Szent István Egyetem

Ybl Miklós Építéstudományi Kar

SZAKDOLGOZAT

Kutyifa Mária

Budapest

2013

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Építőmérnöki Intézet
Mechanika és Tartószerkezetek Szakcsoport

Háromhajós, acélszerkezetű kiállító csarnok statikai számítása

Szakirányú diplomamunka
(magasépítési szakirány)

Készítette: Kutyifa Mária
Konzulens: Horváth Katalin
Budapest, 2015. június 5.

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernoki.intezet@ybl.szie.hu

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2015

Kutyifa Mária

Nappali Építőmérnök szakos
hallgató részére

A feladat címe: Háromhajós kiállító csarnok tervezése

Belső konzulens: Horváth Katalin mérnöktanár

Külső konzulens: -

A szakdolgozat beadási határideje: 2015. június 05., péntek $12^{\underline{00}}$

Budapest, 2015. május 28.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernöki.intezet@ybl.szie.hu

Részletes feladatkiírás

Kutyifa Mária

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

Háromhajós kiállító csarnok tervezése

című szakdolgozatához

Feladat leírása

Megtervezendő egy háromhajós, acélszerkezetű, hőszigetelt kiállító csarnok.

Geometriai kialakítás, terhek

A csarnok hét keretállásból áll, a keretállások távolsága 6,60 m.
A csarnok főhajó oszlopok tengelytávolsága 14,00 m (**C** és **F** tengelyek), a mellékhajók oszlopok tengelytávolsága 6,60 m (**A – C** és **F – H** tengelyek).
A csarnok főhajó gerincmagasság ~9,60 m, a váll tengely magassága ~8,70 m, a tető lejtése ~12%.
A mellékhajó váll tengely magassága ~6,00 m, a tető lejtése ~12%.
A két mellékhajóban kerül kialakításra a kiszolgáló épületrész az A – C és az F – H jelű tengelyek között.
Az emeleten irodák és vizesblokk kerül kialakításra.
Az emeletre történő feljutást acélszerkezetű lépcső biztosítja.
A csarnok hőszigetelt.

A terheket a vonatkozó szabványok, előírások és irányelvek alapján kell felvenni.

Budapest, 2015. május 28.

Horváth Katalin.
Horváth Katalin
belső konzulens

Tartalomjegyzék

1. MŰSZAKI LEÍRÁS 1
1.1. Diplomafeladat ismertetése 1
1.2. Tervezés alapadatai 1
1.2.1. Geometriai adatok 1
1.2.2. Terhelési adatok 2
1.2.3. Anyagminőségek 2
1.2.4. Talajviszonyok, talajvízviszonyok 2
1.2.5. Felhasznált szabványok, irodalom és programok 3
1.3. Az acélszerkezetű csarnok 3
1.3.1. Szerkezet kialakítása, statikai váz 3
1.3.2. Szelvények, csavarozott kapcsolatok, hegesztett kapcsolatok 3
1.3.3. Lindab elemek 4
1.3.4. A csarnok merevítése 5
1.3.5. Acél lépcső 5
1.3.6. Alapozás,lehorgonyzás 5
1.3.7. Felületvédelem 6
2. TERHEK MEGHATÁROZÁSA 6
2.1. Állandó teher 6
2.1.1. Tartószerkezet önsúlya 6
2.1.2. Tető önsúlya, rétegrend 6
2.1.3. Falváz önsúlya, rétegrend 7
2.1.4. Födém önsúlya, rétegrend 7
2.1.5. Válaszfal teher 7
2.1.6. Állandó jellegű hasznos teher 7
2.2. Esetleges teher 7
2.2.1. Hasznos teher 7
2.2.1.1. Tető hasznos terhe 7
2.2.1.2. Födém hasznos terhe 7
2.2.2. Meterológiai teher 8
2.2.2.1. Hóteher 11
2.2.2.2. Szélteher 11
3. KÜLSŐ TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE 11
3.1. FŐHAJÓ külső trapézlemez méretezése 12
3.1.1. Statikai váz 12
3.1.2. Keresztmetszet 12
3.1.3. Tehermodell 12
3.1.3.1. Állandó teher 12
3.1.3.2. Hóteher 12

3.1.3.3. Szélteher 12
3.1.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső 12
3.1.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső 14
3.1.4. Teherkombinációk 14
3.1.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső) 14
3.1.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső) 15
3.1.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső) 15
3.1.5. Méretezés 15
3.2. MELLÉKHAJÓK külső trapézlemez méretezése 15
3.2.1. Statikai váz 16
3.2.2. Keresztmetszet 16
3.2.3. Tehermodell 16
3.2.3.1. Állandó teher 16
3.2.3.2. Hóteher 17
3.2.3.3. Szélteher 17
3.2.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső 18
3.2.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső 19
3.2.4. Teherkombináció 19
3.2.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső) 19
3.2.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső) 20
3.2.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső) 20
3.2.5. Méretezés 20
4. Z SZELEMEN MÉRETEZÉSE 20
4.1. FŐHAJÓ Z szelemen méretezése 21
4.1.1. Statikai váz 21
4.1.2. Keresztmetszet 21
4.1.3. Tehermodell 21
4.1.3.1. Állandó teher 21
4.1.3.2. Hóteher 22
4.1.3.3. Szélteher 23
4.1.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső 24
4.1.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső 24
4.1.3.3.3. Szélteher belső nyomás-szívás 24
4.1.4. Teherkombinációk 24
4.1.4.1. Önsúly+ hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső) 25
4.1.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső+belső) 25
4.1.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső+belső) 26
4.1.5. Méretezés 26
4.2. MELLÉKHAJÓK Z szelemen méretezése 26
4.2.1. Statikai váz 26
4.2.2. Keresztmetszet 26
4.2.3. Tehermodell 26

4.2.3.1. Állandó teher 26
4.2.3.2. Hóteher 27
4.2.3.3. Szélteher 28
4.2.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső 29
4.2.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső 30
4.2.3.3.3. Szélteher belső nyomás-szívás 30
4.2.4. Teherkombinációk 31
4.2.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső+belső) 31
4.2.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső+belső) 32
4.2.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső+belső) 32
4.2.5. Méretezés 33
5. BELSŐ TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE 33
5.1. FŐHAJÓ belső trapézlemez méretezése 33
5.1.1. Statikai váz 33
5.1.2. Keresztmetszet 33
5.1.3. Tehermodell 33
5.1.3.1. Állandó teher 34
5.1.3.2. Szélteher 34
5.1.4. Teherkombinációk 34
5.1.4.1. Önsúly +szélnyomás (belső) 34
5.1.4.2. Önsúly +szélszívás (belső) 35
5.1.5. Méretezés 35
5.2. MELLÉKHAJÓK belső trapézlemez méretezése 35
5.2.1. Statikai váz 35
5.2.2. Keresztmetszet 35
5.2.3. Tehermodell 35
5.2.3.1. Állandó teher 35
5.2.3.2. Szélteher 36
5.2.4. Teherkombinációk 36
5.2.4.1. Önsúly +szélnyomás (belső) 36
5.2.4.2. Önsúly +szélszívás (belső) 36
5.2.5. Méretezés 37
6. FÖDÉM TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE 37
6.1. Statikai váz 37
6.2. Keresztmetszet 37
6.3. Tehermodell 37
6.3.1. Állandó teher 37
6.3.1.1. Önsúly, rétegrend 37
6.3.1.2. Válaszfal teher 37
6.3.2. Esetleges teher 38
6.3.2.1. Hasznos teher 38
6.4. Teherkombinációk 38

6.5. Méretezés 38
7. FŐTARTÓ KERET MÉRETEZÉSE 39
7.1. Statikai váz 39
7.2. Anyagminőség 39
7.3. Keresztmetszet 39
7.4. Tehermodell 39
7.4.1. Állandó teher 39
7.4.1.1. Keret önsúly 39
7.4.1.2. Burkolat önsúly 39
7.4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher (Gépészeti teher) 41
7.4.1.4. Válaszfal teher 41
7.4.2. Esetleges teher 42
7.4.2.1. Hasznos teher 42
7.4.2.2. Hóteher 42
7.4.2.3. Szélteher 44
7.4.2.3.1. Főhajó tetőre ható szélteher 44
7.4.2.3.2. Mellékhajók tetőire ható szélteher 47
7.4.2.3.3. Fal szélteher 48
7.5. Teherkombinációk 52
7.6. Igénybevételek 55
7.7. Keresztmetszetek méretezése 56
7.7.1. Főhajó keretgerenda méretezése 56
7.7.2. Mellékhajók keretgerenda méretezése 58
7.7.3. Főhajó keretoszlop méretezése 60
7.7.4. Mellékhajók keretoszlop méretezése 61
7.7.5. Közbenső födémgerenda méretezése 63
7.8. Használhatósági határállapot ellenőrzése 65
7.8.1. Függőleges elmozdulás 65
7.8.1.1. Főtartó függőleges lehajlás ellenőrzése 65
7.8.1.2. Mellékhajók függőleges lehajlás ellenőrzése 66
7.8.1.3. Közbenső födémgerenda lehajlás ellenőrzése 66
7.8.2. Vízszintes elmozdulás 67
7.8.2.1. Főtartó vízszintes elmozdulás ellenőrzése 67
7.8.2.2. Mellékhajók vízszintes elmozdulás ellenőrzése 68
7.9. Stabilitásvizsgálatok 68
7.9.1. Főtartó keretgerenda stabilitásvizsgálata 68
7.9.1.1. Kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen 69
7.9.1.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában 70
7.9.1.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 70
7.9.1.4. Kihajlás és a kifordulás interakciója 70
7.9.2. Mellékhajók keretgerenda stabilitásvizsgálata 71
7.9.2.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 72

7.9.2.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában 73
7.9.2.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 73
7.9.2.4. Kihajlás és kifordulás interakciója 73
7.9.3. Főtartó keretoszlop stabilitásvizsgálata 74
7.9.3.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 75
7.9.3.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában 76
7.9.3.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 77
7.9.3.4. Kihajlás és a kifordulás interakciója 78
7.9.4. Mellékhajók keretoszlop stabilitásvizsgálata 79
7.9.4.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen 79
7.9.4.2. Kihajlásvizsgálat a keret síkjában 80
7.9.4.3. Kihajlásvizsgálat a keret síkjára merőlegesen 81
7.9.4.4. Kihajlás és a kifordulás interakciója 82
8. FALVÁZ MÉRETEZÉSE 83
8.1. Falváz trapézlemez méretezése oldalfalon 83
8.1.1. Statikai váz 83
8.1.2. Keresztmetszet 83
8.1.3. Tehermodell 83
8.1.3.1. Szélteher 83
8.1.3.1.1. Keresztirányú fal szélteher 83
8.1.3.1.2. Hosszirányú fal szélteher 84
8.1.4. Teherkombinációk 84
8.1.4.1. Szélnyomás (keresztirányú) 84
8.1.4.2. Szélszívás (keresztirányú) 84
8.1.4.3. Szélszívás (hosszirányú) 85
8.1.5. Méretezés 85
8.2. Falváz trapézlemez méretezése oromfalon 85
8.2.1. Statikai váz 85
8.2.2. Keresztmetszet 85
8.2.3. Tehermodell 85
8.2.3.1. Szélteher 85
8.2.3.1.1. Keresztirányú szélteher 86
8.2.3.1.2. Hosszirányú szélteher 86
8.2.4. Teherkombinációk 87
8.2.4.1. Szélnyomás 87
8.2.4.2. Szélszívás 87
8.2.5. Méretezés 87
8.3. Z falvázgerenda méretezése az oldalfalon 88
8.3.1. Statikai váz 88
8.3.2. Keresztmetszet 88
8.3.3. Tehermodell 88
8.3.3.1. Szélteher 88

8.3.3.1.1. Keresztirányú fal szélteher 88
8.3.3.1.2. Hosszirányú fal szélteher 89
8.3.4. Teherkombinációk 89
8.3.4.1. Szélnyomás 89
8.3.4.2. Szélszívás (keresztirányú) 90
8.3.4.3. Szélszívás (hosszirányú) 90
8.3.5. Méretezés 90
8.4. Z falvázgerenda méretezése az oromfalon 91
8.4.1. Statikai váz 91
8.4.2. Keresztmetszet 91
8.4.3. Tehermodell 91
8.4.3.1. Szélteher 91
8.4.3.1.1. Keresztirányú szélteher 91
8.4.3.1.2. Hosszirányú szélteher 92
8.4.4. Teherkombinációk 93
8.4.4.1. Szélnyomás 93
8.4.4.2. Szélszívás (hosszirányú) 93
8.4.5. Méretezés 93
8.5. Falváz belső trapézlemez méretezése 93
8.5.1. Statikai váz 93
8.5.2. Keresztmetszet 94
8.5.3. Tehermodell 94
8.5.3.1. Szélteher 94
8.5.4. Teherkombinációk 94
8.5.4.1. Szélnyomás (belső) 94
8.5.4.2. Szélszívás (belső) 94
8.5.5. Méretezés 94
8.6. Falvázoszlop méretezése 95
8.6.1. Statikai váz 95
8.6.2. Anyagminőség 95
8.6.3. Keresztmetszet 95
8.6.4. Tehermodell 95
8.6.4.1. Állandó teher 95
8.6.4.1.1. Falvázoszlop önsúlya 95
8.6.4.1.2. Burkolat súlya 95
8.6.4.2. Szélteher 96
8.6.5. Keresztmetszet ellenőrzése 98
8.6.6. Használhatósági határállapot ellenőrzése 100
8.6.7. Stabilitásvizsgálatok 100
8.6.7.1. Kifordulás vizsgálat az oszlop síkjára merőlegesen 101
8.6.7.2. Kihajlásvizsgálat az oszlop síkjára merőlegesen 102
8.6.7.3. Kihajlásvizsgálat az oszlop síkjában 102

8.6.7.4. Kifordulás és kihajlás interakciója 103
9. CSOMÓPONTOK MÉRETEZÉSE 104
9.1. Főhajó oszloptalp méretezése 104
9.1.1. Húzott T- elem ellenállása 104
9.1.2. Nyomott T-elem ellenállása 105
9.1.3. Oszloptalp nyomatéki ellenállása 106
9.2. Mellékhajók oszloptalp méretezése 107
9.2.1. Húzott T- elem ellenállása 107
9.2.2. Nyomott T-elem ellenállása 108
9.2.3. Oszloptalp nyomatéki ellenállása 109
9.3. Falváz oszloptalp méretezése 110
9.3.1. Nyomott T-elem ellenállása 111
9.3.1.1. Nyomott T-1 elem ellenállása 112
9.3.1.2. Nyomott T-2 elem ellenállása 112
9.3.1.3. Nyomott talpcsomópont ellenállása 112
9.4. Főhajó gerenda - gerenda kapcsolat méretezése 112
9.4.1. Húzott csavarok ellenállása 113
9.4.2. Gerenda homloklemezének ellenállása 114
9.5. Főhajó keretgerenda - keretoszlop kapcsolat méretezése 115
9.5.1. Húzott csavarok ellenállása 115
9.5.2. A gerenda homloklemezének ellenállása 116
9.5.3. Az oszlop övének ellenállása 118
9.5.4. Az oszlop gerincének ellenállása 120
9.6. Mellékhajók keretgerenda- keretoszlop kapcsolat méretezése 122
9.6.1. Húzott csavarok ellenállása 123
9.6.2. A gerenda homloklemezének ellenállása 123
9.6.3. Az oszlop övének ellenállása 123
9.6.4. Az oszlop gerincének ellenállása 123
9.7. Mellékhajók keretgerenda- főhajó oszlop kapcsolat méretezése 124
9.7.1. Csavarok ellenállása 125
9.7.2. Az oszlop gerincének nyírási ellenállása 126
9.8. Födémgerenda-főhajó oszlop kapcsolat méretezése 126
9.8.1. Csavarok ellenállása 127
9.8.2. Az oszlop gerincének nyírási ellenállása 127
9.9. Födémgerenda- mellékhajók oszlop kapcsolat méretezése 127
9.9.1. Húzott csavarok ellenállása 128
9.9.2. A gerenda homloklemezének ellenállása 129
9.9.3. Az oszlop övének ellenállása 131
9.9.4. Az oszlop gerincének ellenállása 133
9.10. Falvázoszlop - főhajó keretgerenda kapcsolat méretezése 134
9.10.1. Csavarok ellenállása 135
10. MEREVÍTŐRENDSZER MÉRETEZÉSE 136

10.1. Statikai váz 136
10.2. Keresztmetszet 136
10.3. Terhek 137
10.3.1. Geometriai imperfekció 137
10.3.1.1.Főhajó szélrács geometriai imperfekció 137
10.3.1.2.Főhajó hosszkötés geometriai imperfekció 137
10.3.1.3.Mellékhajók szélrács geometriai imperfekció 137
10.3.1.4.Mellékhajók hosszkötés geometriai imperfekció 138
10.3.2. Hosszirányú szélhatás 138
10.4. Igénybevételek 139
10.4.1. Főhajó szélrács igénybevételek 139
10.4.2. Főhajó hosszkötés igénybevételek 140
10.4.3. Mellékhajók szélrács igénybevételek 140
10.4.4. Mellékhajók hosszkötés igénybevételek 141
10.5. Méretezés 141
10.5.1. Főhajó szélrács méretezése 141
10.5.1.1.A húzott szélrácsrúd méretezése 141
10.5.1.2.Nyomott merevítőrúd méretezése 141
10.5.1.3.Merevítőrúd bekötése csomólemezbe 142
10.5.2. Főhajó hosszkötés méretezése 143
10.5.2.1.A húzott szélrácsrúd méretezése 143
10.5.2.2.Nyomott merevítőrúd méretezése 143
10.5.2.3.Merevítőrúd bekötése csomólemezbe 144
10.5.3. Mellékhajók szélrács méretezése 145
10.5.3.1.A húzott szélrácsrúd méretezése 145
10.5.3.2.Nyomott merevítőrúd méretezése 145
10.5.3.3.Merevítőrúd bekötése csomólemezbe 146
10.5.4. Mellékhajók hosszkötés méretezése 147
10.5.4.1.A húzott szélrácsrúd méretezése 147
10.5.4.2.Nyomott merevítőrúd méretezése 147
10.5.4.3.Merevítőrúd bekötése csomólemezbe 148
11. EGYKARÚ LÉPCSŐ MÉRETEZÉSE 149
11.1. Lépcsőkar méretezése 149
11.1.1. Statikai váz 149
11.1.2. Keresztmetszet 149
11.1.3. Tehermodell 149
11.1.3.1.Állandó teher 149
11.1.3.1.1. Önsúly 149
11.1.3.1.2. Lépcsőfokok súlya 149
11.1.3.1.3. Korlát súlya 150
11.1.3.2. Hasznos teher 150
11.1.4. Teherkombinációk 151

11.1.5. Igénybevételek 151
11.1.6. Keresztmetszet méretezése 152
11.1.7. Használhatósági határállapot ellenőrzése 155
11.2. Tartóoszlop méretezése 155
11.2.1. Statikai váz 155
11.2.2. Keresztmetszet 155
11.2.3. Tehermodell 155
11.2.3.1. Állandó teher 155
11.2.4. Keresztmetszet ellenőrzése 156
12. ALAPTESTEK MÉRETEZÉSE 157
12.1. Főhajó pontalap méretezése 157
12.2. Mellékhajók pontalap méretezése 160
12.3. Falvázoszlop pontalap méretezése 163
SZÁMÍTÁSI MELLÉKLET (DIMROOF) 166

1. MŰSZAKI LEÍRÁS:

1.1. Diplomafeladat ismertetése:

Megtervezendő egy háromhajós, hőszigetelt, acélszerkezetű kiállító csarnok, alapozással együtt, a két mellékhajó szakaszos födéme és az acélszerkezetű lépcső.

1.2. Tervezés alapadatai:

1.2.1. Geometriai adatok:

A kiállító csarnok szélessége 27,20 méter, a hosszúsága 39,60 méter, ebből a főhajó szélessége 14,00 méter, a mellékhajók szélessége azonos, 6,60 méter.

A csarnok hét keretállásból áll, melyek tengelytávolsága 6,60 méter.

A főhajó oszlopainak tengelytávolsága 14,00 méter, a főhajó oszlopaitól a mellékhajó oszlopainak tengelytávolsága 6,60 méter.

A főhajó teljes belmagassága: 9,39 méter.

A főhajó vállmagassága: 8,55 méter.

A mellékhajók teljes belmagassága: 6,63 méter.

A mellékhajók vállmagassága: 5,85 méter.

A mellékhajók födémmel zárt földszinti belmagassága: 2,79 méter.

A mellékhajók födémmel zárt emeleti belmagassága: 3,32 méter.

A mellékhajók födémmel zárt emeletei vállmagassága: 2,55 méter.

A csarnok hőszigetelt.

A ±0,00 szint megegyezik a csarnokoszlopok alaptesteinek felső síkjával, valamint egybeesik az ipari padló felső síkjával.

A csarnokba való bejutás a csarnoképület oromfalain elhelyezett 2 db 3,50 X 3,00 méter és 2,00 X 3,00 méter méretű ajtón lehetséges.

1.2.2. Terhelési adatok:

A csarnok terhelései az állandó terhekből, a hasznos terhekből és az esetleges terhekből áll.

Állandó terhek:

- a tartószerkezet önsúlya
- a tető önsúlya, rétegrendje
- a falváz önsúlya, rétegrendje
- a födém önsúlya, rétegrendje
- a födémen lévő válaszfal terhe
- az állandó jellegű hasznos terhe (gépészeti teher).

Esetleges terhek:

- a födém hasznos terhe
- a hóteher
- a szélteher.

-

1.2.3. Anyagminőségek:

Az épületbe tervezett elemek anyaga és anyagminősége:

Szerkezeti acél anyaga:

S 235 → $f_y = 235\ N/mm^2$

→ $f_u = 360\ N/mm^2$

Csavar anyagminőség:

4.6. → $f_{yb} = 240\ N/mm^2$

→ $f_{ub} = 400\ N/mm^2$

5.6. → $f_{yb} = 300\ N/mm^2$

→ $f_{ub} = 500\ N/mm^2$

6.8. → $f_{yb} = 480\ N/mm^2$

→ $f_{ub} = 600\ N/mm^2$

8.8. → $f_{yb} = 640\ N/mm^2$

→ $f_{ub} = 800\ N/mm^2$

Betonminőség:

C 20/25 → $f_{ck} = 20\ N/mm^2$

→ $f_{cd} = 13{,}3\ N/mm^2$

1.2.4. Talajviszonyok, talajvízviszonyok:

A talajfeltárás során, a fúrások alapján a talajrétegződés a következő:

	ρ_d (t/m^3)	ρ_n (t/m^3)	φ (°)	C (kPa)	E (MN/m^2)
Humusz 0,00 m-0,30m					
Iszapos homokos kavics 0,40m-5,40m	1,80	2,10	34		55
Sárga iszapos sovány agyag 5,40m-6,90m	1,75	1,98	15	95	9
Iszapos homok 6,90m-10,00m	1,80	2,00	25		25

A helyszíni feltárások során a talajvíz a felszín alatt 8,00 méteres mélységben jelentkezett.

1.2.5. Felhasznált szabványok, irodalom és programok:

- Eurocode:
  - Eurocode 0: A tartószerkezeteket érő hatások MSZ EN 1990
  - Eurocode 1: Terhek és hatások MSZ EN 1991
  - Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése MSZ EN 1993

- LINDAB tervezési segédletek
- NAGÉV járdarács tervezési segédlet

Programok:

- AxisVM12 statikai végeselem-program
- DimRoof v3.5. statikai tervező szoftver

1.3. Az acél szerkezetű csarnok:

1.3.1. Szerkezet kialakítása, statikai váz:

A csarnok keretállásai sarokmerev keretként lettek méretezve. A mellékhajók a főhajóhoz csuklós kialakítással csatlakoznak.

A födémgerenda a főhajó oszlophoz csuklósan, a mellékhajók oszlopaihoz pedig befogott módon kapcsolódnak.

A keretoszlopok és az alapteste kapcsolata befogott kialakítású.

Az oromfalon elhelyezett falváz oszlopok és az alaptest kapcsolata csuklós kialakítású.

1.3.2. Szelvények, csavarozott kapcsolatok, hegesztett kapcsolatok:

A keret méretezése Axis VM 12 programmal történt.

A keret fő acél elemei:

- Főhajó keretgerenda IPE 330
- Mellékhajók keretgerenda IPE 330
- Főhajó keretoszlop HEA 300
- Mellékhajók keretoszlop HEA 300
- Födémgerenda IPE 330
- Falvázoszlop HEA 200

A csavarkapcsolatok kialakítását lásd a csatolt terveken.

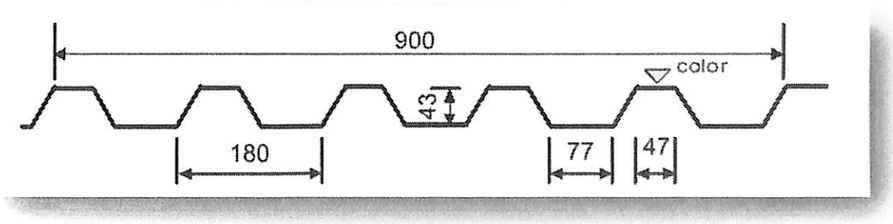
Az acélszerkezetek hegesztési munkáit minősített hegesztő végezheti. A hegesztési varratokat szemrevételezéssel és penetrációs eljárással kell ellenőrizni.

1.3.3. Lindab elemek:

A Lindab egyes elemei DimRoof v3.5. programmal történt.

Lindab elemek szelvényei

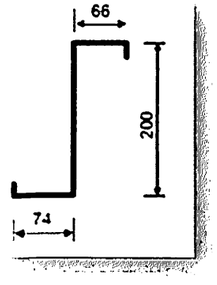
Trapézlemezek:



- Főhajó tető külső trapézlemez: LTP 45/0,5
- Mellékhajók tető külső trapézlemez: LTP 45/0,5

- Főhajó tető belső trapézlemez: LTP 20/0,4
- Mellékhajók tető belső trapézlemez: LTP 20/0,4
- Falváz külső trapézlemez: LVP 45/0,5
- Falváz belső trapézlemez: LVP 20/0,5
- Födém trapézlemez: LTP 85/1,5

Z szelemenek:



- Főhajó Z szelemen: Z 200/2,0
- Mellékhajók Z szelemen: Z 200/2,5
- Oldalfal falvázgerenda: Z 200/2,0
- Oromfal falvázgerenda: Z 200/1,2

A Lindab tartószerkezeti elemeket és csomópontjait a LIN-1 jelű terv tartalmazza.

1.3.4. A csarnok merevítése:

A csarnokban az 1-es és 2-es tengelyvonalak között került kialakításra a merevítés, mind a tetősíkokban és a falsíkokban is.

Alkalmazott szelvények:

Főhajó tető húzott szélrácsrúd:

Melegen hengerelt tömör acél körszelvény ϕ 20

Főhajó tető nyomott merevítőrúd:

Melegen hengerelt egyenlőszárú szögacél L 100.100.10.

Főhajó oldalfali hosszkötés húzott rúd:

Melegen hengerelt tömör acél körszelvény ϕ 18

Főhajó oldalfali hosszkötés nyomott merevítőrúd:

Melegen hengerelt egyenlőszárú szögacél L 100.100.10.

Mellékhajók tető húzott szélrácsrúd:

Melegen hengerelt tömör acél körszelvény ϕ 26

Mellékhajók tető nyomott merevítőrúd:

Melegen hengerelt egyenlőszárú szögacél L 120.120.14.

Mellékhajók oldalfali hosszkötés húzott rúd:

Melegen hengerelt tömör acél körszelvény ϕ 32

Mellékhajók oldalfali hosszkötés nyomott merevítőrúd:

Melegen hengerelt egyenlőszárú szögacél L 120.120.14.

Kialakításukat az ACM-1 tervrajzszámú rajz tartalmazza.

A kapcsolatok csavarozottak,csomólemezekhez csatlakoznak.

A csomólemezek a keretállásokra hegesztett kapcsolattal a gyártó által rögzítendő.

1.3.5. Acél lépcső:

A mellékhajók közbenső födémjére egykarú acéllépcsővel lehet feljutni. Az acéllépcső a szerkesztési szabályok miatt tört kialakítású.

Az acél lépcső hasznos szélessége 1,20 méter. A lépcsőfokok és a pihenő NAGÉV ipari járdarácsok. A pihenő és a lépcsőfokok NAGÉV 30x3 CSM2 járdarácsok.

A lépcső kerete U80-as acél.

Alkalmazott szelvények:

- Lépcső tartószerkezete: U 80
- Korlát oszlop: L 50x50x5
- Korlát kapaszkodó: O 51x3
- Pihenők tartóoszlopai:

  Melegen hengerelt zártszelvény 50x30x4
- Pihenő keresztgerendái: U 80
- Bokaléc és térdléc: 100x10

A részletes kiviteli tervet lásd a LEP-1 jelű terven.

1.3.6. Alapozás, lehorgonyzás:

Az alaptestek pontalapok, melyeknek kialakítása ALA-1 jelű terven található.

Az alaptesteket talpgerendával kell összekötni a süllyedés csökkentése és azonos mértéke miatt.

Az alaptestek és talpgerenda betonminősége: C 20/25

Az oszlopok lehorgonyzása az alaptestekhez lehorgonyzó csavarokkal történik.

Csavar anyagminősége:

Főhajó, mellékhajók alaptestnél: 8.8.

Falváz oszlop alaptestnél: 6.8.

A csavaralátét és a csavaranya minősége megegyezik a csavar minőségével.

1.3.7. Felületvédelem:

Felület előkészítése: Sa 2,5 fokozat

Rétegfelépítés: Első réteg 75 mm szürke Gehopon E87-Metallgrund

Második réteg 75 mm szürke Gehopon E87-ZB+EX-74

Harmadik réteg 50 mm Wierengen-M87

Acélszerkezet színe: Szignál kék RAL 5005

Acélszerkezet tűzvédelme: R 60 tűzállóság biztosítása tűzvédő bevonattal.

2. TERHEK MEGHATÁROZÁSA:

2.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

2.1.1. Tartószerkezet önsúlya:

Meghatározása AXIS programmal.

2.1.2. Tető önsúlya, rétegrend:

- Külső trapézlemez
  LTP 45/0,7 $g_{KTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$
- Párazáró fólia $g_{f^k} = 0{,}014\ kN/m^2$
- Z szelemen
  Z 200/2,5 $g_{z^k} = 0{,}0724\ kN/m$
- Hőszigetelés
  15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ kN/m^2$
- Belső trapézlemez
  LTP 20/0,7 $g_{bTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$

2.1.3. Falváz önsúlya, rétegrend:

- Külső trapézlemez
  LVP 20/0,7 $g_{KTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$
- Z szelemen
  Z 200/2,5 $g_{z^k} = 0{,}0724\ kN/m$
- Párazáró fólia $g_{f^k} = 0{,}014\ kN/m^2$
- Hőszigetelés
  15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ kN/m^2$
- Belső trapézlemez
  LVP 20/0,7 $g_{bTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$

2.1.4. Födém önsúlya, rétegrend:

Anyag neve	Vastagság [mm]	Térfogatsúly [kN/m³]	Súly[kN/m²]
PVC padlólap	20	17	0,34
Flexibilis ragasztó réteg			
OSB lap	20	6,8	0,136
POLIFOAM úsztató réteg	5	0,3	0,0015
betonfödém réteg	50	24	1,2
trapézlemez LTP 85/1,5			0,161

2.1.5. Válaszfal teher:

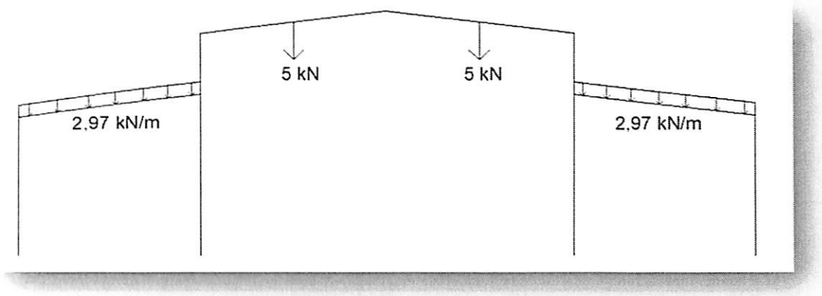
Válaszfalak súlyát egyenletesen megoszlónak tekintettem.

Anyaga: szerelt gipszkarton

$g_{válaszfal^k} = 0{,}5\ kN/m^2$

2.1.6. Állandó jellegű hasznos teher:

Gépészeti teher:



2.2. Esetleges teher:

2.2.1. Hasznos teher:

MSZ EN 1990-1-1:2005 Eurocode 1 : A tartószerkezetek érő hatások

2.2.1.1. Tető hasznos terhe:

Funkció szerinti besorolás: Nem járható tető ≤10° hajlásszög

Használati osztály: H

A hasznos teher és a hóteher egyszerre nem hat, egymást kizáró hatás.

A hóteher értéke nagyobb, így hasznos terhet nem veszem figyelembe.

2.2.1.2. Födém hasznos terhe:

Funkció szerinti besorolás: Irodák

Használati osztály: B

Felületen megoszló teher: $q_k = 3{,}00\ kN/m^2$

Egyidejűségi tényező: $\psi_{o,Q}=0{,}7$

2.2.2. Meterológiai teher:

2.2.2.1. Hóteher:

MSZ EN 1991-1-3 Eurocode 1 : A tartószerkezeteket érő hatások.

1-3- rész: Általános hatások. Hóteher.

$\gamma_s=1{,}50$

$\psi_{o,s}=0{,}5$

Tetők hóterhének karakterisztikus értéke:

$$s = \mu_i * C_e * C_t * s_k$$

$$C_e = 1{,}0$$

$$C_t = 1{,}0$$

$s_k = 1{,}25\ \mathrm{kN/m^2} \rightarrow$ Magyarország teljes területén

Főhajó (nyeregtető) alaki tényezője:

$\mu_1 = 0{,}8 \rightarrow 0° \leq \alpha \leq 30°$

Főhajóhoz csatlakozó mellékhajók tetőinek (fél nyeregtető) alaki tényezője:

$\mu_1 = 0{,}8 \rightarrow 0° \leq \alpha \leq 30°$

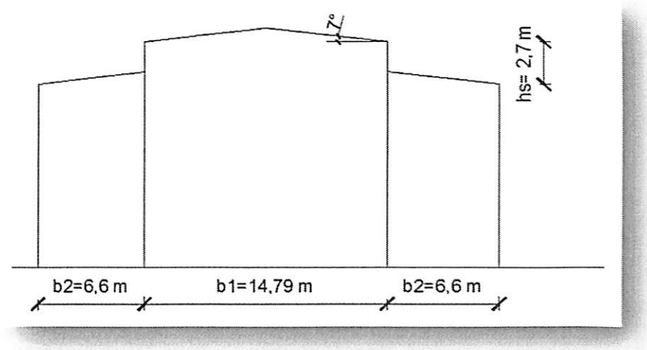
$\mu_2 = \mu_s + \mu_w$

$\mu_s = 0 \rightarrow \alpha \leq 15°$

$\mu_w = \min\left[4; \max(0{,}8; \min\left[\frac{(b_1+b_2}{2*h_s}; \frac{\gamma*h_s}{s_k}\right])\right]$

$\gamma = 2\ \mathrm{kN/m^3}$

$s_k = 1{,}25\ \mathrm{kN/m^2}$



$l_s = \min(15\mathrm{m}; \max(2 * h_s; 5\mathrm{m}))$

$l_s = \min(15\mathrm{m}; \max(2 * 2{,}7; 5\mathrm{m})) = 5{,}4\ \mathrm{m}$

$\mu_w = \min\left[4; \max(0{,}8; \min\left[\frac{(14{,}79+6{,}6}{2*2{,}7}; \frac{2**2{,}7}{1{,}25}\right])\right] = 3{,}96$

$\mu_2 = 0 + 3{,}96 = 3{,}96$

$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$

$s = 0{,}8 * 1{,}0 * 1{,}0 * 1{,}25\ \mathrm{kN/m^2} = \mathbf{1{,}00\ kN/m^2}$

$s_{hózug} = \mu_2 * C_e * C_t * s_k$

$s_{hózug} = 3{,}96 * 1{,}0 * 1{,}0 * 1{,}25\ \mathrm{kN/m^2} = \mathbf{4{,}95\ kN/m^2}$

2.2.2.2. Szélteher:

MSZ EN 1991-1-4 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások.
1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás.

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

Tető felületi nyomása:

$w = q_p * C_p$

Torlónyomás csúcsértéke:

Főhajó:

Terepszint feletti magasság: z=10,03m

Terep- (beépítettségi) kategória: I.

$q_p(z) = 0{,}965\ kN/m^2$

Mellékhajók:

Terepszint feletti magasság: z=7,23m

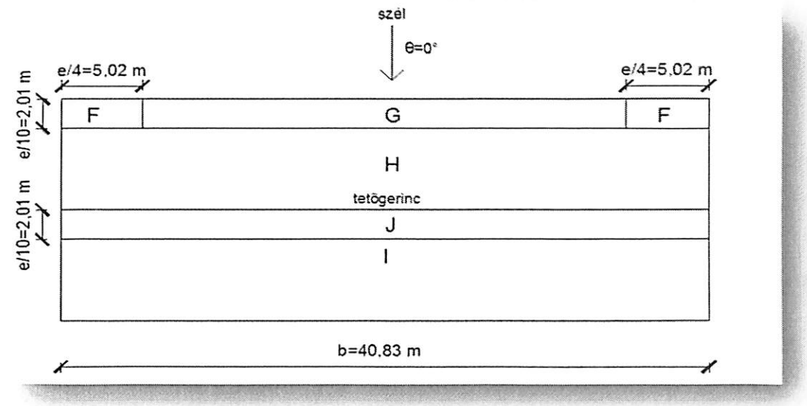
Terep- (beépítettségi) kategória: I.

$q_p(z) = 0{,}896\ kN/m^2$

Külső nyomási tényező meghatározásához a tető szélnyomás zónái:

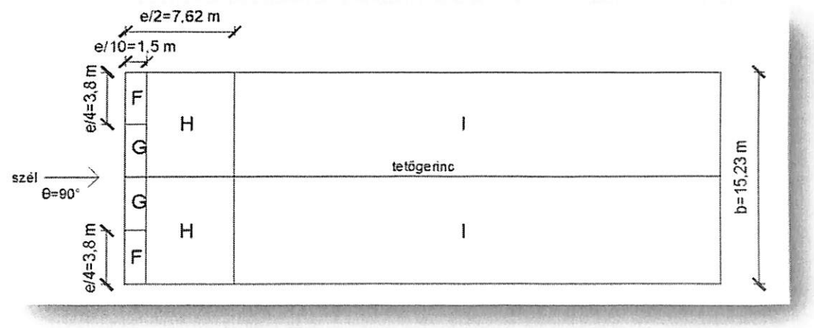
Főhajó:

Keresztirányú szélteher esetén a nyeregtető szélnyomás zónái:



e= min (b;2*h)= min(40,83m;2*10,03m)=20,06m

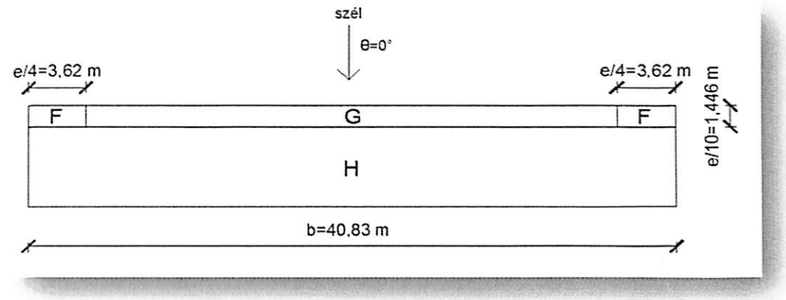
Hosszirányú szélteher esetén a nyeregtető szélnyomás zónái:



e= min (b;2*h)= min(15,23;2*10,03m)=15,23m

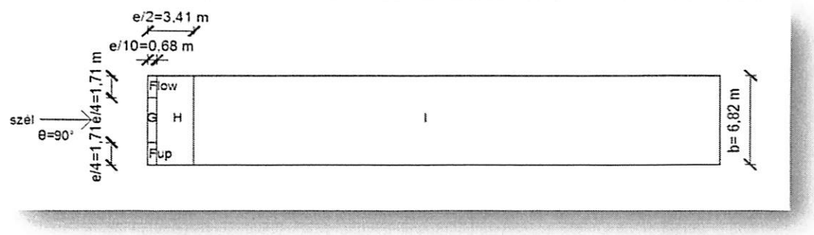
Mellékhajók:

Keresztirányú szélteher esetén a félnyeregtető szélnyomás zónái:



e= min (b;2*h)= min(40,83m;2*7,24m)=14,46m

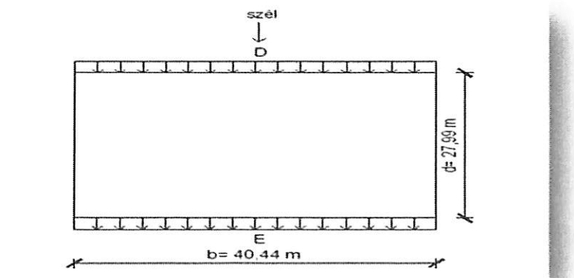
Hosszirányú szélteher esetén a félnyeregtető szélnyomás zónái:



e= min (b;2*h)= min(6,82m;2*7,24m)=6,82m

Külső nyomási tényező meghatározásához a fal szélnyomás zónái:

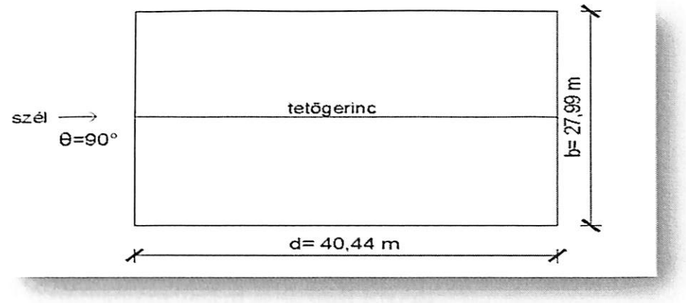
Keresztirányú szélteher esetén a fal szélnyomás zónái:



h= 9,78 m

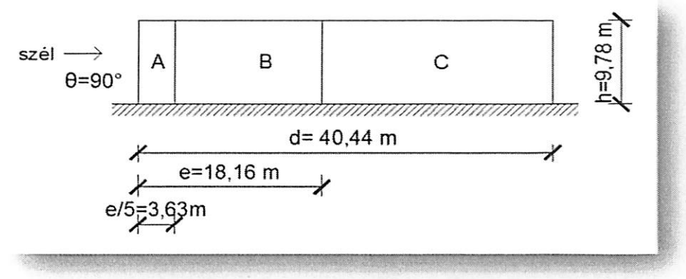
h/d= 9,78/ 27,99=0,35

Hosszirányú szélteher esetén a fal szélnyomás zónái:



e= min(b;2*h)=min(27,99m;2*9,08m)= 18,16 m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/40,44m= 0,24

Belső nyomási tényező:

Az épületnek nincs domináns áttört oldala.

C_{pi}=-0,2

C_{pi}=+0,3

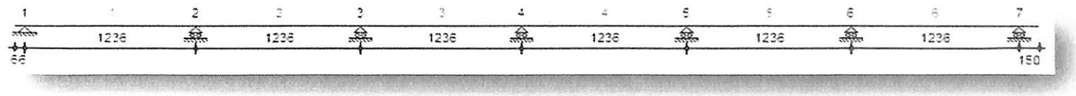
3. KÜLSŐ TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE:

3.1. FŐHAJÓ külső trapézlemez méretezése:

3.1.1. Statikai váz:

Folytatólagos többtámaszú gerenda, melynek támaszai a Z szelemenek.

Méretezésnél 1 fm-t vizsgálunk.



3.1.2. Keresztmetszet:

Szelvény: LTP45 trapézlemez

3.1.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1m

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

3.1.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1m

$g_{kTL^k} = 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2}$ LTP45/0,7

$p_{g^k} = g_{kTL^k} * t$

$p_{g^k} = 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2} * 1\mathrm{m} = \mathbf{0{,}068\ kN/m}$

3.1.3.2. Hóteher:

γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,50

t=1m

$s = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{s^k} = s * t$

$p_{s^k} = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 1\mathrm{m} = \mathbf{1{,}00\ kN/m}$

3.1.3.3. Szélteher:

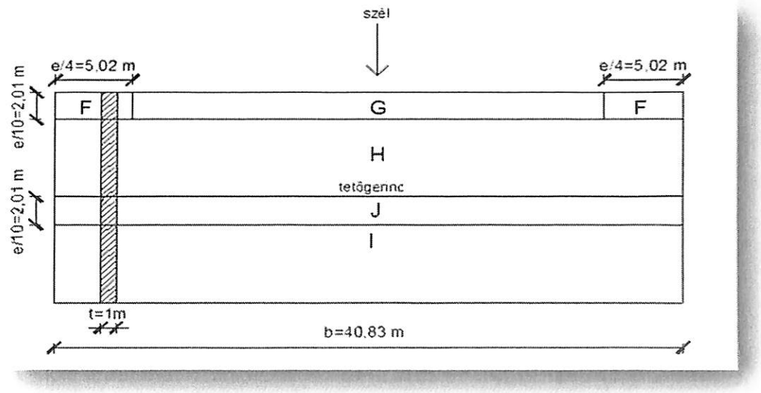
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

3.1.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső:



F zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^F}$$

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = 1{,}0\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -2{,}4 = \mathbf{-2{,}316\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^F}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = 1{,}0\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}039\ kN/m}$$

H zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^H}$$

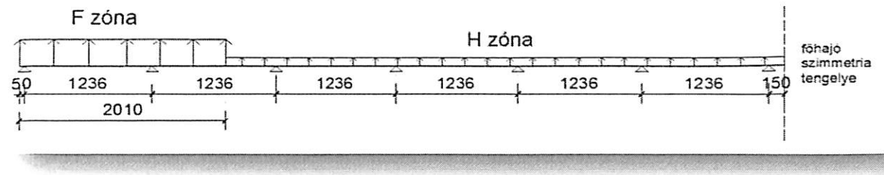
$$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = 1{,}0\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -1{,}02 = \mathbf{-0{,}984\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^H}$$

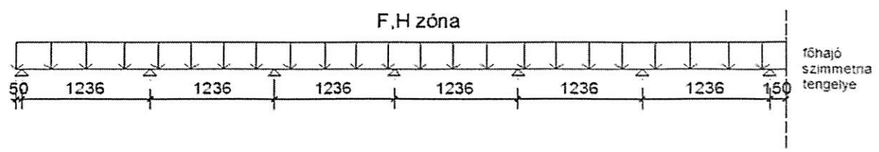
$$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = 1{,}0\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}039\ kN/m}$$

I és J zóna $C_{pe,1}$ tényezői kisebbek, nem mértékadó.

