



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE
Az MTA programozata



Mérnöki Szimpózium a Bánkiban
(ESB 2025)



Vészhelyzetekben alkalmazható, konténerbe épített, moduláris kommunikációs infrastruktúra egyedi igényei és főbb méretezései megoldásainak bemutatása

Presentation of Special Requirements and Main Design Solutions for a Modular, Container-Based Communication Infrastructure for Emergency Use

¹Oláh Ferenc, ¹Varga Viktória Annamária, ¹Rajnai Zoltán, ³Rajnai Attila, ¹Horváth Richárd

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, horvath.richard@uni-obuda.

²Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola. Budapest, Magyarország, olah.ferenc@uni-obuda.hu

³BM HEROS Javitó, Gyártó, Szolgáltató és Kereskedelmi Zártkörűen Működő Részvénytársaság, Budapest, Magyarország

Összefoglalás

A cikk célja egy egyedi igényekre szabott moduláris, konténerbe integrált kommunikációs infrastruktúra főbb tervezési lépéseinek és eredményeinek a bemutatása. Az egyedi igényekre tervezett rendszer egyedi kialakítású, ISO szabványú konténer vázra épül, melyben speciális informatikai és kommunikációs egységek, klimatizált gépészeti elemek, valamint ún. rack szekrények kerülnek elhelyezésre. A tartószerkezet mechanikai viselkedésének ellenőrzéséhez statikus numerikus vizsgálatok készültek a végeleemes módszer (VEM) alkalmazásával, különös tekintettel a feszültségeloszlásra, lehajlásokra és a kívánt merevítések hatására. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kialakított rendszer a várható terheléseket biztonságosan elviseli, a keletkező von Mises feszültségek és lehajlások az anyagminőségek és tervezési kritériumok által meghatározott határértékek alatt maradnak. A vizsgálatok igazolják, hogy a konténeres kialakítás hatékony alternatívát jelent mobil kommunikációs infrastruktúrák számára.

Kulcsszavak: konténeres infrastruktúra statikus szilárdságtani vizsgálat VEM szimuláció

Abstract

The aim of this paper is to present the main design steps and results of a modular communication infrastructure that is built inside a container and made for special needs. The system is based on a modified ISO-standard container frame, which holds special IT and communication units, climate control equipment, and rack cabinets. To check the mechanical behavior of the structure, static numerical simulations were made using the Finite Element Method (FEM). The focus was on stress distribution, deflections, and the effect of structural stiffening. Based on the results, it can be stated that the designed system can safely carry the expected loads. The maximum von Mises stresses and deflections stay below the limits defined by the material properties and the design criteria. The study shows that the container-based solution is an effective option for mobile communication infrastructures.

Keywords: container-based infrastructure, static structural analysis, FEM simulation

1 Bevezetés

A modern kommunikációs rendszerek egyik kiemelt igénye a mobilitás, a gyors telepíthetőség és a működési megbízhatóság. Vészhelyzeti vagy katasztrófa helyzetekben különösen fontos, hogy az infrastruktúra rövid idő alatt olyan helyszínekre is kiépíthető legyen, ahol a hagyományos hálózati és informatikai szolgáltatások nem érhetőek el, vagy használhatatlanok. Ennek megfelelően az elmúlt években egyre nagyobb figyelmet kapnak a kompakt, integrált, konténeres megoldások, amelyek különféle kommunikációs és informatikai modulokat tartalmaznak, és külső energiaellátással vagy önálló üzemmódban is képesek működni. Ennek megfelelően a konténerek méretezésének és felhasználásának kutatása is egyre népszerűbb terület. A konténeralapú szerkezetek [1][2] tervezése és mechanikai vizsgálata az elmúlt években több kutatásban is megjelent. Zuo és Zha [3] a konténerek mechanikai tulajdonságait vizsgálták VEM és kísérleti módszerekkel, és rámutattak, hogy a kivágások, nyílások jelentősen módosítják a feszültségviszonyokat és a merevséget a konténer szerkezetében. Rzeczycki és Wiśnicki [4] a konténerek padlószerkezetét elemezték nehéz teher alatt. Chawa és Mukkamala [5] méhsejtszerű ún. szendvics panelekből épített konténerek tervezésével foglalkoztak, alternatív, könnyű és nagy szilárdságú megoldásokat keresve. Giriunas és tsi. [6] pedig konténerépületek modellezésével és szerkezeti értékelésével foglalkoztak, igazolva a konténeralapú építési rendszerek alkalmazhatóságát és bemutatva a szerkezeti korlátait. Ezek a kutatási eredmények alátámasztják, hogy a konténeres szerkezetek egyedi módosítása komoly méretezési feladat, amely indokoltá teszi a numerikus és kísérleti vizsgálatok alkalmazását. Jelen tanulmány egy egyedi igényekre szabott, moduláris kialakítású, konténerbe integrált kommunikációs infrastruktúra főbb tervezési lépéseit és mechanikai vizsgálatait mutatja be.

