átl} :		1195,795141 kPa
μ _s :		1
l ₃ :		3,395 m
q _{s,3,cal} :	1,20*μ _s *(q _{c,átl})^(1/2):	41,49632518 kPa
q _{c,max} :		80 kPa
R _{s,cal,3} :	q _{s,3,cal} *K*I ₃ :	221,1816376 kN

ΣR_{s,cal}: R_{s,cal,1} + R_{s,cal,2} + R_{s,cal,3}: 1214,827055 kN

Talpellénállás:

μ _b :	0,9
c _u :	79,80408
N _{kt} :	15
q _{c,átl} :	1197,061 kPa
q _{b,cal} :	646,4131 kPa
R _{b,cal} : A*q _{b,cal} :	126,8586 kPa

Cölöpteherbírás:

R_{c,cal}: R_{b,cal}+R_{s,cal}: 1341,686 kN

R _{s,k} :	min[R _{s,cal,mean}]/ξ _{mean} ; (R _{s,cal,min})/ξ _{min} :	905,3539 kN
R _{b,k} :	min[R _{b,cal,mean}]/ξ _{mean} ; (R _{b,cal,min})/ξ _{min} :	93,7965 kN
R _{c,k} :	min[R _{c,cal,mean}]/ξ _{mean} ; (R _{c,cal,min})/ξ _{min} :	999,1504 kN

$\xi_{\text{mean},n=2}$:	1,35	$\xi_{\text{min},n=2}$:	1,27		
γ_s :	1,1	γ_b :	1,2	γ_c :	1,15

R _{s,cal,mean} :	1222,2277
R _{s,cal,min} :	1214,8271

R _{b,cal,mean} :	126,62528
R _{b,cal,min} :	126,392

R _{c,cal,mean} :	1348,853
R _{c,cal,min} :	1341,6856

R_{c,d}:(R_{b,k}/γ_b + R_{s,k}/γ_s): R_{c,k}/γ_t: **868,8263989 kN**

N_{ed}: **832 kN**

Cölöp összefogó fej vasalása

A következőkben ellenőriztem a cölöpösszefogó fejet. A pillér nyomásából húzás keletkezik a vízszintes alsó vasakban. Ezt modelleztem axisban és a kapott eredmény alapján kiszámítottam a szükséges vasmennyiséget.

N: 577000 N "D" pillér

f_{yd} : 435 N/mm²

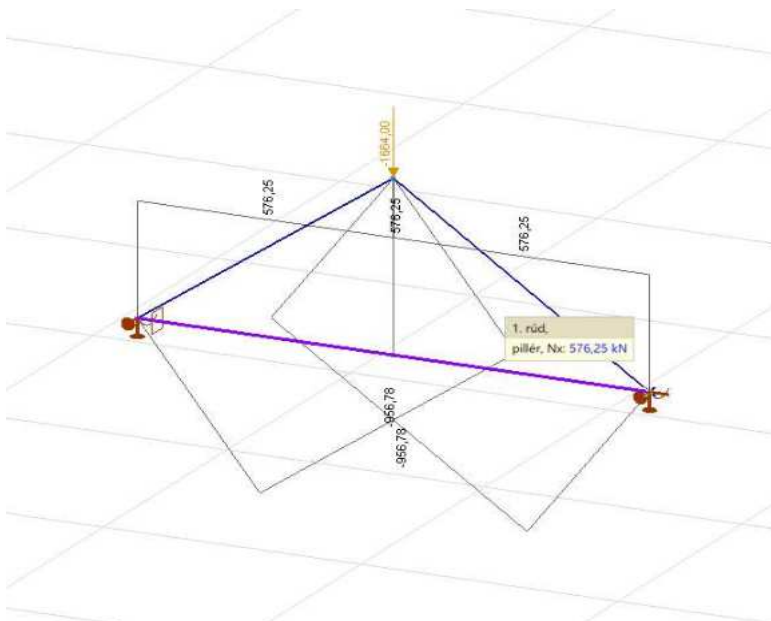
a_{req} : 1326,436782 mm²

d: 20

n: 5 /500 mm

a_{prov} : 1570

d20/100 alsó vas



cölöp vasalás

A következőkben a cölöpalap vasalását számoltam ki. 2 vonórúd húzóerejét veszi fel 4 cölöp. Erre a húzásra számoltam a vasalást a cölöpökbe:

Ned: 205000 N 2 húzott oszlop / 4 cölöp

Ac: 196250 mm²
fyd: 435 N/mm²

As, min: 588,75 mm²

d: 16 mm
n: 6 db
As: 1205,76 mm²

As,req: 471,2643678 mm²

1. Betonok jellemzői

$(f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2)^*$		C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck}	N/mm ² (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50
f_{cd}		8,0	10,7	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3
f_{ctd}		0,73	0,89	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
f_{ctm}		1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
f_{bd}		1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,3
$\varphi(\infty,28)$	-	3,02	2,76	2,55	2,35	2,13	1,92	1,76	1,63	1,53
E_{cm}	kN/mm ² (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37
$E_{c,eff}$		6,7	7,7	8,5	9,3	10,5	11,6	12,7	13,7	14,6
$\varepsilon_{cs,\infty}$	σ/σ_0	0,4								
α_t	1/°C	10^{-5}								

2. Betonacélok jellemzői

		Melegen hengerelt betonacélok			Hidegen húzott acélok	
Eurocode		B 500	B 400	B 240	B 500	
MSZ		B 60.50 B 75.50	B 55.40 B 60.40*	B 38.24	BHB55.50	BHS55.50 C15
f_{yk}	N/mm ² (MPa)	500	400	240	500	500
f_{yd}		435	348	209	435	435
ε_{yk}	%	18	20	25	10	10
ϕ	mm	8-40	8-40	6-40	4,2 - 5,5	4,2 - 12
jellemző felület		csavarbordás	nyílborlás	sima	bordázott	sima
hegeszthetőség		a	c	a	b	b
E_s	kN/mm ² (GPa)	200	200		200	
ξ_{co}		0,49	0,53	0,62	0,49	0,49
ξ'_{co}		2,11	1,59	1,14	2,11	2,11



csavarbordás
betonacél



nyílborlás
betonacél

Vonórúd talplemez ellenőrzése

γm_0 : 1 γm_1 : 1 γm_2 : 1,25

csavar ell

tep: 20 mm
fy: 355 N/mm²
fu: 490 N/mm²

tw: 10 mm
d1: 101,6 mm
e1: 175 mm
e2: 37,5 mm

r2: 225,8
r3: 45,8
k1: 1,595366
k3: 3,595366
f3: 1,928625

Nt,rd,1: 429967,6 N

Nt,ed: 413000 N **megfelel**

n: 6 db
d: 25 mm
d0: 28 mm
fyb: 640 N/mm²
fub: 800 N/mm²
A: 490,625 mm²

Ft,rd: 282600 N

r1: 263,3

eeff: 37,5

Nt,rd,2: 439707,7 N

Nt,ed: 413000 N **megfelel**

Nt,rd,3: 1356480

Nt,ed: 413000 N **megfelel**

hegesztés ell

d1: 101,6 mm

Fed: 413000 N

Fw,ed: 1294,573 N/mm

a: 7 mm

β_w : 0,9

Fw,rd: 1760,277 N/mm **megfelel**

A homloklemez folyásához tartozó ellenállás (1. mód):

$$N_{T,Rd,1} = \frac{t_{ep}^2 f_{yp} \pi f_3}{2 \gamma_{M0}}$$

ahol

t_{ep} = a homloklemez vastagsága

f_{yp} = lemez folyáshatára

$$f_3 = \frac{1}{2 k_1} \left(k_3 + \sqrt{k_3^2 - 4 k_1} \right)$$

$$k_3 = k_1 + 2$$

$$k_1 = \ln(r_2 / r_3)$$

$$r_2 = d_1 / 2 + e_1$$

d_1 = csőszelvény külső átmérője

e_1 = csavartengely távolsága a csőszelvény külső falától

$$r_3 = (d_1 - t_w) / 2$$

t_w = zártszelvény falvastagsága

A homloklemez folyásával egyidejű csavar tönkremenetelhez tartozó ellenállás (2. mód):

$$N_{T,Rd,2} = \frac{n F_{t,Rd}}{\left(1 - \frac{1}{f_3} + \frac{1}{f_3 \ln \frac{r_1}{r_2}} \right)}$$

ahol

$F_{t,Rd}$ = csavar húzási ellenállása

n = alkalmazott csavarszám

$$r_1 = d_1 / 2 + e_1 + e_{eff}$$

$$e_{eff} = \min(e_2; 1.25 e_1)$$

A csavartöréshez tartozó ellenállás (3. mód):

Csavar húzási ellenállása:

$$N_{T,Rd,3} = n F_{t,Rd}$$

ahol

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$

f_{ub} = csavar szakítószilárdsága

A_s = csavar feszültség keresztmetszete

γ_{M2} = parciális tényező szilárdsági vizsgálatokhoz képlékeny törés esetén

($\gamma_{M2} = 1.25$)

n = a csavarképben alkalmazott csavarszám

A kapcsolat homloklemezre a választott csavarokkal és csavarképpel megfelel, ha:

$$N_{Ed} \leq \min (N_{T,Rd,1}; N_{T,Rd,2}; N_{T,Rd,3})$$

- a csavartengelyek közötti távolság (p) minimuma $p_{min} = 2.2 d_0$, maximuma $p_{max} = \min(14 t_{ep}; 200\text{mm})$;
- a csavarszám (n) $n_{min} \geq 4$;
- az emelőerő hatásának csökkentése érdekében javasolt az e_1 távolságot minimálisra felvenni, javasolt értéke a csavarátmérő másfél-kétszerese ($e_1 = 1.5 d \sim 2.0 d$), ugyanakkor $e_1 \geq 1.2 d_0$ és $e_2 \geq 1.2 d_0$ (az egyes paraméterek jelentését lásd a 2. ábrán).

Előzetes rezgés vizsgálat

A következőkben előzetes rezgés vizsgálatot számoltam, ami alapján, és a későbbiekben az axis eredmények alapján is, meghaladja a vasbeton szerkezet az 5 Hz frekvenciát.

2.9.9 A rezgések korlátozása

A létesítményeket használó személyek *kellemetlen közérzetének, egészségük károsodásának* elkerülése érdek földemek rezgéseit, illetve lengéseit[†] korlátozni kell a hatályos hazai jogszabályoknak [51] [52] [53], az MSZ EN nemzeti mellékletének, valamint a további esetleges Eurocode előírásoknak megfelelően.

A személyek mozgása okozta rezonancia elkerülése érdekében az MSZ EN 1990 nemzeti melléklete azt tartalmaz, hogy a földemek függőleges lengésének f_0 saját frekvenciája[†] ne legyen kisebb egy adott értéknél.

A teljesítendő feltételek:

- vasbeton szerkezetű középületeknél és irodaházaknál $f_0 \geq 3$ Hz,
- tánc- és tornatermekben, valamint könnyűszerkezetes (fém- vagy faszerkezetű) épületeknél $f_0 \geq 5$ Hz. (Hz = 1/sec).