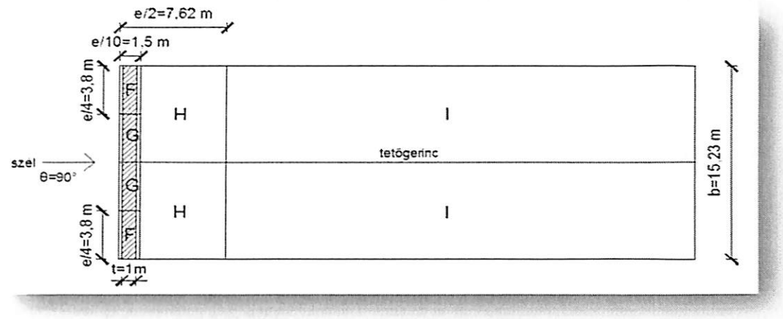
SZÍVÁS



NYOMÁS



3.1.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső:



F zóna:

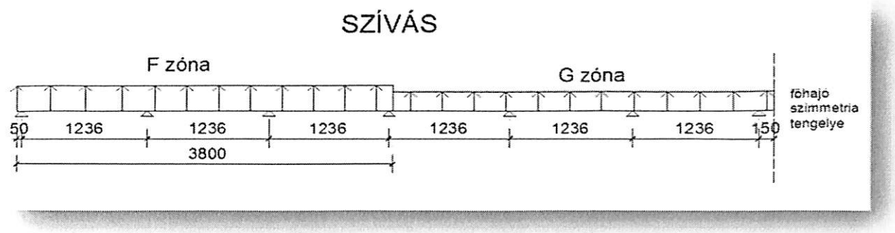
$p_{w,e,sz,90^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^F}$

$p_{w,e,sz,90^{F,k}} = 1{,}0m * 0{,}965\,kN/m^2 * -2{,}16 = \mathbf{-2{,}084\ kN/m}$

G zóna:

$p_{w,e,sz,90^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^G}$

$p_{w,e,sz,90^{G,k}} = 1{,}0m * 0{,}965\,kN/m^2 * -2{,}0 = \mathbf{-1{,}93kN/m}$



3.1.4. Teherkombinációk:

3.1.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot):

$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g^k} + \gamma_s * p_{s^k} + \psi_{o,w} * \gamma_w * p_{w,e,ny,0^k}$

$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}068\,kN/m + 1{,}5 * 1{,}0\,kN/m + 0{,}6 * 1{,}5 * 0{,}039kN/m$

$p^{U,1} = \mathbf{+1{,}63\ kN/m}$

SLS (használhatósági határállapot):

$p^{S,1} = p_{g^k} + p_{s^k} + \psi_{o,w} * p_{w,e,ny,0^k}$

$p^{S,1} = 0{,}068\,kN/m + 1{,}0\,kN/m + 0{,}6 * 0{,}039kN/m$

$p^{S,1} = \mathbf{+1{,}09\ kN/m}$

3.1.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,0^{F,k}}$$

$$p^{U,2,F} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 2{,}316\,\text{kN/m} = \mathbf{-3{,}41\ kN/m}$$

$$p^{U,2,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,0^{H,k}}$$

$$p^{U,2,H} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 0{,}984\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}41\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2,F} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,0^{F,k}}$$

$$p^{S,2,F} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 2{,}316\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}25\ kN/m}$$

$$p^{S,2,H} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,0^{H,k}}$$

$$p^{S,2,H} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 0{,}984\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}92\ kN/m}$$

3.1.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső):

3-as teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,3,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{F,k}}$$

$$p^{U,3,F} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 2{,}084\,\text{kN/m} = \mathbf{-3{,}01\ kN/m}$$

$$p^{U,3,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{G,k}}$$

$$p^{U,3,G} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 1{,}93\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}83\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,3,F} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,90^{F,k}}$$

$$p^{S,3,F} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 2{,}084\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}02\ kN/m}$$

$$p^{S,3,G} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,90^{G,k}}$$

$$p^{S,3,G} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}93\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}86\ kN/m}$$

3.1.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Mértékadó teherkombináció: 2-es teherkombináció
önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső)

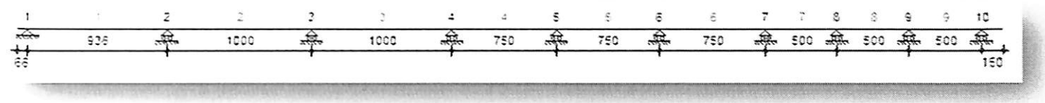
Alkalmazandó szelvény: **LTP 45/0,5**

3.2. MELLÉKHAJÓk külső trapézlemez méretezése:

3.2.1. Statikai váz:

Folytatólagos többtámaszú gerenda, melynek támaszai a Z szelemenek.

Méretezésnél 1 fm-t vizsgálunk.



3.2.2. Keresztmetszet:

Szelvény: LTP45 trapézlemez

3.2.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1m

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

3.2.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1m

$g_{kTL^k} = 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2}$ LTP45/0,7

$p_{g^k} = g_{kTL^k} * t$

$p_{g^k} = 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2} * 1\mathrm{m} = \mathbf{0{,}068\ kN/m}$

3.2.3.2. Hóteher:

γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,50

t=1m

$s = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{s^k} = s * t$

$p_{s^k} = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 1\mathrm{m} = \mathbf{1{,}00\ kN/m}$

Hózugteher:

γ_s=1,50

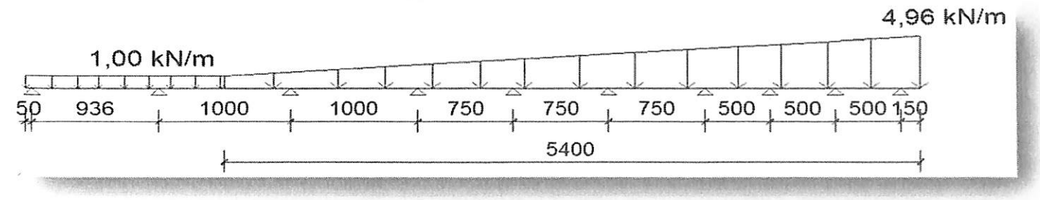
$\psi_{o,s}$=0,50

t=1m

$s_{hózug} = 4{,}95\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{s,hózug} = s_{hózug} * t$

$p_{s,hózug} = 4{,}95\ \mathrm{kN/m^2} * 1\mathrm{m} = \mathbf{4{,}95\ kN/m}$



3.2.3.3. Szélteher:

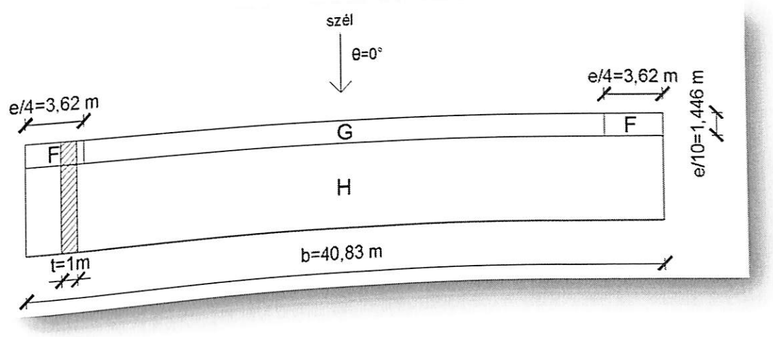
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1m

$q_p = 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2}$

3.2.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső:



F zóna:

$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^F}$

$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = 1{,}0\mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * -2{,}4 = \mathbf{-2{,}15\ kN/m}$

$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^F}$

$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = 1{,}0\mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}036\ kN/m}$

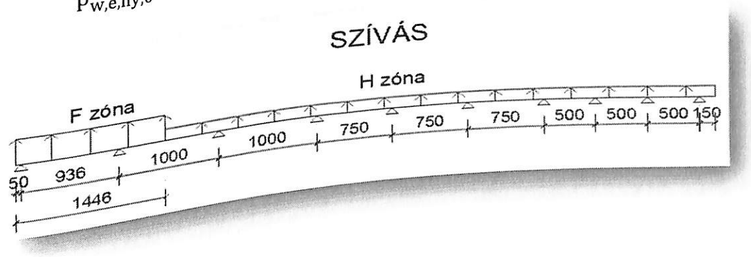
H zóna:

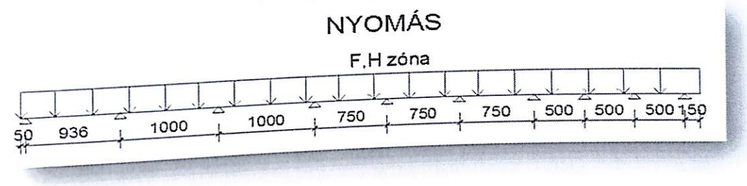
$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^H}$

$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = 1{,}0\mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * -1{,}02 = \mathbf{-0{,}914 kN/m}$

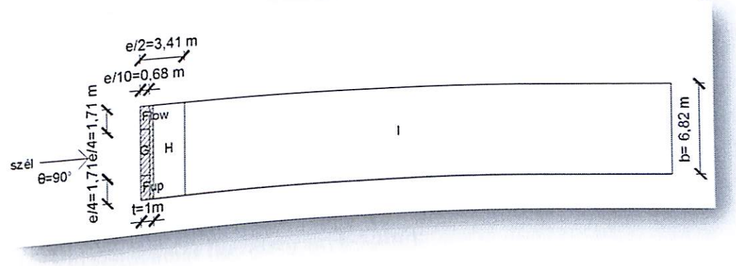
$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^H}$

$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = 1{,}0\mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}036\ kN/m}$





3.2.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső:



t=1 m

t_F=0,68 m

t_G=0,68 m

t_H=0,32 m

F_{low} zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{Flow,k}} = t_F * q_p * C_{pe,1,sz^{Flow}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{Flow,k}} = 0{,}68\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -2{,}4 = \mathbf{-1{,}46\ kN/m}$$

F_{up} zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} = t_F * q_p * C_{pe,1,sz^{Fup}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} = 0{,}68\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -2{,}66 = \mathbf{-1{,}62\ kN/m}$$

G zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{G,k}} = t_G * q_p * C_{pe,1,sz^{G}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{G,k}} = 0{,}68\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -2{,}1 = \mathbf{-1{,}30\ kN/m}$$

H zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = t_H * q_p * C_{pe,1,sz^{H}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = 0{,}32\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -1{,}2 = \mathbf{-0{,}34\ kN/m}$$

F_{low}+H zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{Flow+H,k}} = p_{w,e,sz,90^{Flow,k}} + p_{w,e,sz,90^{H,k}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{Flow+H,k}} = -1{,}46 - 0{,}34 = \mathbf{-1{,}80\ kN/m}$$

G+ H zóna:

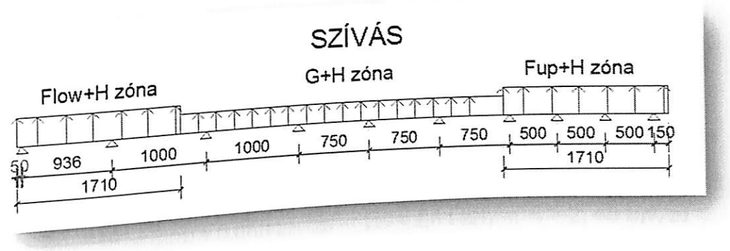
$$p_{w,e,sz,90}{}^{G+H,k} = p_{w,e,sz,90}{}^{G,k} + p_{w,e,sz,90}{}^{H,k}$$

$$p_{w,e,sz,90}{}^{G+H,k} = -1{,}30 - 0{,}34 = \mathbf{-1{,}64\ kN/m}$$

F_{up}+ H zóna:

$$p_{w,e,sz,90}{}^{Fup+H,k} = p_{w,e,sz,90}{}^{Fup,k} + p_{w,e,sz,90}{}^{H,k}$$

$$p_{w,e,sz,90}{}^{Fup+H,k} = -1{,}62 - 0{,}34 = \mathbf{-1{,}96\ kN/m}$$



3.2.4. Teherkombináció:

3.2.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás (keresztirányú-külső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g}{}^{k} + \gamma_{s} * p_{s}{}^{k} + \psi_{o,w} * \gamma_{w} * p_{w,e,ny,0}{}^{k}$$

$$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}068\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 1{,}0\,\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * 0{,}036\text{kN/m}$$

$$p^{U,1} = \mathbf{+1{,}62\ kN/m}$$

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g}{}^{k} + \gamma_{s} * p_{s,hózug}{}^{k} + \psi_{o,w} * \gamma_{w} * p_{w,e,ny,0}{}^{k}$$

$$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}068\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 4{,}95\,\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * 0{,}036\text{kN/m}$$

$$p^{U,1} = \mathbf{+7{,}55\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,1} = p_{g}{}^{k} + p_{s}{}^{k} + \psi_{o,w} * p_{w,e,ny,0}{}^{k}$$

$$p^{S,1} = 0{,}068\,\text{kN/m} + 1{,}0\,\text{kN/m} + 0{,}6 * 0{,}036\text{kN/m}$$

$$p^{S,1} = \mathbf{+1{,}09\ kN/m}$$

$$p^{S,1} = p_{g}{}^{k} + p_{s,hózug}{}^{k} + \psi_{o,w} * p_{w,e,ny,0}{}^{k}$$

$$p^{S,1} = 0{,}068\,\text{kN/m} + 4{,}95\,\text{kN/m} + 0{,}6 * 0{,}036\text{kN/m}$$

$$p^{S,1} = \mathbf{+5{,}04\ kN/m}$$

3.2.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g}{}^{k} - \gamma_{w} * p_{w,e,sz,0}{}^{F,k}$$

$$p^{U,2,F} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 2{,}15\,\text{kN/m} = \mathbf{-3{,}16\ kN/m}$$

$$p^{U,2,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g}{}^{k} - \gamma_{w} * p_{w,e,sz,0}{}^{H,k}$$

$$p^{U,2,H} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 0{,}914\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}30\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2,F} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,0^{F,k}}$$

$$p^{S,2,F} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 2{,}15\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}08\ kN/m}$$

$$p^{S,2,H} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,0^{H,k}}$$

$$p^{S,2,H} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 0{,}914\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}85\ kN/m}$$

3.2.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső):

3-as teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,3,Flow+H} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{Flow+H,k}}$$

$$p^{U,3,Flow+H} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 1{,}80\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}63\ kN/m}$$

$$p^{U,3,G+H} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{G+H,k}}$$

$$p^{U,3,G+H} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 1{,}64\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}40\ kN/m}$$

$$p^{U,3,Fup+H} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{Fup+H,k}}$$

$$p^{U,3,Fup+H} = 1{,}00 * 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 1{,}96\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}87\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,3,Flow+H} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,90^{Flow+H,k}}$$

$$p^{S,3,Flow+H} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}80\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}73\ kN/m}$$

$$p^{S,3,G+H} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,90^{G+H,k}}$$

$$p^{S,3,G+H} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}64\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}57\ kN/m}$$

$$p^{S,3,Fup+H} = p_{g^k} - p_{w,e,sz,90^{Fup+H,k}}$$

$$p^{S,3,Fup+H} = 0{,}068\,\text{kN/m} - 1{,}96\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}89\ kN/m}$$

3.2.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Mértékadó teherkombináció: 1.teherkombináció

önsúly+ hó+szélnyomás (keresztirányú-külső)

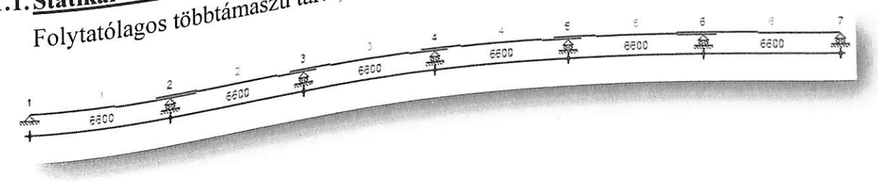
Alkalmazandó szelvény: **LTP 45/0,5**

4. Z SZELEMEN MÉRETEZÉSE:

4.1. FŐHAJÓ Z szelemen méretezése:

4.1.1. Statikai váz:

Folytatólagos többtámaszú tartó, melynek támaszai a főtartó keret gerendái.



4.1.2. Keresztmetszet:

Szelvény: Z200

4.1.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1,236 m

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

4.1.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1,236 m

Rétegrend :

- Külső trapézlemez LTP 45/0,5 $g_{KTL^k} = 0{,}048\ \mathrm{kN/m^2}$
- Párazáró fólia $g_{f^k} = 0{,}014\ \mathrm{kN/m^2}$
- Hőszigetelés 15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ \mathrm{kN/m^2}$
- Belső trapézlemez LTP 20/0,7 $g_{bTL^k} = 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2}$

$g_{z^k} = 0{,}0724\ \mathrm{kN/m}$ Z 200/2,5

$p_{g^k} = \left[t * (g_{KTL^k} + g_{bTL^k} + g_{f^k} + g_{hsz^k})\right] + g_{z^k}$

$p_{g^k} = [1{,}236\ \mathrm{m} * (0{,}048\ \mathrm{kN/m^2} + 0{,}068\ \mathrm{kN/m^2} + 0{,}014\ \mathrm{kN/m^2} + 0{,}015\ \mathrm{kN/m^2})] + 0{,}0724\ \mathrm{kN/m}$

$p_{g^k} = \mathbf{0{,}25 kN/m}$

4.1.3.2. Hóteher:

γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,50

t=1,236 m

$s = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{s^k} = s * t$

$p_{s^k} = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 1{,}236\ \mathrm{m} = \mathbf{1{,}24\ kN/m}$

4.1.3.3. Szélteher:

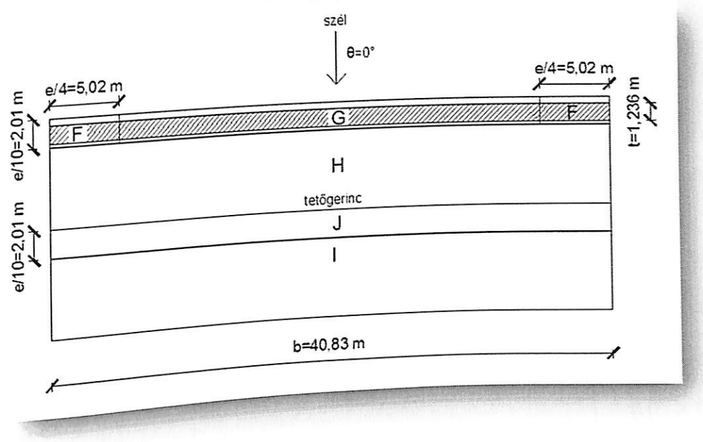
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1,236 m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

4.1.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső:



F zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^F}$$

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -1{,}54 = \mathbf{-1{,}84\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^F}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}05\ kN/m}$$

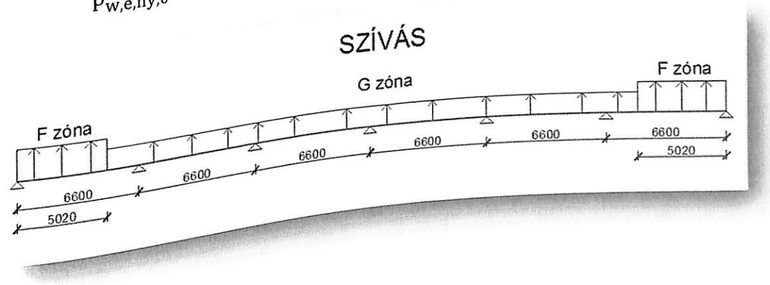
G zóna:

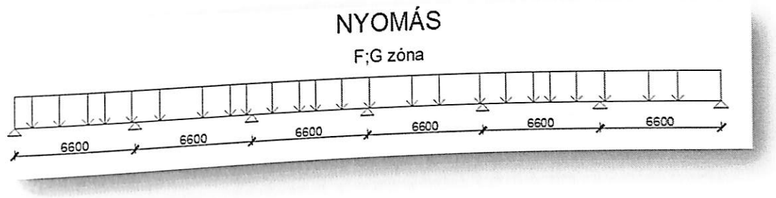
$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^G}$$

$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -1{,}12 = \mathbf{-1{,}34\ kN/m}$$

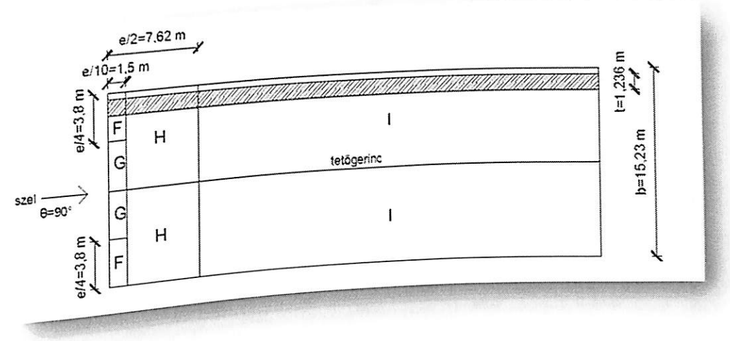
$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^G}$$

$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}05\ kN/m}$$





4.1.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső:



F zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^F}$$

$$p_{w,e,sz,90^{F,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -1{,}54 = \mathbf{-1{,}84\ kN/m}$$

H zóna:

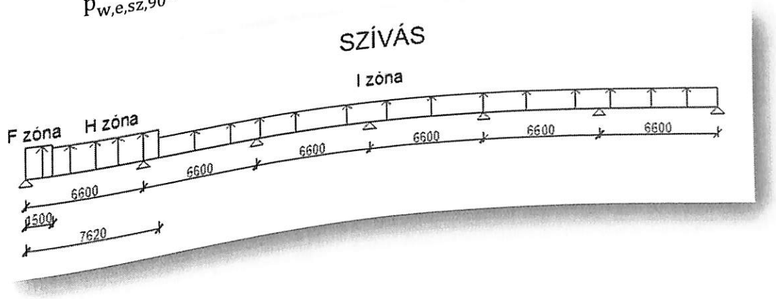
$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^H}$$

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -0{,}68 = \mathbf{-0{,}81kN/m}$$

I zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^I}$$

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -0{,}58 = \mathbf{-0{,}69kN/m}$$



4.1.3.3.3. Szélteher belső nyomás-szívás:

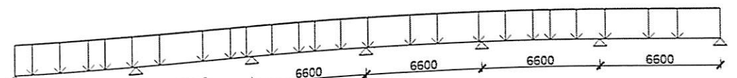
$$p_{w,i,sz}{}^{k} = t * q_p * C_{pi,sz}$$

$$p_{w,i,sz}{}^{k} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * -0{,}3 = \mathbf{-0{,}36kN/m}$$

$$p_{w,i,ny}{}^{k} = t * q_p * C_{pi,ny}$$

$$p_{w,i,ny}{}^{k} = 1{,}236\text{m} * 0{,}965\,\text{kN/m}^2 * +0{,}2 = \mathbf{+0{,}24\ kN/m}$$

SZÍVÁS



NYOMÁS

4.1.4. Teherkombinációk:

4.1.4.1. Önsúly+ hó+szélnyomás(keresztirányú-külső+belső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_g{}^{k} + \gamma_s * p_s{}^{k} + \psi_{o,w} * \gamma_w * (p_{w,e,ny,0}{}^{k} + p_{w,i,sz}{}^{k})$$

$$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}25\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 1{,}24\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}05\,\text{kN/m} + 0{,}36\,\text{kN/m})$$

$$p^{U,1} = \mathbf{+2{,}57\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,1} = p_g{}^{k} + p_s{}^{k} + \psi_{o,w} * (p_{w,e,ny,0}{}^{k} + p_{w,i,sz}{}^{k})$$

$$p^{S,1} = 0{,}25\,\text{kN/m} + 1{,}24\,\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}05\,\text{kN/m} + 0{,}36\,\text{kN/m})$$

$$p^{S,1} = \mathbf{+1{,}74\ kN/m}$$

4.1.4.2. Önsúly+szélszívás (keresztirányú-külső+belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_g{}^{k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,0}{}^{F,k} + p_{w,i,ny}{}^{k})$$

$$p^{U,2,F} = 1{,}00 * 0{,}25\,\text{kN/m} - 1{,}5 * (1{,}84\,\text{kN/m} + 0{,}24\,\text{kN/m})$$

$$p^{U,2,F} = \mathbf{-2,87\ kN/m}$$

$$p^{U,2,G} = \gamma_{G,inf} * p_g{}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,0}{}^{G,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{U,2,G} = 1{,}00 * 0{,}25\,kN/m - 1{,}5 * (1{,}34\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{U,2,G} = \mathbf{-2,12\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2,F} = p_g{}^k - (p_{w,e,sz,0}{}^{F,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{S,2,F} = 0{,}25\,kN/m - (1{,}84\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{S,2,F} = \mathbf{-1,83\ kN/m}$$

$$p^{S,2,G} = p_g{}^k - (p_{w,e,sz,0}{}^{G,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{S,2,G} = 0{,}25\,kN/m - (1{,}34\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{S,2,G} = \mathbf{-1,33\ kN/m}$$

4.1.4.3. Önsúly+szélszívás (hosszirányú-külső+belső):

3-as teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,3,F} = \gamma_{G,inf} * p_g{}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}{}^{F,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{U,3,F} = 1{,}00 * 0{,}25\,kN/m - 1{,}5 * (1{,}84\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{U,3,F} = \mathbf{-2,87\ kN/m}$$

$$p^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_g{}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}{}^{H,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{U,3,H} = 1{,}00 * 0{,}25\,kN/m - 1{,}5 * (0{,}81\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{U,3,H} = \mathbf{-1,33\ kN/m}$$

$$p^{U,3,I} = \gamma_{G,inf} * p_g{}^k - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90}{}^{I,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{U,3,I} = 1{,}00 * 0{,}25\,kN/m - 1{,}5 * (0{,}69\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{U,3,I} = \mathbf{-1,15\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,3,F} = p_g{}^k - (p_{w,e,sz,90}{}^{F,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{S,3,F} = 0{,}25\,kN/m - (1{,}84\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{S,3,F} = \mathbf{-1,83\ kN/m}$$

$$p^{S,3,H} = p_g{}^k - (p_{w,e,sz,90}{}^{H,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{S,3,H} = 0{,}25\,kN/m - (0{,}81\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{S,3,H} = \mathbf{-0,8\ kN/m}$$

$$p^{S,3,I} = p_g{}^k - (p_{w,e,sz,90}{}^{I,k} + p_{w,i,ny}{}^k)$$

$$p^{S,3,I} = 0{,}25\,kN/m - (0{,}69\,kN/m + 0{,}24\,kN/m)$$

$$p^{S,3,I} = \mathbf{-0,68\ kN/m}$$

4.1.5. Méretezés:

Z szelemen méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

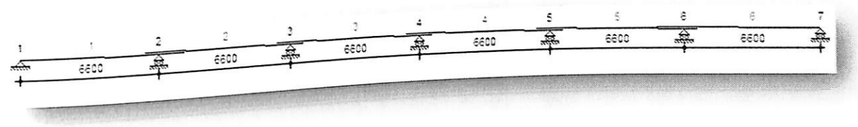
Mértékadó teherkombináció: 1-es teherkombináció
önsúly+ hó+szélnyomás(keresztirányú-külső+belső)

Alkalmazandó szelvény: **Z 200/2,0**

4.2. MELLÉKHAJÓK Z szelemen méretezése:

4.2.1. Statikai váz:

Folytatólagos többtámaszú tartó, melynek támaszai a főtartó keret gerendái.



4.2.2. Keresztmetszet:

Szelvény: Z 200

4.2.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: változó

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

4.2.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

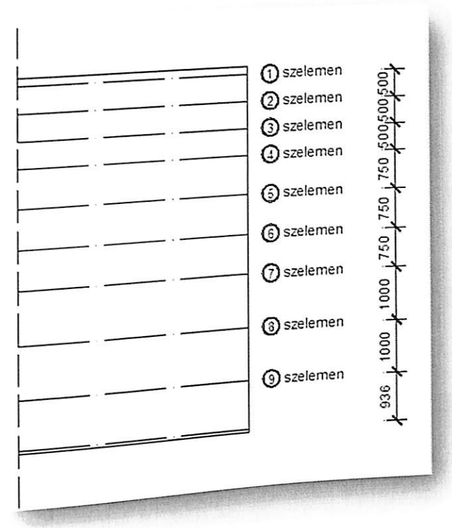
t=változó

Rétegrend :

- Külső trapézlemez LTP 45/0,5 — $g_{KTL^k} = 0{,}048\ kN/m^2$
- Párazáró fólia — $g_{f^k} = 0{,}014\ kN/m^2$
- Hőszigetelés 15 cm vastag üveggyapot — $g_{hsz^k} = 0{,}015\ kN/m^2$
- Belső trapézlemez LTP 20/0,7 — $g_{bTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$

Z 200/2,5

$g_{z^k} = 0{,}0724\ kN/m$



$p_{g^k} = (t * g_{\text{rétegrend}^k}) + g_{z^k}$

1. *szelemen:*
   $p_{g^{1,k}} = (0{,}45\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,142\ kN/m}$
2. *szelemen= 3. szelemen:*
   $p_{g^{2-3,k}} = (0{,}5\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,15\ kN/m}$
4. *szelemen:*
   $p_{g^{4,k}} = (0{,}625\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,17\ kN/m}$
5. *szelemen= 6. szelemen:*
   $p_{g^{5-6,k}} = (0{,}75\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,19\ kN/m}$
7. *szelemen:*
   $p_{g^{7,k}} = (0{,}875\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,21\ kN/m}$
8. *szelemen:*
   $p_{g^{8,k}} = (1\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,23\ kN/m}$
9. *szelemen:*
   $p_{g^{9,k}} = (0{,}968\ \text{m} * 0{,}155\ \text{kN/m}^2) + 0{,}0724\ \text{kN/m} = \mathbf{0,222\ kN/m}$

4.2.3.2. <u>Hóteher:</u>

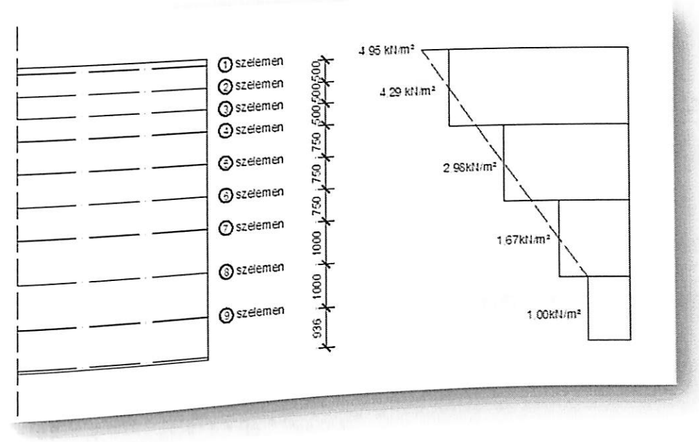
γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,50

t=változó

$s = 1{,}00\ \text{kN/m}^2$

$s_{\text{hózug}} = 4{,}95\ \text{kN/m}^2$



$p_{sk} = s * t$

1. *szelemen:*
   $p_{s1,k} = 4{,}29\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}45\mathrm{m} = \mathbf{1{,}93\ kN/m}$
2. *szelemen= 3. szelemen:*
   $p_{s2-3,k} = 4{,}29\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}5\mathrm{m} = \mathbf{2{,}15\ kN/m}$
4. *szelemen:*
   $p_{s4,k} = 4{,}29\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}4\mathrm{m} + 2{,}98\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}225\mathrm{m} = \mathbf{2{,}38\ kN/m}$
5. *szelemen= 6. szelemen:*
   $p_{s5-6,k} = 2{,}98\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}75\mathrm{m} = \mathbf{2{,}24\ kN/m}$
7. *szelemen:*
   $p_{s7,k} = 2{,}98\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}075\mathrm{m} + 1{,}67\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}8\mathrm{m} = \mathbf{1{,}56\ kN/m}$
8. *szelemen:*
   $p_{s8,k} = 1{,}67\,\mathrm{kN/m^2} * 1{,}0\mathrm{m} = \mathbf{1{,}67 kN/m}$
9. *szelemen:*
   $p_{s9,k} = 1{,}00\,\mathrm{kN/m^2} * 0{,}968\mathrm{m} = \mathbf{0{,}968\ kN/m}$

4.2.3.3. Szélteher:

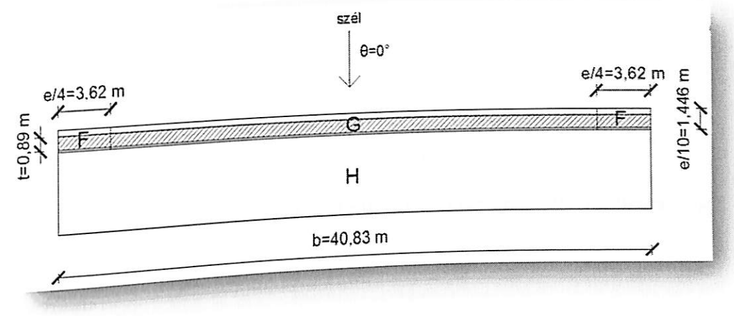
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=változó

$q_p = 0{,}896\,\mathrm{kN/m^2}$

4.2.3.3.1. Szélteher keresztirányú-külső:



F zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^F}$$

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = 0{,}89\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -1{,}54 = \mathbf{-1{,}23\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^F}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = 0{,}89\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}032\ kN/m}$$

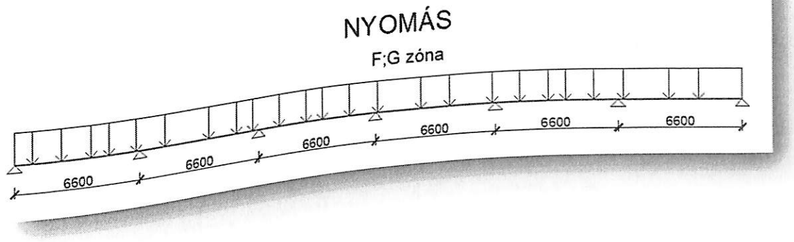
G zóna:

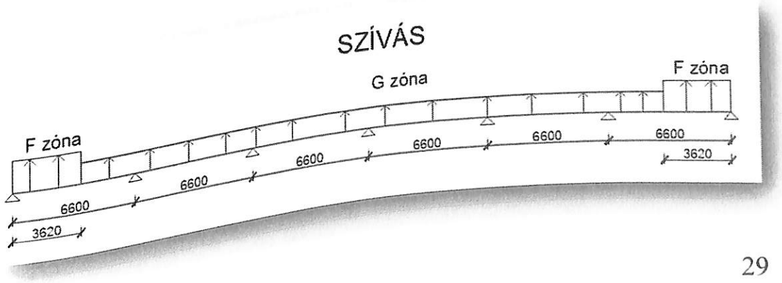
$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^G}$$

$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = 0{,}89\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -1{,}12 = \mathbf{-0{,}89kN/m}$$

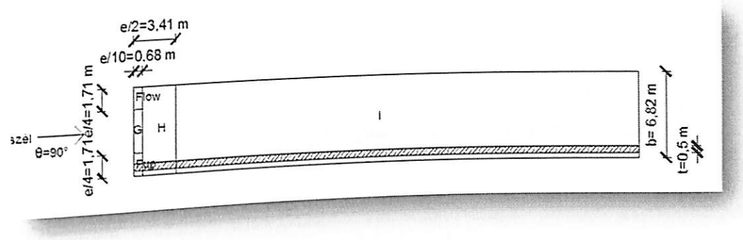
$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^G}$$

$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = 0{,}89\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}032\ kN/m}$$





4.2.3.3.2. Szélteher hosszirányú-külső:



Fup zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^{Fup}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} = 0{,}5\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -2{,}16 = \mathbf{-0{,}97\ kN/m}$$

H zóna:

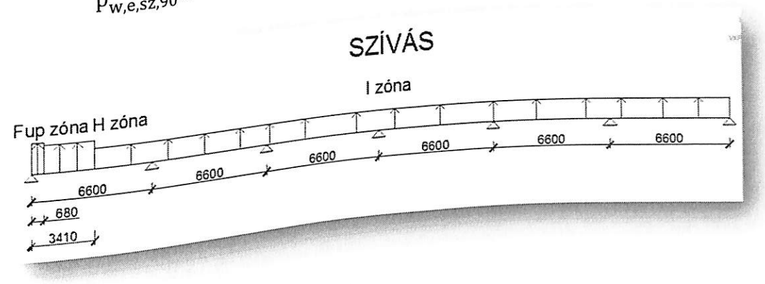
$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^{H}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = 0{,}5\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -0{,}64 = \mathbf{-0{,}29\ kN/m}$$

I zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^{I}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = 0{,}5\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -0{,}54 = \mathbf{-0{,}24\ kN/m}$$



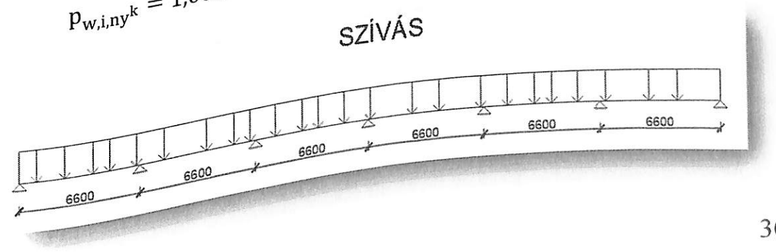
4.2.3.3.3. Szélteher belső nyomás-szívás:

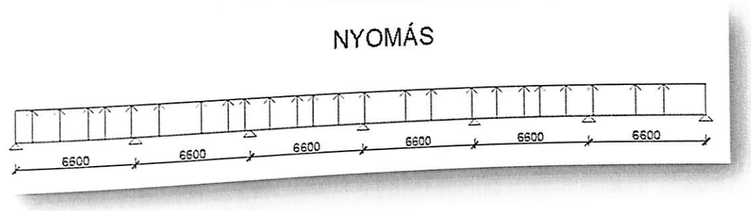
$$p_{w,i,sz^{k}} = t * q_p * C_{pi,sz}$$

$$p_{w,i,sz^{k}} = 1{,}00\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * -0{,}3 = \mathbf{-0{,}27 kN/m}$$

$$p_{w,i,ny^{k}} = t * q_p * C_{pi,ny}$$

$$p_{w,i,ny^{k}} = 1{,}00\text{m} * 0{,}896\,\text{kN/m}^2 * +0{,}2 = \mathbf{+0{,}18\ kN/m}$$





4.2.4. Teherkombinációk:

4.2.4.1. Önsúly+hó+szélnyomás(keresztirányú-külső+belső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g^k} + \gamma_s * p_{s^k} + \gamma_w * \psi_{o,w} * (p_{w,e,ny,0^k} + p_{w,i,sz^k})$$

$$p^{1,U,1} = 1{,}35 * 0{,}142\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 1{,}93\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{1,U,1} = \mathbf{3{,}36\ kN/m}$$

$$p^{2-3,U,1} = 1{,}35 * 0{,}15\,\text{kN/m} + 1{,}5 * \frac{2{,}15\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{2-3,U,1} = \mathbf{3{,}7\ kN/m}$$

$$p^{4,U,1} = 1{,}35 * 0{,}17\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 2{,}38\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{4,U,1} = \mathbf{4{,}07\ kN/m}$$

$$p^{5-6,U,1} = 1{,}35 * 0{,}19\,\text{kN/m} + 1{,}5 * \frac{2{,}24\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{5-6,U,1} = \mathbf{3{,}89\ kN/m}$$

$$p^{7,U,1} = 1{,}35 * 0{,}21\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 1{,}56\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{7,U,1} = \mathbf{2{,}90\ kN/m}$$

$$p^{8,U,1} = 1{,}35 * 0{,}23\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 1{,}67\text{kN/m} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{8,U,1} = \mathbf{3{,}09\ kN/m}$$

$$p^{9,U,1} = 1{,}35 * 0{,}222\,\text{kN/m} + 1{,}5 * 0{,}968\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}6 * 1{,}5 * (0{,}032\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{9,U,1} = \mathbf{2{,}02\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,1} = p_{g^k} + p_{s^k} + \psi_{o,w} * (p_{w,e,ny,0^k} + p_{w,i,sz^k})$$

$$p^{1,S,1} = 0{,}142\,\text{kN/m} + 1{,}93\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{1,S,1} = \mathbf{2{,}25\ kN/m}$$

$$p^{2-3,S,1} = 0{,}15\,\text{kN/m} + 2{,}15\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{2-3,S,1} = \mathbf{2{,}48\ kN/m}$$

$$p^{4,S,1} = 0{,}17\,\text{kN/m} + 2{,}38\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{4,S,1} = \mathbf{2{,}73\ kN/m}$$

$$p^{5-6,S,1} = 0{,}19\,\text{kN/m} + 2{,}24\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{5-6,S,1} = \mathbf{2{,}61\ kN/m}$$

$$p^{7,S,1} = 0{,}21\,\text{kN/m} + 1{,}56\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{7,S,1} = \mathbf{1{,}95\ kN/m}$$

$$p^{8,S,1} = 0{,}23\,\text{kN/m} + 1{,}67\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{8,S,1} = \mathbf{2{,}08\ kN/m}$$

$$p^{9,S,1} = 0{,}222\,\text{kN/m} + 0{,}968\text{kN/m} + 0{,}6 * (0{,}032\,\frac{\text{kN}}{\text{m}} + 0{,}27\,\frac{\text{kN}}{\text{m}})$$

$$p^{9,S,1} = \mathbf{1{,}37\ kN/m}$$

4.2.4.2. Önsúly+szélszívás(keresztirányú-külső+belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2,F} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,0^{F,k}} + p_{w,i,ny^k})$$

$$p^{U,2,F} = 1{,}00 * 0{,}222\,\text{kN/m} - 1{,}5 * (1{,}23\,\text{kN/m} + 0{,}18\,\text{kN/m})$$

$$p^{U,2,F} = \mathbf{-1{,}89\ kN/m}$$

$$p^{U,2,G} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,0^{G,k}} + p_{w,i,ny^k})$$

$$p^{U,2,G} = 1{,}00 * 0{,}222\,\text{kN/m} - 1{,}5 * (0{,}89\,\text{kN/m} + 0{,}18\,\text{kN/m})$$

$$p^{U,2,G} = \mathbf{-1{,}38\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2,F} = p_{g^k} - (p_{w,e,sz,0^{F,k}} + p_{w,i,ny^k})$$

$$p^{S,2,F} = 0{,}222\,\text{kN/m} - (1{,}23\,\text{kN/m} + 0{,}18\,\text{kN/m})$$

$$p^{S,2,F} = \mathbf{-1{,}19\ kN/m}$$

$$p^{S,2,G} = p_{g^k} - (p_{w,e,sz,0^{G,k}} + p_{w,i,ny^k})$$

$$p^{S,2,G} = 0{,}222\,\text{kN/m} - (0{,}89\,\text{kN/m} + 0{,}18\,\text{kN/m})$$

$$p^{S,2,G} = \mathbf{-0{,}85\ kN/m}$$

4.2.4.3. Önsúly+szélszívás(hosszirányú-külső+belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,3,Fup} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{U,3,Fup} = 1{,}00 * 0{,}15\,kN/m - 1{,}5 * (0{,}97\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{U,3,Fup} = -1{,}58\,kN/m}$$
$$p^{U,3,H} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{H,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{U,3,H} = 1{,}00 * 0{,}15\,kN/m - 1{,}5 * (0{,}29\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{U,3,H} = -0{,}56\,kN/m}$$
$$p^{U,3,I} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * (p_{w,e,sz,90^{I,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{U,3,I} = 1{,}00 * 0{,}15\,kN/m - 1{,}5 * (0{,}24\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{U,3,I} = -0{,}48\,kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,3,Fup} = p_{g^k} - (p_{w,e,sz,90^{Fup,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{S,3,Fup} = 0{,}15\,kN/m - (0{,}97\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{S,3,Fup} = -1{,}00\,kN/m}$$
$$p^{S,3,H} = p_{g^k} - (p_{w,e,sz,90^{H,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{S,3,H} = 0{,}15\,kN/m - (0{,}29\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{S,3,H} = -0{,}32\,kN/m}$$
$$p^{S,3,I} = p_{g^k} - (p_{w,e,sz,90^{I,k}} + p_{w,i,ny^k})$$
$$p^{S,3,I} = 0{,}15\,kN/m - (0{,}24\,kN/m + 0{,}18\,kN/m)$$
$$\mathbf{p^{S,3,I} = -0{,}27kN/m}$$

4.2.5. Méretezés:

Z szelemen méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Mértékadó teherkombináció: 1-es teherkombináció

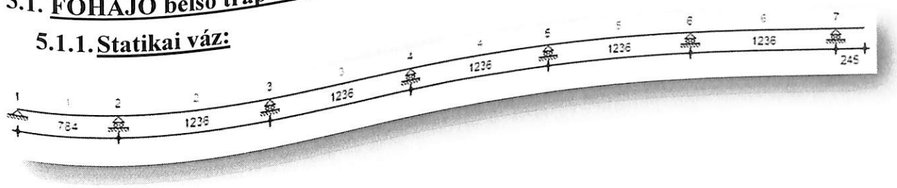
önsúly+ hó+szélnyomás(keresztirányú-külső+belső)

Alkalmazandó szelvény: **Z 200/2,5**

5. BELSŐ TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE:

5.1. FŐHAJÓ belső trapézlemez méretezése:

5.1.1. Statikai váz:



5.1.2. Keresztmetszet:

LTP 20/0,7

5.1.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1,00 m

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

5.1.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1,00 m

Rétegrend :

- Hőszigetelés
  15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ kN/m^2$
- Belső trapézlemez
  LTP 20/0,7 $g_{bTL^k} = 0{,}068\ kN/m^2$
- Z szelemen
  Z 200/2,0 $g_{z^k} = 0{,}0579\ kN/m$

$$p_{g^k} = [t * (g_{bTL^k} + g_{hsz^k})] + g_{z^k}$$

$$p_{g^k} = [1{,}00\ m * (0{,}068 kN/m^2 + 0{,}015 kN/m^2)] + 0{,}0579 kN/m$$

$$\mathbf{p_{g^k} = 0{,}14\ kN/m}$$

5.1.3.2. Szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1,00 m

$q_p = 0{,}965\ kN/m^2$

$$p_{w,i,ny^k} = t * q_p * C_{pi,ny}$$

$$p_{w,i,ny^k} = 1{,}00m * 0{,}965\ kN/m^2 * +0{,}2$$

$$\mathbf{p_{w,i,ny^k} = +0{,}193\ kN/m}$$

$$p_{w,i,sz^k} = t * q_p * C_{pi,sz}$$

$$p_{w,i,sz^k} = 1{,}00m * 0{,}965\ kN/m^2 * -0{,}3$$

$$\mathbf{p_{w,i,sz^k} = -0{,}29\ kN/m}$$

5.1.4. Teherkombinációk:

5.1.4.1. Önsúly +szélnyomás(belső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g^k} + \gamma_w * p_{w,i,ny^k}$$

$$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}14\ kN/m + 1{,}5 * 0{,}193\ kN/m$$

$$\mathbf{p^{U,1} = +0{,}479\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,1} = p_{g^k} + p_{w,i,ny^k}$$

$$p^{S,1} = 0{,}14\ kN/m + 0{,}193\ kN/m$$

$$\mathbf{p^{S,1} = +0{,}33\ kN/m}$$

5.1.4.2. Önsúly +szélszívás(belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - * \gamma_w * p_{w,i,sz^k}$$

$$p^{U,2} = 1{,}00 * 0{,}14\,\text{kN/m} - 1{,}5 * 0{,}29\,\text{kN/m}$$

$$p^{U,2} = \mathbf{-0{,}3\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2} = p_{g^k} - \psi_{o,w} * p_{w,i,sz^k}$$

$$p^{S,2} = 0{,}14\,\text{kN/m} - 0{,}29\,\text{kN/m}$$

$$p^{S,2} = \mathbf{-0{,}15\ kN/m}$$

5.1.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

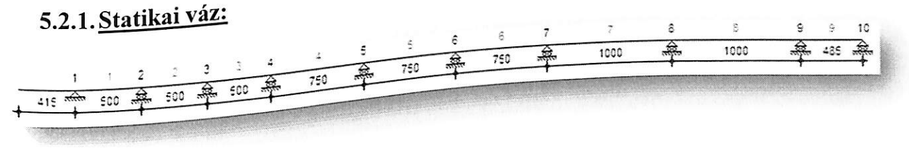
Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Mértékadó teherkombináció: 1-es teherkombináció
önsúly+szélnyomás(belső)

Alkalmazandó szelvény: **LTP 20/0,4**

5.2. MELLÉKHAJÓ belső trapézlemez méretezése:

5.2.1. Statikai váz:



5.2.2. Keresztmetszet:

LTP 20/0,7

5.2.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1,00 m

Tetőhajlás: 7°< 10° A terhek redukálása biztonság javára elhanyagolható.