2 Anyagok és Módszerek

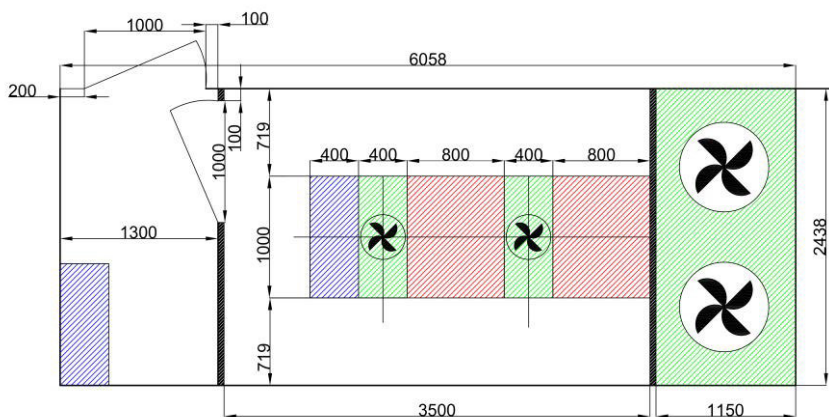
Az alkalmazott rendszer alapját egy módosított ISO szabványú konténerváz képezte, amelyben speciális informatikai és kommunikációs egységek, klimatizált gépészeti elemek és rack szekrények kerültek elhelyezésre. A konténer acélszerkezetének geometriai modellje a gyártási dokumentációk alapján készült, figyelembe véve a főbb szelvényeket, merevítéseket és nyílásokat. A tervezett terhelési eseteket a berendezések tömege, az állandó terhek, valamint a konténer mozgatása során fellépő igénybevételek alapján határoztuk meg.

A tartószerkezet mechanikai viselkedését statikus numerikus szimulációk segítségével vizsgáltuk. A számításokhoz a végeleemes módszert alkalmaztuk Ansys környezetben. A vizsgálatok során a von Mises feszültségeloszlást, a lehajlásokat és a merevítések hatását értékeltük. A kapott eredmények alapján ellenőriztük, hogy a szerkezet megfelel-e az anyagminőség és a tervezési kritériumok által előírt határértékeknek.

3 Eredmények

3.1 Elrendezés ismertetése

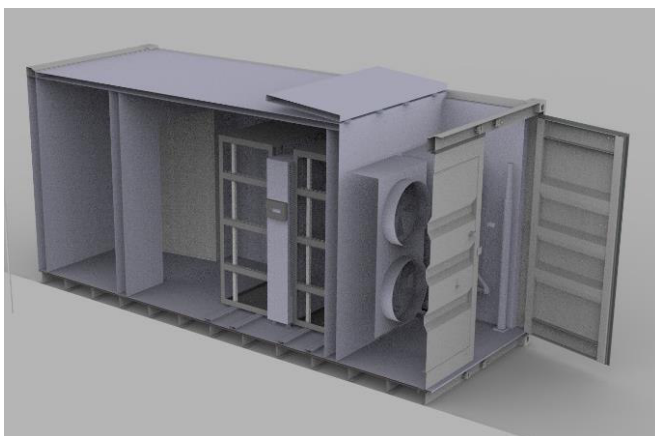
A gyártandó konténer esetén fontos szempont, hogy milyen célnak kell megfelelni, mik lesznek azok az eszközök, melyek beépítésre kerülnek és ezért hol szükséges esetlegesen megerősíteni a szerkezetet. A rögzített követelmények közé tartozik egy olyan rack-es rendszer kialakítása, amely az informatikai rendszereket foglalja magában. Ennek a tömege előre meghatározott paraméter és a kialakított rendszert egy csúsztatható pályán kell elhelyezni. A számítástechnikai rendszereket kialakításuk miatt szükséges hűteni, ezért klímarendszer elhelyezése is szükséges. Több légtér kialakítása is szükséges, melyeknek átjárhatónak kell lenniük. Az 1. ábra bemutatja az elvárt alapterület kialakítását.