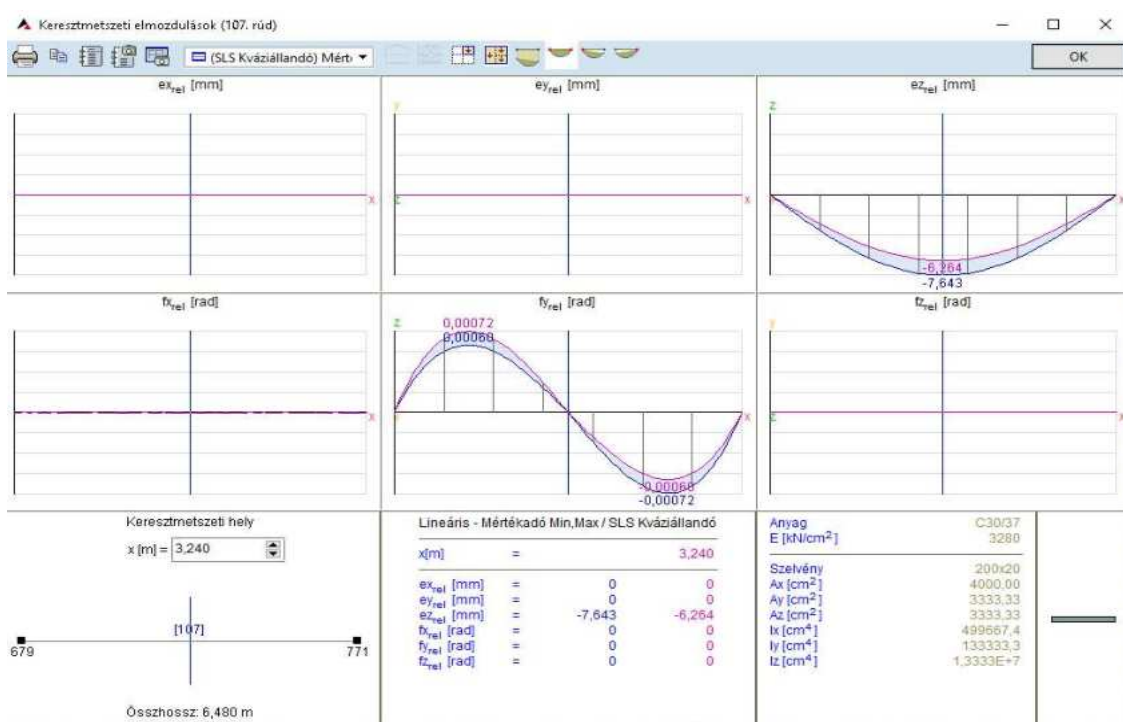
A faszerkezetekre vonatkozó EC5 szigorúbb követelményei szerint a földemek lengéseire lakóépületeknél az f_0 feltételt kell teljesíteni.[‡]

A saját frekvencia közelítően az alábbi kifejezéssel határozható meg:

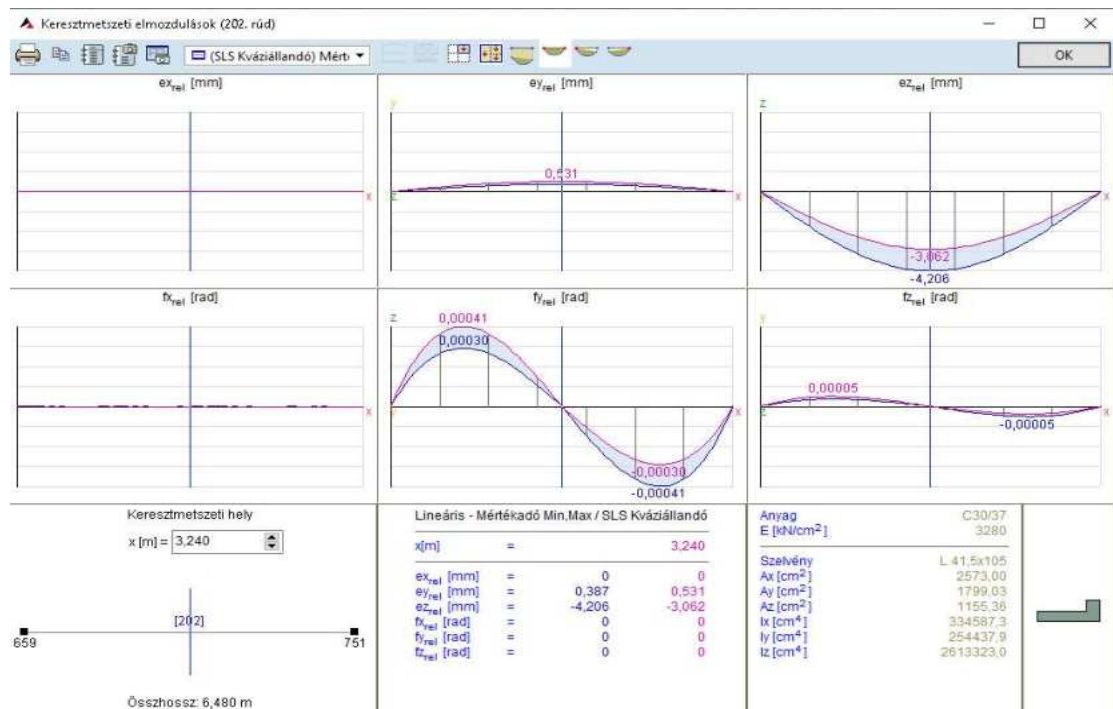
$$f_0 = 5 / \sqrt{w_{pq}} \quad [1/\text{sec}]$$

ahol w_{qp} a kvázi-állandó teherkombináció okozta rövididejű lehajlás cm-ben.[§]

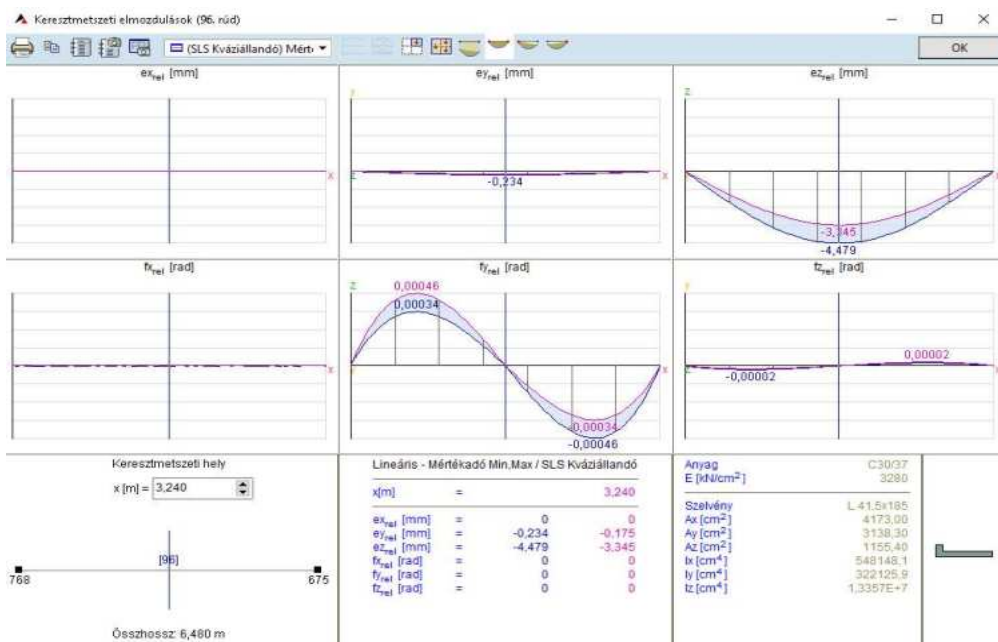
wqp: 0,76 cm 200x20 fióktartó
f0: 5,735393347 1/sec



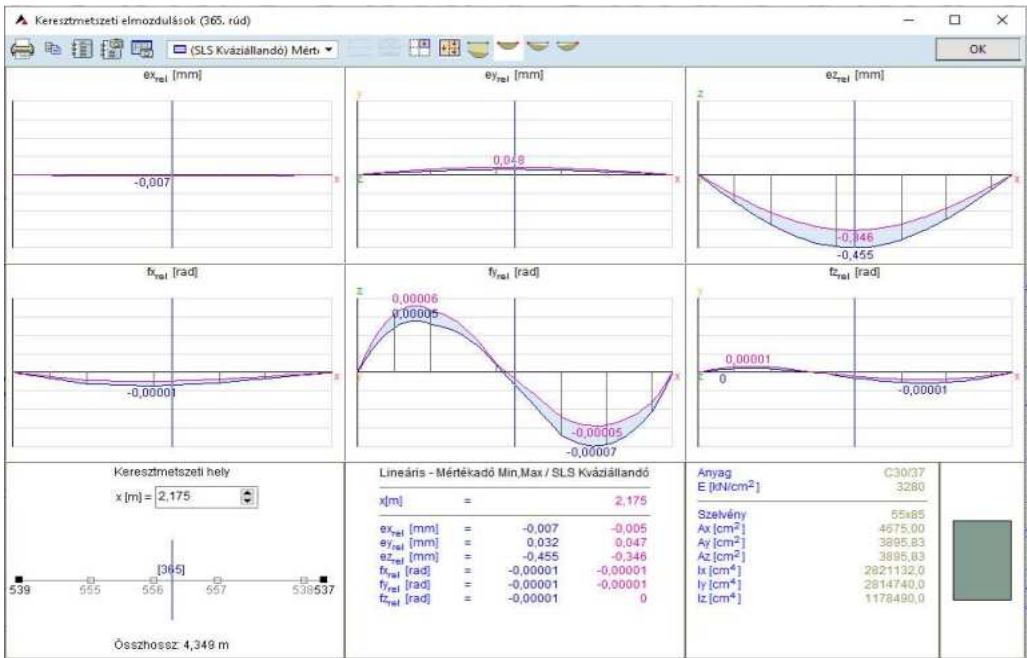
wqp: 0,42 cm 105x20 fióktartó
f0: 7,715167498 1/sec



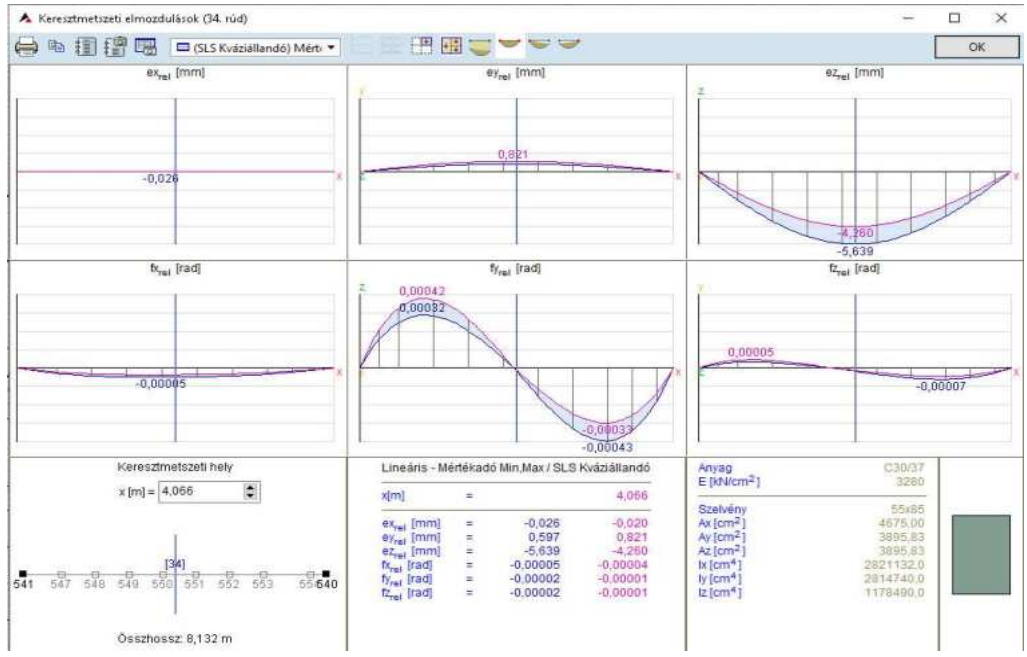
wqp: 0,45 cm 185x20 fióktartó
f0: 7,453559925 1/sec