5.2.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1,00 m

Rétegrend :

- Hőszigetelés
  15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ \text{kN/m}^2$
- Belső trapézlemez
  LTP 20/0,7 $g_{bTL^k} = 0{,}068\ \text{kN/m}^2$
- Z szelemen
  Z 200/2,5 $g_{z^k} = 0{,}0724\ \text{kN/m}$

$$p_{g^k} = [t * (g_{bTL^k} + g_{hsz^k})] + g_{z^k}$$
$$p_{g^k} = [1{,}00\ \text{m} * (0{,}068\text{kN/m}^2 + 0{,}015\text{kN/m}^2)] + 0{,}0724\text{kN/m}$$
$$\mathbf{p_{g^k} = 0{,}16\ kN/m}$$

5.2.3.2. Szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1,00 m

$q_p = 0{,}896\ \text{kN/m}^2$

$$p_{w,i,ny^k} = t * q_p * C_{pi,ny}$$
$$p_{w,i,ny^k} = 1{,}00\text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * +0{,}2$$
$$\mathbf{p_{w,i,ny^k} = +0{,}18\ kN/m}$$
$$p_{w,i,sz^k} = t * q_p * C_{pi,sz}$$
$$p_{w,i,sz^k} = 1{,}00\text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * -0{,}3$$
$$\mathbf{p_{w,i,sz^k} = -0{,}27\ kN/m}$$

5.2.4. Teherkombinációk:

5.2.4.1. Önsúly +szélnyomás(belső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,1} = \gamma_{G,sup} * p_{g^k} + \gamma_w * p_{w,i,ny^k}$$
$$p^{U,1} = 1{,}35 * 0{,}16\ \text{kN/m} + 1{,}5 * 0{,}18\ \text{kN/m}$$
$$\mathbf{p^{U,1} = 0{,}486\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,1} = p_{g^k} + p_{w,i,ny^k}$$
$$p^{S,1} = 0{,}16\ \text{kN/m} + 0{,}18\ \text{kN/m}$$
$$\mathbf{p^{S,1} = 0{,}34\ kN/m}$$

5.2.4.2. Önsúly +szélszívás(belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$$p^{U,2} = \gamma_{G,inf} * p_{g^k} - \gamma_w * p_{w,i,sz^k}$$
$$p^{U,2} = 1{,}00 * 0{,}16\ \text{kN/m} - 1{,}5 * 0{,}27\ \text{kN/m}$$
$$\mathbf{p^{U,2} = -0{,}25\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot)

$$p^{S,2} = p_{g^k} - p_{w,i,sz^k}$$
$$p^{S,2} = 0{,}16\ \text{kN/m} - 0{,}27\ \text{kN/m}$$
$$\mathbf{p^{S,2} = -0{,}11\ kN/m}$$

5.2.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

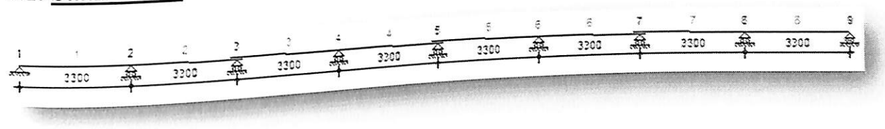
Számítási eredmény: 1-es számítási melléklet

Mértékadó teherkombináció: Számítási melléklet (Dimroof)
önsúly+szélnyomás(belső)

Alkalmazandó szelvény: **LTP 20/0,4**

6. FÖDÉM TRAPÉZLEMEZ MÉRETEZÉSE:

6.1. Statikai váz:



6.2. Keresztmetszet:

LTP 85/1,5

6.3. Tehermodell:

6.3.1. Állandó teher:

6.3.1.1. Önsúly, rétegrend:

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1,00 m

Rétegrend:

Anyag neve	Vastagság [mm]	Térfogatsúly [kN/m³]	Súly[kN/m²]
PVC padlólap	20	17	0,34
Flexibilis ragasztó réteg			
OSB lap	20	6,8	0,136
POLIFOAM úsztató réteg	5	0,3	0,0015
betonfödém réteg	50	24	1,2
		$\Sigma\, g_{rétegrend^k}$	1,68

LTP 85/1,5 $\rightarrow$ $g_{T^k} = 0{,}161\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{g^k} = t * (\Sigma\, g_{rétegrend^k} + g_{T^k})$

$p_{g^k} = 1{,}00\ \mathrm{m} * (1{,}68\ \mathrm{kN/m^2} + 0{,}161\ \mathrm{kN/m^2})$

$p_{g^k} = \mathbf{1{,}84\ kN/m}$

6.3.1.2. Válaszfal teher:

A válaszfalak terhét helyettesítő teherként vettem figyelembe.

$\gamma_{G,sup}$=1,35

t=1,00 m

$g_{válaszfal^k} = 0{,}5\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{válaszfal^k} = g_{válaszfal^k} * t$

$$p_{válaszfal}{}^{k} = 0{,}5\,\mathrm{kN/m^2} * 1{,}00\mathrm{m}$$

$$p_{válaszfal}{}^{k} = \mathbf{0{,}5\ kN/m}$$

6.3.2. Esetleges teher:

6.3.2.1. Hasznos teher:

γ_Q=1,5

t=1,00 m

$\psi_{o,q}$=0,7

Használati osztály: B (irodák) → $q_k = 3{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$$p_{hasznos}{}^{k} = q_k * t$$

$$p_{hasznos}{}^{k} = 3{,}00\,\mathrm{kN/m^2} * 1{,}00\mathrm{m}$$

$$p_{hasznos}{}^{k} = \mathbf{3{,}00\ kN/m}$$

6.4. Teherkombinációk:

ULS (teherbírási határállapot):

$$p^{U} = \gamma_{G,sup} * \left(p_{g}{}^{k} + p_{válaszfal}{}^{k}\right) + \gamma_Q * p_{hasznos}{}^{k}$$

$$p^{U} = 1{,}35 * (1{,}84\,\mathrm{kN/m} + 0{,}5\,\mathrm{kN/m}) + 1{,}5 * 3{,}00\,\mathrm{kN/m}$$

$$p^{U} = \mathbf{7{,}66\ kN/m}$$

SLS (használhatósági határállapot):

$$p^{S} = \left(p_{g}{}^{k} + p_{válaszfal}{}^{k}\right) + p_{hasznos}{}^{k}$$

$$p^{S} = (1{,}84\,\mathrm{kN/m} + 0{,}5\,\mathrm{kN/m}) + 3{,}00\,\mathrm{kN/m}$$

$$p^{S} = \mathbf{5{,}34\ kN/m}$$

6.5. Méretezés:

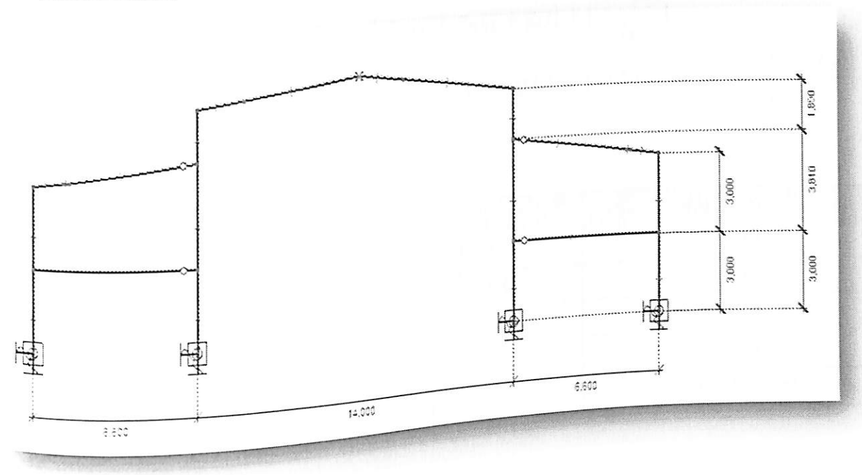
Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Alkalmazandó szelvény: **LTP 85/1,5**

7. FŐTARTÓ KERET MÉRETEZÉSE:

7.1. Statikai váz:



7.2. Anyagminőség:

S 235

7.3. Keresztmetszet:

Keretgerenda: IPE 330
Keretoszlop: HEA 300
Födémgerenda: IPE 330

7.4. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 6,6 m

7.4.1. Állandó teher:

7.4.1.1. Keret önsúly:

$\gamma_{G,inf}$=1,00
$\gamma_{G,sup}$=1,35
Meghatározása AXIS programmal.

7.4.1.2. Burkolat önsúly:

$\gamma_{G,inf}$=1,00
$\gamma_{G,sup}$=1,35
Főhajó:

Anyag neve	Súly [kN/m^2]
Külső trapézlemez LTP 45/0,5	0,048
Belső trapézlemez LTP 20/0,4	0,039
Hőszigetelés	0,015
Párazáró fólia	0,014

Z szelemen Z200/2,0	0,0579 kN/m

t= 6,6 m

t_z=1,236 m

$$p_{burkolat^k} = [t * (g_{kTl} + g_{bTL} + g_{HSZ} + g_f)] + [\frac{(t * g_z)}{t_z}]$$

$$p_{burkolat^k} = [6,6 * (0,048 + 0,039 + 0,015 + 0,014)] + [\frac{(6,6 * 0,0579)}{1,236}]$$

$$p_{burkolat^k} = \mathbf{1,07\ kN/m}$$

Mellékhajók:

Anyag neve	Súly [kN/m^2]
Külső trapézlemez LTP 45/0,5	0,048
Belső trapézlemez LTP 20/0,4	0,039
Hőszigetelés	0,015
Párazáró fólia	0,014
Z szelemen Z200/2,5	0,0724 kN/m

t= 6,6 m

t_z=1,00 m

$$p_{burkolat^k} = [t * (g_{kTl} + g_{bTL} + g_{HSZ} + g_f)] + [\frac{(t * g_z)}{t_z}]$$

$$p_{burkolat^k} = [6,6 * (0,048 + 0,039 + 0,015 + 0,014)] + [\frac{(6,6 * 0,0724)}{1,00}]$$

$$p_{burkolat^k} = \mathbf{1,24\ kN/m}$$

Födém:

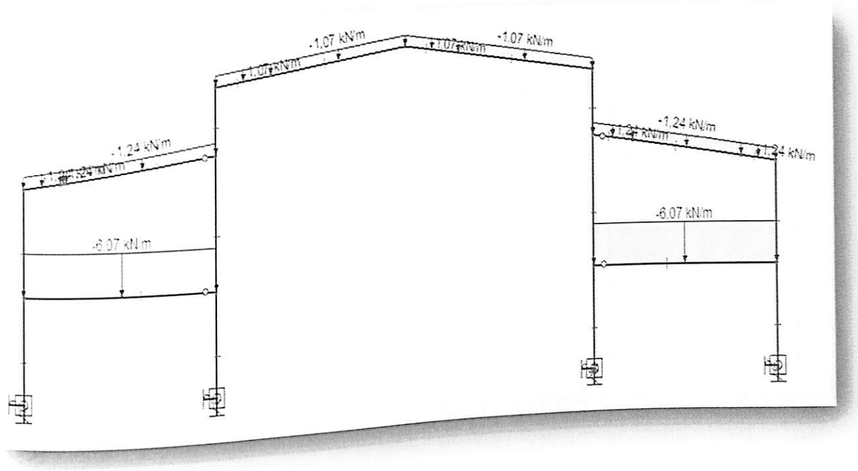
Anyag neve	Súly [kN/m^2]
PVC padlólap	0,34
Flexibilis ragasztóréteg	
OSB lap	0,136
POLIFOAM úsztató réteg	0,0015
Betonfödém réteg	1,2
Trapézlemez LTP 85/1,5	0,161
$\Sigma\, g_{rétegrend^k}$	1,84

t= 3,3m

$$p_{burkolat^k} = t * \Sigma\, g_{rétegrend^k}$$

$$p_{burkolat^k} = 3,3\text{m} * 1,84\ \text{kN/m}^2$$

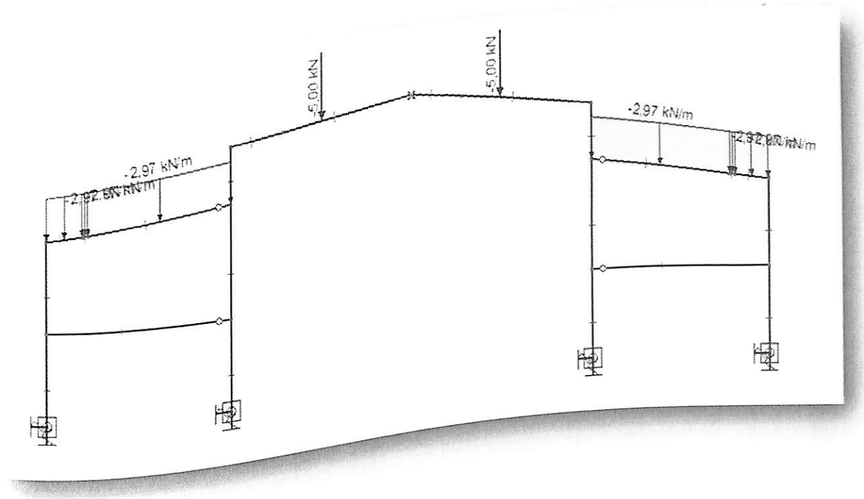
$$p_{burkolat^k} = \mathbf{6,07\ kN/m}$$



7.4.1.3. Állandó jellegű hasznos teher: (Gépészeti teher)

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35



7.4.1.4. Válaszfal teher:

$\gamma_{G,inf}$=1,00

$\gamma_{G,sup}$=1,35

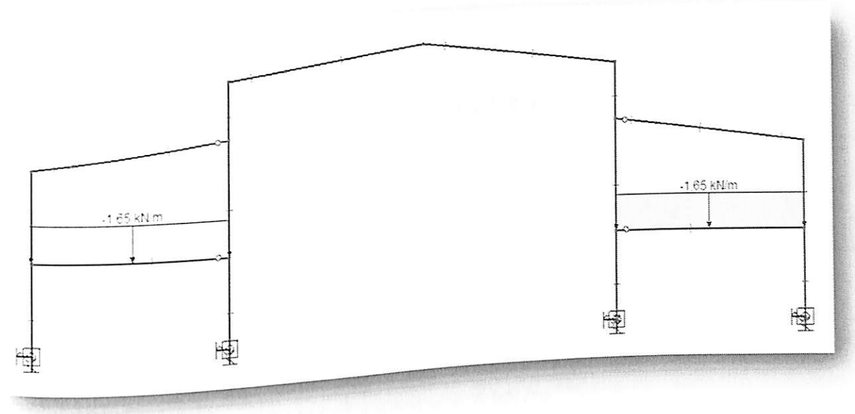
t=3,3 m

$g_{válaszfal}{}^{k} = 0{,}5\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{válaszfal}{}^{k} = g_{válaszfal}{}^{k} * t$

$p_{válaszfal}{}^{k} = 0{,}5\ \mathrm{kN/m^2} * 3{,}3\ \mathrm{m}$

$$p_{válaszfal}{}^{k} = \mathbf{1,65\ kN/m}$$



7.4.2. Esetleges teher:

7.4.2.1. Hasznos teher:

γ_Q=1,5

t=3,3 m

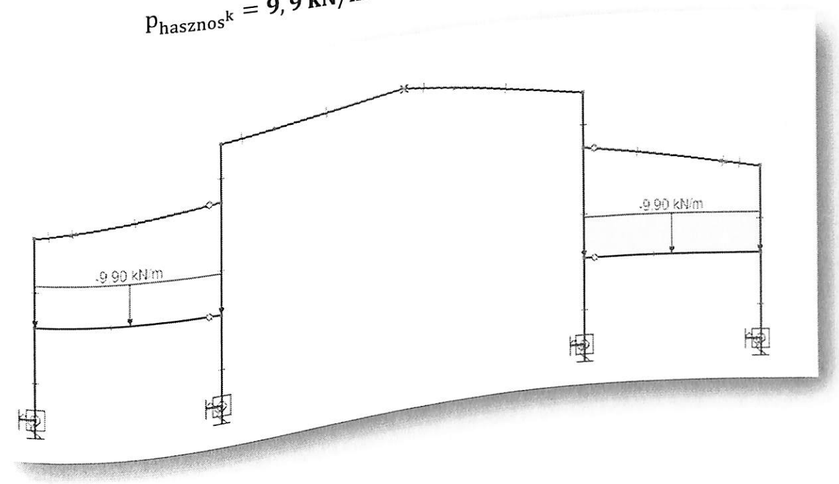
$\psi_{o,q}$=0,7

$q_k = 3{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{hasznos}{}^{k} = q_k * t$

$p_{hasznos}{}^{k} = 3{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 3{,}3\ \mathrm{m}$

$p_{hasznos}{}^{k} = \mathbf{9,9\ kN/m}$



7.4.2.2. Hóteher:

Főhajó:

γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,5

t=6,6 m

$s = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{sk} = s * t$

$p_{sk} = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 6{,}6\mathrm{m} = \mathbf{6{,}6\ kN/m}$

Mellékhajók:

γ_s=1,50

$\psi_{o,s}$=0,5

t=6,6 m

$s = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2}$

$s_{hózug} = 4{,}95\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{sk} = s * t$

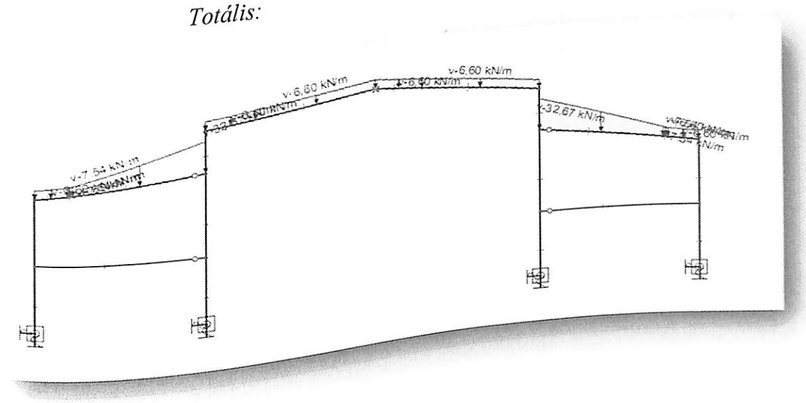
$p_{sk} = 1{,}00\ \mathrm{kN/m^2} * 6{,}6\mathrm{m} = \mathbf{6{,}6\ kN/m}$

$p_{s,hózug} = s_{hózug} * t$

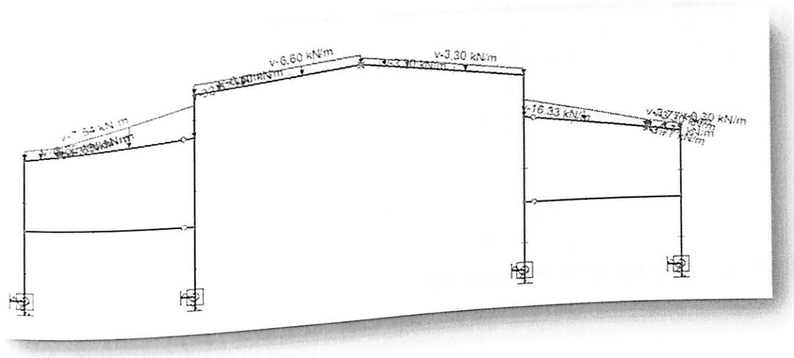
$p_{s,hózug} = 4{,}95\ \mathrm{kN/m^2} * 6{,}6\mathrm{m} = \mathbf{32{,}67\ kN/m}$

Hóteher esetek:

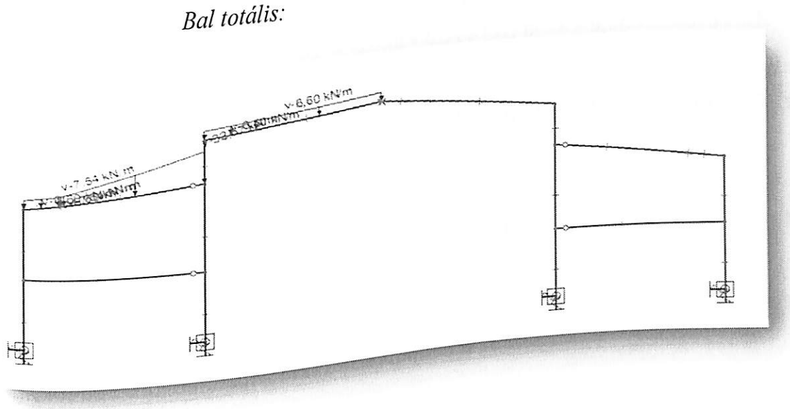
Totális:



Parciális:



Bal totális:



7.4.2.3. <u>Szélteher:</u>

7.4.2.3.1. <u>Főhajó tetőre ható szélteher:</u>

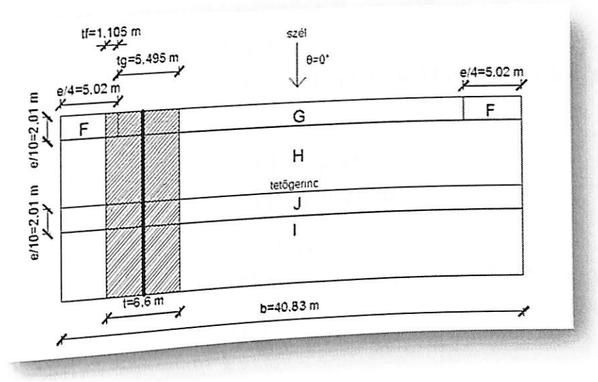
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=6,6 m

$q_p = 0{,}965\ kN/m^2$

<u>Tető szélteher keresztirányú külső:</u>



I zóna:

$$p_{w,e,sz1,0^{I,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz1^I}$$

$$p_{w,e,sz1,0^{I,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}56 = \mathbf{-3{,}57\ kN/m}$$

$$p_{w,e,sz2,0^{I,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz2^I}$$

$$p_{w,e,sz2,0^{I,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}48 = \mathbf{-3{,}06\ kN/m}$$

J zóna:

$$p_{w,e,sz1,0^{J,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz1^J}$$

$$p_{w,e,sz1,0^{J,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}04 = \mathbf{-0{,}25\ kN/m}$$

$$p_{w,e,sz2,0^{J,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz2^J}$$

$$p_{w,e,sz2,0^{J,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}48 = \mathbf{-3{,}06\ kN/m}$$

H zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^H}$$

$$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}54 = \mathbf{-3{,}44\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^H}$$

$$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}25\ kN/m}$$

F zóna:

$t_F = 1{,}105$ m

$$p_{w,e,sz,0^{F,K}} = t_F * q_p * C_{pe,10,sz^F}$$

$$p_{w,e,sz,0^{F,k}} = 1{,}105\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -1{,}54 = \mathbf{-1{,}64\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = t_F * q_p * C_{pe,10,ny^F}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F,k}} = 1{,}105\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}04\ kN/m}$$

G zóna:

$t_G = 5{,}495$ m

$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = t_G * q_p * C_{pe,10,sz^G}$$

$$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = 5{,}495\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -1{,}12 = \mathbf{-5{,}94\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = t_G * q_p * C_{pe,10,ny^G}$$

$$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = 5{,}495\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}21\ kN/m}$$

F+G zóna:

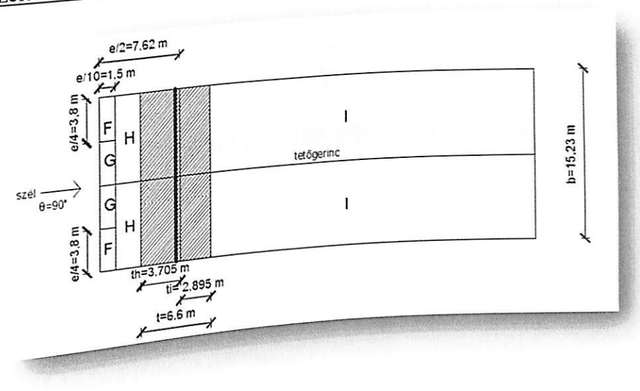
$$p_{w,e,sz,0^{F+G,k}} = p_{w,e,sz,0^{F,k}} + p_{w,e,sz,0^{G,k}}$$

$$p_{w,e,sz,0^{F+G,k}} = -1{,}64\ \text{kN/m} - 5{,}94\ \text{kN/m} = \mathbf{-7{,}58\ kN/m}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F+G,k}} = p_{w,e,ny,0^{F,k}} + p_{w,e,ny,0^{G,k}}$$

$$p_{w,e,ny,0^{F+G,k}} = +0{,}04\ \text{kN/m} + 0{,}21\ \text{kN/m} = \mathbf{+0{,}25\ kN/m}$$

Tető szélteher hosszirányú külső:



H zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = t_H * q_p * C_{pe,10,sz^H}$$

$$p_{w,e,sz,90^{H,k}} = 3{,}705\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}68 = \mathbf{-2{,}43\ kN/m}$$

I zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = t_I * q_p * C_{pe,10,sz^I}$$

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = 2{,}895\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}58 = \mathbf{-1{,}62\ kN/m}$$

H+I zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{H+I,k}} = p_{w,e,sz,90^{H,k}} + p_{w,e,sz,90^{I,k}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{H+I,k}} = -2{,}43\ \text{kN/m} - 1{,}62\ \text{kN/m} = \mathbf{-4{,}05\ kN/m}$$

Szélteher belső nyomás:

$$p_{w,i,ny^k} = t * q_p * C_{pi,ny}$$

$$p_{w,i,ny^k} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +0{,}2 = \mathbf{+1{,}27\ kN/m}$$

Szélteher belső szívás:

$$p_{w,i,sz^k} = t * q_p * C_{pi,sz}$$

$$p_{w,i,sz^k} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}3 = \mathbf{-1{,}91\ kN/m}$$

7.4.2.3.2. Mellékhajók tetőire ható szélteher:

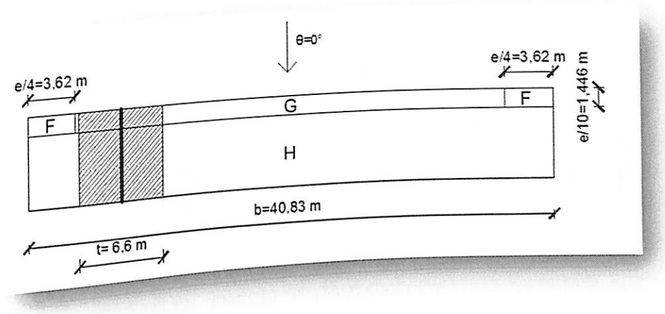
γ_w=1,50

$\psi_{0,w}$=0,6

t=6,6 m

$q_p = 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2}$

Tető szélteher keresztirányú külső:



G zóna:

$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^G}$

$p_{w,e,sz,0^{G,k}} = 6{,}6\ \mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * -1{,}12 = \mathbf{-6{,}62\ kN/m}$

$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^G}$

$p_{w,e,ny,0^{G,k}} = 6{,}6\ \mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}24\ kN/m}$

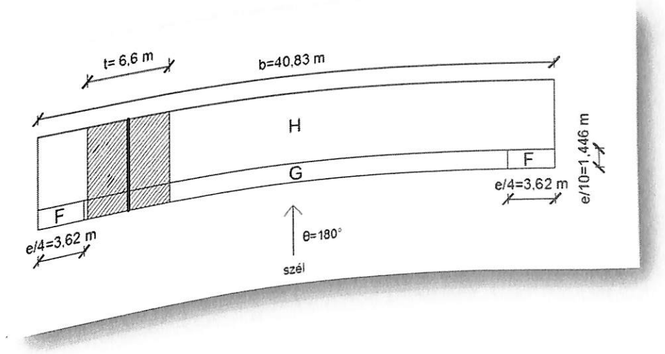
H zóna:

$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^H}$

$p_{w,e,sz,0^{H,k}} = 6{,}6\ \mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}54 = \mathbf{-3{,}19\ kN/m}$

$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^H}$

$p_{w,e,ny,0^{H,k}} = 6{,}6\ \mathrm{m} * 0{,}896\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}04 = \mathbf{+0{,}24\ kN/m}$



G zóna:

$$p_{w,e,sz,180^{G,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^G}$$

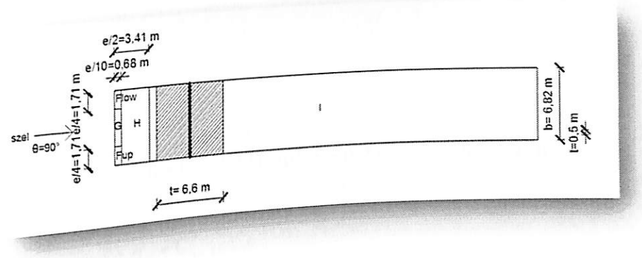
$$p_{w,e,sz,180^{G,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * -1{,}3 = \mathbf{-7{,}69\ kN/m}$$

H zóna:

$$p_{w,e,sz,180^{H,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^H}$$

$$p_{w,e,sz,180^{H,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * -0{,}82 = \mathbf{-4{,}85\ kN/m}$$

Tető szélteher hosszirányú külső:



I zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^I}$$

$$p_{w,e,sz,90^{I,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * -0{,}54 = \mathbf{-3{,}19\ kN/m}$$

Szélteher belső nyomás:

$$p_{w,i,ny^k} = t * q_p * C_{pi,ny}$$

$$p_{w,i,ny^k} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * +0{,}2 = \mathbf{+1{,}18\ kN/m}$$

Szélteher belső szívás:

$$p_{w,i,sz^k} = t * q_p * C_{pi,sz}$$

$$p_{w,i,sz^k} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}896\ \text{kN/m}^2 * -0{,}3 = \mathbf{-1{,}77\ kN/m}$$

7.4.2.3.3. Fal szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,6

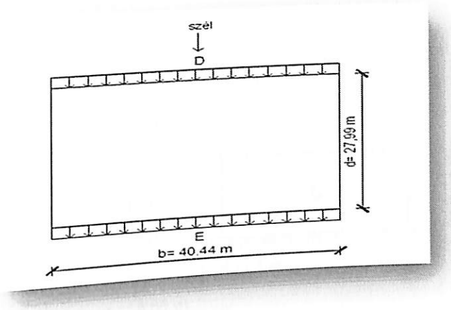
t=6,6 m

$q_p = 0{,}965\ \text{kN/m}^2$

Fal szélteher keresztirányú külső:

h= 9,78 m

h/d= 9,78/ 27,99=0,35



D zóna:

$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^D}$$

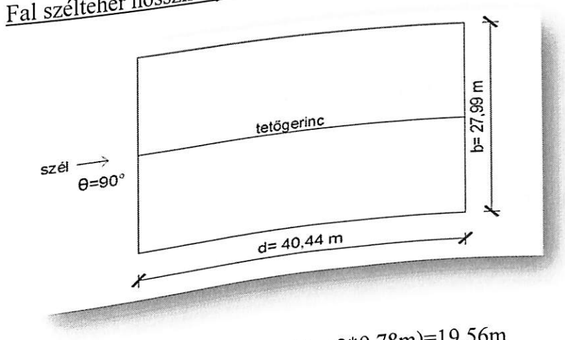
$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +0{,}71 = \mathbf{+4{,}55\ kN/m}$$

E zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^E}$$

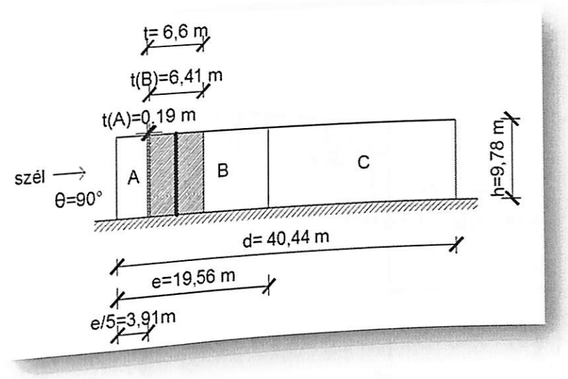
$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = 6{,}6\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}33 = \mathbf{-2{,}10\ kN/m}$$

<u>Fal szélteher hosszirányú külső:</u>



e= min(b;2*h)=min(27,99m;2*9,78m)=19,56m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/40,44m= 0,24

A zóna:

t_A=0,19 m

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^A}$$

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = 0{,}19\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -1{,}2 = \mathbf{-0{,}22\ kN/m}$$

B zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^B}$$

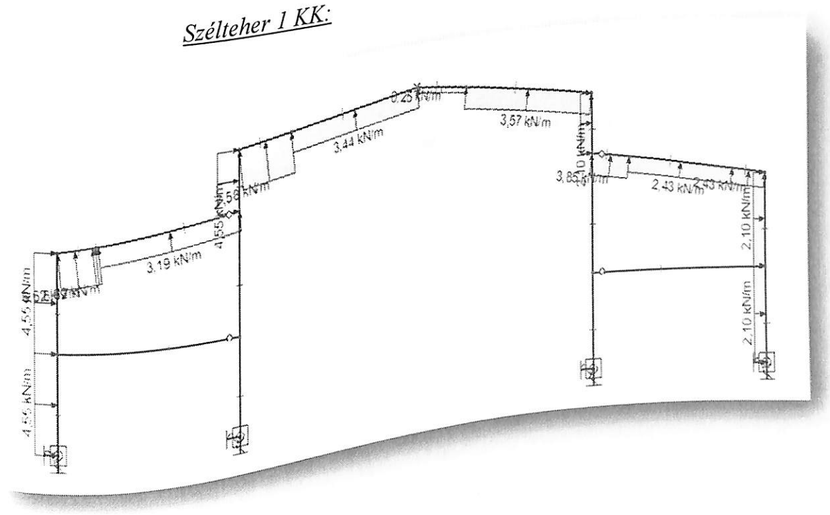
$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = 6{,}41\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -0{,}8 = \mathbf{-4{,}95\ kN/m}$$

A+B zóna:

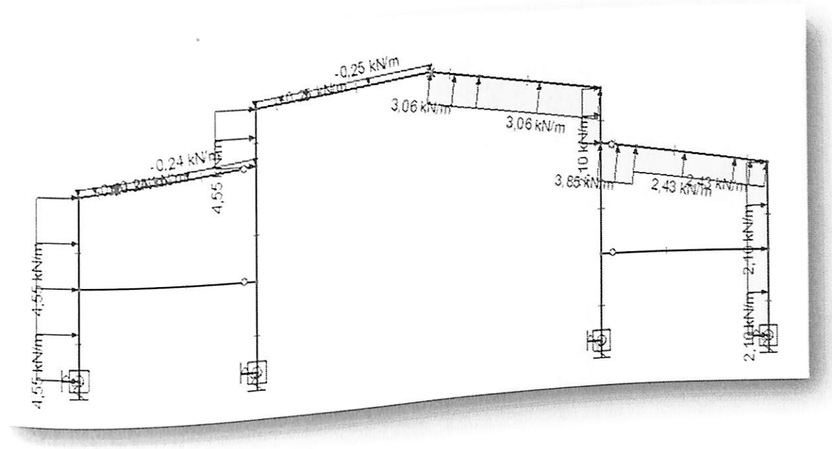
$$p_{w,e,sz,90^{\cdot k}} = p_{w,e,sz,90^{A,k}} + p_{w,e,sz,90^{B,k}}$$

$$p_{w,e,sz,90^{\cdot k}} = -0{,}22\ \text{kN/m} - 4{,}95\ \text{kN/m} = \mathbf{-5{,}17\ kN/m}$$

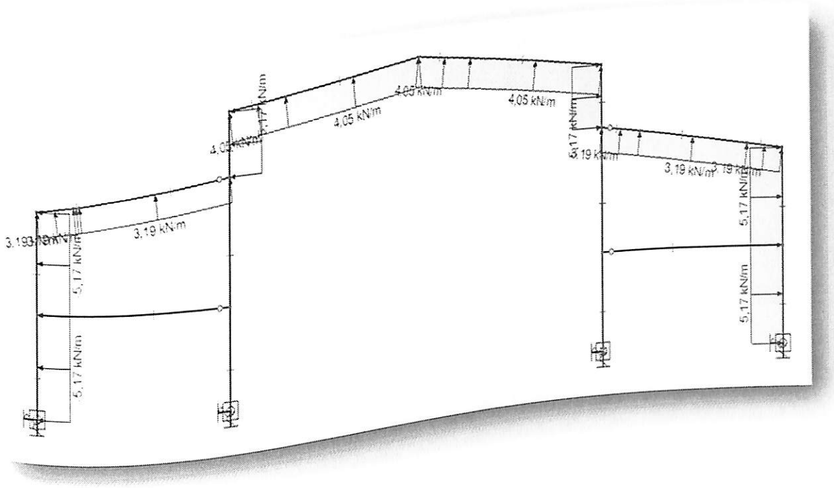
Szélteher 1 KK:



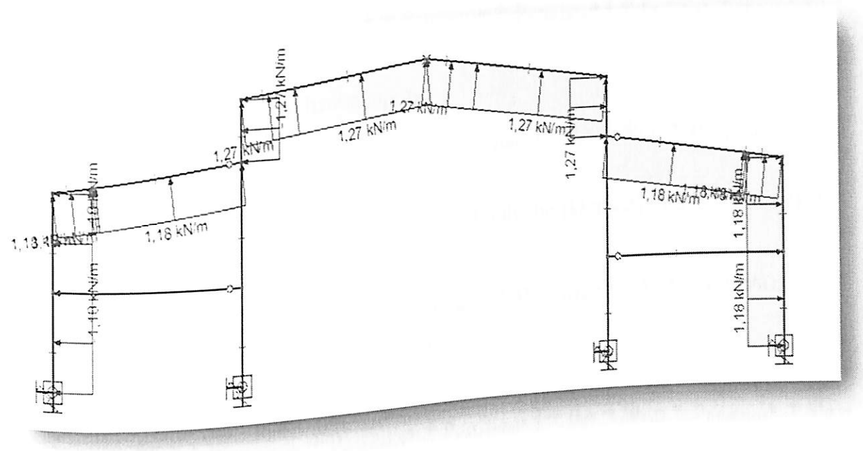
Szélteher 2KK:



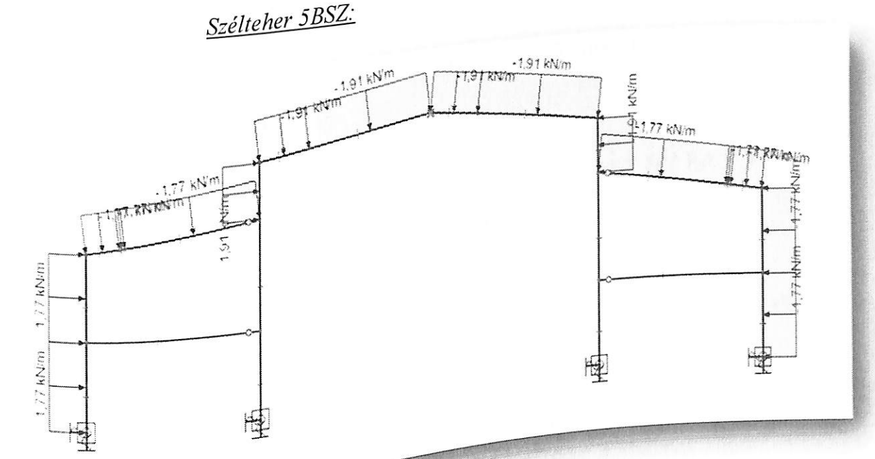
Szélteher 3HK:



Szélteher 4BNY:



Szélteher 5BSZ:



7.5. <u>Teherkombinációk:</u>

1-es teherkombináció:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{gépészet^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_Q * p_{hasznos^k}$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{gépészet^k} + p_{válaszfal^k}\right) + p_{hasznos^k}$$

2-es teherkombináció:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+totális hó (kiemelt)+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + \gamma_s * p_s{}^k + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos}{}^k$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + p_s{}^k + \psi_{o,Q} * p_{hasznos}{}^k$$

3-as teherkombináció:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+totális hó (kiemelt)+hasznos+2 szélKK

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + \gamma_s * p_s{}^k + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * \gamma_w * p_{w,ny,e}{}^k$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + p_s{}^k + \psi_{o,Q} * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * p_{w,ny,e}{}^k$$

4-es teherkombináció:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+totális hó (kiemelt)+hasznos+szél 2KK+szél5 BNY

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + \gamma_s * p_s{}^k + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * \gamma_w * (p_{w,ny,e}{}^k + p_{w,sz,i}{}^k)$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + p_s{}^k + \psi_{o,Q} * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * (p_{w,ny,e}{}^k + p_{w,sz,i}{}^k)$$

5-ös teherkombánicó:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+bal totál hó (kiemelt)+hasznos+szél 2KK+szél5 BNY

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + \gamma_s * p_s{}^k + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * \gamma_w * (p_{w,ny,e}{}^k + p_{w,sz,i}{}^k)$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_g{}^k + p_{burkolat}{}^k + p_{gépészet}{}^k + p_{válaszfal}{}^k\right) + p_s{}^k + \psi_{o,Q} * p_{hasznos}{}^k + \psi_{o,w} * (p_{w,ny,e}{}^k + p_{w,sz,i}{}^k)$$

6-os teherkombináció:

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+parciális hó (kiemelt)+hasznos+szél

2KK+szél5 BNY

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,sup} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{gépészet^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_s * p_{s^k} + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos^k} + \psi_{o,w} * \gamma_w * (p_{w,ny,e^k} + p_{w,sz,i^k})$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{gépészet^k} + p_{válaszfal^k}\right) + p_{s^k} + \psi_{o,Q} * p_{hasznos^k} + \psi_{o,w} * (p_{w,ny,e^k} + p_{w,sz,i^k})$$

7-es teherkombináció:

(Önsúly+burkolat +válaszfal)+ szél 1KK(kiemelt)+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,inf} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_w * p_{w,sz,e^k} + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos^k}$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + p_{w,sz,e^k} + \psi_{o,Q} * p_{hasznos^k}$$

8-as teherkombináció:

(Önsúly+burkolat +válaszfal)+ szél 1KK+szél 4BNY+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,inf} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_w * (p_{w,sz,e^k} + p_{w,ny,i^k}) + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos^k}$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + (p_{w,sz,e^k} + p_{w,ny,i^k}) + \psi_{o,Q} * p_{hasznos^k}$$

9-es teherkombináció:

(Önsúly+burkolat +válaszfal)+ szél 3HK(kiemelt)+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,inf} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_w * p_{w,sz,e^k} + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos^k}$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + p_{w,sz,e^k} + \psi_{o,Q} * p_{hasznos^k}$$

10-es teherkombánicó:

(Önsúly+burkolat +válaszfal)+ szél 3 HK+szél 4BNY+hasznos

ULS(teherbírási határállapot):

$$\gamma_{G,inf} * \left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + \gamma_w * (p_{w,sz,e^k} + p_{w,ny,i^k}) + \psi_{o,Q} * \gamma_Q * p_{hasznos^k}$$

SLS(használhatósági határállapot):

$$\left(p_{g^k} + p_{burkolat^k} + p_{válaszfal^k}\right) + (p_{w,sz,e^k} + p_{w,ny,i^k}) + \psi_{o,Q} * \ p_{hasznos^k}$$

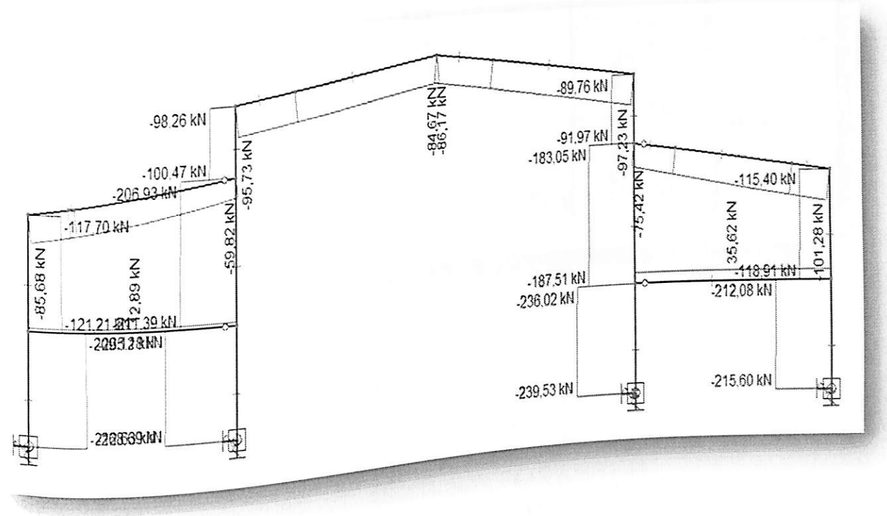
7.6. <u>Igénybevételek:</u>

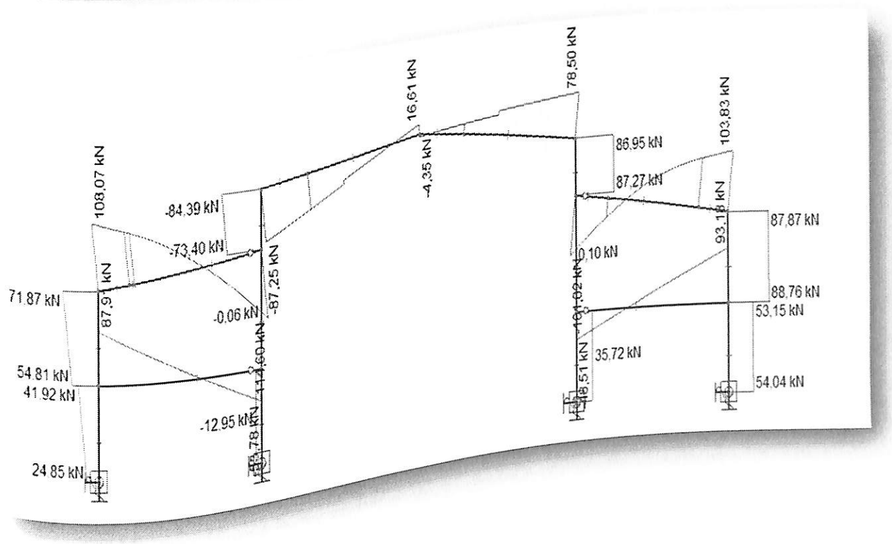
Meghatározása AXIS programmal.