1. ábra A meghatározott igények szerinti elrendezés

3.2 Elvi koncepció bemutatása

Az egyik elvi koncepcióban (2. ábra) kinyitható a légkondicionáló zárt tere, ahova esetlegesen antenna is beszerelhető lesz, melyet a nyitott tetőn keresztül ki lehet használni. A végleges változatban a külső hullámlemez falazatot meghagytuk, mivel annak kialakítása nagy terhelhetőséget ad.



2. ábra Elvi koncepció elrendezésre

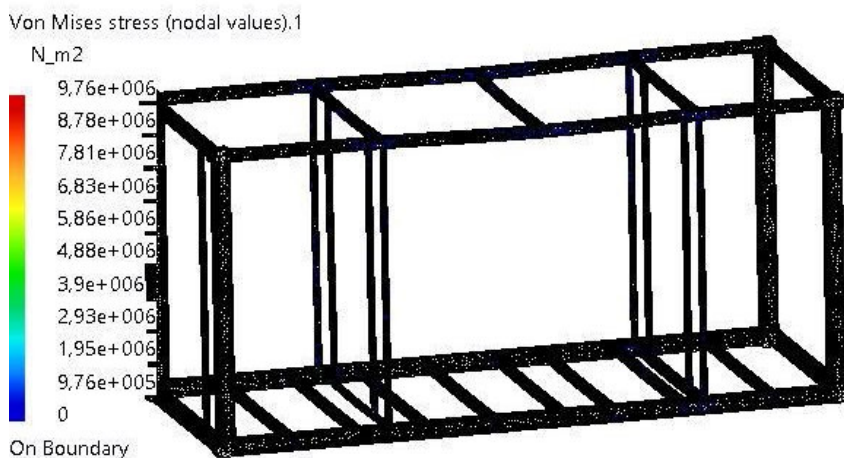
3.3 Merevítő elemek használata

A konténer szerkezetének merevítésére elsősorban azért volt szükség, mert az eredeti ISO konténer-váz nem erre a speciális belső terhelési és építészeti konfigurációra lett méretezve. A belső informatikai és kommunikációs egységek, valamint különösen a nagy tömegű rack szekrények jelentős koncentrált terheket hoznak létre, amelyek növelik a hajlítási igénybevételeket és a

lehajlásokat, deformációkat. Emellett a konténerben kialakított nyílások (ajtók, gépészeti átvezetések) és szerkezeti módosítások helyi gyengülést okoznak, amelyet kompenzálni szükséges. Ebből adódóan a merevítés célja az volt, hogy a váz és oldalfalak terhelhetőségét növelje, a lokális gyenge pontokat megerősítse, és a teljes szerkezet deformációját csökkentse. A merevítés többféle módon valósult meg. Egyrészt zártszelvények kerültek beépítésre az oszlopok között, amelyek a növekedett erőviszonyokat vették fel, és javították az oldalfalak hossz- és keresztirányú merevségét. Emellett a padlórendszerben és felső keretszerkezetben további merevítő elemek kerültek elhelyezésre, amelyek a teherelosztást szolgálták. Másrészt a konténer bizonyos felületein bordázott lemez vagy trapézlemez alkalmazásával is növekedett a felületi kihajlási ellenállás és csökkent a lehajlás. Ez különösen hatékony volt a teljes váz szempontjából, ahogy azt a végeleemes vizsgálatok is igazolják.