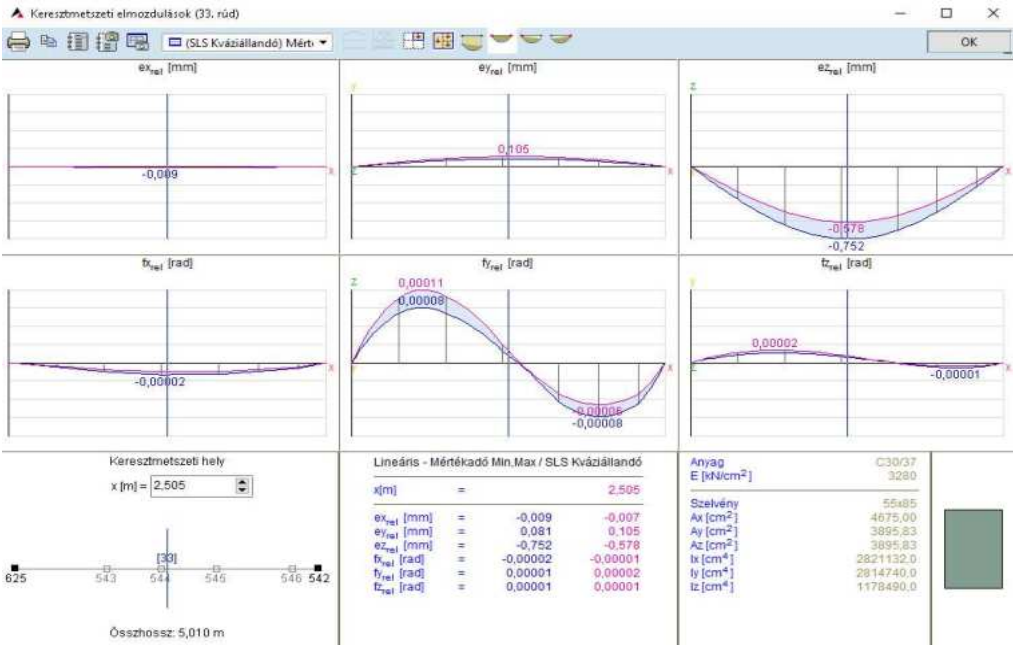
wqp: 0,46 cm felső gerenda
f0: 7,372097808 1/sec



wqp: 0,56 cm középső gerenda
f0: 6,681531048 1/sec



wqp: 0,76 cm alsó gerenda
f0: 5,735393347 1/sec



Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

62. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **103**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 0,79 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 0,79 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi_w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1}{2} = 4,8 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1}{2} = 4,8 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 6,406 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szelőlőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*szél [Kombinált] X-.S.P}

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	15,3	0,5027	14,1196
2.	8	195,3	15,3	0,5027	14,1196

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

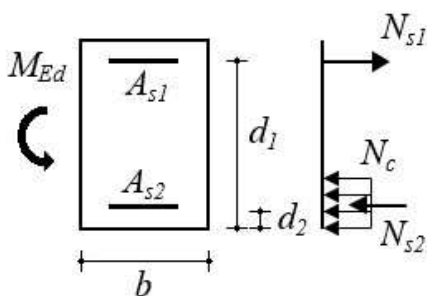
64. oldal

3.	8	25,88	15,3	0,5027	14,1196
4.	8	174,1	15,3	0,5027	14,1196
5.	8	47,06	15,3	0,5027	14,1196
6.	8	152,9	15,3	0,5027	14,1196
7.	8	68,23	15,3	0,5027	14,1196
8.	8	131,8	15,3	0,5027	14,1196
9.	8	89,41	15,3	0,5027	14,1196
10.	8	110,6	15,3	0,5027	14,1196
11.	10	4,8	4,8	0,7854	21,2372
12.	10	195,2	4,8	0,7854	21,2372
13.	10	100	4,8	0,7854	21,2372
14.	10	18,4	4,8	0,7854	21,2372
15.	10	181,6	4,8	0,7854	21,2372
16.	10	32	4,8	0,7854	21,2372
17.	10	168	4,8	0,7854	21,2372
18.	10	45,6	4,8	0,7854	21,2372
19.	10	154,4	4,8	0,7854	21,2372
20.	10	59,2	4,8	0,7854	21,2372
21.	10	140,8	4,8	0,7854	21,2372
22.	10	72,8	4,8	0,7854	21,2372
23.	10	127,2	4,8	0,7854	21,2372
24.	10	86,4	4,8	0,7854	21,2372
25.	10	113,6	4,8	0,7854	21,2372
Összesen				16,81	459,753

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 200,0$ cmKengyeltávolság: $s = 5$ cm**Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -7,88 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 0,60 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

Részeredmények

Hasznos magasság:

$d = 15,3 \text{ cm}$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 15,3 = 9,436 \text{ cm}$$

$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,436 = 7,549 \text{ cm}$ MSZ EN 1992-1-1:2004 (3) 3.5. ábra

$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,153 - \frac{0,075489}{2}\right) \cdot 0,075489 \cdot 2 \cdot 20000 = 348,02 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0,596 \text{ kNm}$

Nyomott betonzóna magassága:

$x_c = 0,009741 \text{ cm}$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$A_{s,l} = 4,61 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 4,61 \text{ cm}^2)$

Legnagyobb húzott vasalás alul

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 3,166 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)**

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	15,3	0,5027	14,1196
2.	8	195,3	15,3	0,5027	14,1196
3.	10	4,8	4,8	0,7854	21,2372
4.	10	195,2	4,8	0,7854	21,2372
5.	10	13,08	4,8	0,7854	21,2372
6.	10	186,9	4,8	0,7854	21,2372
7.	10	21,36	4,8	0,7854	21,2372
8.	10	178,6	4,8	0,7854	21,2372
9.	10	29,63	4,8	0,7854	21,2372
10.	10	170,4	4,8	0,7854	21,2372
11.	10	37,91	4,8	0,7854	21,2372
12.	10	162,1	4,8	0,7854	21,2372
13.	10	46,19	4,8	0,7854	21,2372
14.	10	153,8	4,8	0,7854	21,2372
15.	10	54,47	4,8	0,7854	21,2372
16.	10	145,5	4,8	0,7854	21,2372
17.	10	62,75	4,8	0,7854	21,2372
18.	10	137,3	4,8	0,7854	21,2372

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

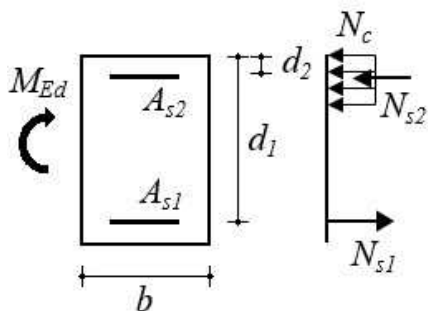
66. oldal

19.	10	71,03	4,8	0,7854	21,2372
20.	10	129	4,8	0,7854	21,2372
21.	10	79,3	4,8	0,7854	21,2372
22.	10	120,7	4,8	0,7854	21,2372
23.	10	87,58	4,8	0,7854	21,2372
24.	10	112,4	4,8	0,7854	21,2372
25.	10	95,86	4,8	0,7854	21,2372
26.	10	104,1	4,8	0,7854	21,2372
Összesen				19,85	537,931

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 200,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = 17,59 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 111,98 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,152 \text{ m}$$

Legnagyobb tisztá nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,152 = 9,374 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,374 = 0,074996 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,152 - \frac{0,074996}{2} \right) \cdot 0,074996 \cdot 2 \cdot 20000 = 343,49 \text{ kNm} > M_{Ed} = 111,98 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 1,969 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 18,30 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 4,58 \text{ cm}^2)$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

67. oldal

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 0 m

Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)**

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 200,0$ cmKengyeltávolság: $s = 5$ cm

Oktatási változat

Igénybevételek

$$N_{Ed} = 17,59 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 1,775 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 68,03 \text{ kN}$$

Nyírási vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságsökkentő tényezője:

$$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{0,8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad: **MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) (NA8.3.)**

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: **MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.4)**

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{5 \cdot 200,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0010053 = 1,005 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 0,8 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 5 - 0,8 = 4,2 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,153 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 11,47 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 200,0 = 300,0 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 11,47 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 5 \text{ cm} < s_{l,max} = 11,47 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{68,03 \cdot 5}{1,01 \cdot 13,68 \cdot \cot 45,00^\circ} = 247342 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

68. oldal

Nyírásra berepedt beton szilárdságsökkentő tényezője:

$$\nu_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálerőből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{17,59}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{17,59}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

1992-1-1 6.2.3. (3)

A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 200,0 \cdot 13,68 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 1641,6 \text{ kN} > V_{Ed} = 68,03 \text{ kN} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.8.)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,01}{5} \cdot 13,68 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 119,65 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 68,03 \text{ kN} \quad \text{megfelel}$$

1.3. Csavarási hosszvasalásA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

69. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **103**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 0,79 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 0,79 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1}{2} = 4,8 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1}{2} = 4,8 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

70. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lélátó rtg + függesztett teher+ember tömeg]**

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 200,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

71. oldal

Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $10\phi 8 \quad (5,03 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $15\phi 10 \quad (11,78 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 200,0 \cdot 20,0 = 4000 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{40000}{4000} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 2,385 \text{ cm} ; x_{II2} = -3,408 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 904,165 + 907,167 \cdot 6,0908 + 0 \cdot (6,0908 - 1) = 6429,51 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 2,385}{15,3 - 2,385} = 0,00046162 = 0,462 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,462) = 0,462 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{6,4295 \cdot 10^{-5}}{0,023848} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00046162 = 40,87 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 15,3) ; \frac{20,0 - 2,4}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,9 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 200,0 \cdot 5,9 = 1174 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00050265}{1174} = 0,0042803 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

2024. 05. 08.

72. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{200,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 8}{10 - 1} = 21,5 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 21,5 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{0,8}{2} \right) = 23,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 0,8}{0,0042803} = 46,39 \text{ cm} = 463,94 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 0}{6429,51} \cdot (15,3 - 2,385) = 0 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{0 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,0042803}}{200} = -0,0013534$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,0013534) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,0013887 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 0}{200} = 0 \rightarrow \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 0 = 0 \%$$

MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 463,94 \cdot 0 = 0 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 3,240 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 76,95 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 200,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

73. oldal

Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $24\phi 10 \quad (18,85 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 200,0 \cdot 20,0 = 4000 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{40000}{4000} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{II} = 3,65 \text{ cm} ; x_{II} = -4,86 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 3242,48 + 2515,58 \cdot 6,0908 + 0 \cdot (6,0908 - 1) = 18564,3 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 3,65}{15,2 - 3,65} = 0,00079012 = 0,790 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,790) = 0,00079012$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,00018564}{0,036503} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00079012 = 131,95 \text{ kNm} > M_{Ed} = 76,95 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 15,2) ; \frac{20,0 - 3,7}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,4 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 200,0 \cdot 5,4 = 1090 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,001885}{1090} = 0,017293 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

74. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{200,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 1,0}{24 - 1} = 8,4 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 8,4 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{1,0}{2} \right) = 24,0 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,0}{0,017293} = 24,5 \text{ cm} = 244,50 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 76,95}{18564,3} \cdot (15,2 - 3,65) = 291575 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = ,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{291575 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,017293}}{200} = 0,0011229$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011229 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,0010876 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 291575}{200} = 0,00087473 = 1,088 \text{ ‰}$$

MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 244,50 \cdot 0,0010876 = 0,27 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.2. Lehajlás**Paraméterek**

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{200}{E_{c,eff}} = \frac{200}{11} = 18,272$$

Eredmények összefoglalása

1. mező :

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

Támaszköz: $l_0 = 6,480\text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}**

	bal támasz	Mező			jobb támasz
	jobb szél	nyomatéki nullpont	max	nyomatéki nullpont	bal szél
Táv [m]	0	0	3,240	6,480	6,480
l_0 [m]	6,480				
Hosszvasalás felül	10 ϕ 8		2 ϕ 8		10 ϕ 8
Hosszvasalás alul	15 ϕ 10		24 ϕ 10		15 ϕ 10
I_c [cm ⁴]	133333		133333		133333
I_I [cm ⁴]	141191		142034		141191
I_{II} [cm ⁴]	15991,9		43447,9		15991,9
M_{cr} [kNm]	40,33		42,71		40,33
$M_{Rd,II}$ [kNm]	37,52		125,20		37,52
M [kNm]	-0,95		-76,95		-0,95
ζ	0		0,84592	0	
α_I	2,833		2,8162	2,833	
α_{II}	25,013		9,2064	25,013	
α	2,833		8,2218	2,833	
e_0 [mm]	2,687 (↓)	2,687 (↓)	10,326 (↓)	2,535 (↓)	2,535 (↓)
$e_{0,rel}$ [mm]	0	0	7,715 (↓)	0	0
e_{abs} [mm]	2,687 (↓)	2,687 (↓)	66,041 (↓)	0	2,535 (↓)
e_{rel} [mm]	0 ✓	0 ✓	63,430 (↓) ✗	0 ✓	0 ✓
e_{lim} [mm]	21,600				