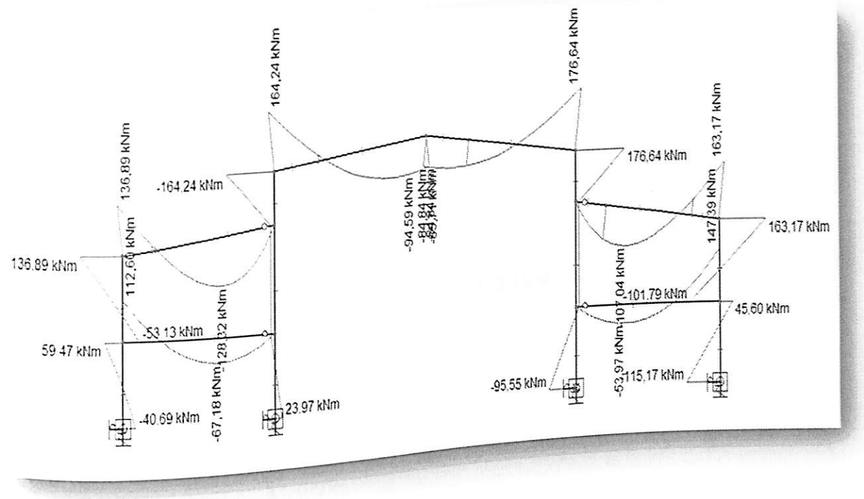
Mértékadó teherkombináció: 4. teherkombináció

(Önsúly+burkolat+gépészet+válaszfal)+totális hó (kiemelt)+hasznos+szél

2KK+szél5 BNY







7.7. Keresztmetszetek méretezése:

7.7.1. Főhajó keretgerenda méretezése:

$M_{y,Ed}$= 176,64 kNm
N_{Ed}= 97,23 kN
V_{Ed}= 78,50 kN
S235 fy= 235 N/mm^2 ε= 1,0
γ_{mo}= 1,00
IPE 330

Keresztmetszet osztályozása:
Tiszta hajlításra: 1. osztályú
Tiszta nyomásra: 2. osztályú

W_{ply}= 804000 mm^3
A= 6261 mm^2
A_v= 3081 mm^2
h_w= 307 mm
t_w= 7,5 mm

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

1-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{8{,}04 * 10^5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{188{,}90\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{176{,}64}{188{,}90} = \mathbf{0{,}93} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{6261 * 235}{1{,}00} = \mathbf{1471{,}34kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{97{,}23}{1471{,}34} = \mathbf{0{,}07} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{307}{7{,}5} = 40{,}93 < \frac{72*1{,}0}{1{,}0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

1-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{3081 * 235}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{418{,}02kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{78{,}5}{418{,}02} = \mathbf{0{,}19} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$$V_{Ed} \geq 0{,}5 * V_{c,Rd}$$

$$78{,}5\ \text{kN} \geq 0{,}5 * 418{,}02\ \text{kN}$$

$$\mathbf{78{,}5\ kN \geq 209{,}01\ kN}$$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{pl,Rd}$$

$$97{,}23\ \text{kN} \leq 0{,}25 * 1471{,}34\ \text{kN}$$

$$\mathbf{97{,}23\ kN \leq 367{,}83\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$97{,}23\ \text{kN} \leq \frac{0{,}5 * 307 * 7{,}5 * 235}{1{,}00}$$

$$\mathbf{97{,}23\ kN \leq 270{,}54\ kN}$$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

7.7.2. Mellékhajók keretgerenda méretezése:

$M_{y,Ed}$=	*163,17*	*kNm*		
N_{Ed}=	*101,28*	*kN*		
V_{Ed}=	*103,83*	*kN*		
S235	*fy=*	*235*	*N/mm²*	ε= *1,0*
γ_{mo}=	*1,00*			
IPE 330				

Keresztmetszet osztályozása:
Tiszta hajlításra: 1. osztályú
Tiszta nyomásra: 2. osztályú

W_{ply}=	*804000*	*mm³*
A=	*6261*	*mm²*
A_v=	*3081*	*mm²*
h_w=	*307*	*mm*
t_w=	*7,5*	*mm*

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

1-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{8{,}04 * 10^5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{188{,}90\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{163{,}17}{188{,}90} = \mathbf{0{,}86} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{6261 * 235}{1{,}00} = \mathbf{1471{,}34kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{101{,}28}{1471{,}34} = \mathbf{0{,}07} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{307}{7{,}5} = 40{,}93 < \frac{72*1{,}0}{1{,}0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

1-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{3081 * 235}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{418{,}02kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{103{,}83}{418{,}02} = \mathbf{0{,}25} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$$V_{Ed} \geq 0{,}5 * V_{c,Rd}$$

$$103{,}83\ \text{kN} \geq 0{,}5 * 418{,}02\ \text{kN}$$

$$\mathbf{103{,}83\ kN \geq 209{,}01\ kN}$$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{pl,Rd}$$

$$101{,}28\ \text{kN} \leq 0{,}25 * 1471{,}34\ \text{kN}$$

$$\mathbf{101{,}28\ kN \leq 367{,}83\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$101{,}28\ \text{kN} \leq \frac{0{,}5 * 307 * 7{,}5 * 235}{1{,}00}$$

$$\mathbf{101{,}28\ kN \leq 270{,}54\ kN}$$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

7.7.3. Főhajó keretoszlop méretezése:

$M_{y,Ed}$= 176,64 kNm
N_{Ed}= 89,76 kN
V_{Ed}= 86,95 kN
S235 fy= 235 N/mm² ε= 1,0
γ_{mo}= 1,00
HEA 300

Keresztmetszet osztályozása:
Tiszta hajlításra: 2. osztályú
Tiszta nyomásra: 2. osztályú

W_{ply}= 1383000 mm³
A= 11250 mm²
A_v= 3728 mm²
h_w= 262 mm
t_w= 8,5 mm

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{1{,}383 * 10^6 * 235}{1{,}00} = \mathbf{325{,}01\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{176{,}64}{325{,}01} = \mathbf{0{,}54} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{11250 * 235}{1{,}00} = \mathbf{2643{,}75kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{89{,}76}{2643{,}75} = \mathbf{0{,}03} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{262}{8,5} = 30,82 < \frac{72*1,0}{1,0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{3728 * 235}{\sqrt{3} * 1,00} = \mathbf{505,81kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{86,95}{505,81} = \mathbf{0,17} \leq 1,00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$$V_{Ed} \geq 0,5 * V_{c,Rd}$$

$$86,95\ kN \geq 0,5 * 505,81\ kN$$

$$\mathbf{86,95\ kN \geq 252,90\ kN}$$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$$N_{Ed} \leq 0,25 * N_{pl,Rd}$$

$$89,76\ kN \leq 0,25 * 2643,75\ kN$$

$$\mathbf{89,76\ kN \leq 660,94\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$89,76\ kN \leq \frac{0,5 * 262 * 8,5 * 235}{1,00}$$

$$\mathbf{89,76\ kN \leq 261,67\ kN}$$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

7.7.4. Mellékhajók keretoszlop méretezése:

$M_{y,Ed}$=	163,17	kNm		
N_{Ed}=	115,40	kN		
V_{Ed}=	87,87	kN		
S235	fy=	235	N/mm²	ε= 1,0

γ_{mo}= *1,00*

HEA 300

Keresztmetszet osztályozása:

Tiszta hajlításra: 2. osztályú

Tiszta nyomásra: 2. osztályú

W_{ply}= *1383000* mm^3

A= *11250* mm^2

A_v= *3728* mm^2

h_w= *262* *mm*

t_w= *8,5* *mm*

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{1{,}383 * 10^6 * 235}{1{,}00} = \mathbf{325{,}01\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{163{,}17}{325{,}01} = \mathbf{0{,}5} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{11250 * 235}{1{,}00} = \mathbf{2643{,}75kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{115{,}4}{2643{,}75} = \mathbf{0{,}04} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{262}{8{,}5} = 30{,}82 < \frac{72*1{,}0}{1{,}0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{3728 * 235}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{505{,}81kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{87{,}87}{505{,}81} = \mathbf{0{,}17} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$V_{Ed} \geq 0{,}5 * V_{c,Rd}$

$87{,}87\ kN \geq 0{,}5 * 505{,}81\ kN$

$\mathbf{87{,}87\ kN \geq 252{,}90\ kN}$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{pl,Rd}$

$115{,}4\ kN \leq 0{,}25 * 2643{,}75\ kN$

$\mathbf{115{,}4\ kN \leq 660{,}94\ kN}$

$$N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$115{,}4\ kN \leq \frac{0{,}5 * 262 * 8{,}5 * 235}{1{,}00}$$

$\mathbf{115{,}4\ kN \leq 261{,}67\ kN}$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

7.7.5. Közbenső födémgerenda méretezése:

$M_{y,Ed}$=	147,39	kNm			
N_{Ed}=	35,62	kN			
V_{Ed}=	93,18	kN		ε=	1,0
S235	fy=	235	N/mm²		
γ_{mo}=	1,00				
IPE 330					

Keresztmetszet osztályozása:

Tiszta hajlításra: 1. osztályú

Tiszta nyomásra: 2. osztályú

W_{ply}=	804000	mm³
A=	6261	mm²
A_v=	3081	mm²
h_w=	307	mm
t_w=	7,5	mm

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

1-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{8{,}04 * 10^5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{188{,}94\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{147{,}39}{188{,}94} = \mathbf{0{,}78} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés húzásra:

2-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{6261 * 235}{1{,}00} = \mathbf{1471{,}34kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{35{,}62}{1471{,}34} = \mathbf{0{,}02} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{307}{7{,}5} = 40{,}93 < \frac{72*1{,}0}{1{,}0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

1-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{3081 * 235}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{418{,}02kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{93{,}18}{418{,}02} = \mathbf{0{,}22} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$V_{Ed} \geq 0{,}5 * V_{c,Rd}$

$93{,}18\ kN \geq 0{,}5 * 418{,}02\ kN$

$\mathbf{93{,}18\ kN \geq 209{,}01\ kN}$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{pl,Rd}$

$35{,}62\ kN \leq 0{,}25 * 1471{,}34\ kN$

$\mathbf{35{,}62\ kN \leq 367{,}83\ kN}$

$$N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$35{,}62\ kN \leq \frac{0{,}5 * 307 * 7{,}5 * 235}{1{,}00}$$

$\mathbf{35{,}62\ kN \leq 270{,}54\ kN}$

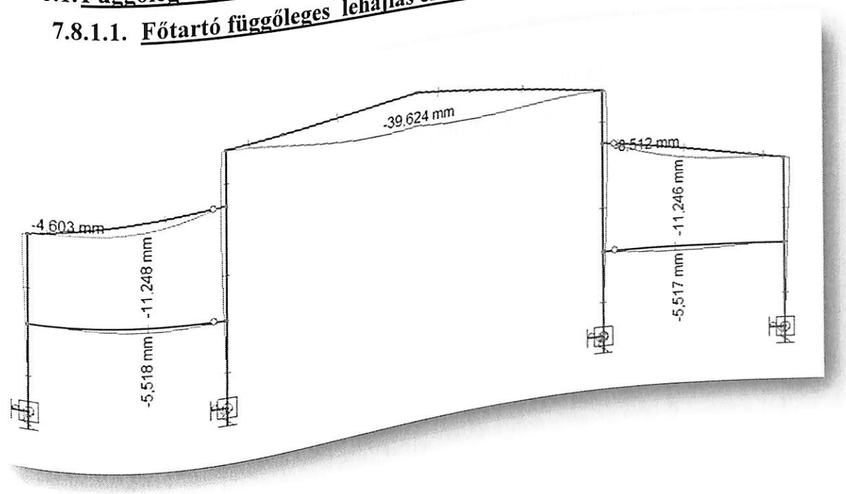
A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

7.8. Használhatósági határállapot ellenőrzése:

Az elmozdulás érték meghatározás AXIS programmal.

7.8.1. Függőleges elmozdulás:

7.8.1.1. Főtartó függőleges lehajlás ellenőrzése:



$e_z = 39{,}62\ mm$

$L = 14000\ mm$

$$w_{max} = \frac{L}{300} = \frac{14000\ mm}{300}$$

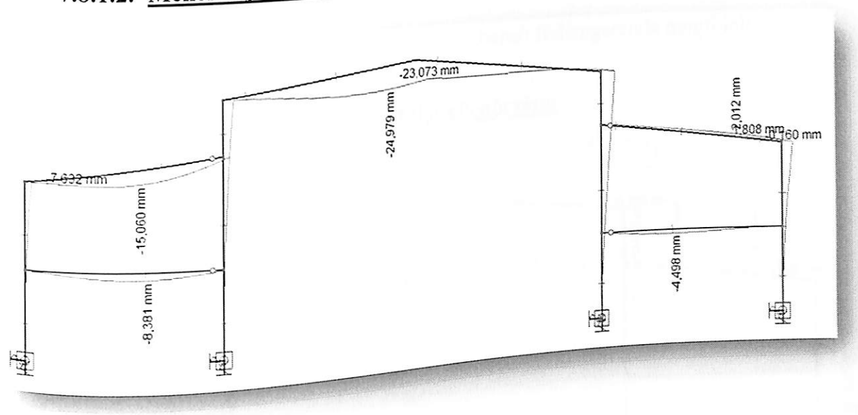
$\mathbf{w_{max} = 46{,}67\ mm}$

$e_z \leq w_{max}$

$\mathbf{39,62\ mm \leq 46,67\ mm}$

Lehajlásra a főtartó megfelel!

7.8.1.2. Mellékhajók függőleges lehajlás ellenőrzése:



e_z= 15,06 mm

L= 6600 mm

$$w_{max} = \frac{L}{300} = \frac{6600\ mm}{300}$$

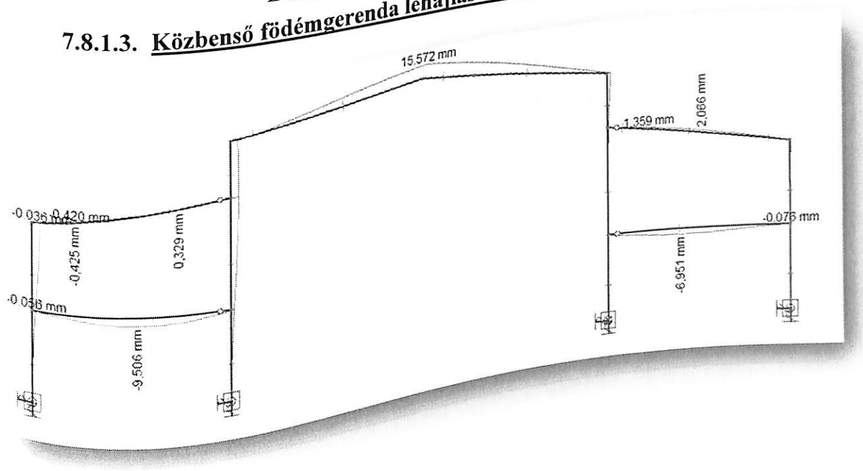
$\mathbf{w_{max} = 22\ mm}$

$e_z \leq w_{max}$

$\mathbf{15,06\ mm \leq 22\ mm}$

Lehajlásra a mellékhajók megfelelnek!

7.8.1.3. Közbenső födémgerenda lehajlás ellenőrzése:



e_z= 9,51 mm

L= 6600 mm

$$w_{max} = \frac{L}{300} = \frac{6600\ mm}{300}$$

$$w_{max} = \mathbf{22\ mm}$$

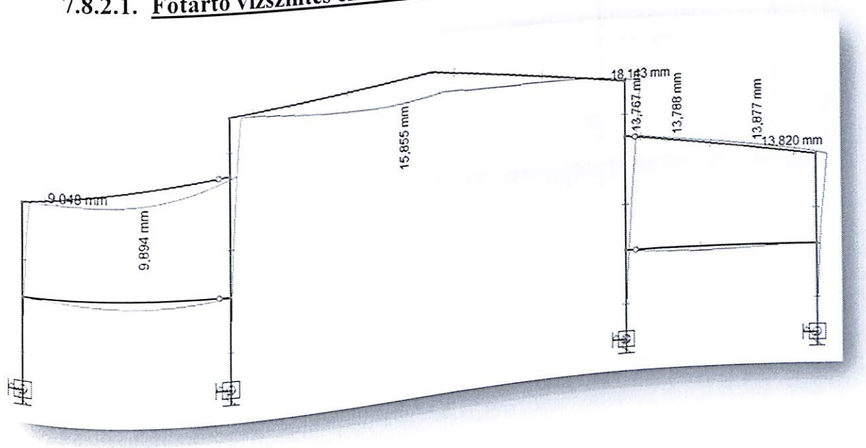
$$e_z \leq w_{max}$$

$$\mathbf{9,51\ mm \leq 22\ mm}$$

Lehajlásra a közbenső födémgerenda megfelel!

7.8.2. Vízszintes elmozdulás:

7.8.2.1. Főtartó vízszintes elmozdulás ellenőrzése:



e_x= 18,14 mm

H= 10030 mm

$$u_{max} = \frac{H}{150} = \frac{10030\ mm}{150}$$

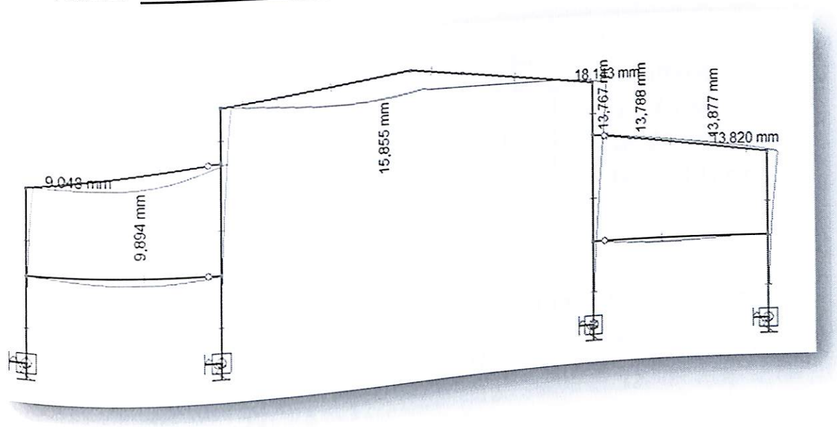
$$u_{max} = \mathbf{66,87\ mm}$$

$$e_x \leq u_{max}$$

$$\mathbf{18,14\ mm \leq 66,87\ mm}$$

Vízszintes elmozdulásra megfelel!

7.8.2.2. Mellékhajók vízszintes elmozdulás ellenőrzése:



e_x= 13,82 mm

H= 6810 mm

$$u_{max} = \frac{H}{150} = \frac{6810\ mm}{150}$$

$$u_{max} = \mathbf{45,4\ mm}$$

$$e_x \leq u_{max}$$

$$\mathbf{13,82\ mm \leq 45,4\ mm}$$

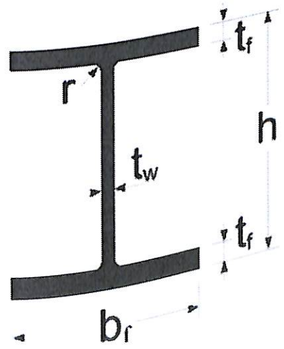
Vízszintes elmozdulásra megfelel!

7.9. Stabilitásvizsgálatok:

7.9.1. Főtartó keretgerenda stabilitásvizsgálata:

Keresztmetszeti adatok:

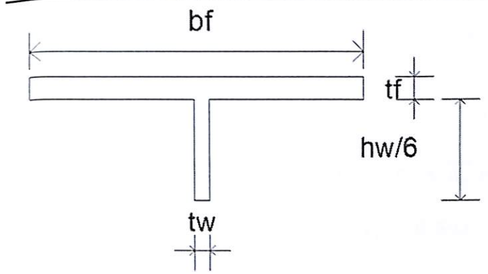
IPE 330



h=330 mm
b_f=160 mm
t_w=7,5 mm
t_f=11,5 mm
r=18 mm

A= 6261 mm^2
i_y= 137,1 mm
i_z= 35,48 mm

7.9.1.1. Kifordulás vizsgálata a keret síkjára merőlegesen:



b_f= 160 mm
t_f= 11,5 mm
t_w= 7,5 mm
$h_w/6$= 51,17 mm

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 160 * 11{,}5 + 51{,}17 * 7{,}5 = 2223{,}75\ mm^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f{}^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w{}^3}{12} = 11{,}5 * \frac{160^3}{12} + 51{,}17 * \frac{7{,}5^3}{12} = 3{,}93 * 10^6 mm^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{3{,}93 * 10^6}{2223{,}75}} = 42{,}04\ mm$$

Kifordulás bekövetkezik-e?

k_c=0,9
L_c=1236 mm
λ_E=93,9
i_{fz}=42,04 mm
λ_{co}=0,5
$M_{c,Rd}$=188,90 kNm
M_{Ed}=176,64 kNm

$$\overline{\lambda_f} = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} \leq \overline{\lambda_{co}} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$$

$$\overline{\lambda_f} = \frac{0{,}9 * 1236}{42{,}04 * 93{,}90} \leq 0{,}5 * \frac{188{,}90}{176{,}64}$$

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}282 \leq 0{,}535$$

A kifordulás nem következik be!

Kifordulási ellenállás:

$M_{c,Rd}$=188,90 kNm
k_{fl}=1,1

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}282 \rightarrow \frac{h}{t_f} = \frac{330}{11{,}5} = 28{,}7 \leq 44 * 1 = 44 \rightarrow \text{d görbe} \rightarrow$$

$$\chi = 0{,}938$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = 0{,}938 * 1{,}1 * 188{,}9$$

$$M_{b,Rd} = \mathbf{194{,}91\ kNm} \geq M_{Ed} = 176{,}64\ kNm$$

Megfelel!

7.9.1.2. Kihajlás vizsgálat a keret síkjában:

N_{Ed}= 97,23 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_y=1,0

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{1,0 * 14000}{137,1} = 102,12 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{102,12}{93,9} = 1,09$$

→ "a" görbe → $\chi_y = 0,603$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0,603 * 6261 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{887,22\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1,00$$

$$\frac{97,23}{877,22} = \mathbf{0,11} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.1.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:

N_{Ed}= 97,23 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 1236}{35,48} = 34,84 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{34,84}{93,9} = 1,09$$

→ "b" görbe → $\chi_z = 0,937$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,937 * 6261 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{1378,64\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{97,23}{1378,64} = \mathbf{0,07} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.1.4. Kihajlás és a kifordulás interakciója:

N_{Ed}=97,23 kN

M_{Ed}=176,64 kNm

$N_{b,Rd,y}$=887,22 kN

$N_{b,Rd,z}$=1378,64 kN

$M_{b,Rd}$=194,91 kNm

$$k_{yy} = \min\begin{cases} c_{my} * \left[1 + (\overline{\lambda_y} - 0{,}2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right] \\ c_{my} * \left(1 + 0{,}8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min\begin{cases} 0{,}9 * \left[1 + (1{,}09 - 0{,}2) * \frac{97{,}23 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}603 * 6261 * 235}\right] \\ 0{,}9 * \left(1 + 0{,}8 * \frac{97{,}23 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}603 * 6261 * 235}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min\begin{cases} 0{,}988 \\ 0{,}979 \end{cases} = 0{,}979$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{97{,}23}{887{,}22} + 0{,}979 * \frac{176{,}64}{194{,}91} \leq 1{,}00$$

$$\boldsymbol{\eta = 0{,}99} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

$$k_{zy} = 0{,}6 * k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0{,}6 * 0{,}979$$

$$k_{zy} = 0{,}587$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{97{,}23}{1378{,}64} + 0{,}587 * \frac{176{,}64}{194{,}91} \leq 1{,}00$$

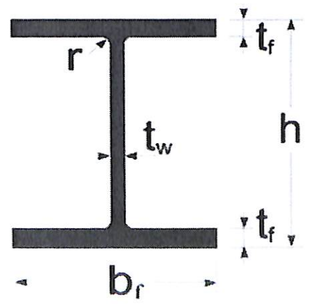
$$\boldsymbol{\eta = 0{,}6} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

7.9.2. Mellékhajók keretgerenda stabilitásvizsgálata:

Keresztmetszeti adatok:

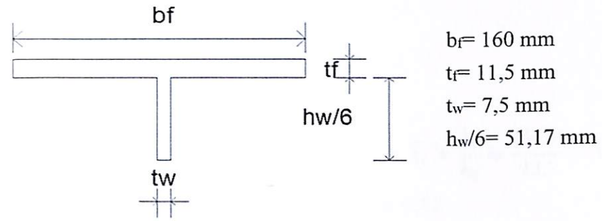
IPE 330



h=330 mm
b_f=160 mm
t_w=7,5 mm
t_f=11,5 mm
r=18 mm

A= 6261 mm^2
i_y= 137,1 mm
i_z= 35,48 mm

7.9.2.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:



b_f= 160 mm
t_f= 11,5 mm
t_w= 7,5 mm
$h_w/6$= 51,17 mm

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 160 * 11,5 + 51,17 * 7,5 = 2223,75\ mm^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w^3}{12} = 11,5 * \frac{160^3}{12} + 51,17 * \frac{7,5^3}{12} = 3,93 * 10^6 mm^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{3,93 * 10^6}{2223,75}} = 42,04\ mm$$

Kifordulás bekövetkezik-e?

k_c=0,91

L_c=1000 mm

λ_E=93,9

i_{fz}=42,04 mm

λ_{co}=0,5

$M_{c,Rd}$=188,90 kNm

M_{Ed}=163,17 kNm

$$\overline{\lambda_f} = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} \leq \overline{\lambda_{co}} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$$

$$\overline{\lambda_f} = \frac{0,91 * 1000}{42,04 * 93,90} \leq 0,5 * \frac{188,90}{163,17}$$

$$\overline{\lambda_f} = 0,231 \leq 0,579$$

A kifordulás nem következik be!

Kifordulási ellenállás:

$M_{c,Rd}$=188,90 kNm

k_{fl}=1,1

$$\overline{\lambda_f} = 0,231 \rightarrow \frac{h}{t_f} = \frac{330}{11,5} = 28,7 \leq 44 * 1 = 44 \rightarrow \text{d görbe} \rightarrow$$

$$\chi = 0,976$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = 0,976 * 1,1 * 188,9$$

$$M_{b,Rd} = \mathbf{202,8\ kNm} \geq M_{Ed} = 163,17\ kNm$$

Megfelel!

7.9.2.2. <u>Kihajlás vizsgálat a keret síkjában:</u>

N_{Ed}= 101,28 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_y=1,0

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{1,0 * 6600}{137,1} = 48,14 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{48,14}{93,9} = 0,513$$

→ "a" görbe → $\chi_y = 0,92$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0,92 * 6261 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{1353,6\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1,00$$

$$\frac{101,28}{1353,6} = \mathbf{0,075} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.2.3. <u>Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:</u>

N_{Ed}= 101,28 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 1000}{35,48} = 28,18 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{28,18}{93,9} = 0,3 \rightarrow \text{"b" görbe}$$

→ $\chi_z = 0,964$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,964 * 6261 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{1418,51\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{101,28}{1418,51} = \mathbf{0,07} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.2.4. <u>Kihajlás és kifordulás interakciója:</u>

N_{Ed}=101,28 kN

M_{Ed}=163,17 kNm

$N_{b,Rd,y}$=1353,6 kN

$N_{b,Rd,z}$=1418,51 kN

$M_{b,Rd}$=202,8 kNm

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} * \left[1 + (\overline{\lambda_y} - 0{,}2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right] \\ c_{my} * \left(1 + 0{,}8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}9 * \left[1 + (0{,}513 - 0{,}2) * \frac{101{,}28 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}92 * 6261 * 235}\right] \\ 0{,}9 * \left(1 + 0{,}8 * \frac{101{,}28 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}92 * 6261 * 235}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}921 \\ 0{,}954 \end{cases} = 0{,}921$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{101{,}28}{1353{,}6} + 0{,}921 * \frac{163{,}17}{202{,}8} \leq 1{,}00$$

$$\boldsymbol{\eta = 0{,}816} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

$$k_{zy} = 0{,}6 * k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0{,}6 * 0{,}921$$

$$k_{zy} = 0{,}55$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{101{,}28}{1418{,}51} + 0{,}55 * \frac{163{,}17}{202{,}8} \leq 1{,}00$$

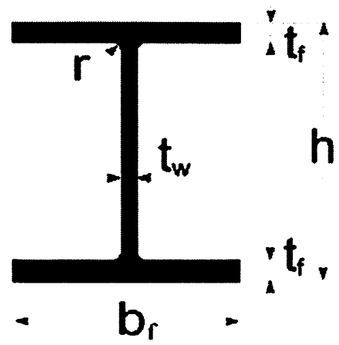
$$\boldsymbol{\eta = 0{,}514} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

7.9.3. Főtartó keretoszlop stabilitásvizsgálata:

Keresztmetszeti adatok:

HEA 330



h=290 mm

b_f=300 mm

t_w=8,5 mm

t_f=14 mm

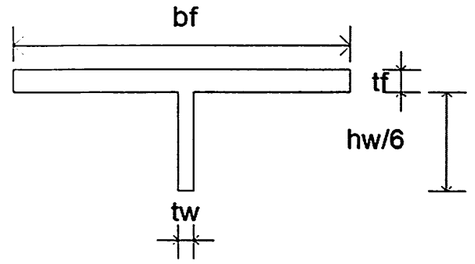
r=27 mm

A= 11250 mm^2

i_y= 127,4 mm

i_z= 74,9 mm

7.9.3.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:



b_f= 300 mm
t_f= 14 mm
t_w= 8,5 mm
$h_w/6$= 43,67 mm

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 300 * 14 + 43{,}67 * 8{,}5 = 4571{,}17\ mm^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w^3}{12} = 14 * \frac{300^3}{12} + 43{,}67 * \frac{8{,}5^3}{12} = 31{,}5 * 10^6 mm^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{31{,}5 * 10^6}{4571{,}17}} = 83{,}02\ mm$$

Kifordulás bekövetkezik-e?

k_c=0,82
L_c=1333 mm
λ_E=93,9
i_{fz}=83,02 mm
λ_{co}=0,5
$M_{c,Rd}$=325,01 kNm
M_{Ed}=176,64 kNm

$$\overline{\lambda_f} = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} \leq \overline{\lambda_{co}} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$$

$$\overline{\lambda_f} = \frac{0{,}82 * 1333}{83{,}02 * 93{,}90} \leq 0{,}5 * \frac{325{,}01}{176{,}64}$$

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}14 \leq 0{,}91$$

A kifordulás nem következik be!

Kifordulási ellenállás:

$M_{c,Rd}$=325,01 kNm
k_{fl}=1,1

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}14 \rightarrow \frac{h}{t_f} = \frac{290}{14} = 20{,}71 \leq 44 * 1 = 44 \rightarrow \text{d görbe} \rightarrow$$

$$\chi = 1{,}00$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = 1{,}00 * 1{,}1 * 325{,}01$$

$$M_{b,Rd} = \mathbf{357,51\ kNm} \geq M_{Ed} = 176{,}64\ \text{kNm}$$

Megfelel!

7.9.3.2. <u>Kihajlás vizsgálat a keret síkjában:</u>

Oszlop felső szakasza:

N_{Ed}= 211,39 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_y=1,0

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{1{,}0 * 5700}{127{,}4} = 44{,}74 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{44{,}74}{93{,}9} = 0{,}476$$

→ "b" görbe → $\chi_y = 0{,}895$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0{,}895 * 11250 * 235}{1{,}0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{2366,16\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{211{,}39}{2366{,}16} = \mathbf{0,09} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Oszlop alsó szakasza:

N_{Ed}= 268,69 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_y=0,7

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{0{,}7 * 3000}{127{,}4} = 16{,}48 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{16{,}48}{93{,}9} = 0{,}18$$

→ "b" görbe → $\chi_y = 1{,}00$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{1{,}00 * 11250 * 235}{1{,}0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{2643,75\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{268{,}69}{2643{,}75} = \mathbf{0,11} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

7.9.3.3. Kihajlás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:

Oszlop felső szakasza:

N_{Ed}= 98,26 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 1333}{74,9} = 17,8 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{17,8}{93,9} = 0,19 \quad \rightarrow \text{"c" görbe}$$

$$\rightarrow \chi_z = 1,00$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{1,00 * 11250 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{2643,75\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{98,26}{2643,75} = \mathbf{0,04} \leq 1,00$$

Megfelel!

Oszlop középső szakasza:

N_{Ed}= 211,39 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 3810}{74,9} = 50,87 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{50,87}{93,9} = 0,543$$

→ "c" görbe → $\chi_z = 0,819$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,819 * 11250 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{2165,23\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{211,29}{2165,23} = \mathbf{0,1} \leq 1,00$$

Megfelel!

Oszlop alsó szakasza:

N_{Ed}= 268,69 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_z=0.7

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{0,7 * 3000}{74,9} = 28,04 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{28,04}{93,9} = 0,3 \rightarrow \text{"c" görbe}$$

$$\rightarrow \chi_z = 0,9491$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,9491 * 11250 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{2509,18\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{268,69}{2509,18} = \mathbf{0,11} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.3.4. <u>Kihajlás és a kifordulás interakciója:</u>

N_{Ed}=98,26 kN

M_{Ed}=176,64 kNm

$N_{b,Rd,y}$=2366,16 kN

$N_{b,Rd,z}$=2643,75 kN

$M_{b,Rd}$=357,51 kNm

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} * \left[1 + (\overline{\lambda_y} - 0,2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right] \\ c_{my} * (1 + 0,8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0,9 * \left[1 + (0,476 - 0,2) * \frac{98,26 * 10^3 * 1,00}{0,895 * 11250 * 235}\right] \\ 0,9 * (1 + 0,8 * \frac{98,26 * 10^3 * 1,00}{0,895 * 11250 * 235}) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0,91 \\ 0,93 \end{cases} = 0,91$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\eta = \frac{98,26}{2366,16} + 0,91 * \frac{176,64}{357,51} \leq 1,00$$

$$\boldsymbol{\eta = 0,49} \leq 1,00$$

Megfelel!

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0,6 * 0,91$$

$$k_{zy} = 0,546$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\eta = \frac{98,26}{2643,75} + 0,546 * \frac{176,64}{357,51} \leq 1,00$$

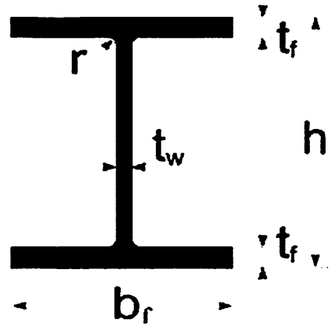
$$\boldsymbol{\eta = 0,31} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.4. Mellékhajók keretoszlop stabilitásvizsgálata:

Keresztmetszeti adatok:

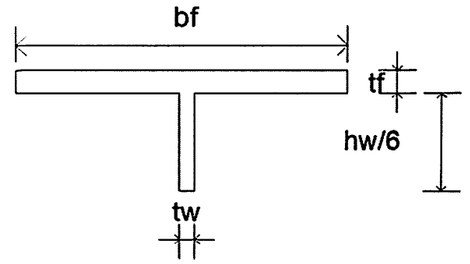
HEA 330



h=290 mm
b_f=300 mm
t_w=8,5 mm
t_f=14 mm
r=27 mm

A= 11250 mm^2
i_y= 127,4 mm
i_z= 74,9 mm

7.9.4.1. Kifordulás vizsgálat a keret síkjára merőlegesen:



b_f= 300 mm
t_f= 14 mm
t_w= 8,5 mm
$h_w/6$= 43,67 mm

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 300 * 14 + 43,67 * 8,5 = 4571,17 \text{ mm}^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f{}^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w{}^3}{12} = 14 * \frac{300^3}{12} + 43,67 * \frac{8,5^3}{12} = 31,5 * 10^6 \text{mm}^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{31,5 * 10^6}{4571,17}} = 83,02 \text{ mm}$$

Kifordulás bekövetkezik-e?

k_c=0,88

L_c=733 mm

λ_E=93,9

i_{fz}=83,02 mm

λ_{co}=0,5

$M_{c,Rd}$=325,01 kNm

M_{Ed}=163,17 kNm

$$\overline{\lambda_f} = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} \leq \overline{\lambda_{co}} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$$

$$\overline{\lambda_f} = \frac{0{,}88 * 733}{83{,}02 * 93{,}90} \leq 0{,}5 * \frac{325{,}01}{163{,}17}$$

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}08 \leq 0{,}99$$

A kifordulás nem következik be!

Kifordulási ellenállás:

$M_{c,Rd}$=325,01 kNm

k_{fl}=1,1

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}08 \rightarrow \frac{h}{t_f} = \frac{290}{14} = 20{,}71 \leq 44 * 1 = 44 \rightarrow \text{d görbe} \rightarrow$$

$$\chi = 1{,}00$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = 1{,}00 * 1{,}1 * 325{,}01$$

$$M_{b,Rd} = \mathbf{357{,}51\ kNm} \geq M_{Ed} = 163{,}17\ \text{kNm}$$

Megfelel!

7.9.4.2. <u>Kihajlásvizsgálat a keret síkjában:</u>

Oszlop felső szakasza:

N_{Ed}= 121,21 kN

S235 → f_y=235 N/mm^2

λ_E=93,9

ν_y=1,0

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{1{,}0 * 300}{127{,}4} = 23{,}55 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{23{,}55}{93{,}9} = 0{,}251$$

$$\rightarrow \text{"b" görbe} \rightarrow \chi_y = 0{,}982$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0{,}982 * 11250 * 235}{1{,}0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{2596{,}16\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{121{,}21}{2596{,}16} = \mathbf{0{,}05} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Oszlop alsó szakasza:

N_{Ed}= 215,6 kN

S235 → f_y=235 N/mm^2

λ_E=93,9

ν_y=0,7

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{0,7 * 3000}{127,4} = 16,48 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{16,48}{93,9} = 0,18$$

$\rightarrow$ "b" görbe $\rightarrow$ $\chi_y = 1,00$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{1,00 * 11250 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{2643,75\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1,00$$

$$\frac{215,6}{2643,75} = \mathbf{0,08} \leq 1,00$$

Megfelel!

7.9.4.3. <u>Kihajlásvizsgálat a keret síkjára merőlegesen:</u>

Oszlop felső szakasza:

N_{Ed}= 117,7 kN

S235 → f_y=235 N/mm^2

λ_E=93,9

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 733}{74,9} = 9,79 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{9,79}{93,9} = 0,10$$ → "c" görbe

$\rightarrow$ $\chi_z = 1,00$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{1,00 * 11250 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{2643,75\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{117,7}{2643,75} = \mathbf{0,04} \leq 1,00$$

Megfelel!

Oszlop alsó szakasza:

N_{Ed}= 215,6 kN

S235 → f_y=235 N/mm^2

λ_E=93,9

ν_z=0,7

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{0{,}7 * 1968}{74{,}9} = 18{,}4 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{18{,}4}{93{,}9} = 0{,}2 \quad \rightarrow \text{"c" görbe}$$

$$\rightarrow \chi_z = 1{,}00$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{1{,}00 * 11250 * 235}{1{,}0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{2643{,}75\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{215{,}6}{2643{,}75} = \mathbf{0{,}08} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

7.9.4.4. Kihajlás és a kifordulás interakciója:

N_{Ed}=121,21 kN

M_{Ed}=163,17 kNm

$N_{b,Rd,y}$=2596,16 kN

$N_{b,Rd,z}$=2643,75 kN

$M_{b,Rd}$=357,51 kNm

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} * \left[1 + (\overline{\lambda_y} - 0{,}2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right] \\ c_{my} * \left(1 + 0{,}8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}9 * \left[1 + (0{,}251 - 0{,}2) * \frac{121{,}21 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}982 * 11250 * 235}\right] \\ 0{,}9 * \left(1 + 0{,}8 * \frac{121{,}21 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}982 * 11250 * 235}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}9 \\ 0{,}933 = 0{,}9 \end{cases}$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{121{,}21}{2596{,}16} + 0{,}9 * \frac{163{,}17}{357{,}51} \leq 1{,}00$$

$$\boldsymbol{\eta = 0{,}457} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

$$k_{zy} = 0{,}6 * k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0{,}6 * 0{,}90$$

$$k_{zy} = 0{,}54$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{121{,}21}{2643{,}75} + 0{,}54 * \frac{163{,}17}{357{,}51} \leq 1{,}00$$

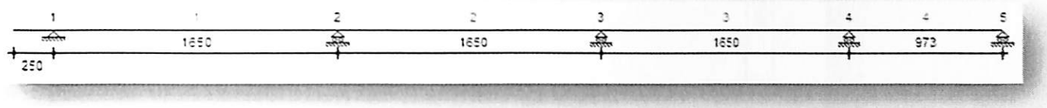
$$\eta = 0,3 \leq 1,00$$

Megfelel!