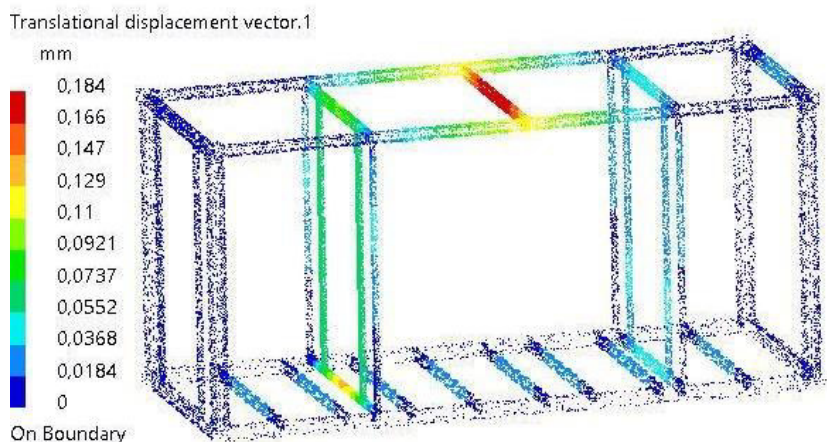
3.4 Terhelési vizsgálat eredménye

A meghatározott szerkezetből és a beépítendő eszközök tömegéből adódóan végeleemes vizsgálatot végeztünk a merevített szerkezet statikus ellenőrzésére. Az 3. ábrán a von Mises féle feszültségállapot látható, mely jelen esetben igen kicsi, 9,76 MPa maximális feszültséget mutat.



3. ábra A meghatározott igények szerinti elrendezés

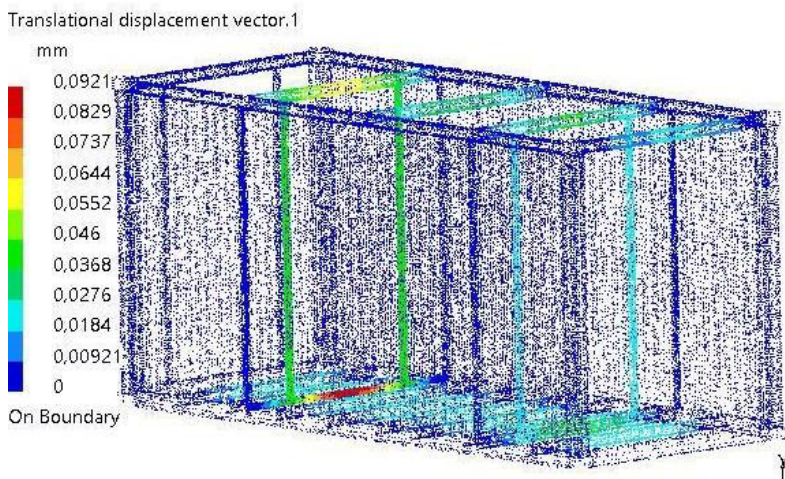
A következő vizsgálat (4. ábra) a mm-ben meghatározott lehajlást mutatja ebben az esetben. Látható, hogy a legnagyobb a lehajlás, amely 0,184 mm, mely elhanyagolható.



4. ábra A meghatározott igények szerinti elrendezés

3.5 Trapézlemezrel végzett merevítés eredményei

Az így elvégzett végeselemes vizsgálat közel a végső állapotot mutatja, ugyanis a felkerülő elemek már nagyon kis terhelést jelentenek. Látható az 5. ábrán, hogy az egész rendszer saját tömegéből adódó deformációja 0,1 mm alatt marad.