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

15. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **302**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30$ MPa)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500$ MPa)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500$ MPa)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,6}{2} = 5,3 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,6}{2} = 5,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ [MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. \(1\)](#)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ [MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. \(1\)](#)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ [MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. \(1\)P \(3.15\)](#)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ [MSZ EN 1992-1-13.1.7. \(3\)](#)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ [MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. \(2\)P \(3.16\)](#)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ [MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. \(2\) 3.8. ábra](#)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ [MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. \(2\) 3.8. ábra](#)

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 6,369 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher]**
{1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,9	15,1	0,5027	13,074
2.	8	100,1	15,1	0,5027	13,074

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

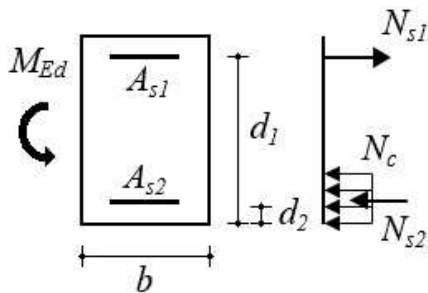
17. oldal

3.	8	52,5	15,1	0,5027	13,074
4.	8	28,7	15,1	0,5027	13,074
5.	8	76,3	15,1	0,5027	13,074
6.	16	5,3	5,3	2,011	44,4146
7.	16	99,7	5,3	2,011	44,4146
8.	16	52,5	5,3	2,011	44,4146
9.	16	21,03	5,3	2,011	44,4146
10.	16	83,97	5,3	2,011	44,4146
11.	16	36,77	5,3	2,011	44,4146
12.	16	68,23	5,3	2,011	44,4146
Összesen				16,59	376,272

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 105,0$ cmKengyeltávolság: $s = 10$ cm**Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -18,94 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 0,23 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 15,1 \text{ cm}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 15,1 = 9,313 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,313 = 7,45 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,151 - \frac{0,074502}{2} \right) \cdot 0,074502 \cdot 1,05 \cdot 20000 = 177,97 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0,231 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 0,007283 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

Számított húzott hajlítási vasalás:
 $A_{s,1} = 2,39 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 2,39 \text{ cm}^2)$

Legnagyobb húzott vasalás alul

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 3,176 \text{ m}$
Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)**

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,9	15,1	0,5027	13,074
2.	8	100,1	15,1	0,5027	13,074
3.	16	5,3	5,3	2,011	44,4146
4.	16	99,7	5,3	2,011	44,4146
5.	16	52,5	5,3	2,011	44,4146
6.	16	9	5,3	2,011	44,4146
7.	16	96	5,3	2,011	44,4146
8.	16	12,7	5,3	2,011	44,4146
9.	16	92,3	5,3	2,011	44,4146
10.	16	16,4	5,3	2,011	44,4146
11.	16	88,6	5,3	2,011	44,4146
12.	16	20,1	5,3	2,011	44,4146
13.	16	84,9	5,3	2,011	44,4146
Összesen				23,12	514,708

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$
A keresztmetszet szélessége: $b_w = 105,0 \text{ cm}$
Kengyeltávolság: $s = 10 \text{ cm}$

Igénybevételek

$N_{Ed} = -18,39 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 112,07 \text{ kNm}$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

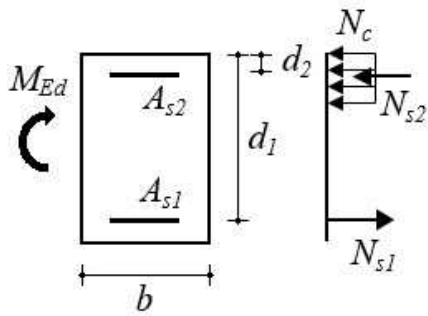
Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

19. oldal



A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N=0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M=0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Oktatási változat

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,147 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,147 = 9,066 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,066 = 0,072529 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,147 - \frac{0,072529}{2} \right) \cdot 0,072529 \cdot 1,05 \cdot 20000 = 168,66 \text{ kNm} > M_{Ed} = 112,07 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 4,243 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s1} = 20,70 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 2,32 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 0,037 m

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 105,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 10 \text{ cm}$

Igénybevételek

$$N_{Ed} = -18,39 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 0,19 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 69,85 \text{ kN}$$

Nyírési vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsökkentő tényezője:

$$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250} \right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

20. oldal

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{1^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad: [MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. \(5\) \(9.5N\) \(NA8.3.\)](#)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: [MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. \(5\) \(9.4\)](#)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,57}{10 \cdot 105,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,001496 = 1,496 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 1 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 10 - 1 = 9 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,151 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 11,32 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 105,0 = 157,5 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 11,32 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 10 \text{ cm} < s_{l,max} = 11,32 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{69,85 \cdot 10}{1,57 \cdot 13,23 \cdot \cot 45,00^\circ} = 336114 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Nyírásra berepedt beton szilárdságesökkentő tényezője:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálérőből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-18,39)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-18,39)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

[1992-1-1 6.2.3. \(3\)](#)A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.9.\)](#)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 105,0 \cdot 13,23 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 833,49 \text{ kN} > V_{Ed} = 69,85 \text{ kN} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.8.\)](#)

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

21. oldal

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,57}{10} \cdot 13,23 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 90,4 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 69,85 \text{ kN} \text{ **megfelel**}$$

1.3. Csavarási hosszvasalás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c s_{pos} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

22. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **302**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,6}{2} = 5,3 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,6}{2} = 5,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

23. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 1,34 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 105,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

24. oldal

Kengyeltávolság: $s = 10 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $5\phi 8 \quad (2,51 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $7\phi 16 \quad (14,07 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 105,0 \cdot 20,0 = 2100 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{21000}{2100} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 2,777 \text{ cm} ; x_{II2} = -4,702 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 749,65 + 471,229 \cdot 6,0908 + 0 \cdot (6,0908 - 1) = 3619,8 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 2,777}{15,1 - 2,777} = 0,00056341 = 0,563 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,563) = 0,563 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{3,6198 \cdot 10^{-5}}{0,027771} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00056341 = 24,11 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1,34 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 15,1) ; \frac{20,0 - 2,8}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,7 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 105,0 \cdot 5,7 = 602,8 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00025133}{602,8} = 0,0041693 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

25. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{105,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 8}{5 - 1} = 24,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 24,8 \text{ cm} > 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{0,8}{2} \right) = 24,5 \text{ cm}$$

$$S_{r,max} = 1,3 \cdot (h - x) = 1,3 \cdot (20,0 - 2,8) = 22,4 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3) (7.14)}$$

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 1,34}{3619,8} \cdot (15,1 - 2,779) = 27724 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{27724 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,0041693}}{200} = -0,0012508$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,0012508) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,0012861 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 27724}{200} = 8,3171 \cdot 10^{-5} \rightarrow$$

$$\Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 8,3171 \cdot 10^{-5} = 0,083 \text{ ‰} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)}$$

A repedéstágasság: **MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)**

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 223,90 \cdot 8,3171 \cdot 10^{-5} = 0,02 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 3,240 \text{ m}$ Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lélátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}****Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 73,84 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 105,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 10 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $11\phi 16 \quad (22,12 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

26. oldal

$$A_c = b_w \cdot h = 105,0 \cdot 20,0 = 2100 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{21000}{2100} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} = 4,99 \text{ cm} ; y_{II} = 14,7 - 4,99 = 9,71 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 4349,64 + 2085,13 \cdot 6,0908 + 0,00820096 \cdot (6,0908 - 1) = 17049,7 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 4,99}{14,7 - 4,99} = 0,0012849 = 1,285 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 1,285) = 0,00091362$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0001705}{0,049903} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00091362 = 102,50 \text{ kNm} > M_{Ed} = 73,84 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,eff} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 14,7) ; \frac{20,0 - 5,0}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,0 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,eff} = 105,0 \cdot 5,0 = 525,3 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,0022117}{525,3} = 0,0421 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{105,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 1,6}{11 - 1} = 9,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 9,8 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_{\phi} + \frac{\phi_{eq}}{2}\right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{1,6}{2}\right) = 26,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

27. oldal

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,5 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,6}{0,0421} = 21,8 \text{ cm} = 217,61 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berépedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 73,84}{17049,7} \cdot (14,7 - 4,99) = 256122 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{256122 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,0421}}{200} = 0,001143$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,001143 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,0011077 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 256122}{200} = 0,00076837 = 1,108 \text{ ‰} \quad \text{MSZ}$$

EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 217,61 \cdot 0,0011077 = 0,24 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

28. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **135**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0,148 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szelőlőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*szél [Kombinált] Y-.P.P}

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	15,3	0,5027	14,1196
2.	8	180,3	15,3	0,5027	14,1196

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

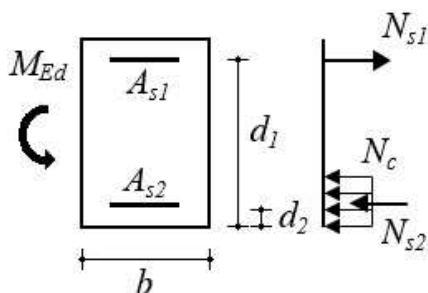
30. oldal

3.	8	92,5	15,3	0,5027	14,1196
4.	8	26,65	15,3	0,5027	14,1196
5.	8	158,4	15,3	0,5027	14,1196
6.	8	48,6	15,3	0,5027	14,1196
7.	8	136,4	15,3	0,5027	14,1196
8.	8	70,55	15,3	0,5027	14,1196
9.	8	114,5	15,3	0,5027	14,1196
10.	16	5,1	5,1	2,011	48,275
11.	16	179,9	5,1	2,011	48,275
12.	16	92,5	5,1	2,011	48,275
13.	16	26,95	5,1	2,011	48,275
14.	16	158,1	5,1	2,011	48,275
15.	16	48,8	5,1	2,011	48,275
16.	16	136,2	5,1	2,011	48,275
17.	16	70,65	5,1	2,011	48,275
18.	16	114,3	5,1	2,011	48,275
Összesen				22,62	561,551

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 185,0$ cmKengyeltávolság: $s = 5$ cm**Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -43,97 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 0,36 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 15,3 \text{ cm}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 15,3 = 9,436 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,436 = 7,549 \text{ cm}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra

$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2}\right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,153 - \frac{0,075489}{2}\right) \cdot 0,075489 \cdot 1,85 \cdot 20000 = 321,92 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0,361 \text{ kNm}$

Nyomott betonzóna magassága:
 $x_c = 0,006373 \text{ cm}$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$A_{s,l} = 4,26 \text{ cm}^2$ ($A_{s,min} = 4,26 \text{ cm}^2$)

Legnagyobb húzott vasalás alul

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 3,166 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	15,3	0,5027	14,1196
2.	8	180,3	15,3	0,5027	14,1196
3.	16	5,1	5,1	2,011	48,275
4.	16	179,9	5,1	2,011	48,275
5.	16	92,5	5,1	2,011	48,275
6.	16	19,67	5,1	2,011	48,275
7.	16	165,3	5,1	2,011	48,275
8.	16	34,23	5,1	2,011	48,275
9.	16	150,8	5,1	2,011	48,275
10.	16	48,8	5,1	2,011	48,275
11.	16	136,2	5,1	2,011	48,275
12.	16	63,37	5,1	2,011	48,275
13.	16	121,6	5,1	2,011	48,275
14.	16	77,93	5,1	2,011	48,275
15.	16	107,1	5,1	2,011	48,275
Összesen				27,14	655,814

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$
A keresztmetszet szélessége: $b_w = 185,0 \text{ cm}$
Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$

Igénybevételek

$N_{Ed} = -74,28 \text{ kN}$ $M_{Ed} = 146,23 \text{ kNm}$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

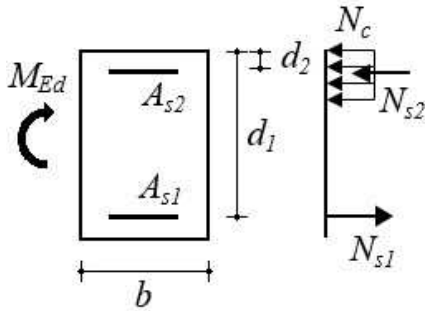
Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

2024. 05. 08.