8. Falváz méretezése:

8.1. Falváz trapézlemez méretezése oldalfalon:

8.1.1. Statikai váz:



8.1.2. Keresztmetszet:

Szelvény: LVP 45 trapézlemez

8.1.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége:1m

8.1.3.1. Szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

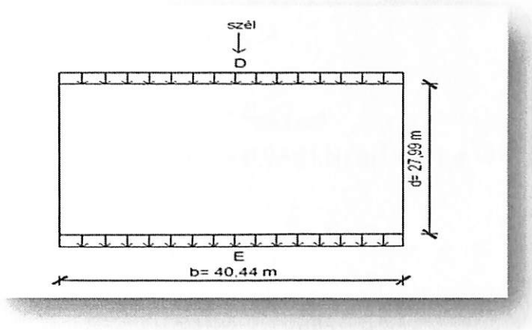
t=1m

$q_p = 0,965\ kN/m^2$

8.1.3.1.1. Keresztirányú fal szélteher:

h= 9,78 m

h/d= 9,78/ 27,99=0,35



D zóna:

$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^D}$$

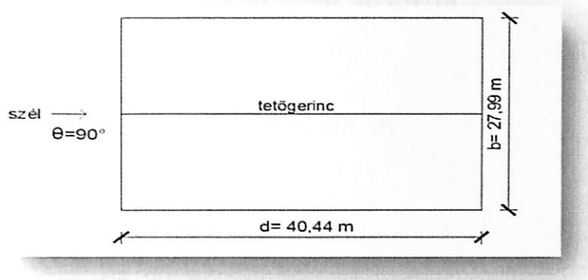
$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = 1,0\ m * 0,965\ kN/m^2 * +1,0 = \mathbf{+0,965\ kN/m}$$

E zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^E}$$

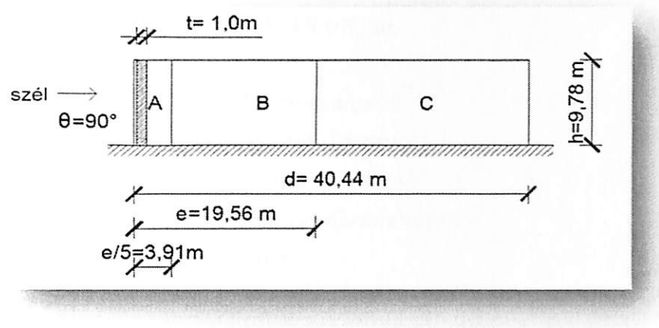
$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = 1,0\ m * 0,965\ kN/m^2 * -0,33 = \mathbf{-0,32\ kN/m}$$

8.1.3.1.2. Hosszirányú fal szélteher:



e= min(b;2*h)=min(27,99m;2*9,78m)= 19,56 m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/40,44m= 0,24

A zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^A}$$

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = 1{,}0\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -1{,}4 = \mathbf{-1{,}35\ kN/m}$$

8.1.4. Teherkombinációk:

8.1.4.1. Szélnyomás(keresztirányú):

1-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,1} = \gamma_w * p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{U,1} = 1{,}5 * 0{,}965\ \text{kN/m} = \mathbf{+1{,}45\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,1} = p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{S,1} = 0{,}965\ \text{kN/m} = \mathbf{+0{,}965\ kN/m}$$

8.1.4.2. Szélszívás(keresztirányú):

2-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,2} = \gamma_w * p_{w,e,sz,0^{E,k}}$$

$$p^{U,2} = 1{,}5 * -0{,}32\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}48\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,2} = p_{w,e,sz,0^{E,k}}$$

$$p^{S,2} = -0{,}32\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}32\ kN/m}$$

8.1.4.3. Szélszívás(hosszirányú):

3-as teherkombináció

ULS

$$p^{U,3} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{A,k}}$$

$$p^{U,3} = 1{,}5 * -1{,}35\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}03 kN/m}$$

SLS

$$p^{S,3} = p_{w,e,sz,90^{A,k}}$$

$$p^{S,3} = -1{,}35\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}35\ kN/m}$$

8.1.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

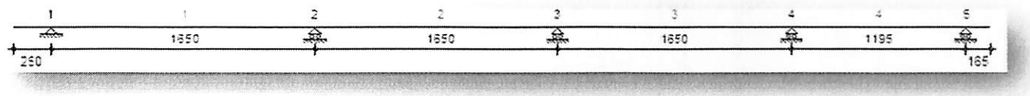
Mértékadó teherkombináció: 3-as teherkombináció

Szélszívás(hosszirányú)

Alkalmazandó szelvény: **LVP 45/0,5**

8.2. Falváz trapézlemez méretezése oromfalon:

8.2.1. Statikai váz:



8.2.2. Keresztmetszet:

Szelvény: LVP 45 trapézlemez

8.2.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége:1m

8.2.3.1. Szélteher:

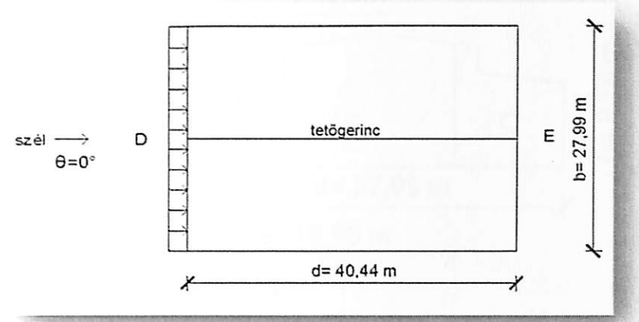
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1m

$q_p = 0{,}965\ \text{kN/m}^2$

8.2.3.1.1. Keresztirányú szélteher:



h= 9,78 m

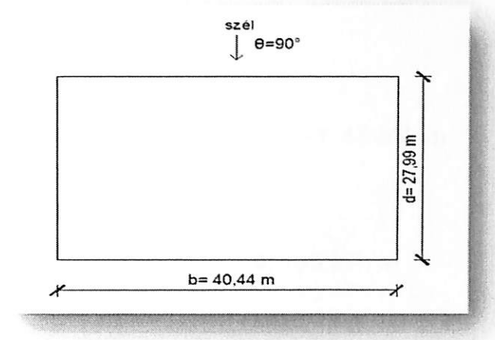
h/d= 9,78/40,44=0,24

D zóna:

$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = t * q_p * C_{pe,1,ny^D}$$

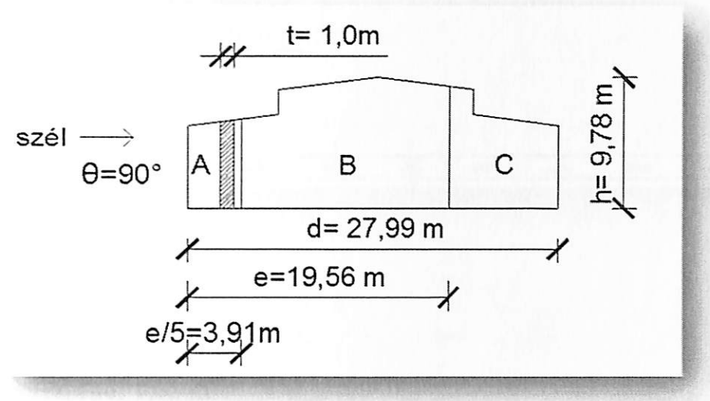
$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = 1{,}0\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * +1{,}0 = \mathbf{+0{,}965\ kN/m}$$

8.2.3.1.2. Hosszirányú szélteher:



e= min(b;2*h)=min(40,44m;2*9,78m)= 19,56 m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/27,99m= 0,35

A zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = t * q_p * C_{pe,1,sz^A}$$

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = 1{,}0\ \text{m} * 0{,}965\ \text{kN/m}^2 * -1{,}4 = \mathbf{-1{,}35\ kN/m}$$

8.2.4. Teherkombinációk:

8.2.4.1. Szélnyomás:

1-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,1} = \gamma_w * p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{U,1} = 1{,}5 * 0{,}965\ \text{kN/m} = \mathbf{+1{,}45\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,1} = p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{S,1} = 0{,}965\ \text{kN/m} = \mathbf{+0{,}965\ kN/m}$$

8.2.4.2. Szélszívás:

2-as teherkombináció

ULS

$$p^{U,2} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{B,k}}$$

$$p^{U,2} = 1{,}5 * -1{,}35\ \text{kN/m} = \mathbf{-2{,}03\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,2} = p_{w,e,sz,90^{B,k}}$$

$$p^{S,2} = -1{,}35\ \text{kN/m} = \mathbf{-1{,}35\ kN/m}$$

8.2.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

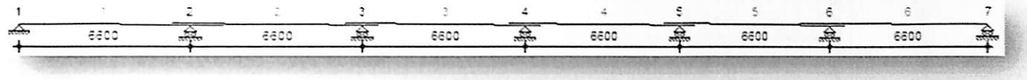
Mértékadó teherkombináció: 2-es teherkombináció

Szélszívás

Alkalmazandó szelvény: **LVP 45/0,5**

8.3. Z falvázgerenda méretezése az oldalfalon:

8.3.1. Statikai váz:



8.3.2. Keresztmetszet:

Szelvény: Z 200

8.3.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1,65 m

8.3.3.1. Szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

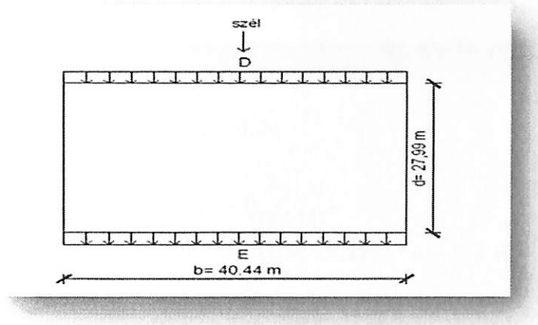
t=1,65m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

8.3.3.1.1. Keresztirányú fal szélteher:

h= 9,78 m

h/d= 9,78/ 27,99=0,35



D zóna:

$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^D}$$

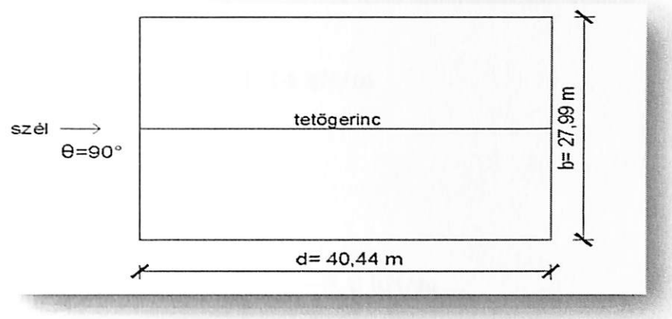
$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}713 = \mathbf{+1{,}14\ kN/m}$$

E zóna:

$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^E}$$

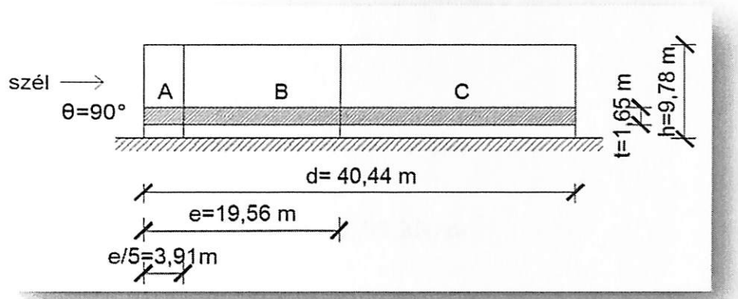
$$p_{w,e,sz,0^{E,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}33 = \mathbf{-0{,}53\ kN/m}$$

8.3.3.1.2. Hosszirányú fal szélteher:



e= min(b;2*h)=min(27,99m;2*9,78m)= 19,56 m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/40,44m= 0,24

A zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^A}$$

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -1{,}2 = \mathbf{-1{,}91\ kN/m}$$

B zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^B}$$

$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}8 = \mathbf{-1{,}27\ kN/m}$$

C zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{C,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^C}$$

$$p_{w,e,sz,90^{C,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}5 = \mathbf{-0{,}8\ kN/m}$$

8.3.4. Teherkombinációk:

8.3.4.1. Szélnyomás:

1-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,1} = \gamma_w * p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{U,1} = 1{,}5 * 1{,}14\,\text{kN/m} = \mathbf{+1{,}71\,kN/m}$$

SLS

$$p^{S,1} = p_{w,e,ny,0^{D,k}}$$

$$p^{S,1} = 1{,}14\,\text{kN/m} = \mathbf{+1{,}14\,kN/m}$$

8.3.4.2. Szélszívás (keresztirányú):

2-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,2} = \gamma_w * p_{w,e,sz,0^{E,k}}$$

$$p^{U,2} = 1{,}5 * -0{,}53\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}8\,kN/m}$$

SLS

$$p^{S,2} = p_{w,e,sz,0^{E,k}}$$

$$p^{S,2} = -0{,}53\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}53\,kN/m}$$

8.3.4.3. Szélszívás (hosszirányú):

3-as teherkombináció

ULS

$$p^{U,3,A} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{A,k}}$$

$$p^{U,3,A} = 1{,}5 * -1{,}91\,\text{kN/m} = \mathbf{-2{,}87\,kN/m}$$

$$p^{U,3,B} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{B,k}}$$

$$p^{U,3,B} = 1{,}5 * -1{,}27\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}91\,kN/m}$$

$$p^{U,3,C} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90^{C,k}}$$

$$p^{U,3,C} = 1{,}5 * -0{,}8\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}2\,kN/m}$$

SLS

$$p^{S,3,A} = p_{w,e,sz,90^{A,k}}$$

$$p^{S,3,A} = -1{,}91\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}91\,kN/m}$$

$$p^{S,3,B} = p_{w,e,sz,90^{B,k}}$$

$$p^{S,3,B} = -1{,}27\,\text{kN/m} = \mathbf{-1{,}27\,kN/m}$$

$$p^{S,3,C} = p_{w,e,sz,90^{C,k}}$$

$$p^{S,3,C} = -0{,}8\,\text{kN/m} = \mathbf{-0{,}8kN/m}$$

8.3.5. Méretezés:

Z falvázgerenda méretezése DIMROOF programmal.

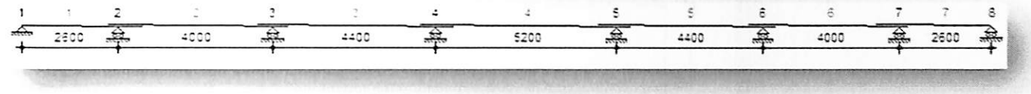
Számítási eredmény: Számítási melléklet (Dimroof)

Mértékadó teherkombináció: 3-as teherkombináció
Szélszívás(hosszirányú)

Alkalmazandó szelvény: **Z 200/2,0**

8.4. Z falvázgerenda méretezése az oromfalon:

8.4.1. Statikai váz:



8.4.2. Keresztmetszet:

Szelvény: Z 200

8.4.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1,65 m

8.4.3.1. Szélteher:

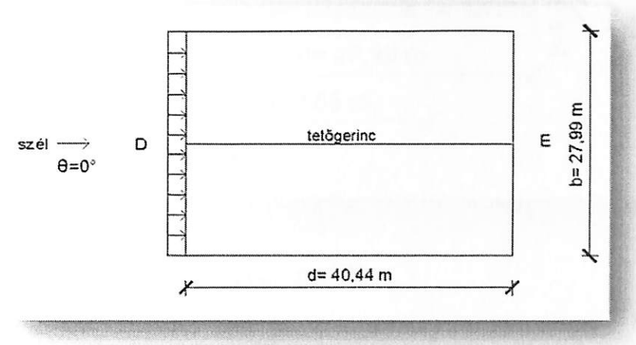
γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1,65 m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

8.4.3.1.1. Keresztirányú szélteher:



h= 9,78 m

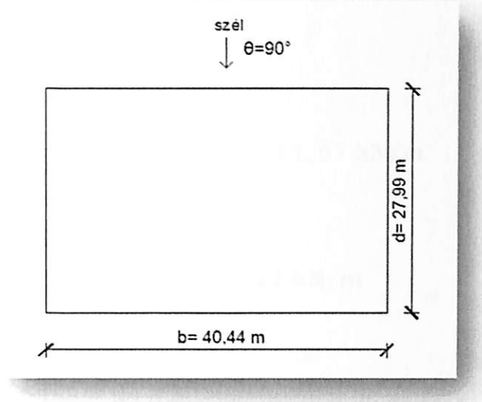
h/d= 9,78/40,44=0,24

D zóna:

$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = t * q_p * C_{pe,10,ny^D}$$

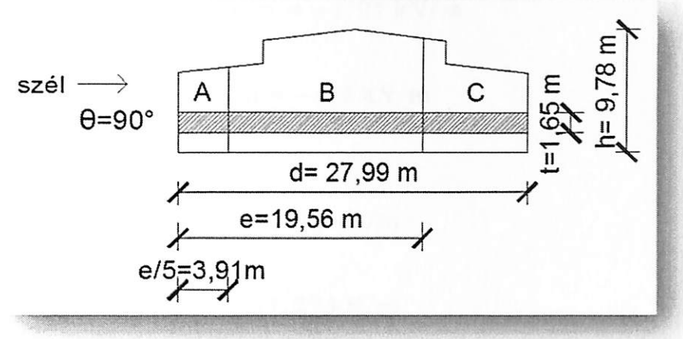
$$p_{w,e,ny,0^{D,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}7 = \mathbf{+1{,}11\ kN/m}$$

8.4.3.1.2. Hosszirányú szélteher:



e= min(b;2*h)=min(40,44m;2*9,78m)= 19,56 m

Oldalnézet e<d esetén:



h/d= 9,78m/27,99m= 0,35

A zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^A}$$

$$p_{w,e,sz,90^{A,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -1{,}2 = \mathbf{-1{,}91\ kN/m}$$

B zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^B}$$

$$p_{w,e,sz,90^{B,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}8 = \mathbf{-1{,}27\ kN/m}$$

C zóna:

$$p_{w,e,sz,90^{C,k}} = t * q_p * C_{pe,10,sz^C}$$

$$p_{w,e,sz,90^{C,k}} = 1{,}65\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}5 = \mathbf{-0{,}80\ kN/m}$$

8.4.4. Teherkombinációk:

8.4.4.1. Szélnyomás:

1-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,1} = \gamma_w * p_{w,e,ny,0}{}^{D,k}$$

$$p^{U,1} = 1{,}5 * 1{,}11\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{+1{,}67\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,1} = p_{w,e,ny,0}{}^{D,k}$$

$$p^{S,1} = 1{,}11\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{+1{,}11\ kN/m}$$

8.4.4.2. Szélszívás(hosszirányú):

2-es teherkombináció

ULS

$$p^{U,2,A} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90}{}^{A,k}$$

$$p^{U,2,A} = 1{,}5 * -1{,}91\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-2{,}87\ kN/m}$$

$$p^{U,2,B} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90}{}^{B,k}$$

$$p^{U,2,B} = 1{,}5 * -1{,}27\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-1{,}91\ kN/m}$$

$$p^{U,2,C} = \gamma_w * p_{w,e,sz,90}{}^{C,k}$$

$$p^{U,2,C} = 1{,}5 * -0{,}8\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-1{,}2\ kN/m}$$

SLS

$$p^{S,2,A} = p_{w,e,sz,90}{}^{A,k}$$

$$p^{S,2,A} = -1{,}91\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-1{,}91\ kN/m}$$

$$p^{S,2,B} = p_{w,e,sz,90}{}^{B,k}$$

$$p^{S,2,B} = -1{,}27\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-1{,}27\ kN/m}$$

$$p^{S,2,C} = p_{w,e,sz,90}{}^{C,k}$$

$$p^{S,2,C} = -0{,}8\,\mathrm{kN/m} = \mathbf{-0{,}8\ kN/m}$$

8.4.5. Méretezés:

Z falvázgerenda méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: 1-es számítási melléklet

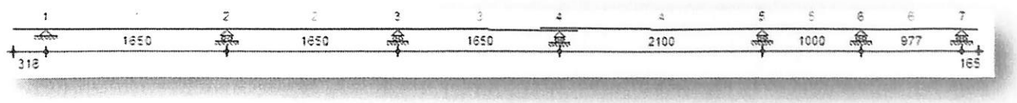
Mértékadó teherkombináció: 1-es teherkombináció

Szélnyomás

Alkalmazandó szelvény: **Z 200/1,2**

8.5. Falváz belső trapézlemez méretezése:

8.5.1. Statikai váz:



8.5.2. Keresztmetszet:

LVP 20 trapézlemez

8.5.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 1m

8.5.3.1. Szélteher:

γ_w=1,50

$\psi_{o,w}$=0,60

t=1,00 m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

$p_{w,i,ny^k} = t * q_p * C_{pi,ny}$

$p_{w,i,ny^k} = 1{,}00\mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}2$

$p_{w,i,ny^k} = \mathbf{+0{,}193\ kN/m}$

$p_{w,i,sz^k} = t * q_p * C_{pi,sz}$

$p_{w,i,sz^k} = 1{,}00\mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * -0{,}3$

$p_{w,i,sz^k} = \mathbf{-0{,}29\ kN/m}$

8.5.4. Teherkombinációk:

8.5.4.1. Szélnyomás(belső):

1-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$p^{U,1} = \gamma_w * p_{w,i,ny^k}$

$p^{U,1} = 1{,}5 * 0{,}193\ \mathrm{kN/m} = \mathbf{0{,}29\ kN/m}$

SLS (használhatósági határállapot)

$p^{S,1} = p_{w,i,ny^k}$

$p^{S,1} = 0{,}193\ \mathrm{kN/m} = \mathbf{0{,}193\ kN/m}$

8.5.4.2. Szélszívás(belső):

2-es teherkombináció

ULS (teherbírási határállapot)

$p^{U,2} = \gamma_w * p_{w,i,sz^k}$

$p^{U,2} = 1{,}5 * -0{,}29\ \mathrm{kN/m} = \mathbf{-0{,}435\ kN/m}$

SLS (használhatósági határállapot)

$p^{S,2} = p_{w,i,sz^k}$

$p^{S,2} = -0{,}29\ \mathrm{kN/m} = \mathbf{-0{,}29\ kN/m}$

8.5.5. Méretezés:

Trapézlemez méretezése DIMROOF programmal.

Számítási eredmény: 1-es számítási melléklet

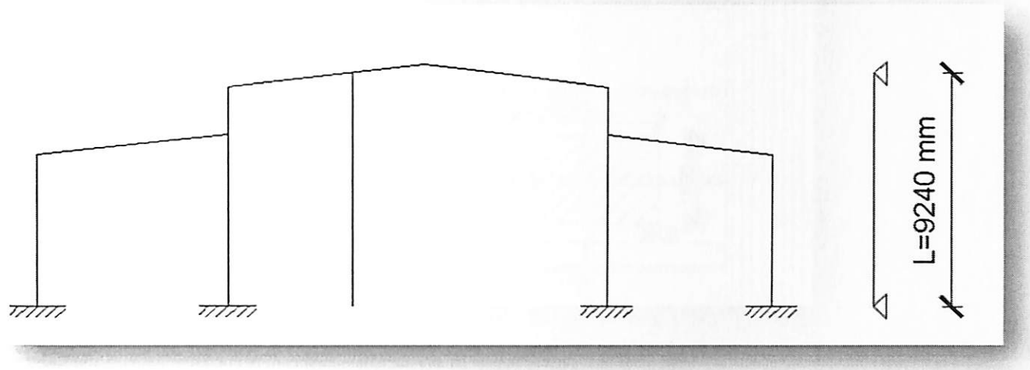
Mértékadó teherkombináció: 2-es teherkombináció

Szélszívás(belső)

Alkalmazandó szelvény: **LVP 20/0,5**

8.6. Falvázoszlop méretezése:

8.6.1. Statikai váz:



8.6.2. Anyagminőség:

S 235

8.6.3. Keresztmetszet:

Szelvény: HEA 200

8.6.4. Tehermodell:

8.6.4.1. Állandó teher:

8.6.4.1.1. Falvázoszlop önsúlya:

L= 9,24 m

HEA 200 → G= 42,3 kg/m

g_{oszlop}= 0,423 kN/m

$g_{oszlop^k} = g_{oszlop} * L$

$g_{oszlop^k} = 0{,}423\,\text{kN/m} * 9{,}24\,\text{m} = \mathbf{3{,}91\ kN}$

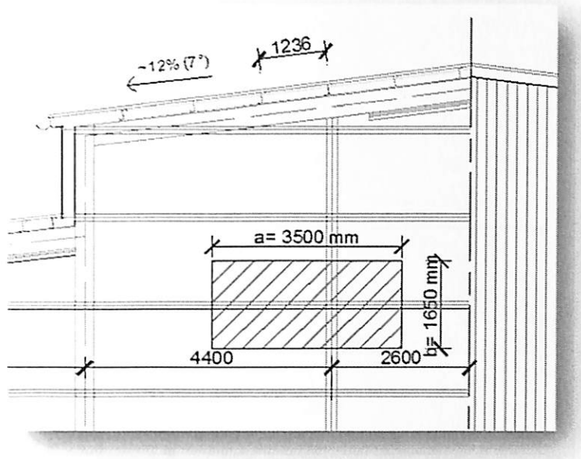
8.6.4.1.2. Burkolat súlya:

$\gamma_{G,sup}$=1,35

a= 3,5 m

b= 1,65 m

$t = a * b = 3{,}5\,\text{m} * 1{,}65\,\text{m} = 5{,}78\,\text{m}^2$



Rétegrend :

- Külső trapézlemez
  LVP 45/0,5 $g_{KTL^k} = 0{,}048\ kN/m^2$
- Párazáró fólia
  $g_{f^k} = 0{,}014\ kN/m^2$
- Hőszigetelés
  15 cm vastag üveggyapot $g_{hsz^k} = 0{,}015\ kN/m^2$
- Belső trapézlemez
  LVP 20/0,5 $g_{bTL^k} = 0{,}048\ kN/m^2$
- Falvázgerenda
  Z 200/1,2 $g_{z^k} = 0{,}0348 kN/m$

$$p_{burkolat^k} = [t * (g_{KTL^k} + g_{f^k} + g_{hsz^k} + g_{bTL^k})] + (a * g_{z^k})$$

$$p_{burkolat^k} = [5{,}78\ m^2 * (0{,}048\ kN/m^2 + 0{,}014\ kN/m^2 + 0{,}015\ kN/m^2 + 0{,}048\ kN/m^2)] + (3{,}5m * 0{,}0348)$$

$$p_{burkolat^k} = \mathbf{0,84\ kN}$$

$$\Sigma G^k = g_{oszlop^k} + (n * p_{burkolat^k})$$

$$\Sigma G^k = 3{,}91\ kN + (6 * 0{,}84\ kN)$$

$$\Sigma G^k = \mathbf{8,95\ kN}$$

$$\Sigma G_d = \gamma_{G,sup} * \Sigma G^k$$

$$\Sigma G_d = 1{,}35 * 8{,}95 = \mathbf{12,08\ kN}$$

8.6.4.2. <u>Szélteher:</u>

γ_w=1,50

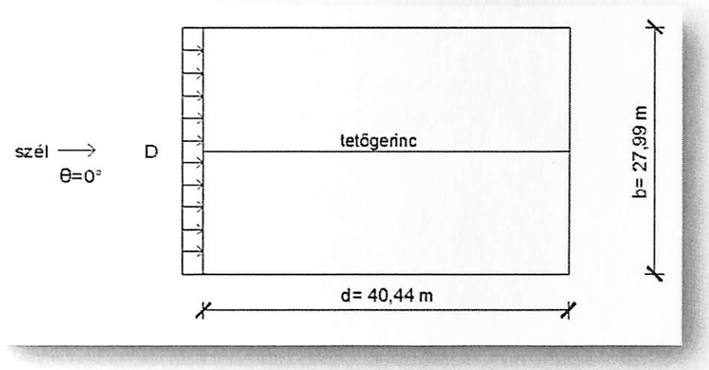
$\psi_{0,w}$=0,60

a=3,5 m

$q_p = 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2}$

h= 9,78 m

h/d= 9,78/40,44=0,24



D zóna:

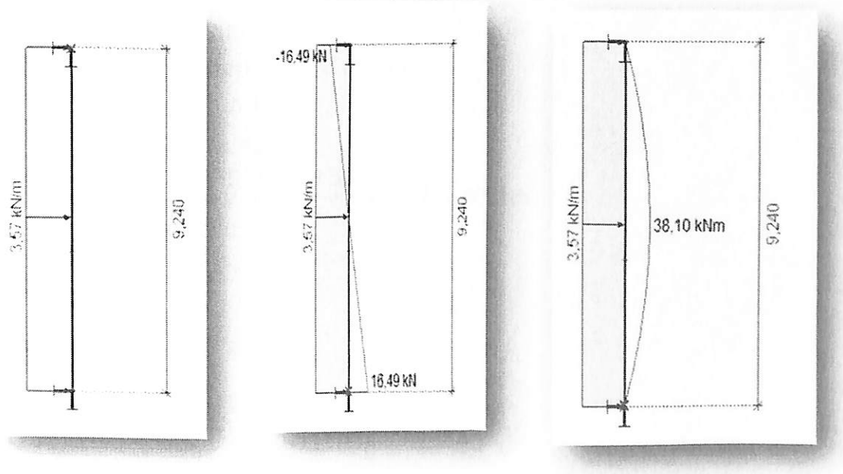
$p_{w,e^k} = a * q_p * C_{pe,10,ny^D}$

$p_{w,e^k} = 3{,}5\ \mathrm{m} * 0{,}965\ \mathrm{kN/m^2} * +0{,}7 = \mathbf{+2{,}38\ kN/m}$

$p_{w,d} = \gamma_w * p_{w,e^k}$

$p_{w,d} = 1{,}5 * +2{,}38\ \mathrm{kN/m}$

$p_{w,d} = \mathbf{+3{,}57\ kN/m}$



8.6.5. Keresztmetszet ellenőrzése:

$M_{y,Ed}$= 38,10 kNm
N_{Ed}= 12,08 kN
V_{Ed}= 16,49 kN
S235 f_y= 235 N/mm² ε= 1,0
γ_{mo}= 1,00
HEA 200

Keresztmetszet osztályozása:
Tiszta hajlításra: 1. osztályú
Tiszta nyomásra: 1. osztályú

W_{ply}= 429500 mm³
A= 5383 mm²
A_v= 1810 mm²
h_w= 170 mm
t_w= 6,5 mm

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

1-es keresztmetszeti osztály esetén nyomatéki ellenállás:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{4{,}295 * 10^5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{100{,}93\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{38{,}10}{100{,}93} = \mathbf{0{,}38} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

1-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{5383 * 235}{1{,}00} = \mathbf{1265{,}01\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{12{,}08}{1265{,}01} = \mathbf{0{,}01} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

Nyírási lemezhorpadás:

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72*\varepsilon}{\eta}$$

$$\frac{170}{6,5} = 26,17 < \frac{72*1,0}{1,0} = 72$$

Nyírási horpadás nem mértékadó!

1-es keresztmetszeti osztály esetén:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{1810 * 235}{\sqrt{3} * 1,00} = \mathbf{245,58\ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{16,49}{245,58} = \mathbf{0,07} \leq 1,00$$

Megfelel!

<u>Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:</u>

$V_{Ed} \geq 0,5 * V_{c,Rd}$

$16,49\ kN \geq 0,5 * 245,58\ kN$

$\mathbf{16,49\ kN \geq 122,79\ kN}$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

<u>Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:</u>

$N_{Ed} \leq 0,25 * N_{pl,Rd}$

$12,08\ kN \leq 0,25 * 1265,01\ kN$

$\mathbf{12,08\ kN \leq 316,25\ kN}$

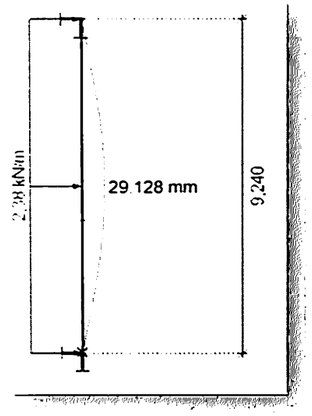
$$N_{Ed} \leq \frac{0,5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$12,08\ kN \leq \frac{0,5 * 170 * 6,5 * 235}{1,00}$$

$\mathbf{12,08\ kN \leq 129,84\ kN}$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

8.6.6. Használhatósági határállapot ellenőrzése:



S 235 → E= 210 000 N/mm^2

HEA 200 → $I_y = 36{,}92 * 10^6$ mm^4

$$e_x = \frac{5}{384} * \frac{q*l^4}{E*I_y}$$

$$e_x = \frac{5}{384} * \frac{2{,}38 * 9240^4}{210000 * 36920000} = \mathbf{29{,}13\ mm}$$

L 9030 mm

$$w_{max} = \frac{L}{300} = \frac{9030\ mm}{300}$$

$$w_{max} = \mathbf{30{,}1\ mm}$$

$$e_x \leq w_{max}$$

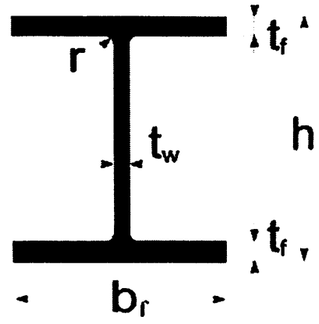
$$\mathbf{29{,}13\ mm \leq 30{,}1\ mm}$$

Lehajlásra megfelel!

8.6.7. Stabilitásvizsgálatok:

Keresztmetszeti adatok:

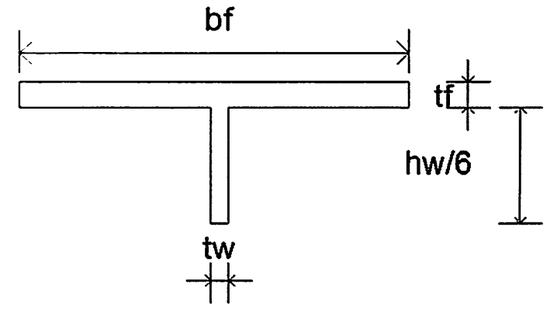
HEA 200



h=190 mm
b_f=200 mm
t_w=6,5 mm
t_f=10 mm
r=18 mm

A= 5383 mm^2
i_y=82,8 mm
i_z= 49,8 mm

8.6.7.1. Kifordulás vizsgálat az oszlop síkjára merőlegesen:



b_f= 200 mm
t_f= 10 mm
t_w= 6,5 mm
$h_w/6$= 28,33 mm

$$A_{fz} = b_f * t_f + \frac{h_w}{6} * t_w = 200 * 10 + 28{,}33 * 6{,}5 = 2184{,}17\ mm^2$$

$$I_{fz} = t_f * \frac{b_f^3}{12} + \frac{h_w}{6} * \frac{t_w^3}{12} = 10 * \frac{200^3}{12} + 28{,}33 * \frac{6{,}5^3}{12} = 6{,}67 * 10^6 mm^4$$

$$i_{fz} = \sqrt{\frac{I_{fz}}{A_{fz}}} = \sqrt{\frac{6{,}67 * 10^6}{2184{,}17}} = 55{,}25\ mm$$

Kifordulás bekövetkezik-e?

k_c=0,94
L_c=1650 mm
λ_E=93,9
i_{fz}=55,25 mm
λ_{co}=0,5
$M_{c,Rd}$=100,93 kNm
M_{Ed}=36,39 kNm

$$\overline{\lambda_f} = \frac{k_c * L_c}{i_{fz} * \lambda_E} \leq \overline{\lambda_{co}} * \frac{M_{c,Rd}}{M_{Ed}}$$

$$\overline{\lambda_f} = \frac{0{,}94 * 1650}{55{,}25 * 93{,}90} \leq 0{,}5 * \frac{100{,}93}{36{,}39}$$

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}299 \leq 1{,}388$$

A kifordulás nem következik be!

Kifordulási ellenállás:

$M_{c,Rd}$=100,93 kNm
k_{fl}=1,1

$$\overline{\lambda_f} = 0{,}299 \rightarrow \frac{h}{t_f} = \frac{190}{10} = 19 \leq 44 * 1 = 44 \rightarrow \text{d görbe} \rightarrow \chi = 0{,}9243$$

$$M_{b,Rd} = \chi * k_{fl} * M_{c,Rd}$$

$$M_{b,Rd} = 0{,}9243 * 1{,}1 * 100{,}93$$

$$M_{b,Rd} = \mathbf{102{,}62\ kNm} \geq M_{Ed} = 38{,}10\ kNm$$

Megfelel!

8.6.7.2. <u>Kihajlásvizsgálat az oszlop síkjára merőlegesen:</u>

N_{Ed}= 12,08 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

<u>Oszlop alsó szakasza:</u>

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 1900}{49,8} = 38,15 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{38,15}{93,9} = 0,41 \rightarrow \text{"c" görbe}$$

$$\rightarrow \chi_z = 0,892$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,892 * 5383 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = \mathbf{1128,38\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{12,08}{1128,38} = \mathbf{0,01} \leq 1,00$$

Megfelel!

<u>Oszlop középső szakasza:</u>

ν_z=1,0

$$\lambda_z = \frac{\nu * l}{i_z} = \frac{1,0 * 2100}{49,8} = 42,17 \rightarrow \overline{\lambda_z} = \frac{\lambda_z}{\lambda_E} = \frac{42,17}{93,9} = 0,45$$

$$\rightarrow \text{"c" görbe} \rightarrow \chi_z = 0,8705$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0,8705 * 5383 * 235}{1,0}$$

$$N_{b,Rd,z} = 1101,19\ \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1,00$$

$$\frac{12,08}{1101,19} = \mathbf{0,01} \leq 1,00$$

Megfelel!

8.6.7.3. <u>Kihajlásvizsgálat az oszlop síkjában:</u>

N_{Ed}=12,08 kN

S235 → f_y=235 N/mm²

λ_E=93,9

ν_y=1,0

$$\lambda_y = \frac{\nu * l}{i_y} = \frac{1{,}0 * 9240}{82{,}8} = 111{,}6 \rightarrow \overline{\lambda_y} = \frac{\lambda_y}{\lambda_E} = \frac{111{,}6}{93{,}9} = 1{,}19$$

$$\rightarrow \text{"b" görbe} \rightarrow \chi_y = 0{,}484$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0{,}484 * 5383 * 235}{1{,}0}$$

$$N_{b,Rd,y} = \mathbf{612{,}26\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{12{,}08}{612{,}26} = \mathbf{0{,}02} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

8.6.7.4. <u>Kifordulás és kihajlás interakciója:</u>

N_{Ed}=12,08 kN

M_{Ed}=38,10kNm

$N_{b,Rd,y}$=612,26 kN

$N_{b,Rd,z}$=1128, 38kN

$M_{b,Rd}$=102,62kNm

$$k_{yy} = \min \begin{cases} c_{my} * \left[1 + (\overline{\lambda_y} - 0{,}2) * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right] \\ c_{my} * \left(1 + 0{,}8 * \frac{N_{Ed} * \gamma_{m1}}{\chi_y * A * f_y}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}9 * \left[1 + (1{,}19 - 0{,}2) * \frac{12{,}08 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}484 * 5383 * 235}\right] \\ 0{,}9 * \left(1 + 0{,}8 * \frac{12{,}08 * 10^3 * 1{,}00}{0{,}484 * 5383 * 235}\right) \end{cases}$$

$$k_{yy} = \min \begin{cases} 0{,}918 \\ 0{,}914 \end{cases} = 0{,}914$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + k_{yy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{12{,}08}{612{,}26} + 0{,}914 * \frac{38{,}10}{102{,}62} \leq 1{,}00$$

$$\boldsymbol{\eta = 0{,}36} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

$$k_{zy} = 0{,}6 * k_{yy}$$

$$k_{zy} = 0{,}6 * 0{,}914$$

$$k_{zy} = 0{,}548$$

$$\eta = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} + k_{zy} * \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\eta = \frac{12{,}08}{1128{,}38} + 0{,}548 * \frac{38{,}10}{102{,}62} \leq 1{,}00$$

$$\eta = 0,21 \leq 1,00$$

Megfelel!

9. Csomópontok méretezése:

9.1. Főhajó oszloptalp méretezése:

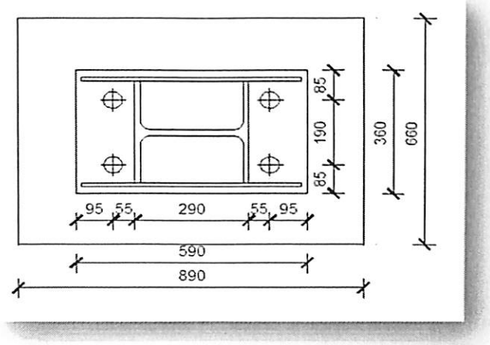
M_{Ed}=95,55 kNm

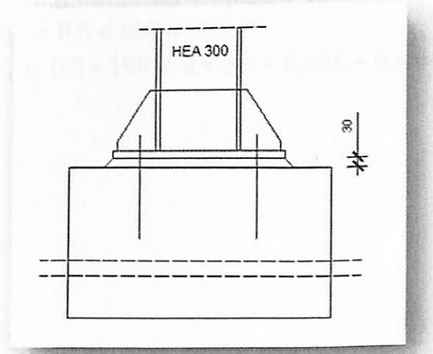
N_{Ed}=239,53 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

C20/25→ f_{cd}=13,3 N/mm²





Csavarok :

M 24 8.8

8.8. → f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A_s=353 mm²

Talplemez:

b_p= 360 mm h_p= 590 mm t_p= 25 mm

Varrat méretek:

$a_f \leq 0,5 * t_f$ $a_w \leq 0,5 * t_w$

$a_f \leq 0,5 * 14$ $a_w \leq 0,5 * 8,5$

$a_f = 6$ mm $a_w = 4$ mm

9.1.1. Húzott T- elem ellenállása:

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2*M_{pl,1,Rd}}{m_x}$$

$$F_{T,3,Rd} = \min(F_{t,Rd,b}; F_{pl,Rd})$$

$$F_{t,Rd,b} = 2 * \frac{0,9*f_{ub}*A_s}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{w_{el}*f_y}{m_x*\gamma_{mo}} = \frac{b_p*t_p{}^2*f_y}{6*m_x*\gamma_{mo}}$$

Segédmennyiségek:

$m_x = 55 - 0{,}8 * 6 * \sqrt{2} = 48$ mm

w= 190 mm

e= 85 mm

e_x= 95 mm

b_p= 360 mm

Effektív hossz:

$$l_{eff,1} = \begin{cases} 2 * \pi * m_x = 2 * \pi * 48 = \\ \pi * m_x + w = \pi * 48 + 190 = \\ \pi * m_x + 2 * e = \pi * 48 + 2 * 85 = \\ 4 * m_x + 1{,}25 * e_x = 4 * 48 + 1{,}25 * 95 = \\ e + 2 * m_x + 0{,}625 * e_x = 85 + 2 * 48 + 0{,}625 * 95 = \\ 0{,}5 * b_p = 0{,}5 * 360 = \\ 0{,}5 * w + 2 * m_x + 0{,}625 * e_x = 0{,}5 * 190 + 2 * 48 + 0{,}625 * 95 = \end{cases}$$

$$l_{eff,1} = \begin{cases} 302 \text{ mm} \\ 341 \text{ mm} \\ 321 \text{ mm} \\ 311 \text{ mm} = 180 \text{ mm} \\ 240 \text{ mm} \\ 180 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} \end{cases}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{p^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0{,}25 * 180 * 25^2 * \frac{235}{1{,}00} = 6{,}61 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 * 6{,}61 * 10^6}{48} = 275{,}4 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,b} = 2 * \frac{0{,}9 * 800 * 353}{1{,}25} = 406{,}66 \text{ kN}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{435 * 25^2 * 235}{6 * 48 * 1{,}00} = 221{,}84 \text{ kN}$$

$F_{T,3,Rd} = \min(406{,}66 \text{ kN}; 221{,}84 \text{ kN}) = 221{,}84$ kN

$F_{T,Rd} = \min(275{,}4 \text{ kN}; 221{,}84 \text{ kN}) = \mathbf{221{,}84\ kN}$

9.1.2. <u>Nyomott T-elem ellenállása:</u>

$F_{c,Rd} = f_{jd} * b_{eff} * l_{eff}$

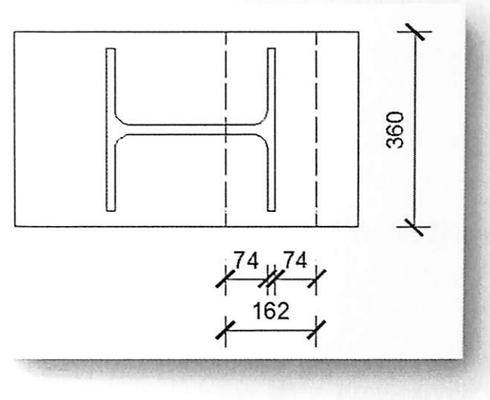
$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{F_{Rdu}}{b_{eff} * l_{eff}}$$

$$F_{Rdu} = A_{co} * f_{cd} * \sqrt{\left(\frac{A_{c1}}{A_{co}}\right)} \leq 3{,}0 * f_{cd} * A_{co}$$

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_j * \gamma_{mo}}} = 25 * \sqrt{\frac{235}{3 * 8{,}87 * 1{,}00}} = 74 \text{ mm}$$

$$f_j = \beta_j * k_j * f_{cd} = 0{,}67 * 1{,}00 * 13{,}3 = 8{,}87 \text{ N/mm}^2$$

k_j= 1,00



$$A_{co} = b_{eff} * l_{eff} = 162 * 360 = 58320 \text{ mm}^2$$

$$A_{c1} = 486 * 660 = 320760 \text{ mm}^2$$

$$F_{Rdu} = 58320 * 13{,}3 * \sqrt{\left(\frac{320760}{58320}\right)} \leq 3{,}0 * 13{,}3 * 58320$$

$$F_{Rdu} = 1819{,}07 \text{ kN} \leq 2327 \text{ kN}$$

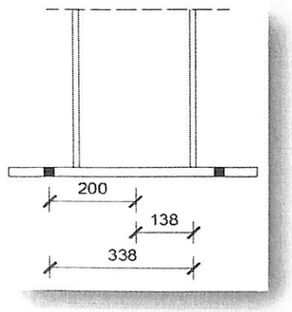
$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{1819070}{162 * 360} = 20{,}8 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{c,Rd} = 20{,}8 * 162 * 360 = \mathbf{1213 \text{ kN}}$$

9.1.3. Oszloptalp nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min\left(\frac{F_{T,Rd} * z}{\frac{z_c}{e} + 1}; \frac{-F_{T,Rd} * z}{\frac{z_T}{e} - 1}\right)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{95{,}55}{-268{,}69} = -356 \text{ mm}$$



z= 338 mm

z_T=200 mm

z_C= 138 mm

$$M_{j,Rd} = \min\left(\frac{221840 * 338}{\frac{138}{-356}+1}; \frac{-1213000 * 338}{\frac{200}{-356}-1}\right)$$

$$M_{j,Rd} = \min(122{,}45\ \text{kNm}; 262{,}5\ \text{kNm}) = \mathbf{122{,}45\ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{95{,}55}{122{,}45} = \mathbf{0{,}78} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.2. <u>Mellékhajók oszloptalp méretezése:</u>