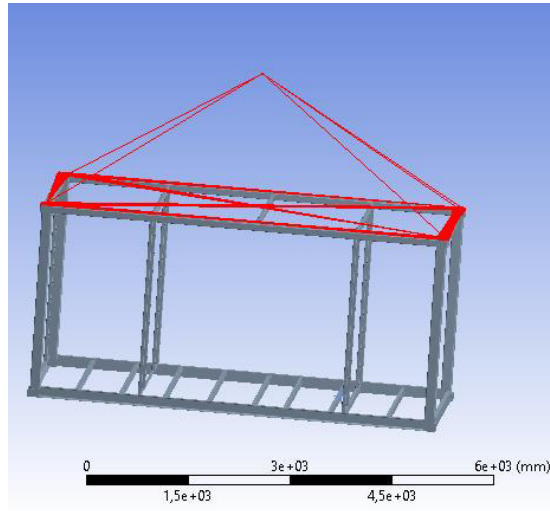


5. ábra A meghatározott igények szerinti elrendezés

3.6 Emelési vizsgálatok eredménye

A konténer emelési vizsgálatait statikus végeselemes szimulációkkal végeztük (6. ábra). A gravitációs terhelés mellett a rack szekrények helyén az össztömeg 1,5-szerese, a klímaberendezés helyén a kétszeres tömeg került definiálásra. Két felső sarokponti függesztés esetén a lehajlási

értékek alacsonyak maradtak, a maximális feszültség pedig ~ 100 MPa körül alakult. A modell egyszerűsítése miatt a falak merevítő hatása ebben az esetben nem került figyelembe vételre, így a számított lehajlás reálisan várhatóan ennél kisebb. A legnagyobb lokális feszültségek a hegesztési csomópontok közelében jelentkeztek, amelyek megfelelő varratkialakítással kezelhetők. Összességében az emelési vizsgálatok igazolták, hogy a konténer vázszerkezete a tervezett emelési módszerekkel biztonságosan üzemeltethető.



6. ábra A meghatározott igények szerinti elrendezés

3.7 Elkészült egyedi konténer

A bemutatott méretezési vizsgálatok alapján, valamint az elvégzett részletesebb tervezési munka eredményeként a konténer valós kivitelben is elkészült. A megadott műszaki igények alapján a legyártott konténereket ismerteti a 7. és 8. ábra a végleges külső kialakítással és a belső tér kialakításának szemléltetésével.



7. ábra A legyártott egyedi konténer külső felülete



8. ábra A legyártott egyedi konténer belső kialakításának részlete

4 Konklúzió

A bemutatott tervezési és szilárdságtani vizsgálatok igazolták, hogy az egyedi kommunikációs célú konténer átalakítása megfelelő szerkezeti megoldásokkal biztonságosan megvalósítható. A statikus numerikus szimulációk alapján a várható terhelésekből származó feszültség- és deformációértékek az anyagminőségből és tervezési kritériumokból adódó határértékek alatt maradnak, így a mobil alkalmazás nem jár maradó alakváltozással. A merevítések alkalmazása szükségesnek bizonyult a lokális gyengülési helyek és koncentrált terhek kompenzálása érdekében. A megvalósult gyártás és a prototípusok elkészítése visszaigazolta a tervezési módszert és a numerikus eredményeket. Összességében a konténeres kialakítás hatékony alternatívát jelent vészhelyzeti és mobil kommunikációs rendszerek számára, műszaki és üzemeltetési szempontból egyaránt.

Köszönetnyilvánítás

A jelen kutatás a 2018-1.3.1-VKE-2018-00034 számú projekt támogatásával készült.

5 Hivatkozások

- [1] <https://www.iso.org/standard/76912.html>
- [2] <https://www.iso.org/standard/65553.html>
- [3] Zuo, Y., & Zha, X. (2017). FEM and experimental study on mechanical property of container building with holes. *International Journal of Steel Structures*, 17(1), 175-194.
- [4] Rzeczycki, A., & Wiśnicki, B. (2016). Strength analysis of shipping container floor with gooseneck tunnel under heavy cargo load. *Solid State Phenomena*, 252, 81-90
- [5] Chawa, P. K., & Mukkamala, S. K. (2018). Design and analysis of shipping container made of honeycomb sandwich panels.
- [6] Giriunas, K., Sezen, H., & Dupaix, R. B. (2012). Evaluation, modeling, and analysis of shipping container building structures. *Engineering structures*, 43, 48-57