32. oldal

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Oktatási változat

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,149 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,149 = 9,189 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 9,189 = 0,073515 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,149 - \frac{0,073515}{2} \right) \cdot 0,073515 \cdot 1,85 \cdot 20000 = 305,31 \text{ kNm} > M_{Ed} = 146,23 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 2,943 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,l} = 25,30 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 4,15 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 0 m

Tehereset/Teherkombináció: **[1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*sél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)****Geometria**A keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 185,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -74,28 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 6,747 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 94,44 \text{ kN}$$

Nyírási vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsökkentő tényezője:

$$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250} \right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

2024. 05. 08.

33. oldal

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{0,8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad: [MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. \(5\) \(9.5N\) \(NA8.3.\)](#)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: [MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. \(5\) \(9.4\)](#)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{5 \cdot 185,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0010868 = 1,087 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 0,8 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 5 - 0,8 = 4,2 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,153 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 11,47 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 185,0 = 277,5 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 11,47 \text{ cm} < 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 5 \text{ cm} < s_{l,max} = 11,47 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{94,44 \cdot 5}{1,01 \cdot 13,77 \cdot \cot 45,00^\circ} = 341094 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Nyírásra berepedt beton szilárdságesökkentő tényezője:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálérőből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-74,28)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-74,28)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

[1992-1-1 6.2.3. \(3\)](#)A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.9.\)](#)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 185,0 \cdot 13,77 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 1528,5 \text{ kN} > V_{Ed} = 94,44 \text{ kN} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.8.\)](#)

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

34. oldal

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,01}{5} \cdot 13,77 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 120,44 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 94,44 \text{ kN} \text{ **megfelel**}$$

1.3. Csavarási hosszvasalás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

48. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **36**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi_w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárd+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] Y+.S.S)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,9	80,1	0,5027	710,633
2.	8	50,1	80,1	0,5027	710,633

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

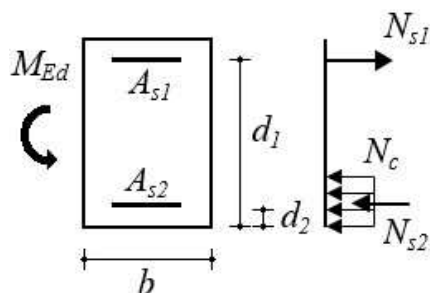
50. oldal

3.	8	7,8	80,1	0,5027	710,633
4.	8	47,2	80,1	0,5027	710,633
5.	8	10,7	80,1	0,5027	710,633
6.	8	44,3	80,1	0,5027	710,633
7.	8	13,6	80,1	0,5027	710,633
8.	8	41,4	80,1	0,5027	710,633
9.	8	16,5	80,1	0,5027	710,633
10.	8	38,5	80,1	0,5027	710,633
11.	8	19,4	80,1	0,5027	710,633
12.	8	35,6	80,1	0,5027	710,633
13.	8	22,3	80,1	0,5027	710,633
14.	8	32,7	80,1	0,5027	710,633
15.	12	5,1	5,1	1,131	1581,96
16.	12	49,9	5,1	1,131	1581,96
17.	12	27,5	5,1	1,131	1581,96
18.	12	8,4	5,1	1,131	1581,96
19.	12	46,6	5,1	1,131	1581,96
20.	12	11,7	5,1	1,131	1581,96
21.	12	43,3	5,1	1,131	1581,96
22.	12	15	5,1	1,131	1581,96
23.	12	40	5,1	1,131	1581,96
Összesen				17,22	24186,5

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0$ cmKengyeltávolság: $s = 20$ cm**Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -105,29 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 62,89 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 80,1 \text{ cm}$$

Kengyeltávolság: $s = 30 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

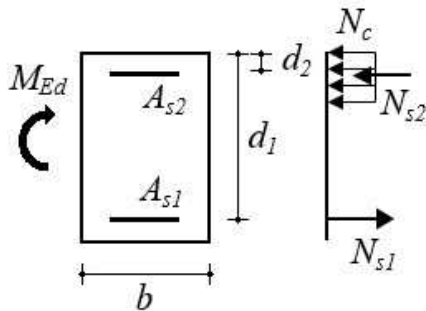
2024. 05. 08.

52. oldal

Igénybevételek

$$N_{Ed} = -48,83 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 419,3 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,799 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,799 = 49,28 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 49,28 = 0,39422 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,799 - \frac{0,39422}{2} \right) \cdot 0,39422 \cdot 0,55 \cdot 20000 = 2610 \text{ kNm} > M_{Ed} = 419,3 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 4,922 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 12,58 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,62 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 0 m

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] Y+.S.S+1,5*0,5*Hó UD)

Geometria

A keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$

Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Igénybevételek

$$N_{Ed} = -105,17 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 231,51 \text{ kN} \quad V_{Ed,red} = 220,42 \text{ kN}$$

Nyírási vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsoökkentő tényezője:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

53. oldal

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{1^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2 \quad \text{Oktatási változat}$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad: MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) (NA8.2.)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.4)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,57}{20 \cdot 55,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,001428 = 1,428 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 1 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 20 - 1 = 19 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,799 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 59,93 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 55,0 = 82,5 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 59,93 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 20 \text{ cm} < s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed,red} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{220,42 \cdot 20}{1,57 \cdot 71,91 \cdot \cot 45,00^\circ} = 390283 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsökkenő tényezője:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálerőből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-105,17)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-105,17)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

54. oldal

A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.9.\)](#)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 55,0 \cdot 71,91 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 2373 \text{ kN} > V_{Ed} = 231,51 \text{ kN} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.8.\)](#)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,57}{20} \cdot 71,91 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 245,68 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 220,42 \text{ kN} \quad \text{megfelel}$$

1.3. Csavarási hosszvasalásA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $a_{cs} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

35. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **135**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 16 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 2,01 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{c,T} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{c,B} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{1,6}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

36. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 4,62 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 185,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

37. oldal

Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $9\phi 8 \quad (4,52 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $9\phi 16 \quad (18,10 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 185,0 \cdot 20,0 = 3700 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{37000}{3700} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 2,6 \text{ cm} ; x_{II} = -4,09 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 1084,21 + 842,698 \cdot 6,0908 + 0 \cdot (6,0908 - 1) = 6216,89 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 2,6}{15,3 - 2,6} = 0,00051188 = 0,512 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,512) = 0,512 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{6,2169 \cdot 10^{-5}}{0,026003} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00051188 = 40,19 \text{ kNm} > M_{Ed} = 4,62 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 15,3) ; \frac{20,0 - 2,6}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,8 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 185,0 \cdot 5,8 = 1073 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00045239}{1073} = 0,00042162 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

2024. 05. 08.

38. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{185,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 8}{9 - 1} = 22,3 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 22,3 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{0,8}{2} \right) = 23,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 0,8}{0,0042162} = 46,88 \text{ cm} = 468,77 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 4,62}{6216,89} \cdot (15,3 - 2,6) = 57450 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{57450 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,0042162}}{200} = -0,0010867$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,0010867) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,001122 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 57450}{200} = 0,00017235 \rightarrow$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 0,00017235 = 0,172 \text{ ‰} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)}$$

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 468,77 \cdot 0,00017235 = 0,08 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 3,240 \text{ m}$ Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}****Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 98,48 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 20,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 185,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

39. oldal

Kengyeltávolság: $s = 5 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $13\phi 16 \quad (26,14 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 185,0 \cdot 20,0 = 3700 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{37000}{3700} = 10 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,st} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 4,279 \text{ cm} ; x_{II2} = -6,066 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 4830,7 + 2948,82 \cdot 6,0908 + 0 \cdot (6,0908 - 1) = 22791,3 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 4,279}{14,9 - 4,279} = 0,0010071 = 1,007 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 1,007) = 0,00091362$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,00022791}{0,042788} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00091362 = 159,80 \text{ kNm} > M_{Ed} = 98,48 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (20,0 - 14,9) ; \frac{20,0 - 4,3}{3} ; \frac{20,0}{2}\right) = 5,2 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 185,0 \cdot 5,2 = 969,5 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,0026138}{969,5} = 0,026961 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

40. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{185,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 1,6}{13 - 1} = 14,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 14,8 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{1,6}{2} \right) = 25,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,6}{0,026961} = 24,7 \text{ cm} = 247,09 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 98,48}{22791,3} \cdot (14,9 - 4,279) = 279529 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = ,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{279529 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,026961}}{200} = 0,0011828$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011828 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,0011475 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 279529}{200} = 0,00083859 = 1,147 \text{ ‰}$$

MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 247,09 \cdot 0,0011475 = 0,28 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

55. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **36**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi_w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

56. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lélátó rtg + függesztett teher+ember tömeg]**

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

57. oldal

Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $14\phi 8 \quad (7,04 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $9\phi 12 \quad (10,18 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 9,925 \text{ cm} ; x_{II2} = -13,74 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 17922,1 + 34655,1 \cdot 6,0908 + 236,936 \cdot (6,0908 - 1) = 230204 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 9,925}{80,1 - 9,925} = 0,00035357 = 0,354 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,354) = 0,354 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,002302}{0,099247} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00035357 = 269,29 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (85,0 - 80,1) ; \frac{85,0 - 9,9}{3} ; \frac{85,0}{2}\right) = 12,3 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 12,3 = 673,8 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00070372}{673,8} = 0,010445 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

2024. 05. 08.

58. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 8}{14 - 1} = 3,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 3,8 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{0,8}{2} \right) = 24,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,5 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 0,8}{0,010445} = 28,32 \text{ cm} = 283,21 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 0}{230204} \cdot (80,1 - 9,925) = 1,1745 \cdot 10^{-5} \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = ,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{1,1745 \cdot 10^{-5} - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,010445}}{200} = -0,00055463$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,00055463) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,00058991 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 1,1745 \cdot 10^{-5}}{200} = 3,5235 \cdot 10^{-14}$$

$$\rightarrow \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 3,5235 \cdot 10^{-14} = 0 \text{ ‰} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)}$$

A repedéstágasság: **MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)**

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 283,21 \cdot 3,5235 \cdot 10^{-14} = 0 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 2,408 \text{ m}$ Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lélátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}****Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 287,37 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

59. oldal

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 30 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $12\phi 12 \quad (13,57 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

Oktatási változat

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{II1} = 14 \text{ cm} ; x_{II2} = -17,23 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 50328,1 + 58935,7 \cdot 6,0908 + 83,286 \cdot (6,0908 - 1) = 409716 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szárla vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 14}{79,9 - 14} = 0,0005312 = 0,531 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szárla:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,531) = 0,0005312$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0040972}{0,14002} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,0005312 = 510,40 \text{ kNm} > M_{Ed} = 287,37 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min \left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2} \right) = \min \left(2,5 \cdot (85,0 - 79,9) ; \frac{85,0 - 14,0}{3} ; \frac{85,0}{2} \right) = 12,8 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 12,8 = 701,3 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,0013572}{701,3} = 0,0019354 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

60. oldal

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 1,2}{12 - 1} = 4,4 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 4,4 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_{\phi} + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{1,2}{2} \right) = 25,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^{\circ} = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^{\circ} = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^{\circ} = 3,4$$

$$0,425^{\circ} = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_{\phi} + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,5 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,2}{0,019354} = 25,8 \text{ cm} = 258,41 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 287,37}{409716} \cdot (79,9 - 14) = 281515 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 0,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{281515 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,019354}}{200} = 0,0011083$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0011083 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,001073 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 281515}{200} = 0,00084454 = 1,073 \text{ ‰} \quad \text{MSZ}$$

EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 258,41 \cdot 0,001073 = 0,28 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.2. Lehajlás**Paraméterek**

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{200}{E_{c,eff}} = \frac{200}{11} = 18,272$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

Eredmények összefoglalása

1. mező :