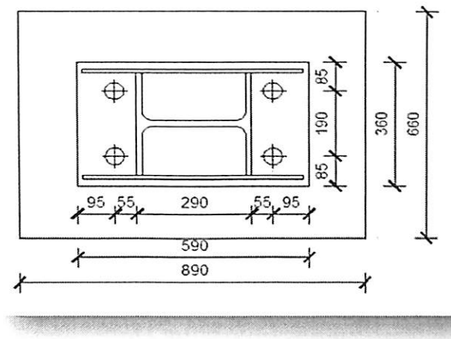
M_{Ed}=115,17 kNm

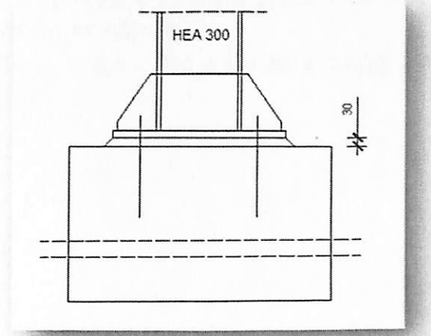
N_{Ed}=215,6 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

C20/25→ f_{cd}=13,3 N/mm²





Csavarok :

M 24 8.8

8.8. → f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A_s=353 mm²

Talplemez:

b_p= 360 mm h_p= 590 mm t_p= 30 mm

Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 14$ $a_w \leq 0{,}5 * 8{,}5$

$a_f = 6$ mm $a_w = 4$ mm

9.2.1. <u>Húzott T- elem ellenállása:</u>

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,1,Rd}}{m_x}$$

$$F_{T,3,Rd} = \min(F_{t,Rd,b}; F_{pl,Rd})$$

$$F_{t,Rd,b} = 2 * \frac{0,9*f_{ub}*A_s}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{w_{el}*f_y}{m_x*\gamma_{mo}} = \frac{b_p*t_{p^2}*f_y}{6*m_x*\gamma_{mo}}$$

Segédmennyiségek:

$m_x = 55 - 0,8 * 6 * \sqrt{2} = 48$ mm

w= 190 mm

e= 85 mm

e_x= 95 mm

b_p= 360 mm

Effektív hossz:

$$l_{eff,1} = \begin{cases} 2 * \pi * m_x = 2 * \pi * 48 = \\ \pi * m_x + w = \pi * 48 + 190 = \\ \pi * m_x + 2 * e = \pi * 48 + 2 * 85 = \\ 4 * m_x + 1,25 * e_x = 4 * 48 + 1,25 * 95 = \\ e + 2 * m_x + 0,625 * e_x = 85 + 2 * 48 + 0,625 * 95 = \\ 0,5 * b_p = 0,5 * 360 = \\ 0,5 * w + 2 * m_x + 0,625 * e_x = 0,5 * 190 + 2 * 48 + 0,625 * 95 = \end{cases}$$

$$l_{eff,1} = \begin{cases} 302 \text{ mm} \\ 341 \text{ mm} \\ 321 \text{ mm} \\ 311 \text{ mm} = 180 \text{ mm} \\ 240 \text{ mm} \\ 180 \text{ mm} \\ 250 \text{ mm} \end{cases}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 * l_{eff} * t_{p^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 * 180 * 30^2 * \frac{235}{1,00} = 9,52 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1-2,Rd} = \frac{2 * 9,52 * 10^6}{48} = 397 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd,b} = 2 * \frac{0,9 * 800 * 353}{1,25} = 406,66 \text{ kN}$$

$$F_{pl,Rd} = \frac{435 * 30^2 * 235}{6 * 48 * 1,00} = 319,45 \text{ kN}$$

$F_{T,3,Rd} = \min(406,66 \text{ kN}; 319,45 \text{ kN}) = 319,45$ kN

$F_{T,Rd} = \min(397 \text{ kN}; 319,35 \text{ kN}) = \mathbf{319,45 \text{ kN}}$

9.2.2. Nyomott T-elem ellenállása:

$$F_{c,Rd} = f_{jd} * b_{eff} * l_{eff}$$

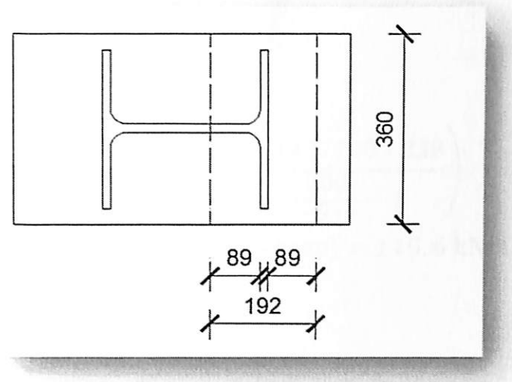
$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{F_{Rdu}}{b_{eff} * l_{eff}}$$

$$F_{Rdu} = A_{co} * f_{cd} * \sqrt{\left(\frac{A_{c1}}{A_{co}}\right)} \leq 3{,}0 * f_{cd} * A_{co}$$

$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_j * \gamma_{mo}}} = 30 * \sqrt{\frac{235}{3 * 8{,}87 * 1{,}00}} = 89\ \text{mm}$$

$$f_j = \beta_j * k_j * f_{cd} = 0{,}67 * 1{,}00 * 13{,}3 = 8{,}87\ \text{N/mm}^2$$

$k_j = 1{,}00$



$$A_{co} = b_{eff} * l_{eff} = 192 * 360 = 69120\ \text{mm}^2$$

$$A_{c1} = 576 * 660 = 380160\ \text{mm}^2$$

$$F_{Rdu} = 69120 * 13{,}3 * \sqrt{\left(\frac{380160}{69120}\right)} \leq 3{,}0 * 13{,}3 * 69120$$

$$F_{Rdu} = 2156\ \text{kN} \leq 2758\ \text{kN}$$

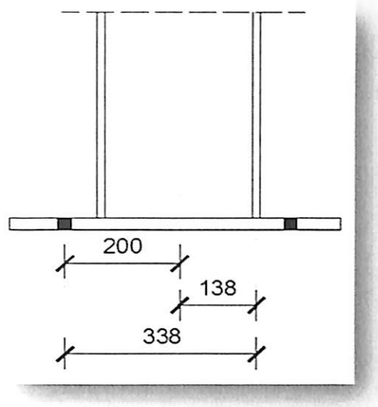
$$f_{jd} = \frac{2}{3} * \frac{2156000}{192 * 360} = 20{,}8\ \text{N/mm}^2$$

$$F_{c,Rd} = 20{,}8 * 192 * 360 = \mathbf{1437{,}7\ kN}$$

9.2.3. Oszloptalp nyomatéki ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \min\left(\frac{F_{T,Rd} * z}{\frac{z_c}{e} + 1}; \frac{-F_{T,Rd} * z}{\frac{z_T}{e} - 1}\right)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{115{,}17}{-215{,}6} = -534\ \text{mm}$$



z= 338 mm
z_T=200 mm
z_C= 138 mm

$$M_{j,Rd} = \min\left(\frac{319450 * 338}{\frac{138}{-534}+1}; \frac{-1437700 * 338}{\frac{200}{-534}-1}\right)$$

$$M_{j,Rd} = \min(145{,}6\ \text{kNm}; 353{,}5\ \text{kNm}) = \mathbf{145,6\ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{115{,}17}{145{,}6} = \mathbf{0,79} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.3. <u>Falváz oszloptalp méretezése:</u>

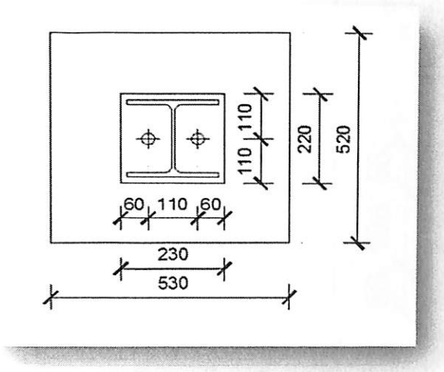
V_{Ed}=16,5 kN

N_{Ed}=12,08 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

C20/25→ f_{cd}=13,3 N/mm²



Csavarok :

M 14 6.8.

6.8. → f_{yb}=480 N/mm² f_{ub}=600 N/mm²

M 14 → d= 14 mm d_o= 15 mm A_s=115 mm²

Talplemez:

b_p= 230 mm h_p= 220 mm t_p= 16 mm

Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 10$ $a_w \leq 0{,}5 * 6{,}5$

$a_f = 4$ mm $a_w = 3$ mm

9.3.1. Nyomott T-elem ellenállása:

$$N_{j,Rd} = \Sigma F_{c,i,Rd}$$

$$F_{c,i,Rd} = f_{j,i,d} * b_{eff} * l_{eff}$$

$$f_{j,i,d} = \frac{2}{3} * \frac{F_{R,i,du}}{b_{eff} * l_{eff}}$$

$$F_{R,i,du} = A_{co} * f_{cd} * \sqrt{\left(\frac{A_{c1}}{A_{co}}\right)} \leq 3{,}0 * f_{cd} * A_{co}$$

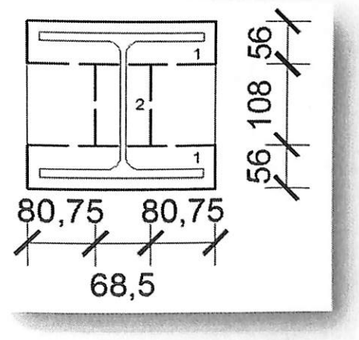
$$c = t * \sqrt{\frac{f_y}{3 * f_j * \gamma_{mo}}} = 16 * \sqrt{\frac{235}{3 * 20{,}7 * 1{,}00}} = 31 \text{ mm}$$

$$f_j = \beta_j * k_j * f_{cd} = 0{,}67 * 2{,}33 * 13{,}3 = 20{,}7 \text{ N/mm}^2$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a * b}} = \sqrt{\frac{520 * 530}{220 * 230}} = 2{,}33$$

$$a_1 = \min \begin{cases} a + 2 * a_r = 220 + 2 * 150 = 520 \text{ mm} \\ 5 * a = 5 * 220 = 1100 \text{ mm} \\ a + h = 220 + 900 = 1120 \text{ mm} \\ 5 * b_1 = 5 * 530 = 2650 \text{ mm} \end{cases}$$

$$b_1 = \min \begin{cases} b + 2 * b_r = 230 + 2 * 150 = 530 \text{ mm} \\ 5 * b = 5 * 230 = 1150 \text{ mm} \\ b + h = 230 + 900 = 1130 \text{ mm} \\ 5 * a_1 = 5 * 520 = 2600 \text{ mm} \end{cases}$$



9.3.1.1. Nyomott T-1 elem ellenállása:

$A_{co} = b_{eff} * l_{eff} = 230 * 56 = 12880\ mm^2$

$A_{c1} = 530 * 168 = 89004\ mm^2$

$$F_{R,1,du} = 12880 * 13{,}3 * \sqrt{\left(\frac{89004}{12880}\right)} \leq 3{,}0 * 13{,}3 * 12880$$

$F_{R,1,du} = 450{,}4\ kN \leq 514\ kN$

$$f_{j,1,d} = \frac{2}{3} * \frac{450400}{230 * 56} = 23{,}43\ N/mm^2$$

$F_{c,1,Rd} = 23{,}43 * 230 * 56 = \mathbf{301{,}78\ kN}$

9.3.1.2. Nyomott T-2 elem ellenállása:

$A_{co} = b_{eff} * l_{eff} = 68{,}5 * 108 = 7398\ mm^2$

$A_{c1} = 205{,}5 * 324 = 66582\ mm^2$

$$F_{R,2,du} = 7398 * 13{,}3 * \sqrt{\left(\frac{66582}{7398}\right)} \leq 3{,}0 * 13{,}3 * 7398$$

$F_{R,2,du} = 295{,}18\ kN \leq 295{,}18\ kN$

$$f_{j,2,d} = \frac{2}{3} * \frac{295180}{68{,}5 * 108} = 26{,}73\ N/mm^2$$

$F_{c,2,Rd} = 26{,}73 * 68{,}5 * 108 = \mathbf{197{,}75\ kN}$

9.3.1.3. Nyomott talpcsomópont ellenállása:

$N_{j,Rd} = 2 * F_{c,1,Rd} + F_{c,2,Rd}$

$N_{j,Rd} = 2 * 301{,}78 + 197{,}75 = \mathbf{801{,}31\ kN}$

$$\frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} = \frac{12{,}08}{801{,}31} = \mathbf{0{,}015} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

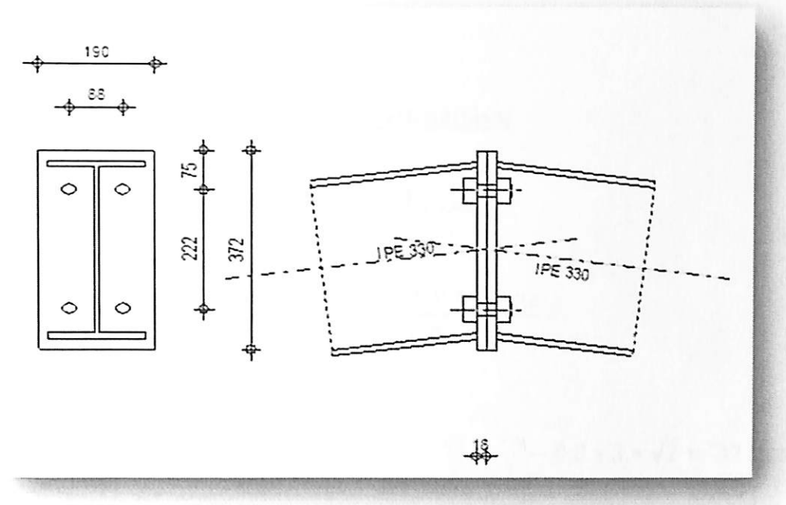
9.4. Főhajó gerenda - gerenda kapcsolat méretezése:

M_{Ed}=84,8 kNm

V_{Ed}=20,96 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²



Csavarok :

M 24 8.8

8.8. → f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800 N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A=452 mm²

A_s=353 mm² d_m= 38,8 mm

Homloklemez:

b_p= 190 mm h_p= 373 mm t_p= 18 mm

Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 12$ $a_w \leq 0{,}5 * 7{,}5$

$a_f = 5$ mm $a_w = 3$ mm

9.4.1. <u>Húzott csavarok ellenállása:</u>

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{A_s * f_{ub}}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{353 * 800}{1{,}25} = 203{,}33 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * d_m * t_{min} * f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * 38{,}8 * 18 * 360}{1{,}25} = 379{,}14 \text{ kN}$$

<u>Csavar nyírási ellenállása:</u>

$$F_{v,Rd} = n * \frac{0{,}5 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = 2 * \frac{0{,}5 * 800 * 452}{1{,}25} = \mathbf{289{,}28\ kN}$$

$F_{v,Rd} > V_{Ed}$

289,28 kN > 20,96 kN

Megfelel!

9.4.2. Gerenda homloklemezének ellenállása:

$M_{j,Rd} = z * F_{T,Rd}$

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$F_{T,1,Rd} = \frac{4*M_{pl,1,Rd}}{m}$

$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$

Segédmennyiségek:

$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * a_w * \sqrt{2} = \frac{88}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 3 * \sqrt{2} = 37$ mm

n=e= 51 mm

$m_2 = e_f - 0{,}8 * a_f * \sqrt{2} = 40 - 0{,}8 * 5 * \sqrt{2} = 35$ mm

$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{37}{37+51} = 0{,}42$

$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{35}{37 + 51} = 0{,}4$

$\alpha = 6{,}52$

Effektív hossz:

$l_{eff,nc} = 4 * m + 1{,}25 * e$

$l_{eff,nc} = 4 * 37 + 1{,}25 * 51 = 211{,}75$ mm

$l_{eff,c} = 2 * \pi * m = 2 * \pi * 37 = 232{,}5$ mm

$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(211{,}75 \text{ mm}; 232{,}5 \text{ mm}) = 211{,}75$ mm

$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$

$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 211{,}75 * 18^2 * \frac{235}{1{,}00} = 4{,}03$ kNm

T-elem tönkremeneteli módok:

$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 4{,}03 * 10^6}{37} = 435{,}68$ kN

$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 4{,}03 * 10^6 + 51 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{37 + 51} = 327{,}3$ kN

$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66$ kN

$F_{T,Rd} = \min(435{,}68 \text{ kN}; 327{,}3 \text{ kN}; 406{,}66 \text{ kN}) = 327{,}3$ kN

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$M_{j,Rd} = 281 * 327{,}3 * 10^3 = \mathbf{91{,}96\ kNm}$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{84{,}8}{91{,}96} = \mathbf{0,92} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.5. <u>Főhajó keretgerenda - keretoszlop kapcsolat méretezése:</u>

M_{Ed}=176,6 kNm

V_{Ed}=87,25 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 24 8.8

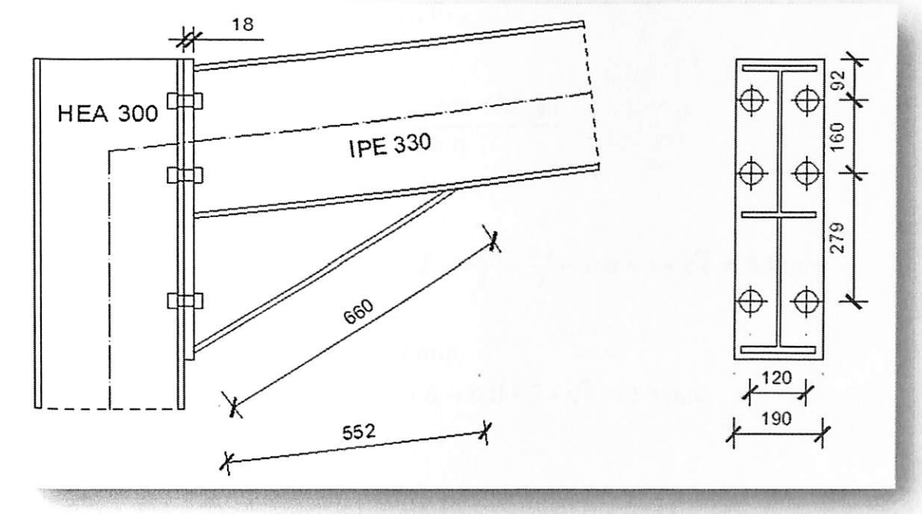
8.8. → f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800 N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A=452 mm²

A_s=353 mm² d_m= 38,8 mm

Homloklemez:

b_p= 190 mm h_p= 660 mm t_p= 18 mm



Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 11{,}5$ $a_w \leq 0{,}5 * 7{,}5$

$a_f = 5$ mm $a_w = 3$ mm

9.5.1. <u>Húzott csavarok ellenállása:</u>

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{A_s * f_{ub}}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{353 * 800}{1{,}25} = 203{,}33\ \text{kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * d_m * t_{min} * f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * 38{,}8 * 14 * 360}{1{,}25} = 294{,}87\ \text{kN}$$

Csavar nyírási ellenállása:

$$F_{v,Rd} = n * \frac{0{,}6 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = 2 * \frac{0{,}6 * 800 * 452}{1{,}25} = \mathbf{347{,}14\ kN}$$

$F_{v,Rd} > V_{Ed}$

347,14 kN > 87,25 kN

Megfelel!

9.5.2. A gerenda homloklemezének ellenállása:

$M_{j,Rd} = \Sigma z_i * F_{T,Rd,i}$

A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * a_w * \sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 3 * \sqrt{2} = 53\ \text{mm}$$

n=e= 35 mm

$$p = 3 * m = 3 * 53 = 160\ \text{mm}$$

$$m_2 = e_f - 0{,}8 * a_f * \sqrt{2} = 65 - 0{,}8 * 5 * \sqrt{2} = 59\ \text{mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{53}{53+35} = 0{,}6$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{59}{53 + 35} = 0{,}67$$

$\alpha = 5{,}00$

Effektív hossz:

$l_{eff,nc} = 0{,}5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0{,}625 * e)$

$l_{eff,nc} = 0{,}5 * 160 + 5{,}00 * 53 - (2 * 53 + 0{,}625 * 35) = 217\ \text{mm}$

$l_{eff,c} = \pi * m + p = \pi * 53 + 160 = 326\ \text{mm}$

$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(217\ \text{mm}; 326\ \text{mm}) = 217\ \text{mm}$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 217 * 18^2 * \frac{235}{1{,}00} = 4{,}13 \text{ kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 4{,}13 * 10^6}{53} = 311{,}7 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 4{,}13 * 10^6 + 35 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{53 + 35} = 255{,}6 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66 \text{ kN}$$

$F_{T,Rd} = \min(311{,}7 \text{ kN}; 255{,}6 \text{ kN}; 406{,}66 \text{ kN}) = 255{,}6 \text{ kN}$

A gerenda öve alatti utolsó csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * a_w * \sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 3 * \sqrt{2} = 53 \text{ mm}$$

$n = e = 35$ mm

$$p = 3 * m = 3 * 53 = 160 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0{,}8 * a_f * \sqrt{2} = 65 - 0{,}8 * 5 * \sqrt{2} = 59 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{53}{53+35} = 0{,}6$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{59}{53 + 35} = 0{,}67$$

$$\alpha = 5{,}00$$

Effektív hossz:

$$l_{eff,nc} = 2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p$$

$$l_{eff,nc} = 2 * 53 + 0{,}625 * 35 + 0{,}5 * 160 = 207{,}9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \pi * m + p = \pi * 53 + 160 = 326 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(207{,}9 \text{ mm}; 326 \text{ mm}) = 207{,}9 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 207{,}9 * 18^2 * \frac{235}{1{,}00} = 3{,}96 \text{ kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 3{,}96 * 10^6}{53} = 298{,}87 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 3{,}96 * 10^6 + 35 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{53 + 35} = 251{,}7 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\ \text{kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(298{,}87\ \text{kN}; 251{,}7\ \text{kN}; 406{,}66\ \text{kN}) = 251{,}7\ \text{kN}$$

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$z_1 = 546$ mm

$z_2 = 386$ mm

$$M_{j,Rd} = 546 * 255{,}6 * 10^3 + 386 * 251{,}7 * 10^3 = \mathbf{236{,}71\ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{176{,}6}{236{,}71} = \mathbf{0{,}74} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.5.3. Az oszlop övének ellenállása:

$$M_{j,Rd} = \Sigma z_i * F_{T,Rd,i}$$

A felső (utolsó) csavarsor ellenőrzése:

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * r_c = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 27 = 34\ \text{mm}$$

$e = 35$ mm $\quad e_1 = 92$ mm $\quad p = 160$ mm

$$n = 1{,}25 * m = 1{,}25 * 34 = 43\ \text{mm}$$

Effektív hossz:

Egyedi csavarsorok:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * m + 1{,}25 * e \\ e_1 + 2 * m + 0{,}625 * e \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * 34 + 1{,}25 * 35 \\ 92 + 2 * 34 + 0{,}625 * 35 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 180\ \text{mm} \\ 182\ \text{mm} \end{pmatrix} = 180\ \text{mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * m \\ \pi * m + 2 * e_1 \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * 34 \\ \pi * 34 + 2 * 92 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 214\ \text{mm} \\ 291\ \text{mm} \end{pmatrix} = 214\ \text{mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(180\ \text{mm}; 214\ \text{mm}) = 180\ \text{mm}$$

Csavarcsoport:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p \\ e_1 + 0{,}5 * p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * 34 + 0{,}625 * 35 + 0{,}5 * 160 \\ 92 + 0{,}5 * 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 170\ \text{mm} \\ 172\ \text{mm} \end{pmatrix} = 170\ \text{mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * m + p \\ 2 * e_1 + p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix}\pi * 34 + 160\\ 2 * 92 + 160\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}267\ mm\\ 344\ mm\end{pmatrix} = 267\ mm$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(170\ mm; 267\ mm) = 170\ mm$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 170 * 14^2 * \frac{235}{1{,}00} = 1{,}96\ kNm$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 1{,}96 * 10^6}{34} = 230{,}56kN$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 1{,}96 * 10^6 + 43 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{34 + 43} = 278\ kN$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\ kN$$

$$F_{T,Rd} = \min(230{,}56\ kN; 278\ kN; 406{,}66\ kN) = 230{,}56\ kN$$

<u>A második csavarsor ellenőrzése:</u>

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * r_c = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 27 = 34\ mm$$

$e = 35\ mm$ $e_1 = 252\ mm$ $p = 160\ mm$

$$n = 1{,}25 * m = 1{,}25 * 34 = 43\ mm$$

Effektív hossz:

Egyedi csavarsorok:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix}4 * m + 1{,}25 * e\\ e_1 + 2 * m + 0{,}625 * e\end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix}4 * 34 + 1{,}25 * 35\\ 252 + 2 * 34 + 0{,}625 * 35\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}180\ mm\\ 342\ mm\end{pmatrix} = 180\ mm$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix}2 * \pi * m\\ \pi * m + 2 * e_1\end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix}2 * \pi * 34\\ \pi * 34 + 2 * 252\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}214\ mm\\ 611\ mm\end{pmatrix} = 214\ mm$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(180\ mm; 214\ mm) = 180\ mm$$

Csavarcsoport:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix}2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p\\ e_1 + 0{,}5 * p\end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2*34 + 0{,}625*35 + 0{,}5*160 \\ 252 + 0{,}5*160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 170\ mm \\ 332\ mm \end{pmatrix} = 170\ mm$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * m + p \\ 2 * e_1 + p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * 34 + 160 \\ 2 * 252 + 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 267\ mm \\ 664\ mm \end{pmatrix} = 267\ mm$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(170\ mm; 267\ mm) = 170\ mm$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 170 * 14^2 * \frac{235}{1{,}00} = 1{,}96\ kNm$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 1{,}96 * 10^6}{34} = 230{,}56 kN$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 1{,}96 * 10^6 + 43 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{34 + 43} = 278\ kN$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\ kN$$

$$F_{T,Rd} = \min(230{,}56\ kN; 278\ kN; 406{,}66\ kN) = 230{,}56\ kN$$

<u>Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:</u>

z_1= 546 mm

z_2=386 mm

$$M_{j,Rd} = 546 * 230{,}56 * 10^3 + 386 * 230{,}56 * 10^3 = \mathbf{214{,}8\ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{176{,}6}{214{,}8} = \mathbf{0{,}782} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.5.4. <u>Az oszlop gerincének ellenállása:</u>

<u>Az oszlop gerinc nyomó ellenállása:</u>

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{176{,}7}{0{,}466} = 379\ kN$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\rho * \omega * k_{wc} * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{fc} + s) + t_p$$

$$b_{eff,c,wc} = 11{,}5 + 2 * \sqrt{2} * 5 + 5 * (14 + 27) + 18 = 249\ mm$$

$\beta = 1$ (egyoldali oszlop és gerenda kapcsolat)

$\omega = \omega_1$ $(\beta = 1)$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1{,}3 * (\frac{b_{eff,c,wc} * t_{wc}}{A_{vc}})^2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3*(\frac{249*8,5}{3728})^2}} = 0,84$$

$$\rho_{c,Ed} = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) * \frac{d}{h} * f_y = \left(\frac{89,76}{2643,75} + \frac{176,64}{325,01}\right) * \frac{208}{290} * f_y = 0,414 * f_y$$

$$\rho_{c,Ed} = 0,414 * f_y < 0,7f_y \quad \rightarrow \quad k_{wc} = 1,00$$

$$\overline{\lambda_p} = 0,932 * \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc} * d_{wc} * f_y}{E * {t_{wc}}^2}}$$

$$\overline{\lambda_p} = 0,932 * \sqrt{\frac{249*208*235}{210000*8,5^2}} = 0,835 > 0,72$$

$$\rho = \frac{(\overline{\lambda_p} - 0,2)}{\overline{\lambda_p}^2} = \frac{(0,835-0,2)}{0,835} = 0,91$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{0,91 * 0,84 * 1,00 * 249 * 8,5 * 235}{1,00} = \mathbf{380,2\ kN}$$

$$\frac{F_{c,wc,Ed}}{F_{c,wc,Rd}} = \frac{379}{380,2} = \mathbf{0,99} \leq 1,00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc húzó ellenállása:

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{176,7}{0,466} = 379\ kN$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$b_{eff,c,wc} = l_{eff,1} + l_{eff,2} = 170 + 170 = 340$ mm

$\beta = 1$ (egyoldali oszlop és gerenda kapcsolat)

$\omega = \omega_1$ $(\beta = 1)$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3*(\frac{b_{eff,c,wc}*t_{wc}}{A_{vc}})^2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3*(\frac{340*8,5}{3728})^2}} = 0,75$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0,75 * 340 * 8,5 * 235}{1,00} = \mathbf{509,36\ kN}$$

$$\frac{F_{t,wc,Ed}}{F_{t,wc,Rd}} = \frac{379}{509,36} = \mathbf{0,74} \leq 1,00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc nyírási ellenállása:

$$\frac{d}{t_{wc}} = \frac{208}{8,5} = 24,5 < 69 * \varepsilon = 69 * 1,00 = 69$$

Megfelel!

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0,9 * f_y * A_{vc}}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0,9 * 235 * 3728}{\sqrt{3} * 1,00} = \mathbf{455,22\ kN}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{V_{w,p,Rd}} = \frac{87,25}{455,22} = \mathbf{0,19} \leq 1,00$$

Megfelel!

9.6. <u>Mellékhajók keretgerenda- keretoszlop kapcsolat méretezése:</u>

M_{Ed}=163,17 kNm

V_{Ed}=108,07 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 24 8.8

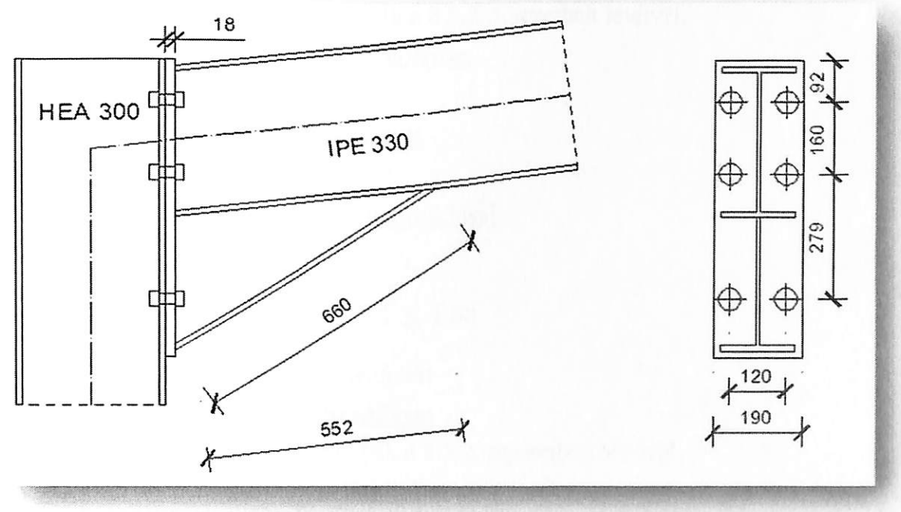
8.8. → f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800 N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A=452 mm²

A_s=353 mm² d_m= 38,8 mm

Homloklemez:

b_p= 190 mm h_p= 660 mm t_p= 18 mm



Varrat méretek:

$a_f \leq 0,5 * t_f$

$a_f \leq 0,5 * 11,5$

$a_f = 5$ mm

$a_w \leq 0,5 * t_w$

$a_w \leq 0,5 * 7,5$

$a_w = 3$ mm

9.6.1. Húzott csavarok ellenállása:

A számítás menete megegyezik a 8.5.1. fejezetben lévővel.

$F_{t,Rd} = 203{,}33$ kN

$B_{p,Rd} = 294{,}87$ kN

$F_{v,Rd} = 347{,}14$ kN

$F_{v,Rd} > V_{Ed}$

$347{,}14$ kN $> 108{,}07$ kN

Megfelel!

9.6.2. A gerenda homloklemezének ellenállása:

A számítás menete megegyezik a 8.5.2. fejezetben lévővel.

A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = 255{,}6$ kN

A gerenda öve alatti utolsó csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = 251{,}7$ kN

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$M_{j,Rd} = \mathbf{236{,}71\ kNm}$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{163{,}17}{236{,}71} = \mathbf{0{,}69} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.6.3. Az oszlop övének ellenállása:

A számítás menete megegyezik a 8.5.2. fejezetben lévővel.

A felső (utolsó) csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = 230{,}56$ kN

A második csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = 230{,}56$ kN

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$M_{j,Rd} = \mathbf{214{,}8\ kNm}$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{163{,}17}{214{,}8} = \mathbf{0{,}76} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.6.4. Az oszlop gerincének ellenállása:

A számítás menete megegyezik a 8.5.2. fejezetben lévővel.

Az oszlop gerinc nyomó ellenállása:

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{163{,}17}{0{,}466} = 350{,}15\ \text{kN}$$

$F_{c,wc,Rd} = \mathbf{380{,}2\ kN}$

$$\frac{F_{c,wc,Ed}}{F_{c,wc,Rd}} = \frac{350,15}{380,2} = \mathbf{0,92} \leq 1,00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc húzó ellenállása:

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{163,17}{0,466} = 350,15 \text{ kN}$$

$$F_{t,wc,Rd} = \mathbf{509,36 \text{ kN}}$$

$$\frac{F_{t,wc,Ed}}{F_{t,wc,Rd}} = \frac{350,15}{509,36} = \mathbf{0,69} \leq 1,00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc nyírási ellenállása:

$$V_{w,p,Rd} = \mathbf{455,22 \text{ kN}}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{V_{w,p,Rd}} = \frac{108,07}{455,22} = \mathbf{0,24} \leq 1,00$$

Megfelel!

9.7. Mellékhajók keretgerenda- főhajó oszlop kapcsolat méretezése:

N_{Ed}=75,42 kN

V_{Ed}=114,6 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm^2 f_u=360 N/mm^2

Csavarok :

M 18 6.8.

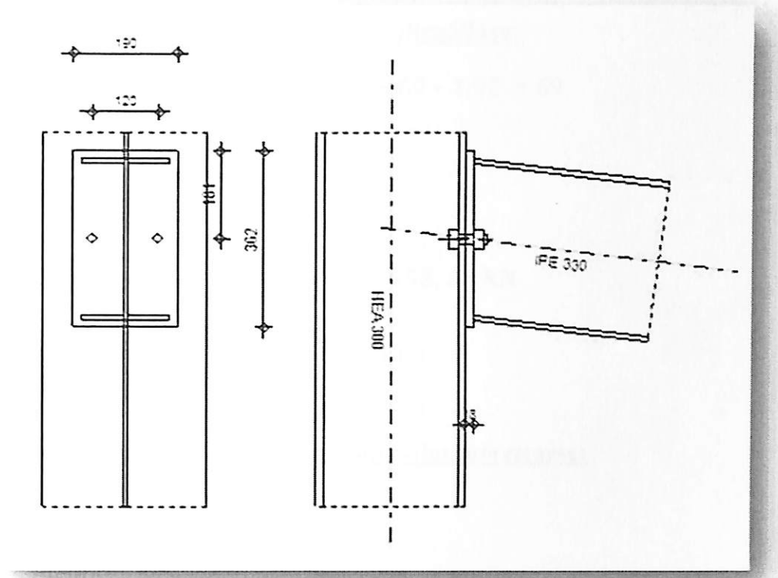
6.8. → f_{yb}=480 N/mm^2 f_{ub}=600 N/mm^2

M 18 → d= 18 mm d_o= 20 mm A=254 mm^2

A_s=192 mm^2 d_m= 29,1 mm

Homloklemez:

b_p= 190 mm h_p=362 mm t_p= 18 mm



Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $\qquad$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 11{,}5$ $\qquad$ $a_w \leq 0{,}5 * 7{,}5$

$a_f = 5$ mm $\qquad$ $a_w = 3$ mm

9.7.1. Csavarok ellenállása:

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * 600 * 254}{1{,}25} = 60{,}96 \text{ kN}$$

Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{35}{20} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 3{,}2 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = 2{,}5$$

$$\alpha_b = \min\begin{pmatrix} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} \frac{181{,}5}{3 * 20} \\ \frac{600}{360} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 3{,}03 \\ 1{,}67 \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = 1{,}00$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 * 1{,}00 * 360 * 18 * 14}{1{,}25} = 181{,}44 \text{ kN}$$

$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(60{,}96 \text{ kN}; 181{,}44 \text{ kN}) = 60{,}96 \text{ kN}$

$F_{Rd} = 2 * F_{v,Rd} = 2 * 60{,}96 \text{ kN} = \mathbf{121{,}91 \text{ kN}}$

$$\frac{V_{j,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{114{,}6}{121{,}91} = \mathbf{0{,}94} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.7.2. Az oszlop gerincének nyírási ellenállása:

$$\frac{d}{t_{wc}} = \frac{208}{8,5} = 24,5 < 69 * \varepsilon = 69 * 1,00 = 69$$

Megfelel!

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0,9 * f_y * A_{vc}}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0,9 * 235 * 3728}{\sqrt{3} * 1,00} = \mathbf{455,22\ kN}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{V_{w,p,Rd}} = \frac{114,6}{455,22} = \mathbf{0,25} \leq 1,00$$

Megfelel!

9.8. Födémgerenda-főhajó oszlop kapcsolat méretezése:

N_{Ed}=35,9 kN

V_{Ed}=66,33 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm^2 f_u=360 N/mm^2

Csavarok :

M 16 5.6.

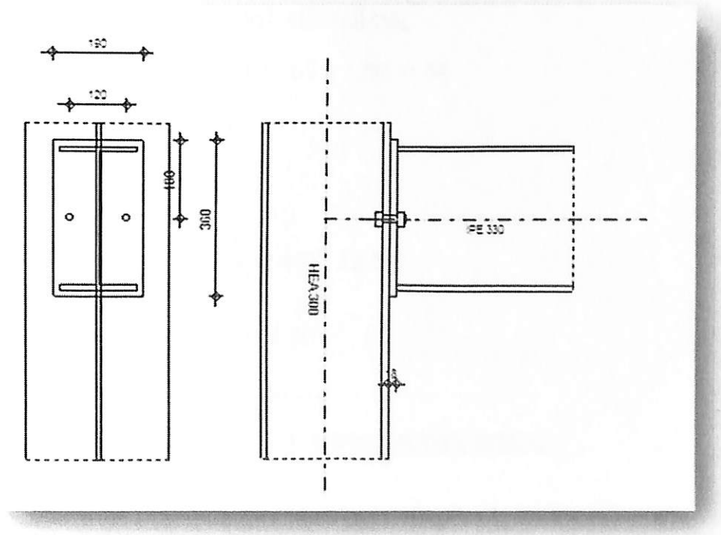
5.6.→ f_{yb}=300 N/mm^2 f_{ub}=500 N/mm^2

M 16 → d= 16 mm d_o= 18 mm A=201 mm^2

A_s=157 mm^2 d_m= 24,6 mm

Homloklemez:

b_p= 190 mm h_p=360 mm t_p= 18 mm



Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 11{,}5$ $a_w \leq 0{,}5 * 7{,}5$

$a_f = 5\ mm$ $a_w = 3\ mm$

9.8.1. Csavarok ellenállása:

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * 500 * 201}{1{,}25} = 40{,}2\ kN$$

Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{35}{18} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 3{,}74 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = 2{,}5$$

$$\alpha_b = \min\begin{pmatrix} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} \frac{180}{3 * 18} \\ \frac{500}{360} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 3{,}33 \\ 1{,}39 \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = 1{,}00$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 * 1{,}00 * 360 * 16 * 14}{1{,}25} = 161{,}28\ kN$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(40{,}2\ kN; 161{,}28\ kN) = 40{,}2\ kN$$

$$F_{Rd} = 2 * F_{v,Rd} = 2 * 40{,}2\ kN = \mathbf{80{,}4\ kN}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{66{,}33}{80{,}4} = \mathbf{0{,}82} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.8.2. Az oszlop gerincének nyírási ellenállása:

$$\frac{d}{t_{wc}} = \frac{208}{8{,}5} = 24{,}5 < 69 * \varepsilon = 69 * 1{,}00 = 69$$

Megfelel!

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0{,}9 * f_y * A_{vc}}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0{,}9 * 235 * 3728}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{455{,}22\ kN}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{V_{w,p,Rd}} = \frac{66{,}33}{455{,}22} = \mathbf{0{,}15} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.9. Födémgerenda- mellékhajók oszlop kapcsolat méretezése:

V_{Ed}=93,18 kN

M_{Ed}=147,39 kNm

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 24 8.8.

8.8.→ f_{yb}=640 N/mm² f_{ub}=800 N/mm²

M 24 → d= 24 mm d_o= 26 mm A=452 mm²

A_s=353 mm² d_m= 38,8 mm

Homloklemez:

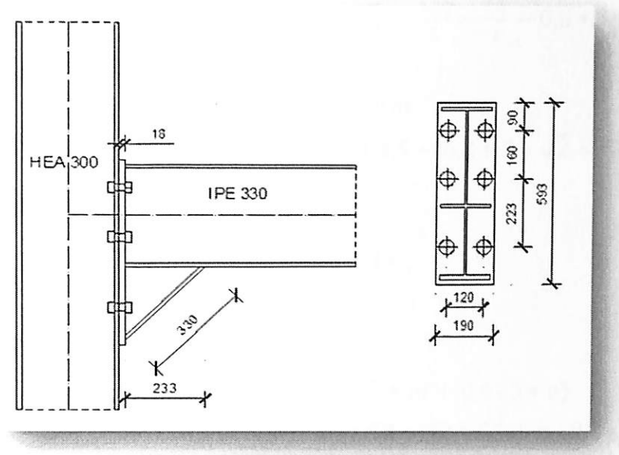
b_p= 190 mm h_p=593 mm t_p= 18 mm

Varrat méretek:

$a_f \leq 0{,}5 * t_f$ $a_w \leq 0{,}5 * t_w$

$a_f \leq 0{,}5 * 11{,}5$ $a_w \leq 0{,}5 * 7{,}5$

$a_f = 5$ mm $a_w = 3$ mm



9.9.1. <u>Húzott csavarok ellenállása:</u>

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{A_s * f_{ub}}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{t,Rd} = 0{,}9 * \frac{353 * 800}{1{,}25} = 203{,}33\ \text{kN}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * d_m * t_{min} * f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$B_{p,Rd} = 0{,}6 * \frac{\pi * 38{,}8 * 14 * 360}{1{,}25} = 294{,}87\ \text{kN}$$

<u>Csavar nyírási ellenállása:</u>

$$F_{v,Rd} = n * \frac{0{,}6 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = 2 * \frac{0{,}6 * 800 * 452}{1{,}25} = \mathbf{347{,}14\ kN}$$

$F_{v,Rd} > V_{Ed}$

$347{,}14\ \text{kN} > 93{,}18\ \text{kN}$

Megfelel!

9.9.2. A gerenda homloklemezének ellenállása:

$M_{j,Rd} = \Sigma z_i * F_{T,Rd,i}$

A gerenda öve alatti felső csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4*M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m+n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * a_w * \sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 3 * \sqrt{2} = 53\ \text{mm}$$

$n=e= 35\ \text{mm}$

$$p = 3 * m = 3 * 53 = 160\ \text{mm}$$

$$m_2 = e_f - 0{,}8 * a_f * \sqrt{2} = 63{,}5 - 0{,}8 * 5 * \sqrt{2} = 58\ \text{mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{53}{53+35} = 0{,}6$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e} = \frac{58}{53+35} = 0{,}66$$

$$\alpha = 4{,}95$$

Effektív hossz:

$$l_{eff,nc} = 0{,}5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0{,}625 * e)$$

$$l_{eff,nc} = 0{,}5 * 160 + 4{,}95 * 53 - (2 * 53 + 0{,}625 * 35) = 215\ \text{mm}$$

$$l_{eff,c} = \pi * m + p = \pi * 53 + 160 = 327\ \text{mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(215\ \text{mm}; 327\ \text{mm}) = 215\ \text{mm}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 215 * 18^2 * \frac{235}{1{,}00} = 4{,}09\ \text{kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 4{,}09 * 10^6}{53} = 308{,}68\ \text{kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 4{,}09 * 10^6 + 35 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{53+35} = 255\ \text{kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\ \text{kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(308{,}68\ \text{kN}; 255\ \text{kN}; 406{,}66\ \text{kN}) = 255\ \text{kN}$$

A gerenda öve alatti utolsó csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4*M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * a_w * \sqrt{2} = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 3 * \sqrt{2} = 53 \text{ mm}$$

n=e= 35 mm

$$p = 3 * m = 3 * 53 = 160 \text{ mm}$$

$$m_2 = e_f - 0{,}8 * a_f * \sqrt{2} = 65 - 0{,}8 * 5 * \sqrt{2} = 58 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m+e} = \frac{53}{53+35} = 0{,}6$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{58}{53 + 35} = 0{,}66$$

$$\alpha = 4{,}95$$

Effektív hossz:

$$l_{eff,nc} = 2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p$$

$$l_{eff,nc} = 2 * 53 + 0{,}625 * 35 + 0{,}5 * 160 = 207{,}9 \text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \pi * m + p = \pi * 53 + 160 = 326 \text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(207{,}9 \text{ mm}; 326 \text{ mm}) = 207{,}9 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 207{,}9 * 18^2 * \frac{235}{1{,}00} = 3{,}96 \text{ kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 3{,}96 * 10^6}{53} = 298{,}87 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 3{,}96 * 10^6 + 35 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{53 + 35} = 251{,}7 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(298{,}87 \text{ kN}; 251{,}7 \text{ kN}; 406{,}66 \text{ kN}) = 251{,}7 \text{ kN}$$

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

z_1= 480 mm

z_2=320 mm

$$M_{j,Rd} = 480 * 255{,}6 * 10^3 + 320 * 251{,}7 * 10^3 = \mathbf{203{,}23 \text{ kNm}}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{147{,}39}{203{,}23} = \mathbf{0{,}73} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.9.3. Az oszlop övének ellenállása:

$M_{j,Rd} = \Sigma z_i * F_{T,Rd,i}$

A felső (utolsó) csavarsor ellenőrzése:

$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4*M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * r_c = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 27 = 34$ mm

e= 35 mm e_1= 90 mm p= 160 mm

$n = 1{,}25 * m = 1{,}25 * 34 = 43$ mm

Effektív hossz:

Egyedi csavarsorok:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * m + 1{,}25 * e \\ e_1 + 2 * m + 0{,}625 * e \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * 34 + 1{,}25 * 35 \\ 90 + 2 * 34 + 0{,}625 * 35 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 180\text{ mm} \\ 180\text{ mm} \end{pmatrix} = 180\text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * m \\ \pi * m + 2 * e_1 \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * 34 \\ \pi * 34 + 2 * 90 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 214\text{ mm} \\ 287\text{ mm} \end{pmatrix} = 214\text{ mm}$$

$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(180\text{ mm}; 214\text{ mm}) = 180\text{ mm}$

Csavarcsoport:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p \\ e_1 + 0{,}5 * p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * 34 + 0{,}625 * 35 + 0{,}5 * 160 \\ 90 + 0{,}5 * 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 170\text{ mm} \\ 170\text{ mm} \end{pmatrix} = 170\text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * m + p \\ 2 * e_1 + p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * 34 + 160 \\ 2 * 90 + 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 267\text{ mm} \\ 340\text{ mm} \end{pmatrix} = 267\text{ mm}$$

$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(170\text{ mm}; 267\text{ mm}) = 170\text{ mm}$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 170 * 14^2 * \frac{235}{1{,}00} = 1{,}96\text{ kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 1{,}96 * 10^6}{34} = 230{,}56\text{kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 1{,}96 * 10^6 + 43 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{34 + 43} = 278\text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(230{,}56\text{ kN}; 278\text{ kN}; 406{,}66\text{ kN}) = 230{,}56\text{ kN}$$

A második csavarsor ellenőrzése:

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd})$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4*M_{pl,1,Rd}}{m}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd}$$

Segédmennyiségek:

$$m = \frac{w}{2} - \frac{t_{wc}}{2} - 0{,}8 * r_c = \frac{120}{2} - \frac{7{,}5}{2} - 0{,}8 * 27 = 34\text{ mm}$$

$e = 35$ mm $e_1 = 250$ mm $p = 160$ mm

$$n = 1{,}25 * m = 1{,}25 * 34 = 43\text{ mm}$$

Effektív hossz:

Egyedi csavarsorok:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * m + 1{,}25 * e \\ e_1 + 2 * m + 0{,}625 * e \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 4 * 34 + 1{,}25 * 35 \\ 250 + 2 * 34 + 0{,}625 * 35 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 180\text{ mm} \\ 340\text{ mm} \end{pmatrix} = 180\text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * m \\ \pi * m + 2 * e_1 \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} 2 * \pi * 34 \\ \pi * 34 + 2 * 250 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 214\text{ mm} \\ 609\text{ mm} \end{pmatrix} = 214\text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(180\text{ mm}; 214\text{ mm}) = 180\text{ mm}$$

Csavarcsoport:

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * m + 0{,}625 * e + 0{,}5 * p \\ e_1 + 0{,}5 * p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,nc} = \min\begin{pmatrix} 2 * 34 + 0{,}625 * 35 + 0{,}5 * 160 \\ 250 + 0{,}5 * 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 170\text{ mm} \\ 330\text{ mm} \end{pmatrix} = 170\text{ mm}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * m + p \\ 2 * e_1 + p \end{pmatrix}$$

$$l_{eff,c} = \min\begin{pmatrix} \pi * 34 + 160 \\ 2 * 250 + 160 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 267\text{ mm} \\ 660\text{ mm} \end{pmatrix} = 267\text{ mm}$$

$$l_{eff} = \min(l_{eff,nc}; l_{eff,c}) = \min(170\text{ mm}; 267\text{ mm}) = 170\text{ mm}$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * l_{eff} * t_{fc^2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$M_{pl,1-2,Rd} = 0{,}25 * 170 * 14^2 * \frac{235}{1{,}00} = 1{,}96\ \text{kNm}$$

T-elem tönkremeneteli módok:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 * 1{,}96 * 10^6}{34} = 230{,}56\text{kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 * 1{,}96 * 10^6 + 43 * 2 * 203{,}33 * 10^3}{34 + 43} = 278\ \text{kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 * 203{,}33 * 10^3 = 406{,}66\ \text{kN}$$

$F_{T,Rd} = \min(230{,}56\ \text{kN}; 278\ \text{kN}; 406{,}66\ \text{kN}) = 230{,}56\ \text{kN}$

Teljes homloklemez hajlítási ellenállása:

$z_1 = 480$ mm

$z_2 = 320$ mm

$M_{j,Rd} = 480 * 230{,}56 * 10^3 + 320 * 230{,}56 * 10^3 = \mathbf{184{,}45\ kNm}$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = \frac{147{,}39}{184{,}45} = \mathbf{0{,}8} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.9.4. Az oszlop gerincének ellenállása:

Az oszlop gerinc nyomó ellenállása:

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{c,wc,Ed} = \frac{147{,}39}{0{,}4} = 368{,}5\ \text{kN}$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{\rho * \omega * k_{wc} * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$b_{eff,c,wc} = t_{fb} + 2 * \sqrt{2} * a_p + 5 * (t_{fc} + s) + t_p$$

$$b_{eff,c,wc} = 11{,}5 + 2 * \sqrt{2} * 5 + 5 * (14 + 27) + 18 = 249\ \text{mm}$$

$\beta = 1$ (egyoldali oszlop és gerenda kapcsolat)

$\omega = \omega_1$ $(\beta = 1)$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1{,}3*(\frac{b_{eff,c,wc}*t_{wc}}{A_{vc}})^2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1{,}3*(\frac{249*8{,}5}{3728})^2}} = 0{,}84$$

$$\rho_{c,Ed} = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) * \frac{d}{h} * f_y = \left(\frac{212{,}08}{2643{,}75} + \frac{101{,}79}{325{,}01}\right) * \frac{208}{290} * f_y = 0{,}28 * f_y$$

$\rho_{c,Ed} = 0{,}28 * f_y < 0{,}7 f_y \quad \rightarrow \quad k_{wc} = 1{,}00$

$$\overline{\lambda_p} = 0{,}932 * \sqrt{\frac{b_{eff,c,wc}*d_{wc}*f_y}{E*t_{wc}^2}}$$

$$\overline{\lambda_p} = 0{,}932 * \sqrt{\frac{249*208*235}{210000*8{,}5^2}} = 0{,}835 > 0{,}72$$

$$\rho = \frac{(\overline{\lambda_p} - 0{,}2)}{\overline{\lambda_p}^2} = \frac{(0{,}835 - 0{,}2)}{0{,}835} = 0{,}91$$

$$F_{c,wc,Rd} = \frac{0{,}91 * 0{,}84 * 1{,}00 * 249 * 8{,}5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{380{,}2\ kN}$$

$$\frac{F_{c,wc,Ed}}{F_{c,wc,Rd}} = \frac{368{,}5}{380{,}2} = \mathbf{0{,}97} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc húzó ellenállása:

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{M_{j,Ed}}{z}$$

$$F_{t,wc,Ed} = \frac{147{,}39}{0{,}4} = 368{,}5\ kN$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega * b_{eff,c,wc} * t_{wc} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$b_{eff,c,wc} = l_{eff,1} + l_{eff,2} = 170 + 170 = 340$ mm

$\beta = 1$ (egyoldali oszlop és gerenda kapcsolat)

$\omega = \omega_1$ $(\beta = 1)$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1{,}3 * (\frac{b_{eff,c,wc} * t_{wc}}{A_{vc}})^2}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1{,}3 * (\frac{340 * 8{,}5}{3728})^2}} = 0{,}75$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{0{,}75 * 340 * 8{,}5 * 235}{1{,}00} = \mathbf{509{,}36\ kN}$$

$$\frac{F_{t,wc,Ed}}{F_{t,wc,Rd}} = \frac{368{,}5}{509{,}36} = \mathbf{0{,}72} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Az oszlop gerinc nyírási ellenállása:

$$\frac{d}{t_{wc}} = \frac{208}{8{,}5} = 24{,}5 < 69 * \varepsilon = 69 * 1{,}00 = 69$$

Megfelel!

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0{,}9 * f_y * A_{vc}}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{w,p,Rd} = \frac{0{,}9 * 235 * 3728}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{455{,}22\ kN}$$

$$\frac{V_{j,Ed}}{V_{w,p,Rd}} = \frac{93{,}18}{455{,}22} = \mathbf{0{,}2} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

9.10. Falvázoszlop - főhajó keretgerenda kapcsolat méretezése:

V_{Ed}=16,5 kN

N_{Ed}=8,95 kN

Alapanyag:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 12 4.6.

4.6.→ f_{yb}=240 N/mm² f_{ub}=400 N/mm²

M 22→ d=12mm d_o= 13 mm A=113 mm²

L acél:

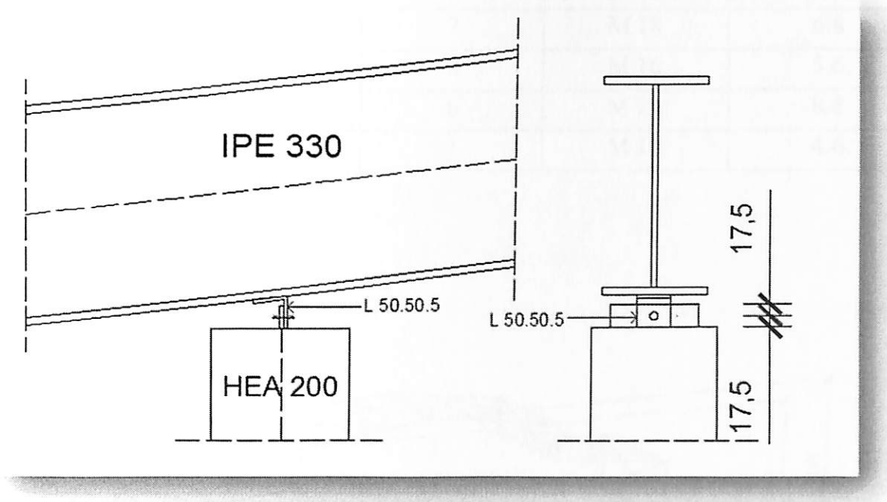
L 50.50.5

Varrat méretek:

$a \leq 0{,}8 * t$

$a \leq 0{,}8 * 5$

$a = 3$ mm



9.10.1. Csavarok ellenállása:

Nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}6 * 400 * 113}{1{,}25} = 21{,}7 \text{ kN}$$

Palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2{,}8 * \frac{17{,}5}{13} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2{,}07 \\ 2{,}5 \end{pmatrix} = 2{,}07$$

$$\alpha_b = \min\begin{pmatrix} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} \frac{17{,}5}{3 * 13} \\ \frac{400}{360} \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 0{,}45 \\ 1{,}11 \\ 1{,}0 \end{pmatrix} = 0{,}45$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,07 * 0,45 * 360 * 12 * 5}{1,25} = 16,1\ kN$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(21,7\ kN; 16,1\ kN) = \mathbf{16,1\ kN}$$

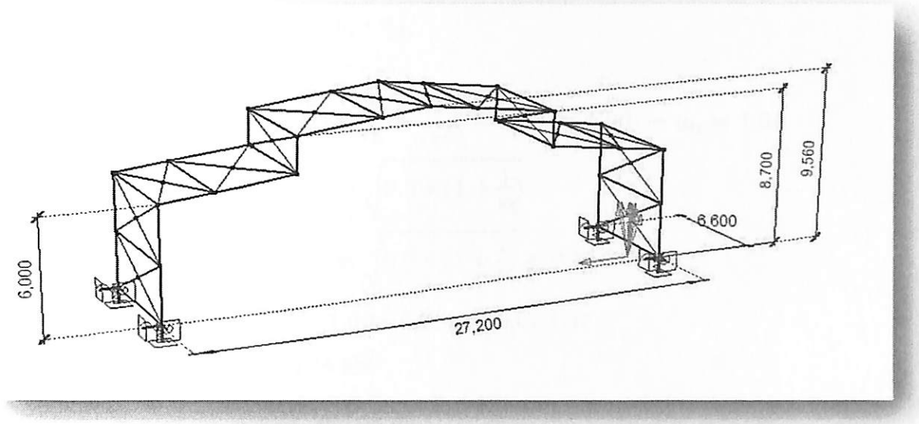
$$\frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{8,95}{16,1} = \mathbf{0,56} \leq 1,00$$

Megfelel!

Kapcsolat megnevezése	Darabszám	Csavar átmérő	Csavar minőség
Főhajó oszloptalp	4	M 24	8.8.
Mellékhajók oszloptalp	4	M 24	8.8.
Falváz oszloptalp	2	M 14	6.8.
Főhajó gerenda - gerenda	4	M 24	8.8.
Főhajó gerenda - oszlop	6	M 24	8.8.
Mellékhajók gerenda - oszlop	6	M 24	8.8.
Mellékhajók gerenda - főhajó oszlop	2	M 18	6.8.
Födémgerenda - főhajó oszlop	2	M 16	5.6.
Födémgerenda – mellékhajó oszlop	6	M 24	8.8.
Falváz oszlop - főhajó gerenda	1	M 12	4.6.

10. Merevítőrendszer méretezése:

10.1. Statikai váz:



10.2. Keresztmetszet:

Szélrács: körszelvény

Merevítőrúd: L acél

10.3. Terhek:

10.3.1. Geometriai imperfekció:

10.3.1.1. Főhajó szélrács geometriai imperfekció:

$$q_d = \Sigma N_{Ed,i} * 8 * \frac{e_o + \delta_q}{L^2}$$

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h}$$

M_{Ed}=176,64 kN

h= 0,33 m

$$N_{Ed} = \frac{176,64}{0,33} = 535,3 \text{ kN}$$

$$e_0 = \frac{\alpha_m * L}{500}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{7})} = 0,756$$

$$e_0 = \frac{0,756 * 14000}{500} = 21,17 \text{ mm}$$

$$\delta_q = 0$$

$$q_d = 7 * 535,3 * 8 * \frac{0,0217 + 0}{14^2} = \mathbf{3,3\ kN/m}$$

10.3.1.2. Főhajó hosszkötés geometriai imperfekció:

$$F_{imp} = \phi * \Sigma N_{Ed,i}$$

$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{1,89}} = 1,45 < 1,00 \rightarrow \alpha_h = 1,00$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{7})} = 0,756$$

$$\phi = \frac{1}{200} * 1,00 * 0,756 = 0,00378$$

N_{Ed}= 98,26 kN

$$F_{imp} = 0,00378 * 7 * 98,26 = \mathbf{2,6\ kN}$$

10.3.1.3. Mellékhajók szélrács geometriai imperfekció:

$$q_d = \Sigma N_{Ed,i} * 8 * \frac{e_o + \delta_q}{L^2}$$

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h}$$

M_{Ed}=163,17 kN

h= 0,33 m

$$N_{Ed} = \frac{163,17}{0,33} = 494,45\ \text{kN}$$

$$e_0 = \frac{\alpha_m * L}{500}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{7})} = 0,756$$

$$e_0 = \frac{0,756 * 6078}{500} = 9,19\ \text{mm}$$

$$\delta_q = 0$$

$$q_d = 7 * 494,45 * 8 * \frac{0,00919 + 0}{6,078^2} = \mathbf{6,89\ kN/m}$$

10.3.1.4. <u>Mellékhajók hosszkötés geometriai imperfekció:</u>

$$F_{imp} = \phi * \Sigma N_{Ed,i}$$

$$\phi = \phi_0 * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\phi_0 = \frac{1}{200}$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{6}} = 0,82 < 1,00$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{7})} = 0,756$$

$$\phi = \frac{1}{200} * 0,82 * 0,756 = 0,0031$$

N_{Ed}= 251,6 kN

$$F_{imp} = 0,0031 * 7 * 251,6 = \mathbf{4,68\ kN}$$

10.3.2. <u>Hosszirányú szélhatás:</u>

$q_p = 0,965\ \text{kN/m}^2$

$C_{pe,10,B} = -0,8$ (B zóna a mértékadó az oromfalon)

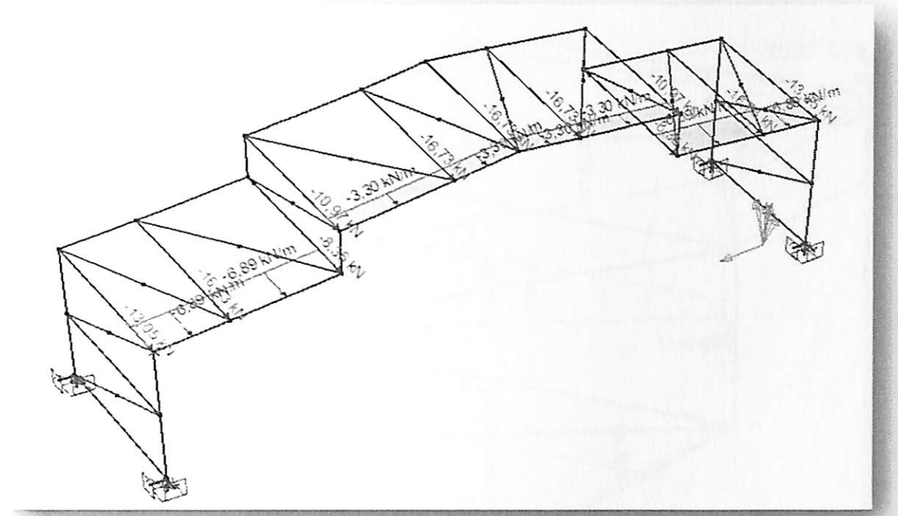
$A_{oromfal} = 231\ \text{mm}^2$

$F_w = A_{oromfal} * q_p * C_{pe,10,B}$

$F_w = 231 * 0,965 * -0,8 = -178,33\ \text{kN}$

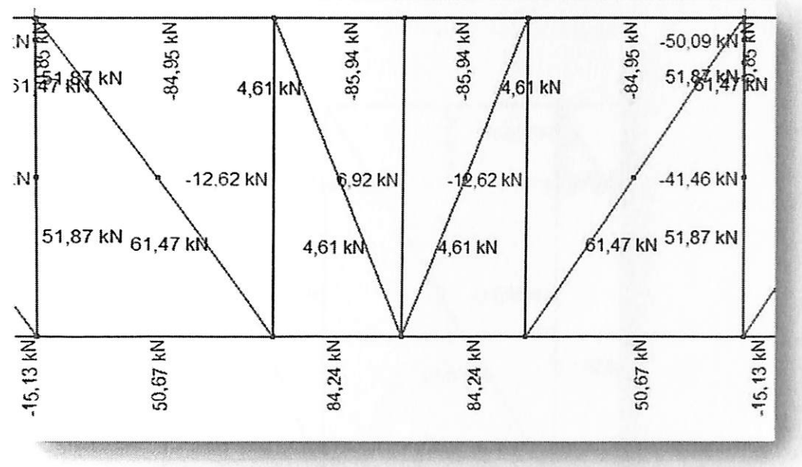
$$F_{w,g^k} = \frac{F_w}{2} * \frac{1}{8} = \frac{-178,33}{2} * \frac{1}{8} = -11,15\ \text{kN}$$

$$F_{w,g^d} = 1,5 * F_{w,g^k} = 1,5 * -11,15\ \text{kN} = \mathbf{16,73\ kN}$$



10.4. Igénybevételek:

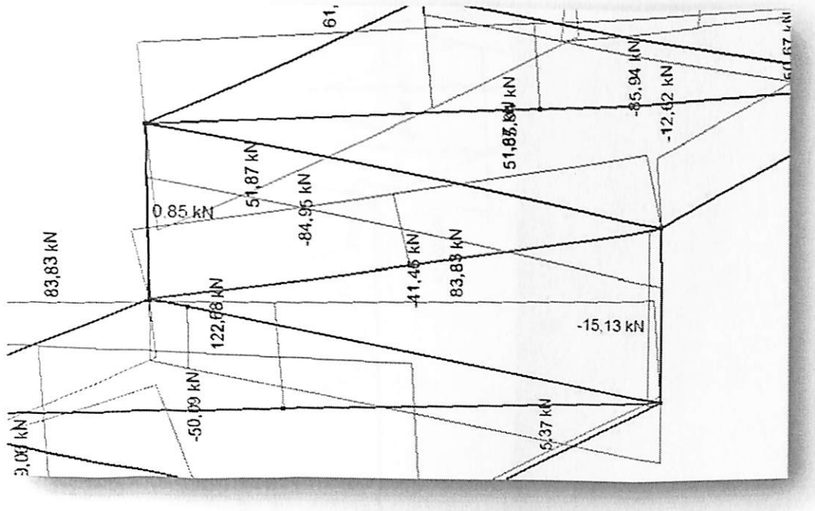
10.4.1. Főhajó szélrács igénybevételek:



Szélrácsban ébredő legnagyobb húzóerő= 61,47 kN

Merevítőrúdban ébredő legnagyobb nyomóerő= 41,46 kN

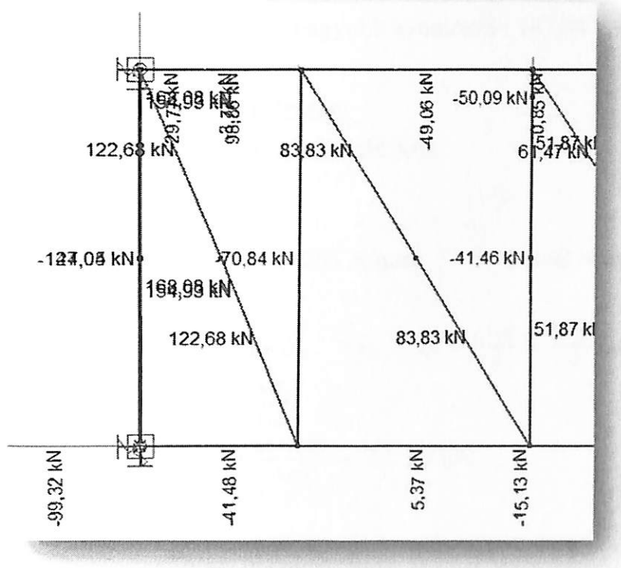
10.4.2. Főhajó hosszkötés igénybevételek:



Hosszkötésben ébredő legnagyobb húzóerő= 51,87 kN

Merevítőrúdban ébredő legnagyobb nyomóerő= 50,09 kN

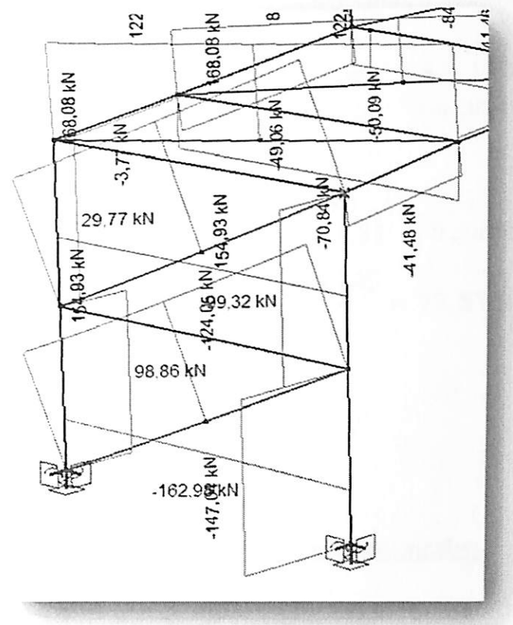
10.4.3. Mellékhajók szélrács igénybevételek:



Szélrácsban ébredő legnagyobb húzóerő= 122,68 kN

Merevítőrúdban ébredő legnagyobb nyomóerő= 124,05 kN

10.4.4. Mellékhajók hosszkötés igénybevételek:



Hosszkötésben ébredő legnagyobb húzóerő= 168,08 kN

Merevítőrúdban ébredő legnagyobb nyomóerő= 147,04 kN

10.5. Méretezés:

10.5.1. Főhajó szélrács méretezése:

10.5.1.1. A húzott szélrácsrúd méretezése:

N_{Ed}= 61,47 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

20 mm-es köracél → $A = \frac{d^2*\pi}{4} = \frac{20^2*\pi}{4} = 314\ mm^2$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A*f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{314*235}{1,00} = \mathbf{73,79\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{61,47}{73,79} = \mathbf{0,83} \leq 1,00$$

Megfelel!

10.5.1.2. Nyomott merevítőrúd méretezése:

N_{Ed}= 41,46 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

L 100.100.10. → A = 1920 mm²

i = 30,4 mm

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\overline{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i*\lambda_1} = \frac{6600}{30,4*93,9} = 2,31 \rightarrow \text{b görbe} \rightarrow \chi = 0,1615$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,1615 * 1920 * 235}{1,00} = \mathbf{72,87\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{41,46}{72,87} = \mathbf{0,56} \leq 1,00$$

Megfelel!

10.5.1.3. <u>Merevítőrúd bekötése csomólemezbe:</u>

N_{Ed}= 41,46 kN

Anyagminőség:

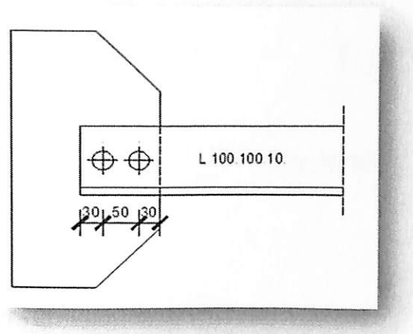
S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 14 4.6.

4.6. → f_{yb}=240 N/mm² f_{ub}=400 N/mm² α_v=0,6

M 14 → d= 14 mm d_0=15 mm A=154 mm²



A csavarok tervezési ellenállás:

A nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6*400*154}{1,25} = 29,57\ \text{kN}$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\left(\begin{matrix} 2{,}8 * \frac{e_2}{d_0} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{matrix}\right) = \min\left(\begin{matrix} 2{,}8 * \frac{50}{15} - 1{,}7 \\ 2{,}5 \end{matrix}\right) = \min\left(\begin{matrix} 7{,}63 \\ 2{,}5 \end{matrix}\right)$$

$$k_1 = 2{,}5$$

$$\alpha_b = \min\left(\begin{matrix} \frac{e_1}{3 * d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1 \end{matrix}\right) = \min\left(\begin{matrix} \frac{30}{3*15} \\ \frac{400}{360} \\ 1 \end{matrix}\right) = \min\left(\begin{matrix} 0{,}67 \\ 1{,}11 \\ 1 \end{matrix}\right) =$$

$$\alpha_b = 0{,}67$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 * 0{,}67 * 360 * 14 * 10}{1{,}25} = 67{,}54\ \text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$$

$$F_{Rd} = \min(29{,}57\ \text{kN}; 67{,}54\ \text{kN}) = \mathbf{29{,}57\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{41{,}46\ \text{kN}}{29{,}57\ \text{kN}} = 1{,}4\ \text{db}$$

2 db M 14 4.6. csavar szükséges.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$41{,}46\ \text{kN} \leq 2 * 29{,}57\ \text{kN} = 59{,}14\ \text{kN}$$

Megfelel!

10.5.2. Főhajó hosszkötés méretezése:

10.5.2.1. A húzott szélrácsrúd méretezése:

N_{Ed}=51,87 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

18 mm-es köracél → $A = \frac{d^2 * \pi}{4} = \frac{18^2 * \pi}{4} = 255\ \text{mm}^2$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{255 * 235}{1{,}00} = \mathbf{59{,}93\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{51{,}87}{59{,}93} = \mathbf{0{,}87} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

10.5.2.2. Nyomott merevítőrúd méretezése:

N_{Ed}= 50,09 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

L 100.100.10. → $A = 1920\ \text{mm}^2$

i = 30,4 mm

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\overline{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i*\lambda_1} = \frac{6600}{30,4*93,9} = 2,31 \rightarrow \text{b görbe} \rightarrow \chi = 0,1615$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,1615 * 1920 * 235}{1,00} = \mathbf{72,87\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{50,09}{72,87} = \mathbf{0,69} \leq 1,00$$

Megfelel!

10.5.2.3. <u>Merevítőrúd bekötése csomólemezbe:</u>

N_{Ed}= 50,09 kN

Anyagminőség:

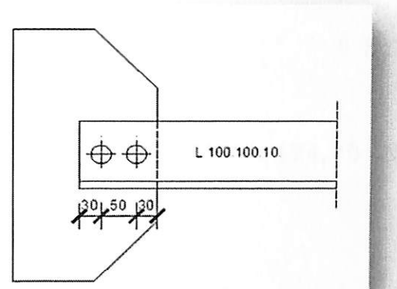
S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 14 4.6.

4.6. → f_{yb}=240 N/mm² f_{ub}=400 N/mm² α_v=0,6

M 14 → d= 14 mm d_0=15 mm A=154 mm²



A csavarok tervezési ellenállás:

A nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6*400*154}{1,25} = 29,57\ \text{kN}$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{50}{15} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 7,63 \\ 2,5 \end{pmatrix}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\begin{pmatrix}\frac{e_1}{3*d_0}\\ \frac{f_{ub}}{fu}\\ 1\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}\frac{30}{3*15}\\ \frac{400}{360}\\ 1\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}0{,}67\\ 1{,}11\\ 1\end{pmatrix} =$$

$$\alpha_b = 0{,}67$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5*0{,}67*360*14*10}{1{,}25} = 67{,}54\ \text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$$

$$F_{Rd} = \min(29{,}57\ \text{kN}; 67{,}54\ \text{kN}) = \mathbf{29{,}57\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{50{,}09\ \text{kN}}{29{,}57\ \text{kN}} = 1{,}7\ \text{db}$$

2 db M 14 4.6. csavar szükséges.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$50{,}09\ \text{kN} \leq 2 * 29{,}57\ \text{kN} = 59{,}14\ \text{kN}$$

Megfelel!

10.5.3. Mellékhajók szélrács méretezése:

10.5.3.1. A húzott szélrácsrúd méretezése:

N_{Ed}=122,68 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

26 mm-es köracél → $A = \frac{d^2*\pi}{4} = \frac{26^2*\pi}{4} = 531\text{mm}^2$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A*f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{531*235}{1{,}00} = \mathbf{124{,}79\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{122{,}68}{124{,}79} = \mathbf{0{,}98} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

10.5.3.2. Nyomott merevítőrúd méretezése:

N_{Ed}= 124,05 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

L 120.120.14. → A = 3180 mm²

i = 36,3 mm

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i*\lambda_1} = \frac{6600}{36,3*93,9} = 1,94 \rightarrow \text{b görbe} \rightarrow \chi = 0,2212$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,2212 * 3180 * 235}{1,00} = \mathbf{165,3\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{124,05}{165,3} = \mathbf{0,75} \leq 1,00$$

Megfelel!

10.5.3.3. <u>Merevítőrúd bekötése csomólemezbe:</u>

N_{Ed}= 124,05 kN

Anyagminőség:

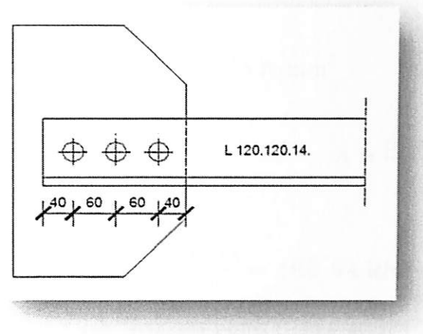
S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 16 6.8.

6.8. → f_{yb}=480 N/mm² f_{ub}=600 N/mm² α_v=0,6

M 16 → d= 16 mm d_0=18 mm A=201 mm²



A csavarok tervezési ellenállás:

A nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6*600*201}{1,25} = 57,89\ \text{kN}$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{60}{18} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 7,63 \\ 2,5 \end{pmatrix}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3*d_0};\ \frac{f_{ub}}{f_u};\ 1\right) = \min\left(\frac{40}{3*18};\ \frac{600}{360};\ 1\right) = \min\left(0{,}74;\ 1{,}67;\ 1\right) =$$

$$\alpha_b = 0{,}74$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5*0{,}74*360*16*10}{1{,}25} = 85{,}25\text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min\left(F_{v,Rd};\ F_{b,Rd}\right)$$

$$F_{Rd} = \min(57{,}89\text{ kN};\ 85{,}25\text{ kN}) = \mathbf{57{,}89\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{124{,}05\text{ kN}}{57{,}89\text{ kN}} = 2{,}14\text{ db}$$

3 db M 16 6.8. csavar szükséges.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$124{,}05\text{ kN} \leq 3 * 57{,}89\text{ kN} = 173{,}67\text{ kN}$$

Megfelel!

10.5.4. Mellékhajók hosszkötés méretezése:

10.5.4.1. A húzott szélrácsrúd méretezése:

N_{Ed}=168,08 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

32 mm-es köracél → $A = \frac{d^2*\pi}{4} = \frac{32^2*\pi}{4} = 804\text{mm}^2$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A*f_y}{\gamma_{m0}}$$

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{804*235}{1{,}00} = \mathbf{188{,}94\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{168{,}08}{188{,}94} = \mathbf{0{,}89} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

10.5.4.2. Nyomott merevítőrúd méretezése:

N_{Ed}= 147,04 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Keresztmetszet:

L 120.120.14. → A = 3180 mm²

i = 36,3 mm

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i*\lambda_1} = \frac{6600}{36,3*93,9} = 1,94 \rightarrow \text{b görbe} \rightarrow \chi = 0,2212$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0,2212 * 3180 * 235}{1,00} = \mathbf{165,3\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{147,04}{165,3} = \mathbf{0,89} \leq 1,00$$

Megfelel!

10.5.4.3. <u>Merevítőrúd bekötése csomólemezbe:</u>

N_{Ed}= 147,04 kN

Anyagminőség:

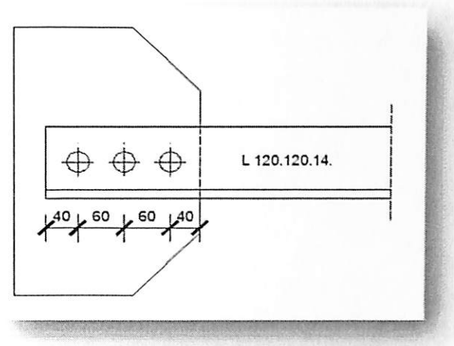
S235 → f_y=235 N/mm² f_u=360 N/mm²

Csavarok :

M 16 6.8.

6.8. → f_{yb}=480 N/mm² f_{ub}=600 N/mm² α_v=0,6

M 16 → d= 16 mm d_0=18 mm A=201 mm²



A csavarok tervezési ellenállás:

A nyírási ellenállás:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * f_{ub} * A}{\gamma_{m2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6*600*201}{1,25} = 57,88\ \text{kN}$$

A palástnyomási ellenállás:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}}$$

$$k_1 = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 2,8*\frac{60}{18} - 1,7 \\ 2,5 \end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix} 7,63 \\ 2,5 \end{pmatrix}$$

$$k_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\begin{pmatrix}\frac{e_1}{3*d_0}\\ \frac{f_{ub}}{f_u}\\ 1\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}\frac{40}{3*18}\\ \frac{600}{360}\\ 1\end{pmatrix} = \min\begin{pmatrix}0{,}74\\ 1{,}67\\ 1\end{pmatrix} =$$

$$\alpha_b = 0{,}74$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5*0{,}74*360*16*10}{1{,}25} = 85{,}25\text{kN}$$

$$F_{Rd} = \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})$$

$$F_{Rd} = \min(57{,}88\text{ kN}; 85{,}25\text{ kN}) = \mathbf{57{,}88\ kN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{147{,}04\text{ kN}}{57{,}88\text{ kN}} = 2{,}54\text{ db}$$

3 db M 16 6.8. csavar szükséges.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = \Sigma F_{Rd} = n * F_{Rd}$$

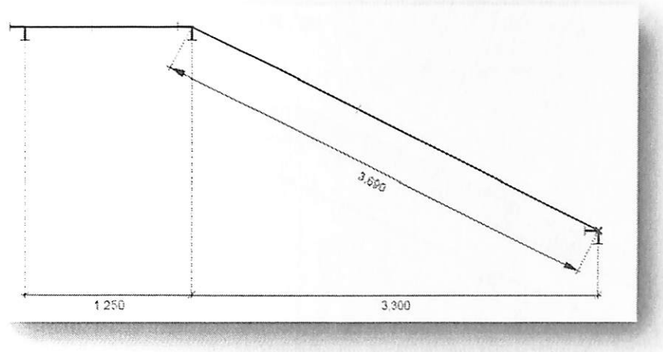
$$147{,}04\text{ kN} \leq 3 * 57{,}88\text{ kN} = 173{,}64\text{ kN}$$

Megfelel!

11. Egykarú lépcső méretezése:

11.1. Lépcsőkar méretezése:

11.1.1. Statikai váz:



11.1.2. Keresztmetszet:

U szelvény

11.1.3. Tehermodell:

Terhelési sávszélessége: 0,6 m

11.1.3.1. Állandó teher:

$\gamma_{G,sup}$= 1,35

11.1.3.1.1. Önsúly:

Meghatározása AXIS programmal.

11.1.3.1.2. Lépcsőfokok súlya:

Lépcsőfok rács típusa: 30x3

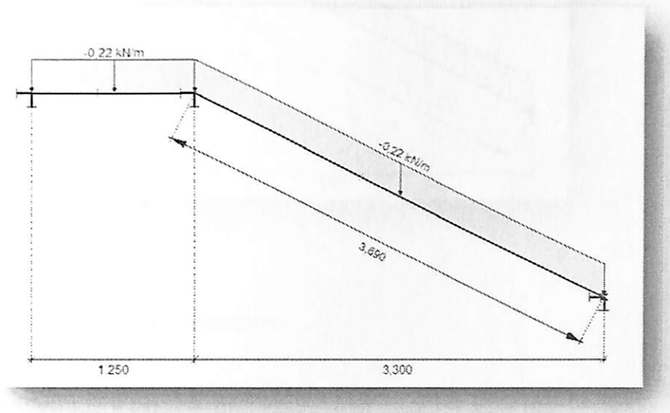
Horganyzott rács tömege: S_2= 37,45 kg/m^2

t=0,6 m

$g_{lépcsőfok} = 0{,}3735\ kN/m^2$

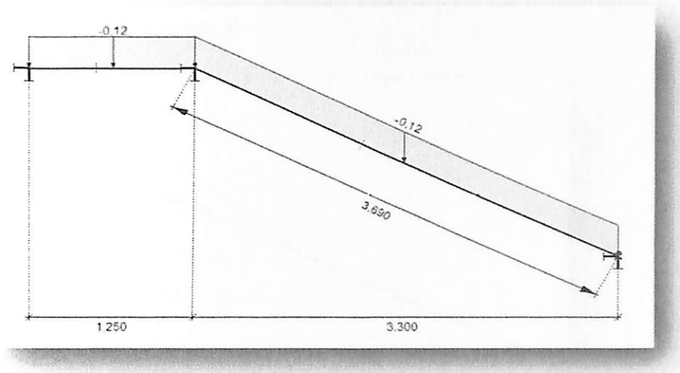
$p_{lépcsőfok^k} = g_{lépcsőfok} * t$

$p_{lépcsőfok^k} = 0{,}3735\ kN/m^2 * 0{,}6\ m = \mathbf{0{,}22\ kN/m}$



11.1.3.1.3. Korlát súlya:

$p_{korlát^k} = \mathbf{0{,}12\ kN/m}$



11.1.3.2. Hasznos teher:

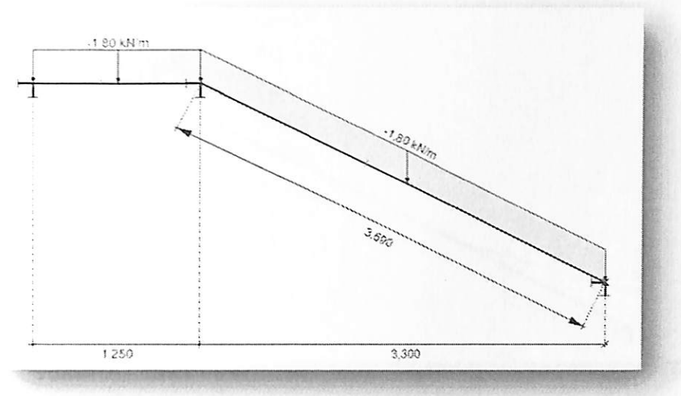
$\gamma_q = 1{,}5$

t=0,6 m

$q_k = 3{,}00\ kN/m^2$

$p_{hasznos^k} = q_k * t$

$p_{hasznos^k} = 3{,}00\ kN/m^2 * 0{,}6\ m = \mathbf{1{,}8\ kN/m}$



11.1.4. Teherkombinációk:

Önsúly+lépcsőfokok+korlát+hasznos

ULS (teherbírási határállapot):

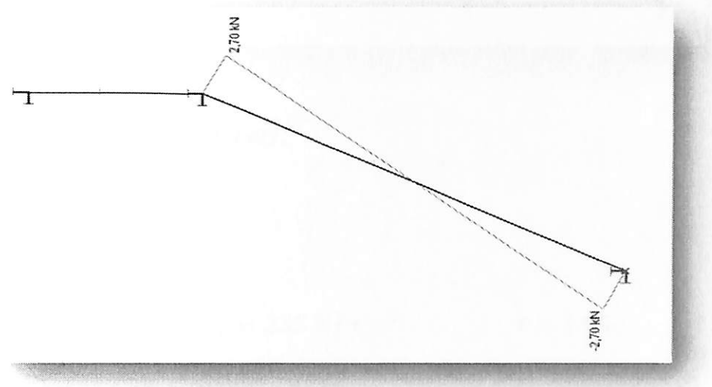
$$p^{ULS} = \gamma_{G,sup} * \left(p_{g^k} + p_{lépcsőfok^k} + p_{korlát^k}\right) + \gamma_q * p_{hasznos^k}$$

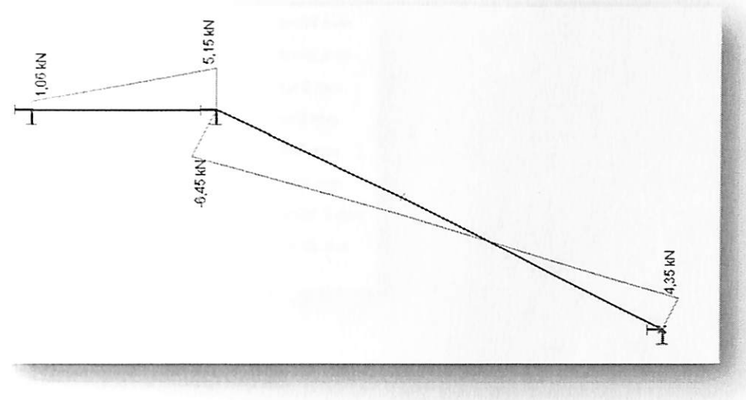
SLS (használhatósági határállapot):

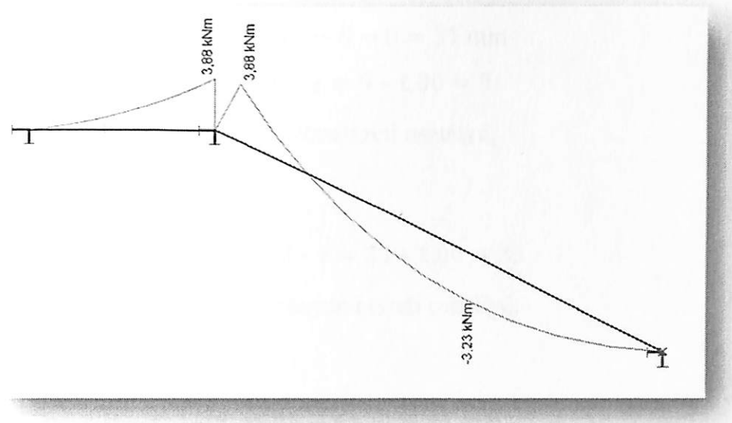
$$p^{SLS} = \left(p_{g^k} + p_{lépcsőfok^k} + p_{korlát^k}\right) + p_{hasznos^k}$$

11.1.5. Igénybevételek:

Meghatározása AXIS programmal.







11.1.6. <u>Keresztmetszet méretezése:</u>

$M_{y,Ed}$= 3,88 kNm

N_{Ed}= 2,70 kN

V_{Ed}=6,45 kN

Anyagminőség:

S 235 $f_y = 235\ N/mm^2$ $\varepsilon = 1{,}00$

$\gamma_{mo} = 1{,}00$

<u>Keresztmetszeti adatok:</u>

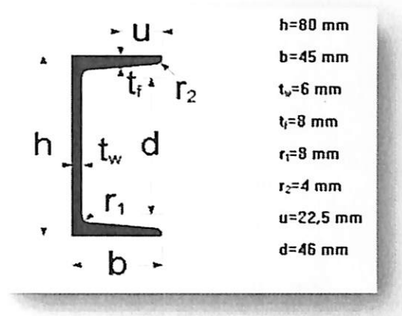
U 80 acél

$W_{pl,y} = 26{,}5 * 10^3 mm^3$

$A = 1100\ mm^2$

$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + r) * t_f$

$A_v = 1100 - 2 * 45 * 8 + (6 + 8) * 8 = 492\ mm^2$



Keresztmetszet osztályozása:

Tiszta nyomásra:

Öv:

$$c_f = b - t_w - r_1 = 45 - 6 - 8 = 31\ mm$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{31}{8} = 3{,}875 < 9 * \varepsilon = 9 * 1{,}00 = 9$$

Az öv 1. keresztmetszeti osztályú.

Gerinc:

$$c_w = d = 46\ mm$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{46}{6} = 7{,}67 < 33 * \varepsilon = 33 * 1{,}00 = 33$$

A gerinc 1. keresztmetszeti osztályú.

Tiszta hajlításra:

Öv:

$$c_f = b - t_w - r_1 = 45 - 6 - 8 = 31\ mm$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{31}{8} = 3{,}875 < 9 * \varepsilon = 9 * 1{,}00 = 9$$

Az öv 1. keresztmetszeti osztályú.