Támaszköz: $l_0 = 5,010\text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}**

	bal támasz	Mező			jobb támasz
	jobb szél	nyomatéki nullpont	max 2,498	nyomatéki nullpont	bal szél 5,010
Táv [m]	0	0,019		5,010	5,010
$l_0[m]$	5,010				
Hosszvasalás felül	14 ϕ 8		2 ϕ 8		14 ϕ 8
Hosszvasalás alul	9 ϕ 12		12 ϕ 12		6 ϕ 12
$I_c[cm^4]$	2814740		2814740		2814740
$I_I[cm^4]$	3231688		3153814		3150517
$I_{II}[cm^4]$	623880		1031261		617346
$M_{cr}[kNm]$	218,18		223,60		214,91
$M_{Rd,II}[kNm]$	263,81		491,66		263,27
$M[kNm]$	0		- 287,37		0
ζ	0		0,69727	0	
α_I	2,6129		2,6775	2,6803	
α_{II}	13,535		8,1882	13,678	
α	2,6129		6,52	2,6803	
$e_0[mm]$	5,675 (↓)	5,684 (↓)	6,441 (↓)	5,697 (↓)	5,697 (↓)
$e_{0,rel}[mm]$	0	0	0,750 (↓)	0	0
$e_{abs}[mm]$	5,675 (↓)	5,698 (↓)	10,589 (↓)	5,697 (↓)	5,697 (↓)
$e_{rel}[mm]$	0 ✓	0,023 (↓) ✓	4,903 (↓) ✓	0 ✓	0 ✓
$e_{lim}[mm]$	16,701				

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

76. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **40**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 22 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 3,80 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 22 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 3,80 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{2,2}{2} = 5,4 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{2,2}{2} = 5,4 \text{ cm}$$

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.ans**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s, pos} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	80,3	0,5027	718,213
2.	8	50,3	80,3	0,5027	718,213

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

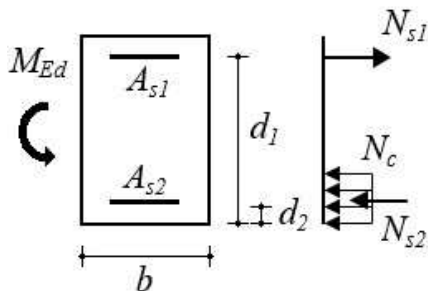
78. oldal

3.	8	7,6	80,3	0,5027	718,213
4.	8	47,4	80,3	0,5027	718,213
5.	8	10,5	80,3	0,5027	718,213
6.	8	44,5	80,3	0,5027	718,213
7.	8	13,4	80,3	0,5027	718,213
8.	8	41,6	80,3	0,5027	718,213
9.	8	16,3	80,3	0,5027	718,213
10.	8	38,7	80,3	0,5027	718,213
11.	8	19,2	80,3	0,5027	718,213
12.	8	35,8	80,3	0,5027	718,213
13.	8	22,1	80,3	0,5027	718,213
14.	8	32,9	80,3	0,5027	718,213
15.	22	5,4	5,4	3,801	5232,18
16.	22	49,6	5,4	3,801	5232,18
17.	22	27,5	5,4	3,801	5232,18
18.	22	9,8	5,4	3,801	5232,18
19.	22	45,2	5,4	3,801	5232,18
20.	22	14,2	5,4	3,801	5232,18
21.	22	40,8	5,4	3,801	5232,18
Összesen				33,65	46680,3

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0$ cmA keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0$ cmKengyeltávolság: $s = 20$ cm**Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -260,60 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 174,01 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 80,3 \text{ cm}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

79. oldal

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 80,3 = 49,52 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 49,52 = 39,62 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,803 - \frac{0,39619}{2} \right) \cdot 0,39619 \cdot 0,55 \cdot 20000 = 2636,2 \text{ kNm} > M_{Ed} = 174,01 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 1,995 \text{ cm}$$

Oktatási változat

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 6,65 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,65 \text{ cm}^2)$$

Legnagyobb húzott vasalás alulA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 3,361 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*sél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,7	80,3	0,5027	718,213
2.	8	50,3	80,3	0,5027	718,213
3.	22	5,4	5,4	3,801	5232,18
4.	22	49,6	5,4	3,801	5232,18
5.	22	9,8	5,4	3,801	5232,18
6.	22	45,2	5,4	3,801	5232,18
7.	22	14,2	5,4	3,801	5232,18
8.	22	40,8	5,4	3,801	5232,18
9.	22	18,6	5,4	3,801	5232,18
10.	22	36,4	5,4	3,801	5232,18
11.	22	23	5,4	3,801	5232,18
12.	22	32	5,4	3,801	5232,18
Összesen				39,02	53758,3

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -58,64 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 1160,1 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

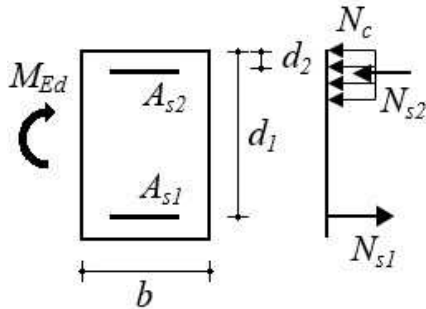
Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

80. oldal

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Oktatási változat

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,796 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,796 = 49,09 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 49,09 = 0,39274 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,796 - \frac{0,39274}{2} \right) \cdot 0,39274 \cdot 0,55 \cdot 20000 = 2590,5 \text{ kNm} > M_{Ed} = 1160,1 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 14,58 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,l} = 37,27 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 9,50 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 1,952 m

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 10 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -126,59 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 828,85 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 276,94 \text{ kN}$$

Nyírési vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságsökkentő tényezője:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250} \right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

81. oldal

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{0,8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad:

MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) (9.7N)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.4)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{10 \cdot 55,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,0018278 = 1,828 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 0,8 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 10 - 0,8 = 9,2 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,796 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 59,7 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 55,0 = 82,5 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 59,7 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 10 \text{ cm} < s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{276,94 \cdot 10}{1,01 \cdot 71,64 \cdot \cot 45,00^\circ} = 384530 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsökkentő tényezője:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálrőből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-126,59)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{(-126,59)}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

1992-1-1 6.2.3. (3)

A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 55,0 \cdot 71,64 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 2364,1 \text{ kN} > V_{Ed} = 276,94 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

82. oldal

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.8.\)](#)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,01}{10} \cdot 71,64 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 313,29 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 276,94 \text{ kN} \text{ **megfelel**}$$

1.3. Csavarási hosszvasalás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

83. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **40**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 22 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 3,80 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 22 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 3,80 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,w} = 0,50 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{8^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,01 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{2,2}{2} = 5,4 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{0,8}{2} = 4,7 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 0,8 + \frac{2,2}{2} = 5,4 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

84. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szereológárda+tető rtg + függesztett teher+lélátó rtg + függesztett teher+ember tömeg]**

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

85. oldal

Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $14\phi 8 \quad (7,04 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $7\phi 22 \quad (26,61 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 9,345 \text{ cm} ; x_{II2} = -16,8 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 14963,9 + 35428,9 \cdot 6,0908 + 414,22 \cdot (6,0908 - 1) = 232862 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 9,345}{80,3 - 9,345} = 0,00032928 = 0,329 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,329) = 0,329 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0023286}{0,093455} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00032928 = 269,41 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (85,0 - 80,3) ; \frac{85,0 - 9,3}{3} ; \frac{85,0}{2}\right) = 11,8 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 11,8 = 646,3 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00070372}{646,3} = 0,010889 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

86. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 8}{14 - 1} = 3,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 3,8 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{0,8}{2} \right) = 23,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 0,8}{0,010889} = 27,11 \text{ cm} = 271,09 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 0}{232862} \cdot (80,3 - 9,345) = 0 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{0 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,010889}}{200} = -0,00053199$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,00053199) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,00056727 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 0}{200} = 0 \rightarrow \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 0 = 0$$

%o MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 271,09 \cdot 0 = 0 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 3,723 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 782,26 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

87. oldal

Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $10\phi 22 \quad (38,01 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 21,94 \text{ cm} ; x_{II2} = -30,59 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 193748 + 126361 \cdot 6,0908 + 298,963 \cdot (6,0908 - 1) = 964904 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 21,94}{79,6 - 21,94} = 0,00095155 = 0,952 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,952) = 0,00091362$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,009649}{0,21945} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00091362 = 1319,09 \text{ kNm} > M_{Ed} = 782,26 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (85,0 - 79,6) ; \frac{85,0 - 21,9}{3} ; \frac{85,0}{2}\right) = 13,5 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 13,5 = 742,5 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,0038013}{742,5} = 0,051196 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 0,8 = 4,3 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

88. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 0,8 - 2,2}{10 - 1} = 5,3 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 5,3 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,3 + \frac{2,2}{2} \right) = 27,0 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,3 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 2,2}{0,051196} = 21,9 \text{ cm} = 219,25 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 782,26}{964904} \cdot (79,6 - 21,94) = 284692 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = ,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{284692 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,051196}}{200} = 0,0013103$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0013103 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,001275 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 284692}{200} = 0,00085408 = 1,275 \text{ ‰} \quad \text{MSZ}$$

EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: **MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)**

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 219,25 \cdot 0,001275 = 0,28 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.2. Lehajlás**Paraméterek**

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{200}{E_{c,eff}} = \frac{200}{11} = 18,272$$

Eredmények összefoglalása

1. mező :

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

Támaszköz: $l_0 = 7,832\text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}**

	bal támasz	Mező			jobb támasz
	jobb szél	nyomatéki nullpont	max	nyomatéki nullpont	bal szél
Táv [m]	0,300	0,300	4,174	8,132	8,132
l_0 [m]	7,832				
Hosszvasalás felül	14 ϕ 8		2 ϕ 8		14 ϕ 8
Hosszvasalás alul	7 ϕ 22		10 ϕ 22		7 ϕ 22
I_c [cm ⁴]	2814740		2814740		2814740
I_I [cm ⁴]	3591494		3638237		3591494
I_{II} [cm ⁴]	649024		2179632		649024
M_{cr} [kNm]	231,84		276,82		231,84
$M_{Rd,II}$ [kNm]	265,43		1301,03		265,43
M [kNm]	- 108,77		- 782,26		0
ζ	0		0,93739	0	
α_I	2,3512		2,321	2,3512	
α_{II}	13,011		3,8741	13,011	
α	2,3512		3,7769	2,3512	
e_0 [mm]	6,333 (↓)	6,333 (↓)	10,779 (↓)	4,418 (↓)	4,418 (↓)
$e_{0,rel}$ [mm]	0	0	5,393 (↓)	0	0
e_{abs} [mm]	6,333 (↓)	6,333 (↓)	25,754 (↓)	4,418 (↓)	4,418 (↓)
e_{rel} [mm]	0 ✓	0 ✓	20,368 (↓) ✓	0 ✓	0 ✓
e_{lim} [mm]	26,106				

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

1. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **363**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(Összes ULS) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30 \text{ MPa}$)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500 \text{ MPa}$)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi_w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

1. ULS (teherbírási határállapot)

Tervezési paraméterek

Tervezési állapot: **Tartós és ideiglenes**

A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1,5$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1,15$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{cc} = 1$

Oktatási változat

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ MPa} = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)

A beton hatékony nyomószilárdságának tervezési értéke:

$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 20000 = 20000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3)

A tartós terhelés húzószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$\alpha_{ct} = 1$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának karakterisztikus értéke (5%-os kvantilis):

$f_{ctk,0.05} = 2 \text{ MPa}$

A beton húzószilárdságának tervezési értéke:

$f_{ctd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 2}{1,5} = 1,4 \text{ MPa} = 1351,7 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (2)P (3.16)

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa}$ MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra

1.1. Hajlítás

Legnagyobb húzott vasalás felül

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,9	80,1	0,5027	710,633
2.	8	50,1	80,1	0,5027	710,633

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

3.	8	7,8	80,1	0,5027	710,633
4.	8	47,2	80,1	0,5027	710,633
5.	8	10,7	80,1	0,5027	710,633
6.	8	44,3	80,1	0,5027	710,633
7.	8	13,6	80,1	0,5027	710,633
8.	8	41,4	80,1	0,5027	710,633
9.	8	16,5	80,1	0,5027	710,633
10.	8	38,5	80,1	0,5027	710,633
11.	8	19,4	80,1	0,5027	710,633
12.	8	35,6	80,1	0,5027	710,633
13.	8	22,3	80,1	0,5027	710,633
14.	8	32,7	80,1	0,5027	710,633
15.	12	5,1	5,1	1,131	1581,96
16.	12	49,9	5,1	1,131	1581,96
17.	12	8,4	5,1	1,131	1581,96
18.	12	46,6	5,1	1,131	1581,96
19.	12	11,7	5,1	1,131	1581,96
20.	12	43,3	5,1	1,131	1581,96
21.	12	15	5,1	1,131	1581,96
22.	12	40	5,1	1,131	1581,96
Összesen				16,08	22604,5