Gerinc:

$$c_w = d = 46\ mm$$

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{46}{6} = 7{,}67 < 72 * \varepsilon = 72 * 1{,}00 = 72$$

A gerinc 1. keresztmetszeti osztályú.

A szelvény tiszta nyomásra és tiszta hajlításra 1. keresztmetszeti osztályba sorolandó.

Ellenőrzés tiszta hajlításra:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{26{,}5 * 10^3 * 235}{1{,}00} = \mathbf{6{,}22\ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{3{,}88}{6{,}22} = \mathbf{0{,}62} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Ellenőrzés tiszta nyomásra:

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{1100 * 235}{1{,}00} = \mathbf{258{,}5\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{2{,}70}{258{,}5} = \mathbf{0{,}01} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Nyírási ellenőrzés:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{mo}}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{492 * 235}{\sqrt{3} * 1{,}00} = \mathbf{66{,}75\ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{6{,}45}{66{,}75} = \mathbf{0{,}1} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

Hajlítás és nyírás kölcsönhatásának vizsgálata:

$$V_{Ed} \geq 0{,}5 * V_{c,Rd}$$

$$6{,}45\ kN \geq 0{,}5 * 66{,}75\ kN$$

$$\mathbf{6{,}45\ kN \geq 33{,}38\ kN}$$

Hajlítás és vele egyidejűleg működő kölcsönhatást nem kell számításba venni!

Hajlítás és normálerő kölcsönhatásának vizsgálata:

$$N_{Ed} \leq 0{,}25 * N_{pl,Rd}$$

$$2{,}70\ kN \leq 0{,}25 * 258{,}5\ kN$$

$$\mathbf{2{,}70\ kN \leq 64{,}63\ kN}$$

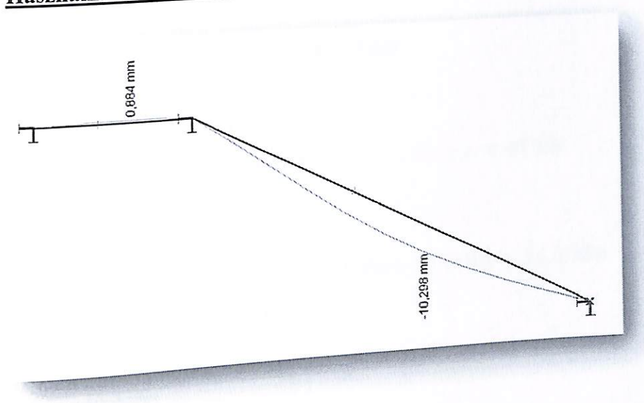
$$N_{Ed} \leq \frac{0{,}5 * h_w * t_w * f_y}{\gamma_{mo}}$$

$$2{,}70\ kN \leq \frac{0{,}5 * 46 * 6 * 235}{1{,}00}$$

$$\mathbf{2{,}70\ kN \leq 32{,}43\ kN}$$

A normálerő nem csökkenti a nyomatéki ellenállást!

11.1.7. Használhatósági határállapot ellenőrzése:



e_z= 10,3 mm

L= 3690 mm

$$w_{max} = \frac{L}{300} = \frac{3690\ mm}{300}$$

$$w_{max} = \mathbf{12,3\ mm}$$

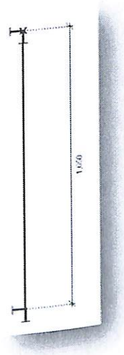
$$e_z \leq w_{max}$$

$$\mathbf{10,3\ mm \leq 12,3\ mm}$$

Lehajlásra a lépcsőkar megfelel!

11.2. Tartóoszlop méretezése:

11.2.1. Statikai váz:



11.2.2. Keresztmetszet:

Zárt szelvény

11.2.3. Tehermodell:

11.2.3.1. Állandó teher:

- Oszlop önsúlya:

  L= 1,54 m

  50x30x4 → G= 4,39 kg/m

  g_{oszlop}= 0,0439 kN/m

  $g_{oszlop^k} = g_{oszlop} * L$

  $g_{oszlop^k} = 0{,}0439\ kN/m * 1{,}54\ m = \mathbf{0{,}07\ kN}$

- Pihenő reakcióerő:

  $F_{pihenő}$=**12,13 kN**

$\Sigma G^k = g_{oszlop^k} + F_{pihenő} = 0{,}07\ kN + 12{,}13\ kN = \mathbf{12{,}2\ kN}$

11.2.4. Keresztmetszet ellenőrzése:

N_{Ed}= 12,2 kN

Anyagminőség:

S235 → f_y=235 N/mm²

Keresztmetszet:

50x30x4 → A = 559 mm²

$i_y = 17{,}2$ mm

$i_z = 11{,}3$ mm

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\overline{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i_y * \lambda_1} = \frac{1540}{17{,}2 * 93{,}9} = 0{,}95 \rightarrow \text{a görbe} \rightarrow \chi_y = 0{,}7003$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{0{,}7003 * 559 * 235}{1{,}00} = \mathbf{91{,}99\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \leq 1{,}00$$

$$\frac{12{,}2}{91{,}99} = \mathbf{0{,}13} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

$$N_{b,Rd,z} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}}$$

$$\overline{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i_z * \lambda_1} = \frac{1540}{11{,}3 * 93{,}9} = 1{,}45 \rightarrow \text{a görbe} \rightarrow \chi_y = 0{,}3943$$

$$N_{b,Rd,z} = \frac{0{,}3943 * 559 * 235}{1{,}00} = \mathbf{51{,}8\ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} \leq 1{,}00$$

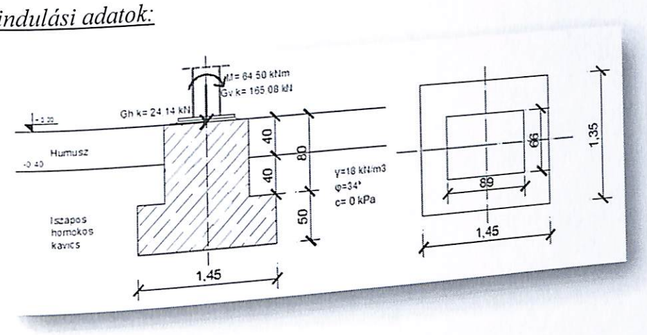
$$\frac{12{,}2}{51{,}8} = \mathbf{0{,}24} \leq 1{,}00$$

Megfelel!

12. Az alaptestek méretezése:

12.1. Főhajó pontalap méretezése:

Kiindulási adatok:



Alaptest betonminősége:

C20/25 $\gamma_b = 25\ kN/m^3$

Alapozási sík:

A.s.= -1,3 m

Alaptestre ható igénybevélek:

$G_{v,k}$= - 165,08kN

$G_{h,k}$= 24,14 kN

R_{yy}= 64,5 kNm

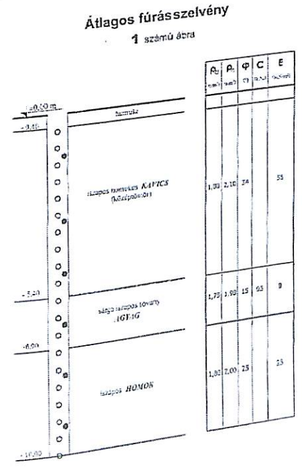
Alaptest geometriai méretei:

B= 1,45 m b= 89 cm

L= 1,35 m l= 66 cm

h= 50 cm h= 80 cm

Rétegszelvény:



Számítás:

Az alaptest súlya:

$$G_a = (B * L * h + b * l * h) * \gamma_b$$

$$G_a = (1{,}45 * 1{,}35 * 0{,}5 + 0{,}89 * 0{,}66 * 0{,}8) * 25 = 36{,}22\ \text{kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B * L - b * l) * \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$G_f = (1{,}45 * 1{,}35 - 0{,}89 * 0{,}66) * (0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18) = 9{,}86\ \text{kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_{v,k} + G_a + G_f$$

$$V_k = 165{,}08\ \text{kN} + 36{,}22\ \text{kN} + 9{,}86\ \text{kN} = 211{,}16\ \text{kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = \gamma_G * (G_{v,k} + G_a + G_f)$$

$$V_d = 1{,}35 * (165{,}08\ \text{kN} + 36{,}22\ \text{kN} + 9{,}86\ \text{kN}) = 285{,}07\ \text{kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke:

$$H_k = G_{h,k}$$

$$H_k = 24{,}14\ \text{kN} = 24{,}14\ \text{kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

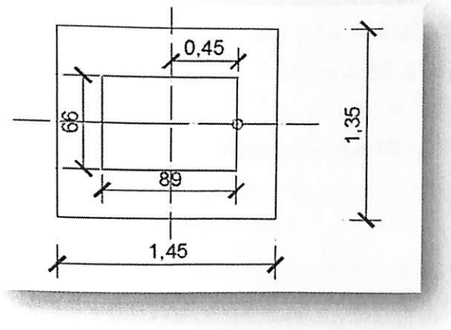
$$H_d = \gamma_G * G_{h,k}$$

$$H_d = 1{,}35 * 24{,}14\ \text{kN} = 32{,}59\ \text{kN}$$

Eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,o}}{V_k}$$

$$e_{B,k} = \frac{64{,}50 + 24{,}14 * 1{,}3}{211{,}16} = 0{,}45\ \text{m}$$



Az alap törési ellenállása:

Az alap dolgozó geometriai méretei:

$$B' = B - 2 * e_{B,k} = 1{,}45 - 2 * 0{,}45 = 0{,}54\ \text{m}$$

$$L' = L = 1{,}35\ \text{m}$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi * tg\varphi'} * tg^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right) = e^{\pi * tg34°} * tg^2\left(45° + \frac{34°}{2}\right) = 29{,}44$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q - 1) * tg\varphi' = 2 * (29{,}44 - 1) * tg34° = 38{,}37$$

$$N_c = (N_q - 1) * ctg\varphi' = (29{,}44 - 1) * ctg34° = 42{,}16$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) * sin\varphi' = 1 + \left(\frac{0{,}54}{1{,}35}\right) * sin34° = 1{,}22$$

$$s_\gamma = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{B'}{L'}\right) = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{0{,}54}{1{,}35}\right) = 0{,}88$$

$$s_c = \frac{(s_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(1{,}22 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 1{,}23$$

A teher ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' * L' * c_k' * ctg\varphi_k'} = \frac{24{,}14}{211{,}16 + 0{,}54 * 1{,}35 * 0 * ctg34°} = 0{,}11$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} = \frac{2 + \left(\frac{0{,}54}{1{,}35}\right)}{1 + \left(\frac{0{,}54}{1{,}35}\right)} = 1{,}71$$

$m = m_B$ H erő a B-vel párhuzamos

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0{,}11)^{1{,}71} = 0{,}8122$$

$$i_c = \frac{(i_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(0{,}8122 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 0{,}8056$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0{,}11)^{1{,}71+1} = 0{,}7193$$

Az alap ferdeségi tényezői:

$$b_q = b_c = b_\gamma = 1{,}00$$ Alap alsó síkja vízszintes

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$q' = 0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18 + 0{,}5 * 18 = 16{,}2\ kN/m^2$$

Kohézió: $c_k' = 0$

Alap alatti térfogatsúly: $\gamma' = 18\ kN/m^3$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = B' * L' * (c_k' * N_c * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0{,}5 * \gamma' * N_\gamma * B' * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma)$$

$$R_k = 0{,}54 * 1{,}35 * (0 * 42{,}16 * 1{,}00 * 1{,}23 * 0{,}8056 + 16{,}2 * 29{,}44 * 1{,}00 * 1{,}22 * 0{,}8122 + 0{,}5 * 18 * 38{,}37 * 0{,}54 * 1{,}00 * 0{,}88 * 0{,}7193)$$

$$R_k = \mathbf{433{,}55\ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{433{,}55\ kN}{1{,}4} = \mathbf{310\ KN}$$

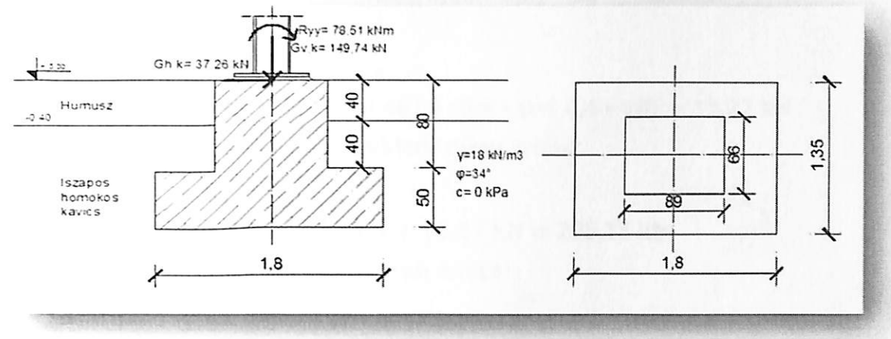
Ellenőrzés:

$$V_d = 285{,}07\ kN < R_d = 310\ kN$$

Megfelel!

12.2. Mellékhajók pontalap méretezése:

Kiindulási adatok:



Alaptest betonminősége:

C20/25 $\gamma_b = 25\ kN/m^3$

Alapozási sík:

A.s.= -1,3 m

Alaptestre ható igénybevélek:

$G_{v,k}$= - 149,74 kN

$G_{h,k}$= 37,26 kN

R_{yy}= 78,51 kNm

Alaptest geometriai méretei:

B= 1,8 m b= 89 cm

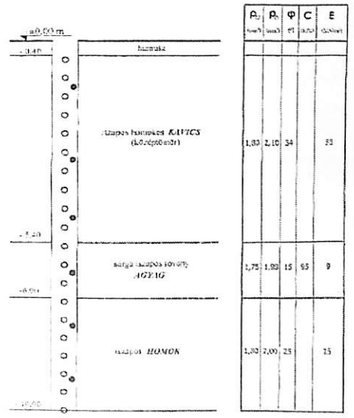
L= 1,35 m l= 66 cm

h= 50 cm h= 80 cm

Rétegszelvény:

Átlagos fúrásszelvény

1 számú ábra



Számítás:

Az alaptest súlya:

$$G_a = (B * L * h + b * l * h) * \gamma_b$$

$$G_a = (1{,}8 * 1{,}35 * 0{,}5 + 0{,}89 * 0{,}66 * 0{,}8) * 25 = 42{,}12\text{kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B * L - b * l) * \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$G_f = (1{,}8 * 1{,}35 - 0{,}89 * 0{,}66) * (0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18) = 13{,}27\ \text{kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_{v,k} + G_a + G_f$$

$$V_k = 149{,}74\ \text{kN} + 42{,}12\ \text{kN} + 13{,}27\ \text{kN} = 205{,}13\ \text{kN}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = \gamma_G * (G_{v,k} + G_a + G_f)$$

$$V_d = 1{,}35 * (149{,}74\ \text{kN} + 42{,}12\ \text{kN} + 13{,}27\ \text{kN}) = 276{,}93\ \text{kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke:

$$H_k = G_{h,k}$$

$$H_k = 37{,}26\ \text{kN} = 37{,}26\ \text{kN}$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

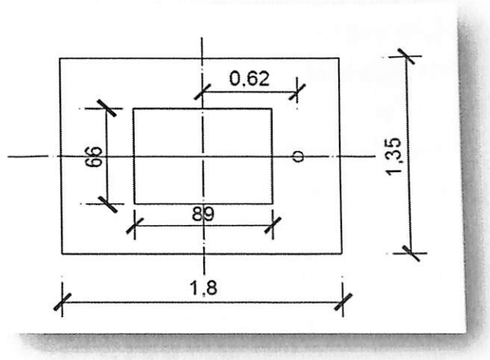
$$H_d = \gamma_G * G_{h,k}$$

$$H_d = 1{,}35 * 37{,}26\ \text{kN} = 50{,}3\ \text{kN}$$

Eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,o}}{V_k}$$

$$e_{B,k} = \frac{78{,}51 + 37{,}26 * 1{,}3}{205{,}13} = 0{,}62\ \text{m}$$



Az alap törési ellenállása:

Az alap dolgozó geometriai méretei:

$$B' = B - 2 * e_{B,k} = 1{,}8 - 2 * 0{,}62 = 0{,}56\ \text{m}$$

$$L' = L = 1{,}35\ \text{m}$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi * tg\varphi'} * tg^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right) = e^{\pi * tg34°} * tg^2\left(45° + \frac{34°}{2}\right) = 29{,}44$$

$$N_\gamma = 2 * \left(N_q - 1\right) * tg\varphi' = 2 * (29{,}44 - 1) * tg34° = 38{,}37$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right) * ctg\varphi' = (29{,}44 - 1) * ctg34° = 42{,}16$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) * sin\varphi' = 1 + \left(\frac{0{,}56}{1{,}35}\right) * sin34° = 1{,}23$$

$$s_\gamma = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{B'}{L'}\right) = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{0{,}56}{1{,}35}\right) = 0{,}88$$

$$s_c = \frac{(s_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(1{,}23 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 1{,}24$$

A teher ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' * L' * c_k' * ctg\varphi_k'} = \frac{37{,}26}{205{,}13 + 0{,}56 * 1{,}35 * 0 * ctg34°} = 0{,}18$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} = \frac{2 + \left(\frac{0{,}56}{1{,}35}\right)}{1 + \left(\frac{0{,}56}{1{,}35}\right)} = 1{,}71$$

$m = m_B$ H erő a B-vel párhuzamos

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0{,}18)^{1{,}71} = 0{,}7104$$

$$i_c = \frac{(i_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(0{,}7122 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 0{,}7002$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0{,}18)^{1{,}71+1} = 0{,}5813$$

Az alap ferdeségi tényezői:

$b_q = b_c = b_\gamma = 1{,}00$ Alap alsó síkja vízszintes

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$q' = 0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18 + 0{,}5 * 18 = 16{,}2\ kN/m^2$$

Kohézió: Alap alatti térfogatsúly:

$c_k' = 0$ $\gamma' = 18\ kN/m^3$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = B' * L' * (c_k' * N_c * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0{,}5 * \gamma' * N_\gamma * B' * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma)$$

$$R_k = 0{,}56 * 1{,}35 * (0 * 42{,}16 * 1{,}00 * 1{,}24 * 0{,}7002 + 16{,}2 * 29{,}44 * 1{,}00 * 1{,}23 * 0{,}7104 + 0{,}5 * 18 * 38{,}37 * 0{,}56 * 1{,}00 * 0{,}88 * 0{,}5813)$$

$$R_k = \mathbf{392{,}02\ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{392{,}02\ kN}{1{,}4} = \mathbf{280\ KN}$$

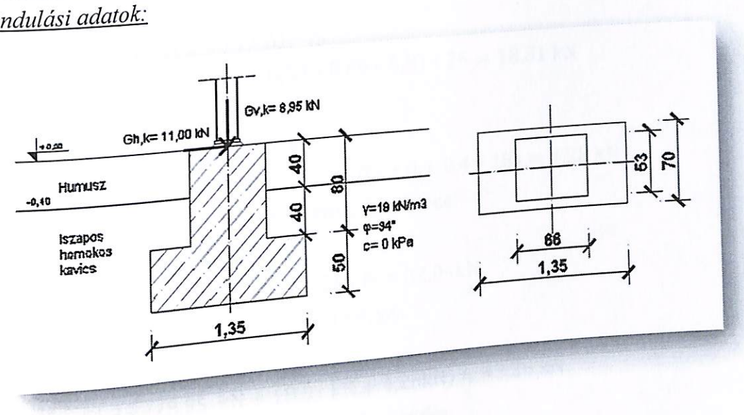
Ellenőrzés:

$V_d = 276{,}93\ kN < R_d = 280\ kN$

Megfelel!

12.3. Falvázoszlop pontalap méretezése:

Kiindulási adatok:



Alaptest betonminősége:

C20/25 $\gamma_b = 25\ kN/m^3$

Alapozási sík:

A.s.= -1,3 m

Alaptestre ható igénybevélek:

$G_{v,k}$= - 8,95 kN

$G_{h,k}$= 11,00 kN

Alaptest geometriai méretei:

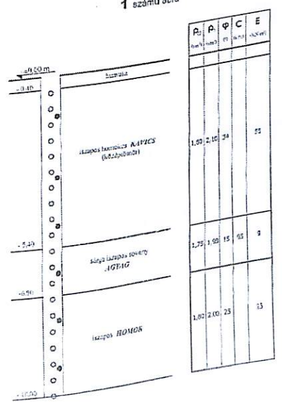
B= 0,7 m b= 53 cm

L= 1,35 m l= 0,66 cm

h= 50 cm h= 80 cm

Rétegszelvény:

Átlagos fúrásszelvény
1 számú ábra



Számítás:

Az alaptest súlya:

$$G_a = (B * L * h + b * l * h) * \gamma_b$$

$$G_a = (0{,}7 * 1{,}35 * 0{,}5 + 0{,}53 * 0{,}66 * 0{,}8) * 25 = 18{,}81\ kN$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B * L - b * l) * \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$G_f = (0{,}7 * 1{,}35 - 0{,}53 * 0{,}66) * (0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18) = 4{,}28\ kN$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_{v,k} + G_a + G_f$$

$$V_k = 8{,}95\ kN + 18{,}81\ kN + 4{,}28\ kN = 32{,}04 kN$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke:

$$V_d = \gamma_G * (G_{v,k} + G_a + G_f)$$

$$V_d = 1{,}35 * (8{,}95\ \ kN + 18{,}81\ kN + 4{,}28 kN) = 43{,}26\ kN$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke:

$$H_k = G_{h,k}$$

$$H_k = 11{,}00\ kN = 11{,}00\ kN$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

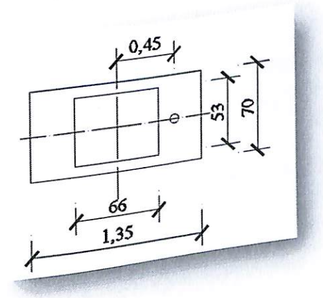
$$H_d = \gamma_G * G_{h,k}$$

$$H_d = 1{,}35 * 11{,}00\ kN = 14{,}85\ kN$$

Eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,o}}{V_k}$$

$$e_{B,k} = \frac{11{,}00 * 1{,}3}{32{,}04} = 0{,}45\ m$$



Az alap törési ellenállása:

Az alap dolgozó geometriai méretei:

$$B' = B = 0{,}7\ m$$

$$L' = L - 2 * e_{B,k} = 1{,}35 - 2 * 0{,}45 = 0{,}45\ m$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi * tg\varphi'} * tg^2\left(45° + \frac{\varphi'}{2}\right) = e^{\pi * tg34°} * tg^2\left(45° + \frac{34°}{2}\right) = 29{,}44$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q - 1) * tg\varphi' = 2 * (29{,}44 - 1) * tg34° = 38{,}37$$

$$N_c = (N_q - 1) * ctg\varphi' = (29{,}44 - 1) * ctg34° = 42{,}16$$

Alaki tényezők:

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) * sin\varphi' = 1 + \left(\frac{0{,}7}{0{,}45}\right) * sin34° = 1{,}86$$

$$s_\gamma = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{B'}{L'}\right) = 1 - 0{,}3 * \left(\frac{0{,}7}{0{,}45}\right) = 0{,}54$$

$$s_c = \frac{(s_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(1{,}86 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 1{,}89$$

A teher ferdeségi tényezők:

$$f = \frac{H_k}{V_k + B' * L' * c'_k * ctg\varphi_{k'}} = \frac{11{,}00}{32{,}04 + 0{,}7 * 0{,}45 * 0 * ctg34°} = 0{,}34$$

$$m_B = \frac{2 + \left(\frac{B'}{L'}\right)}{1 + \left(\frac{B'}{L'}\right)} = \frac{2 + \left(\frac{0{,}7}{0{,}45}\right)}{1 + \left(\frac{0{,}7}{0{,}45}\right)} = 1{,}40$$

$m = m_B$ H erő a B-vel párhuzamos

$$i_q = (1 - f)^m = (1 - 0{,}34)^{1{,}40} = 0{,}5562$$

$$i_c = \frac{(i_q * N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(0{,}5562 * 29{,}44 - 1)}{29{,}44 - 1} = 0{,}5406$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0{,}34)^{1{,}40+1} = 0{,}3652$$

Az alap ferdeségi tényezői:

$b_q = b_c = b_\gamma = 1{,}00$ Alap alsó síkja vízszintes

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \Sigma t_i * \gamma_i$$

$$q' = 0{,}4 * 0 + 0{,}4 * 18 + 0{,}5 * 18 = 16{,}2\ kN/m^2$$

Kohézió: Alap alatti térfogatsúly:

$c'_k = 0$ $\gamma' = 18\ kN/m^3$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = B' * L' * (c'_k * N_c * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + 0{,}5 * \gamma' * N_\gamma * B' * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma)$$

$$R_k = 0{,}7 * 0{,}45 * (0 * 42{,}16 * 1{,}00 * 1{,}89 * 0{,}5406 + 16{,}2 * 29{,}44 * 1{,}00 * 1{,}86 * 0{,}5562 + 0{,}5 * 18 * 38{,}37 * 0{,}7 * 1{,}00 * 0{,}54 * 0{,}3652)$$

$$R_k = \mathbf{172{,}91\ kN}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{172{,}91\ kN}{1{,}4} = \mathbf{124{,}00\ KN}$$

Ellenőrzés:

$V_d = 43{,}26\ kN < R_d = 124{,}00\ kN$ Megfelel!

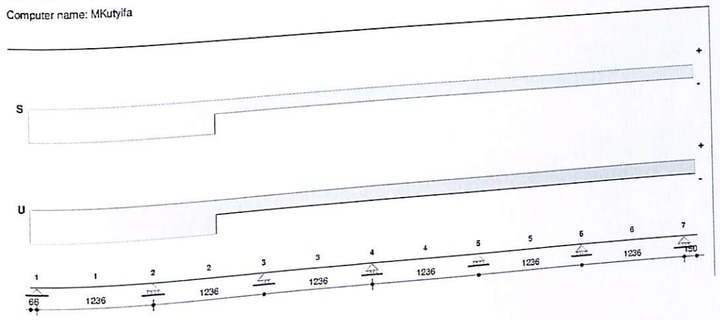
SZÁMÍTÁSI MELLÉKLET
DIMROOF

DIMroof 3.5 - D:\YBL sull\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Tető külső trapézlemez főhajó\2 teherkombináció.dim

Date: 2015.02.23.

User name: MKutyifa

Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások

Funkció: Tető

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 45

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (keskeny)

Átfedés: 1 hullám

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): L / 200

Lehajlási határ (konzol): L / 200

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 86%

SLS: 89%

Geometria

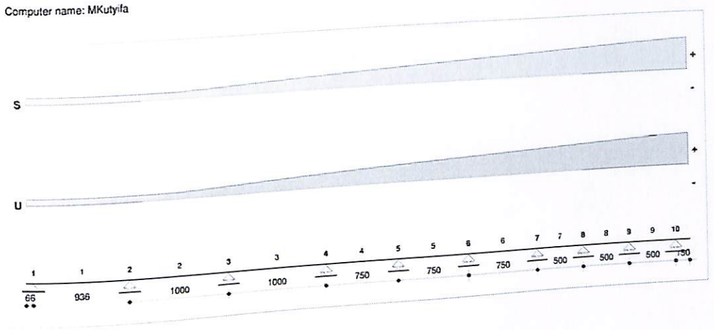
No.	Támaszok				Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	66	66	-	1236	0,4	-	
2	1236	C	66	-	-	1236	0,4	-	
3	2472	C	66	-	-	1236	0,4	-	
4	3708	C	66	-	-	1236	0,4	-	
5	4944	C	66	-	-	1236	0,4	-	
6	6180	C	66	-	150				
7	7416	C							

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	L	-66	1944	-3,41	-3,41		ULS
2	L	1944	7566	-1,41	-1,41		ULS
3	L	-66	1944	-2,25	-2,25		SLS
4	L	1944	7566	-0,92	-0,92		SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dlmroof\Tető külső trapézlemez mellékhajó\1 teherkombináció.dim

Date: 2015.03.05.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Tető
Ország: Magyarország
Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LTP 45
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (keskeny)
Átfedés: 1 hullám

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 65%
SLS: 18%

Geometria

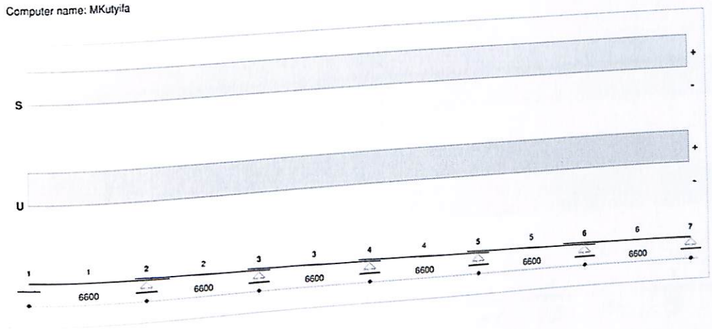
No.	Támaszok			L1	L2	Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	[mm]	[mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	66	66	-	936	0,4	-	
2	936	C	66	-	-	1000	0,4	-	
3	1936	C	66	-	-	1000	0,4	-	
4	2936	C	66	-	-	750	0,4	-	
5	3686	C	66	-	-	750	0,4	-	
6	4436	C	66	-	-	750	0,4	-	
7	5186	C	66	-	-	500	0,4	-	
8	5686	C	66	-	-	500	0,4	-	
9	6186	C	66	-	150	500	0,4	-	
10	6686	C	66	-					

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	L	-66	1436	1,62	1,62		ULS
2	L	1436	6836	1,62	7,55		ULS
3	L	-66	1436	1,09	1,09		SLS
4	L	1436	6836	1,09	5,09		SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Z szelemen főhajó\1. teherkombináció.dim

Date: 2015.02.24.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Z-gerenda
Szabvány: Eurocode
Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások
Szelvény: Z 200
Statikai rendszer: Átfedéses Standard
Gyártó: Magyarország
Oldalsó támasz: Mindkét öv
Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar
Táv: Minden második völgyben
Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 90%
SLS: 60%

Geometria

No.	Pozíció [mm]	Típus	Támaszok Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Nyílások Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Toldóelem Vtg. [mm]
1	0	H	100	-	1320	6600	2,0	-	-
2	6600	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
3	13200	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
4	19800	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
5	26400	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
6	33000	O	100	1320	660	6600	2,0	-	-
7	39600	H	100	-	-				

Terhek

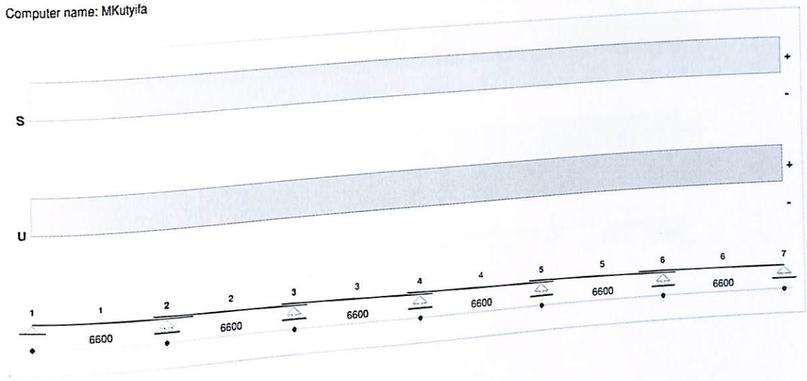
No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			2,57			ULS
2	U			1,74			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Z szelemen mellékhajó\1.tk-4 szelemen.dim

Date: 2015.03.06.

User name: MKutyifa

Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások

Szabvány: Eurocode

Funkció: Z-gerenda

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: Z 200

Statikai rendszer: Átfedéses Standard

Gyártó: Magyarország

Oldalsó támasz: Mindkét öv

Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar

Táv: Minden második völgyben

Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): L / 200

Lehajlási határ (konzol): L / 200

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 96%

SLS: 75%

Geometria

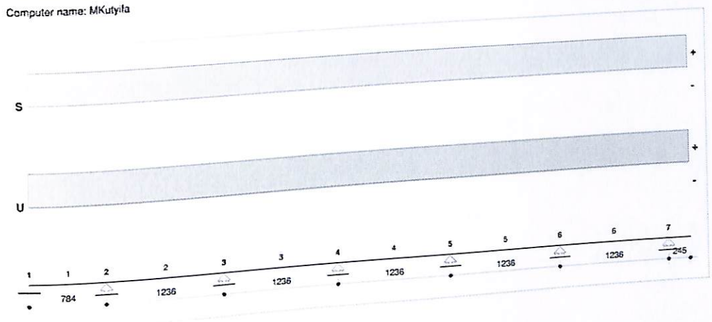
No.	Pozíció [mm]	Típus	Támaszok Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Nyílások Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Toldóelem Vtg. [mm]
1	0	H	100	-	-	6600	2,5	-	-
2	6600	O	100	660	1320	6600	2,5	-	-
3	13200	O	100	660	660	6600	2,5	-	-
4	19800	O	100	660	660	6600	2,5	-	-
5	26400	O	100	660	660	6600	2,5	-	-
6	33000	O	100	1320	660	6600	2,5	-	-
7	39600	H	100	-	-				-

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			4,07			ULS
2	U			2,73			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Tető belső trapézlemez főhajó\1. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.13.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Tető
Ország: Magyarország
Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LTP 20
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (keskeny)
Átfedés: 1 hullám

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 20%
SLS: 53%

Geometria

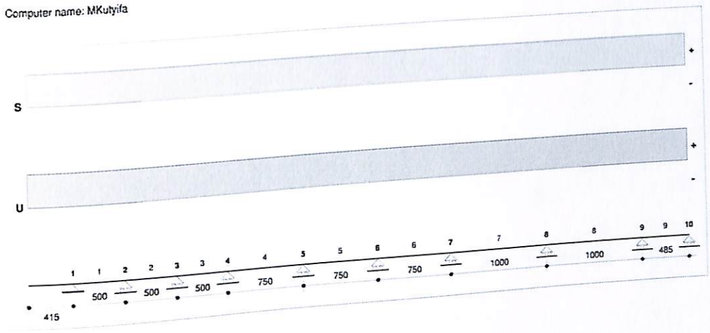
No.	Támaszok			L1	L2	Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	[mm]	[mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	H	66	-	-	784	0,4	-	
2	784	C	66	-	-	1236	0,4	-	
3	2020	C	66	-	-	1236	0,4	-	
4	3256	C	66	-	-	1236	0,4	-	
5	4492	C	66	-	-	1236	0,4	-	
6	5728	C	66	-	245	1236	0,4	-	
7	6964	C	66	-					

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			0,48			ULS
2	U			0,33			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Tető belső trapézlemez mellékhajó\1. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.13.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Tető
Ország: Magyarország
Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LTP 20
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (keskeny)
Átfedés: 1 hullám

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 13%
SLS: 31%

Geometria

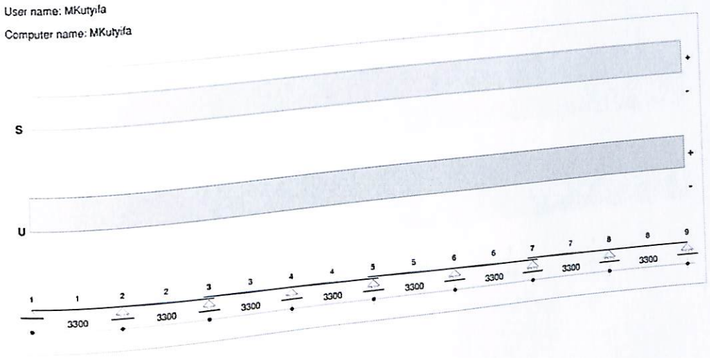
No.	Támaszok					Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	66	415	-	500	0,4	-	
2	500	C	66	-	-	500	0,4	-	
3	1000	C	66	-	-	500	0,4	-	
4	1500	C	66	-	-	750	0,4	-	
5	2250	C	66	-	-	750	0,4	-	
6	3000	C	66	-	-	750	0,4	-	
7	3750	C	66	-	-	1000	0,4	-	
8	4750	C	66	-	-	1000	0,4	-	
9	5750	C	66	-	-	485	0,4	-	
10	6235	H	66	-	-				

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			0,49			ULS
2	U			0,34			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Födém\födém.dim

Date: 2015.03.13.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Szabvány: Eurocode
Funkció: Födém
Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LTP 85
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (széles)
Átfedés: 1 hullám

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 90%
SLS: 63%

Geometria

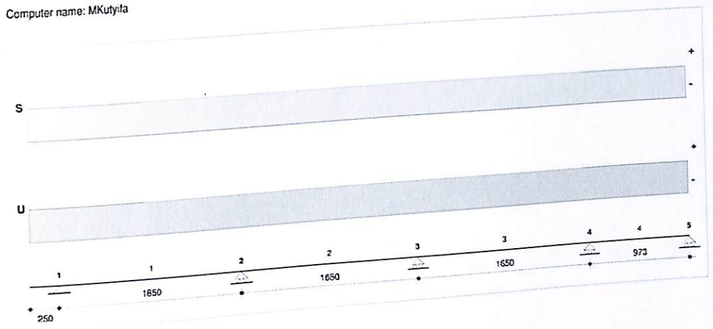
No.	Pozíció [mm]	Típus	Támaszok Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Nyílások Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Csuklók Pozíció [mm]
1	0	H	120	-	-	3300	1,50	-	
2	3300	C	120	200	-	3300	1,50	-	
3	6600	O	120	-	200	3300	1,50	-	
4	9900	C	120	200	-	3300	1,50	-	
5	13200	O	120	-	200	3300	1,50	-	
6	16500	C	120	200	-	3300	1,50	-	
7	19800	O	120	-	-	3300	1,50	-	
8	23100	C	120	-					
9	26400	H							

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			7,66			ULS
2	U			5,34			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Fal külső trapézlemez\Oldalfal 3. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.27.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Fal
Szabvány: Eurocode
Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LVP 45
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (széles)

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 60%
SLS: 87%

Geometria

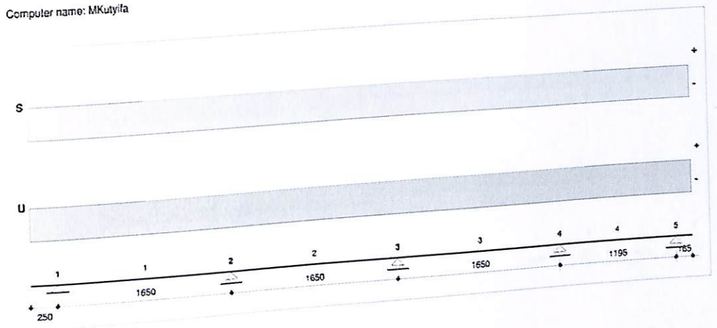
No.	Támaszok					Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	66	250	-	1650	0,5	-	
2	1650	C	66	-	-	1650	0,5	-	
3	3300	C	66	-	-	1650	0,5	-	
4	4950	C	66	-	-	973	0,5	-	
5	5923	H	66	-					

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			-2.03			ULS
2	U			-1.35			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Fal külső trapézlemez\Oromfal 2. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.27.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Fal
Ország: Magyarország
Szabvány: Eurocode

Szerkezeti beállítások
Szelvény: LVP 45
Statikai rendszer: Folytatólagos
Elhelyezés: Szokásos (széles)

Csavar
Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 60%
SLS: 87%

Geometria

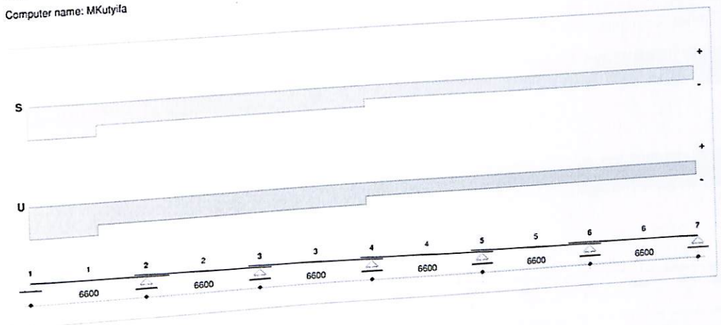
No.	Támaszok					Nyílások			Csuklók
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Pozíció [mm]
1	0	C	66	250	-	1650	0,5	-	
2	1650	C	66	-	-	1650	0,5	-	
3	3300	C	66	-	-	1650	0,5	-	
4	4950	C	66	-	165	1195	0,5	-	
5	6145	C	66	-					

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			-2,03			ULS
2	U			-1,35			SLS

DlMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Falvázgerenda\Oldalfal 3. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.27.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Z-gerenda
Szabvány: Eurocode
Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások
Szelvény: Z 200
Statikai rendszer: Átfedéses Standard
Gyártó: Magyarország
Oldalsó támasz: Mindkét öv
Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar
Táv: Minden második völgyben
Típus Lemez: 4,8 Átfedés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 75%
SLS: 66%

Geometria

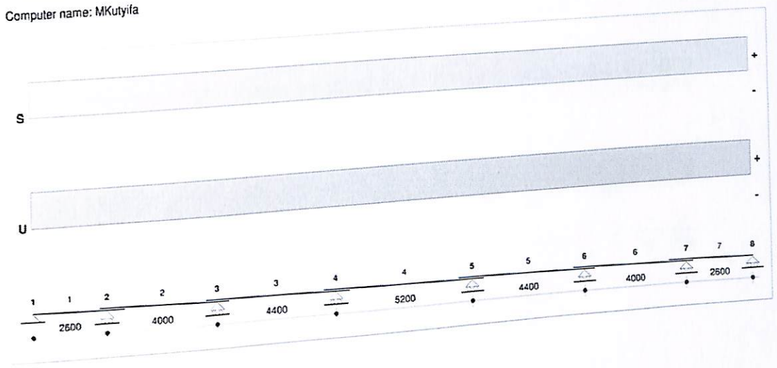
No.	Pozíció [mm]	Típus	Támaszok Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Nyílások Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Toldóelem Vtg. [mm]
	0	H	100	-	1320	6600	2,0	-	-
1	6600	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
2	13200	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
3	19800	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
4	26400	O	100	660	660	6600	2,0	-	-
5	33000	O	100	1320	-				
6	39600	H	100	-					
7									

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	L	0	3910	-2,87	-2,87		ULS
2	L	3910	19560	-1,91	-1,91		ULS
3	L	19560	39600	-1,20	-1,20		SLS
4	L	0	3910	-1,91	-1,91		SLS
5	L	3910	19560	-1,27	-1,27		SLS
6	L	19560	39600	-0,80	-0,8		SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Falvázgerenda\Oromfal 1. teherkombináció.dim

Date: 2015.03.27.
User name: MKutyifa
Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások
Funkció: Z-gerenda Szabvány: Eurocode
Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások
Szelvény: Z 200
Statikai rendszer: Átfedéses Standard
Gyártó: Magyarország
Oldalsó támasz: Mindkét öv
Lemez Szelvény: LTP 45 Vastagság: 0,5

Csavar
Táv: Minden második völgyben
Típus Lemez: 4,8 Átledés: 4,8 Támasz: 5,5

Lehajlás-számítás paraméterei
Lehajlási határ (nyílás): L / 200
Lehajlási határ (konzol): L / 200
Lehajlás típus: Maximális

Eredmények
ULS: 87%
SLS: 18%

Geometria

No.	Támaszok					Nyílások			Toldóelem
	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vastagság 1 [mm]	Vastagság 2 [mm]	Vtg. [mm]
1	0	H	100	-	660	2600	1,2	-	-
2	2600	O	100	260	440	4000	1,2	-	-
3	6600	O	100	400	520	4400	1,2	-	-
4	11000	O	100	440	440	5200	1,2	-	-
5	16200	O	100	520	400	4400	1,2	-	-
6	20600	O	100	440	260	4000	1,2	-	-
7	24600	O	100	660	-	2600	1,2	-	-
8	27200	H		-	-				

Terhek

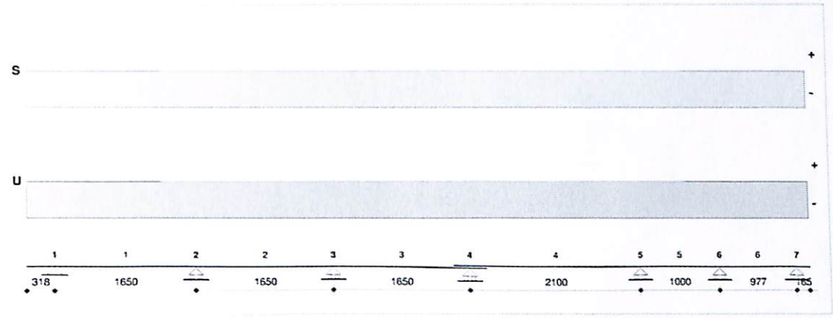
No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Széleség	ULS/SLS
1	U			1,67			ULS
2	U			1,11			SLS

DIMroof 3.5 - D:\YBL suli\Diploma\Szakdolgozat\Dimroof\Oldalfal 2-es teherkombináció.dim

Date: 2015.03.27.

User name: MKutyifa

Computer name: MKutyifa



Alapbeállítások

Funkció: Fal Szabvány: Eurocode

Ország: Magyarország

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LVP 20

Statikai rendszer: Folytatólagos

Elhelyezés: Szokásos (széles)

Csavar

Táv:

Lehajlás-számítás paraméterei

Lehajlási határ (nyílás): L / 200

Lehajlási határ (konzol): L / 200

Lehajlás típus: Maximális

Eredmények

ULS: 26%

SLS: 89%

Geometria

No.	Támaszok					Nyílások			Csuklók
	Pozíció	Típus	Szélesség	L1	L2	Méret	Vastagság 1	Vastagság 2	Pozíció
	[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0	C	66	318	-	1650	0,5	-	
2	1650	C	66	-	-	1650	0,5	-	
3	3300	C	66	-	-	1650	0,5	-	
4	4950	O	66	200	200	2100	0,5	-	
5	7050	C	66	-	-	1000	0,5	-	
6	8050	C	66	-	-	977	0,5	-	
7	9027	C	66	-	165				

Terhek

No.	Típus	Kezdőpont	Végpont	Kezdőint.	Végint.	Szélesség	ULS/SLS
1	U			-0,44			ULS
2	U			-0,29			SLS