Geometria

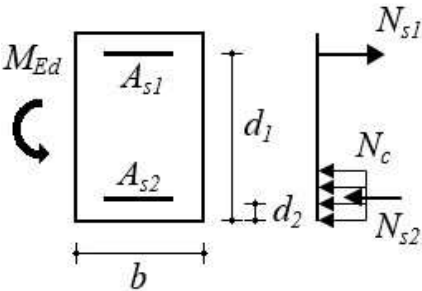
A keresztmetszet magassága: $h = 85,0$ cm
A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0$ cm
Kengyeltávolság: $s = 20$ cm

Igénybevételek

$N_{Ed} = -139,89$ kN $M_{Ed} = 52,07$ kNm

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

Hajlítási vasalás tervezése



A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$

$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2}\right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$

Részeredmények

Hasznos magasság:
 $d = 80,1$ cm
Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

4. oldal

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 80,1 = 49,4 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 49,4 = 39,52 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,801 - \frac{0,39521}{2} \right) \cdot 0,39521 \cdot 0,55 \cdot 20000 = 2623,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 52,068 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 0,5931 \text{ cm}$$

Oktatási változat

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,1} = 6,64 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,64 \text{ cm}^2)$$

Legnagyobb húzott vasalás alulA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 1,554 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*sél [Kombinált] X+.P.S+1,5*0,5*Hó UD)

Hosszvasalás

	Vasátmérő	Vaspozíció		Keresztmetszeti terület	Inercianyomaték a betonkeresztmetszet súlypontjára
	ϕ [mm]	y [cm]	z [cm]	A_s [cm ²]	$I_{s,y}$ [cm ⁴]
1.	8	4,9	80,1	0,5027	710,633
2.	8	50,1	80,1	0,5027	710,633
3.	12	5,1	5,1	1,131	1581,96
4.	12	49,9	5,1	1,131	1581,96
5.	12	8,4	5,1	1,131	1581,96
6.	12	46,6	5,1	1,131	1581,96
7.	12	11,7	5,1	1,131	1581,96
8.	12	43,3	5,1	1,131	1581,96
9.	12	15	5,1	1,131	1581,96
10.	12	40	5,1	1,131	1581,96
11.	12	18,3	5,1	1,131	1581,96
12.	12	36,7	5,1	1,131	1581,96
Összesen				12,32	17240,9

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = -66,41 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 347,12 \text{ kNm}$$

A program jelen verziója a hajlítási hosszvasak tervezésénél nem veszi figyelembe a normálerőt.

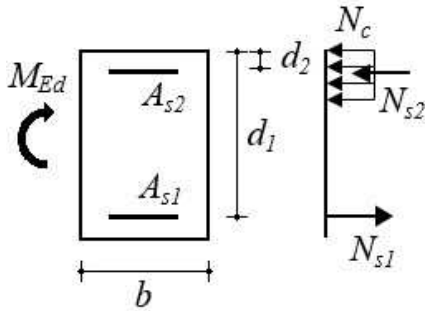
Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

5. oldal

Hajlítási vasalás tervezése

A keresztmetszet egyensúlyát kifejező egyenletek

$$\sum N = 0 \rightarrow N_c + N_{s2} - N_{s1} = f_{cd} \cdot x_c \cdot b + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} = 0$$

$$\sum M = 0 \rightarrow N_c \cdot z + N_{s2} \cdot z_s = f_{cd} \cdot x_c \cdot b \cdot \left(d_1 - \frac{x_c}{2} \right) + A_{s2} \cdot |\sigma_{s2}| \cdot z_s = M_{Ed}$$

Oktatási változat

Részeredmények

Hasznos magasság:

$$d = 0,799 \text{ m}$$

Legnagyobb tiszta nyomatéki teherbírás nyomott vasalás nélkül:

$$x_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{2 \cdot 10^8}} \cdot d = \frac{(-0,0035)}{(-0,0035) - \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,799 = 49,28 \text{ cm}$$

$$x_{c0} = \lambda \cdot x_0 = 0,8 \cdot 49,28 = 0,39422 \text{ m} \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (3) 3.5.. ábra}$$

$$M_{Rd,x0} = \left(d - \frac{x_{c0}}{2} \right) \cdot x_{c0} \cdot b_w \cdot f_{cd,eff} = \left(0,799 - \frac{0,39422}{2} \right) \cdot 0,39422 \cdot 0,55 \cdot 20000 = 2610 \text{ kNm} > M_{Ed} = 347,12 \text{ kNm}$$

Nyomott betonzóna magassága:

$$x_c = 4,052 \text{ cm}$$

Számított húzott hajlítási vasalás:

$$A_{s,l} = 10,35 \text{ cm}^2 \quad (A_{s,min} = 6,62 \text{ cm}^2)$$

1.2. Nyírás

A vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: 3,254 m

Tehereset/Teherkombináció: [1,35*G+1,35*lámpa+1,35*szerelőjárda+1,35*tető rtg + függesztett teher+1,35*lelátó rtg + függesztett teher] {1,5*hasznos lelátó} (1,5*0,6*szél [Kombinált] X+.S.S)

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$ **Igénybevételek**

$$N_{Ed} = 95,42 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 213,21 \text{ kNm} \quad V_{Ed} = 133,00 \text{ kN}$$

Nyírési vasalás

Nyírásra berepedt beton szilárdságsökkentő tényezője:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{30}{250} \right) = 0,528 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.6.N)}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

6. oldal

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{1^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Kengyelezésre vonatkozó szerkesztési szabályok ellenőrzése:

A minimális nyírási acélhányad:

MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.5N) (9.6N)

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{f_{ck}}}{f_{ywk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{500} = 0,00087636 < 0,001 \rightarrow \rho_{w,min} = 0,001$$

A nyírási vashányad: MSZ EN 1992-1-1 9.2.2. (5) (9.4)

$$\rho_w = \frac{A_{s,w}}{s \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,57}{20 \cdot 55,0 \cdot \sin 90,00^\circ} = 0,001428 = 1,428 \text{ ‰} > \rho_{w,min} = 1,000 \text{ ‰} \quad \checkmark$$

A kengyelek közötti tiszta távolság:

A párhuzamos acélbetétek közötti legkisebb tiszta távolság:

$$s_{clear,min} = \max(k_1 \cdot \phi_w ; 0,016 ; k_3) = \max(1 \cdot 1 ; 0,016 ; 2) = 2,1 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 8.2. (2)}$$

$$s_{clear} = s - \phi_w = 20 - 1 = 19 \text{ cm} > s_{clear,min} = 2,1 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási kengyelek legnagyobb hosszirányú távolsága:

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) = 0,75 \cdot 0,799 \cdot (1 + \cot 90,00^\circ) = 59,93 \text{ cm} < 1,5 \cdot b_w = 1,5 \cdot 55,0 = 82,5 \text{ cm}$$

$$s_{l,max} = 59,93 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \rightarrow s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 9.2.2.1. (6) (9.6N)}$$

$$s = 20 \text{ cm} < s_{l,max} = 30 \text{ cm} \quad \checkmark$$

A nyírási vasalásban fellépő feszültség tervezési értéke:

$$\sigma_{sw} = \frac{V_{Ed} \cdot s}{A_{s,w} \cdot z \cdot \cot \Theta} = \frac{133,00 \cdot 20}{1,57 \cdot 71,91 \cdot \cot 45,00^\circ} = 235485 \text{ kPa} < f_{ywk} \cdot 0,8 = 500000 \cdot 0,8 = 400 \text{ MPa}$$

Nyírásra berepedt beton szilárdságcsökkenő tényezője:

$$v_1 = 0,6 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (6.10.aN)}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{c,eff}} = \frac{2 \cdot 10^8}{11} = 18,272$$

Normálérből származó feszültség a betonban (vasalás figyelembevételével):

$$\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{95,42}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308??$$

A nyomott öv feszültségállapotát figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cw} = 1 \quad \left(\sigma_{cp} = - \frac{N_{Ed}}{A_c + A_s \cdot (\alpha_e - 1)} = - \frac{95,42}{??A_c + ??A_s \cdot (18,272 - 1)} = -1,79769313486232E308?? \right) \quad \text{MSZ EN}$$

1992-1-1 6.2.3. (3)

A legnagyobb nyírási teherbírás tervezési értéke: MSZ EN 1992-1-1 (6.9.)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta} = \frac{1 \cdot 55,0 \cdot 71,91 \cdot 0,6 \cdot 20000}{\cot 45,00^\circ + \tan 45,00^\circ} = 2373 \text{ kN} > V_{Ed} = 133,00 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

7. oldal

A nyírási vasalás által felvehető nyíróerő tervezési értéke: [MSZ EN 1992-1-1 \(6.8.\)](#)

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{s,w}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta = \frac{1,57}{20} \cdot 71,91 \cdot 435000 \cdot \cot 45,00^\circ = 245,68 \text{ kN} > V_{Ed,red} = 133,00 \text{ kN} \text{ **megfelel**}$$

1.3. Csavarási hosszvasalásA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $cs_{pos} = 0 \text{ m}$

Nincs szükség méretezett csavarási hosszvasalásra.

Oktatási változat

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

8. oldal

Vasbeton gerendaSzerkezeti elemek: **363**Szabvány: **Eurocode-H**Tehereset: **lineáris,(SLS Kváziállandó) Mértékadó****Anyagok**Beton: **C30/37** ($f_{ck} = 30$ MPa)

Betonacél:

Hosszvasalás: **B500B** ($f_{yk} = 500$ MPa)Kengyel: **B500B** ($f_{yk} = 500$ MPa)

A nyomott zóna magasságát meghatározó tényező:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

A hatékony szilárdságot meghatározó tényező:

$$\eta = 1 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

A beton fajlagos törési összenyomódása:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Kúszási tényező: $\phi(\infty, t_0) = 2 \quad \text{MSZ EN 1992-1-13.1.7. (2)}$ A betonacél rugalmassági modulusának tervezési értéke: $2 \cdot 10^8 \text{ °} = 2 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$ **Vasalási paraméterek megadása**Betonfedések: $c = 3,5 \text{ cm}$ Felső hosszvasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó hosszvasalás: $\phi_B = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Felső sarokvasak: $\phi_{c,T} = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Alsó sarokvasak: $\phi_{c,B} = 12 \text{ mm}$ ($A_{\phi,c,B} = 1,13 \text{ cm}^2$)Oldalsó csavarási vasalás: $\phi_T = 8 \text{ mm}$ ($A_{\phi,T} = 0,50 \text{ cm}^2$)Kengyelátmérő: $\phi_w = 10 \text{ mm}$ ($A_{\phi_w} = 0,79 \text{ cm}^2$)Szárak száma: $n_{\phi,w} = 2 \text{ db}$

A függőleges síkú nyírási vasalás keresztmetszeti területe:

$$A_{s,w} = \frac{\phi_w^2 \cdot \pi}{4} \cdot n_{\phi,w} = \frac{10^2 \cdot 3,1416}{4} \cdot 2 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Nyomott betonrácsrúd dőlésszöge: $\Theta = 45,00^\circ$ ($\cot \Theta = 1$)

Vaspozíció:

$$a_T = c_T + \phi_w + \frac{\phi_T}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_B = c_B + \phi_w + \frac{\phi_B}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

$$a_{cT} = c_T + \phi_w + \frac{\phi_{c,T}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{0,8}{2} = 4,9 \text{ cm}$$

$$a_{cB} = c_B + \phi_w + \frac{\phi_{c,B}}{2} = 3,5 + 1 + \frac{1,2}{2} = 5,1 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

9. oldal

2. SLS (használhatósági határállapot)**Tervezési paraméterek**Tervezési állapot: **SLS (használhatósági határállapot)**A beton parciális tényezője: $\gamma_c = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)A betonacél parciális tényezője: $\gamma_s = 1$ MSZ EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

A beton hengeren mért nyomószilárdságának várható értéke:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

A tartós terhelés nyomószilárdságra gyakorolt hatását és a terhelés módjából származó kedvezőtlen hatásokat figyelembe vevő tényező:

$$\alpha_{cc} = 1$$

A beton nyomószilárdságának tervezési értéke:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{1 \cdot 30}{1} = 30 \text{ MPa} = 30000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

A beton rugalmassági (húr) modulusának várható értéke: MSZ EN 1992-1-1 3.1.3. (2)

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left(\frac{38}{10} \right)^{0,3} = 33 \text{ GPa} = 3,2837 \cdot 10^7 \text{ kPa}$$

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A beton tengelyirányú húzószilárdságának várható értéke:

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 0,3 \cdot 30^{2/3} = 2,9 \text{ MPa}$$

A beton húzószilárdságának várható értéke az első repedés előfordulásának várható időpontjában:

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

A betonacél folyáshatárának tervezési értéke:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1} = 500 = 500000 \text{ kPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 3.2.7. (2) 3.8. ábra}$$

2.1. Repedéstágasság ellenőrzése**Paraméterek**

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{2 \cdot 10^8}{E_{cm}} = \frac{2 \cdot 10^8}{33} = 6,0908 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (2)}$$

2.1.1 Felső maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s_{pos}} = 4,349 \text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: [G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}

Igénybevételek

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$ A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

10. oldal

Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $14\phi 8 \quad (7,04 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $6\phi 12 \quad (6,79 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{III} = 10,08 \text{ cm} ; x_{II2} = -13,14 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 18787,2 + 34500 \cdot 6,0908 + 168,416 \cdot (6,0908 - 1) = 229776 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 10,08}{80,1 - 10,08} = 0,00035997 = 0,360 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szála:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{33} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,360) = 0,360 \text{ ‰}$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0022978}{0,10082} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00035997 = 269,40 \text{ kNm} > M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (85,0 - 80,1) ; \frac{85,0 - 10,1}{3} ; \frac{85,0}{2}\right) = 12,3 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 12,3 = 673,8 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,00070372}{673,8} = 0,010445 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

$$c_{\phi} = c_T + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

11. oldal

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,T}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 8}{14 - 1} = 3,8 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 3,8 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_\phi + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{0,8}{2} \right) = 24,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^\circ = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^\circ = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^\circ = 3,4$$

$$0,425^\circ = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_\phi + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,5 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 0,8}{0,010445} = 28,32 \text{ cm} = 283,21 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 0}{229776} \cdot (80,1 - 10,08) = 8,8173 \cdot 10^{-5} \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = ,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{8,8173 \cdot 10^{-5} - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,010445}}{200} = -0,00055463$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = (-0,00055463) - 3,5283 \cdot 10^{-5} = -0,00058991 < \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 8,8173 \cdot 10^{-5}}{200} = 2,6452 \cdot 10^{-13}$$

$$\rightarrow \Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 2,6452 \cdot 10^{-13} = 0 \text{ ‰} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)}$$

A repedéstágasság: **MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)**

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta \varepsilon_{(sm,cm)} = 283,21 \cdot 2,6452 \cdot 10^{-13} = 0 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.1.2 Alsó maximális repedéstágasságA vizsgált keresztmetszet távolsága a tartó bal szélétől: $c_{s,pos} = 1,916 \text{ m}$ Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}****Igénybevételek**

$$M_{Ed} = 231,57 \text{ kNm}$$

GeometriaA keresztmetszet magassága: $h = 85,0 \text{ cm}$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

12. oldal

A keresztmetszet szélessége: $b_w = 55,0 \text{ cm}$ Kengyeltávolság: $s = 20 \text{ cm}$

Hosszvasalás:

Felső vasalás: $2\phi 8 \quad (1,01 \text{ cm}^2)$ Alsó vasalás: $10\phi 12 \quad (11,31 \text{ cm}^2)$

A betonkeresztmetszet területe:

$$A_c = b_w \cdot h = 55,0 \cdot 85,0 = 4675 \text{ cm}^2$$

Oktatási változat

A betonkeresztmetszet súlypontjának távolsága a beton felső szélétől:

$$y_{s,c} = \frac{S_{x,c}}{A_c} = \frac{198688}{4675} = 42,5 \text{ cm}$$

Berepedt rugalmas keresztmetszet (II. feszültségi állapot)

A semleges tengely távolsága a beton felső szélétől berepedt rugalmas állapotban:

$$x_{II} = \frac{\frac{b_w \cdot x_{II}^2}{2} + S_{x,s,t} \cdot \alpha_e + S_{x,s,c} \cdot (\alpha_e - 1)}{b_w \cdot x_{II} + \Sigma A_{s,t} \cdot \alpha_e + \Sigma A_{s,c} \cdot (\alpha_e - 1)} \rightarrow x_{II1} = 12,89 \text{ cm} ; x_{II2} = -15,61 \text{ cm}$$

A berepedt rugalmas betonkeresztmetszet inercianyomatéka:

$$I_{II} = I_{II,c} + I_{II,st} \cdot \alpha_e + I_{II,sc} \cdot (\alpha_e - 1) = 39239,8 + 50788,7 \cdot 6,0908 + 64,1356 \cdot (6,0908 - 1) = 348908 \text{ cm}^4$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára vasalás alapján:

$$\varepsilon_{c,max,s} = \frac{\frac{f_{yd}}{200} \cdot x_{II}}{y_{\phi,max} - x_{II}} = \frac{\frac{500000}{200} \cdot 12,89}{79,9 - 12,89} = 0,00048078 = 0,481 \text{ ‰}$$

Rugalmas alakváltozási limit beton szélső szára:

$$\varepsilon_{c,max,c} = \frac{f_{cd}}{E_{cm}} = \frac{30000}{3,2837 \cdot 10^7} = 0,00091362 = 0,914 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{c,max} = \min(\varepsilon_{c,max,c} ; \varepsilon_{c,max,s}) = \min(0,914 ; 0,481) = 0,00048078$$

A nyomatéki ellenállás rugalmas berepedt állapotban:

$$M_{Rd,II} = \frac{I_{II}}{x_{II}} \cdot E_{cm} \cdot \varepsilon_{c,max} = \frac{0,0034891}{0,12887} \cdot 3,2837 \cdot 10^7 \cdot 0,00048078 = 427,42 \text{ kNm} > M_{Ed} = 231,57 \text{ kNm} \quad \text{A keresztmetszet}$$

rugalmas állapotban van.

Az acélbetéteket körülvevő hatékony húzott betonkeresztmetszet magassága:

$$h_{c,ef} = \min\left(2,5 \cdot (h - d) ; \frac{h - x}{3} ; \frac{h}{2}\right) = \min\left(2,5 \cdot (85,0 - 79,9) ; \frac{85,0 - 12,9}{3} ; \frac{85,0}{2}\right) = 12,8 \text{ cm}$$

Hatékony húzott betonkeresztmetszet:

$$A_{c,eff} = b_w \cdot h_{c,ef} = 55,0 \cdot 12,8 = 701,3 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{0,001131}{701,3} = 0,0016128 \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.10)}$$

Hosszvasalás betonfedése:

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel

Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

2024. 05. 08.

13. oldal

$$c_{\phi} = c_B + \phi_w = 3,5 + 1 = 4,5 \text{ cm}$$

A tapadásos acélbetétek távolsága a húzott zónában:

$$s_{br,tz} = \frac{b_w - c_L - c_R + 2 \cdot \phi_w - \phi_{c,B}}{n_1 - 1} = \frac{55,0 - 3,5 - 3,5 + 2 \cdot 1,0 - 1,2}{10 - 1} = 5,4 \text{ cm}$$

$$s_{br,tz} = 5,4 \text{ cm} < 5 \cdot \left(c_{\phi} + \frac{\phi_{eq}}{2} \right) = 5 \cdot \left(4,5 + \frac{1,2}{2} \right) = 25,5 \text{ cm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (3)}$$

A tapadásos acélbetétek tapadási tulajdonságait figyelembe vevő tényező:

$$0,8^{\circ} = 0,8 \quad (\text{bordás betonacélok})$$

A keresztmetszet menti feszültségeloszlást figyelembe vevő tényező:

$$0,5^{\circ} = 0,5 \quad \text{Hajlítás}$$

$$3,4^{\circ} = 3,4$$

$$0,425^{\circ} = 0,425$$

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot c_{\phi} + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \phi}{\rho_{p,eff}} = 3,4 \cdot 4,5 + \frac{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot 1,2}{0,016128} = 27,9 \text{ cm} = 279,49 \text{ mm} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.3.4.}$$

(7.11)

A húzott vasalásban fellépő feszültség berepedt keresztmetszet feltételezésével számítva:

$$\sigma_s = \frac{\alpha_e \cdot M_{Ed}}{I_{II}} \cdot (d - x_{II}) = \frac{6,0908 \cdot 231,57}{348908} \cdot (79,9 - 12,89) = 270890 \text{ kPa}$$

A teher tartósságától függő tényező:

$$k_t = 0,4 = 0,4 \quad (\text{Teher időbeli jellege: Tartós})$$

A húzott vasalás átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}}{200} = \frac{270890 - \frac{0,4 \cdot 2,9}{0,016128}}{200} = 0,00099526$$

A beton átlagos nyúlása:

$$\varepsilon_{cm} = \frac{k_t \cdot f_{ct,eff}}{E_{cm}} = \frac{0,4 \cdot 2,9}{3,2837 \cdot 10^7} = 3,5283 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00099526 - 3,5283 \cdot 10^{-5} = 0,00095998 > \frac{0,6 \cdot \sigma_s}{200} = \frac{0,6 \cdot 270890}{200} = 0,00081267 = 0,960 \%$$

MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.9)

A repedéstágasság: MSZ EN 1992-1-1 7.3.4. (7.8)

$$w_k = S_{r,max} \cdot \Delta\varepsilon_{(sm,cm)} = 279,49 \cdot 0,00095998 = 0,27 \text{ mm} < w_{max} = 0,30 \text{ mm} \quad \text{megfelel}$$

2.2. Lehajlás**Paraméterek**

A beton rugalmassági modulusának tervezési értéke:

$$E_{c,eff} = 11 \text{ GPa} \quad \text{MSZ EN 1992-1-1 7.4.3. (5) (7.20) MEGJEGYZÉS}$$

A rugalmassági modulusok aránya:

$$\alpha_e = \frac{200}{E_{c,eff}} = \frac{200}{11} = 18,272$$

Munka:

Tervező: Erdélyi Dániel
Modell: **szakdolgozat végleges méretezés.axs**

Eredmények összefoglalása

1. mező :

Támaszköz: $l_0 = 3,767\text{ m}$

Tehereset/Teherkombináció: **[G+lámpa+szerelőjárda+tető rtg + függesztett teher+lelátó rtg + függesztett teher+ember tömeg] {0,6*hasznos lelátó}**

	bal támasz	Mező			jobb támasz
	jobb szél	nyomatéki nullpont	max nullpont	nyomatéki nullpont	bal szél
Táv [m]	0,300	0,300	2,187	4,067	4,067
l_0 [m]	3,767				
Hosszvasalás felül	14 ϕ 8		2 ϕ 8		14 ϕ 8
Hosszvasalás alul	8 ϕ 12		10 ϕ 12		6 ϕ 12
I_c [cm ⁴]	2814740		2814740		2814740
I_I [cm ⁴]	3204845		3103474		3150517
I_{II} [cm ⁴]	621776		891175		617346
M_{cr} [kNm]	217,10		218,51		214,91
$M_{Rd,II}$ [kNm]	263,64		412,82		263,27
M [kNm]	- 54,59		- 231,57		- 51,30
ζ	0		0,5548	0	
α_I	2,6348		2,7209	2,6803	
α_{II}	13,581		9,4754	13,678	
α	2,6348		6,4683	2,6803	
e_0 [mm]	4,321 (↓)	4,321 (↓)	3,214 (↓)	1,393 (↓)	1,393 (↓)
$e_{0,rel}$ [mm]	0	0	0,359 (↓)	0	0
e_{abs} [mm]	4,321 (↓)	4,321 (↓)	5,178 (↓)	1,393 (↓)	1,393 (↓)
e_{rel} [mm]	0 ✓	0 ✓	2,323 (↓) ✓	0 ✓	0 ✓
e_{lim} [mm]	12,557				