

Barangolás a magasbordás trapézlemezek világában

Scientific trip into deep trapezoidal sheeting world

SÁNDULY Annabella, dr. NAGY Zsolt egyetemi docens

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Épületszerkezetek Intézete, Gh. Baritiu utca, 28/182, 400027, Kolozsvár, Románia, annabella.sanduly@gordias.ro, www.utcluj.ro

Abstract

To determine the load carrying capacity of deep trapezoidal sheetings according to Eurocode, bending resistance, web crippling resistance and shear resistance of the section needs to be evaluated. Using the expressions included in EN1993-1-3 [1] and comparing the results with laboratory test results, several questions can be raised. The article makes a qualitative evaluation of Eurocode expressions, making a critical analysis of the differences found between tests, formulas and selected technical informations.

Összefoglaló

A trapézlemeznek az Eurocode [1] szabványok alapján történő teherbírasi határállapotok meghatározása érdekében, többek között, a hajlítási tönkremenetelt, a gerinc nyírási tönkremenetelét, valamint a gerinc beroppanási tönkremenetelét szükséges megvizsgálni. Az ezeknek megfelelő ellenállások kiszámítása érdekében kidolgozott összefüggések az Eurocode 3 szabványban találhatóak meg. Ezen számítási módszerek minőségét a kísérleti eredményekkel való összeegyeztethetőség határozza meg. Cikkünk a kézi számítási módszerek minőségét vizsgálja és a talált ellentmondásokat elemzi.

Kulcsszavak: trapézlemez, gerinc nyírási tönkremenetel, hajlítási tönkremenetel, kísérleti eredményekre alapozó tervezés

1. BEVEZETŐ

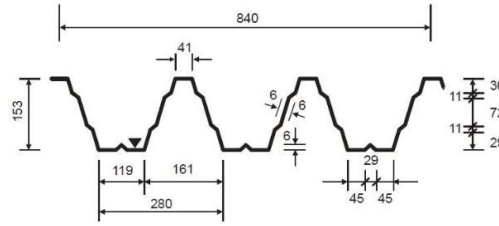
A trapézlemez közkedvelt burkoló és fedőanyagok, amelyekkel egyszerűen és rövid idő alatt nagy tető és falfelületek kivitelezése válik lehetségessé ipari csarnokok esetében.

A megfelelő trapézlemez kiválasztásának megkönnyítése érdekében, a gyártók által közzétett tervezési segédleteket, terhelési táblázatokat, valamint tervezőprogramokat használhatunk. Ezen lemez minőségét, teherbírását és tartósságát az anyagjellemzők (anyagminőség, szilárdsági jellemzők stb.), a geometriai méretei (borda magassága, bordák közti távolság stb.), a keresztmetszeti jellemzői (vastagság, belső lekerekített hajlítási sugár stb.), valamint a korrózióvédelmi megoldások mutatják. Mint a legtöbb épületszerkezeti elem esetében, a trapézlemezek műszaki jellemzőit is európai szabványok határozzák meg. Az Eurocode szabványok lehetővé teszik a kézi számítások által kapott eredmények felülbíráását, amennyiben azt, a megfelelő körülmények között elvégzett kísérlet eredményeivel alátámasztjuk.

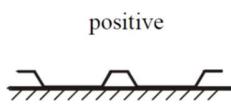
Ideális helyzetben a kísérletek tönkremeneteli mechanizmusai, elenyésző eltéréssel visszaigazolják a kézi számítás után levonható következtetéseket, eredményeket. Azonban az általunk vizsgált trapézlemez esetében észrevehető, hogy a különböző gyártók, hasonló anyagtulajdonságokkal és geometriai jellemzőkkel rendelkező termékei közt számottevő a teherbírasi értékek közötti különbség.

A jelen kutatás alapjául szolgáló trapézlemez méretei az 1. ábrán láthatók. Esetünkben a megtámasztó szerkezethez a trapézlemez keskenyebbik öve csatlakozik (negatív elhelyezés - 2. ábra), valamint a vizsgált lemez statikai vázaként a 3. ábrán látható kéttámaszú modell szolgál. Mindkét esetben,

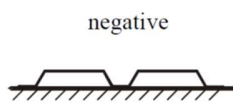
a kézi, valamint a kísérleti módszer során is, a trapézlemezre egyenletes megoszló terhelés lett figyelembe véve.



1. Ábra: Vizsgált trapézlemez geometriája

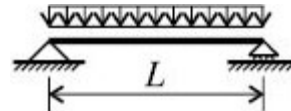


positive



negative

2. Ábra: Pozitív és negatív elhelyezés



3. ábra: Kéttámaszú statikai modell

2. A KÉZI SZÁMOLÁSI MÓDSZER

A kézi számolások az Eurocode 3 szabvány javaslatainak követése alapján végeztük el. A nyomatéki ellenállás meghatározásához a lemez anyagának a folyáshatára, valamint a biztonsági tényező mellett a keresztmetszeti tényező ismeretére van szükség. Ezt megtalálhatjuk a gyártók által kiadott keresztmetszeti jellemzők táblázataiban is. A nyomatéki ellenállás képlettel való leírása a következő:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \quad (1)$$

A gerinc síkjában történő nyírási teherbírást, egy gerincre, a következőképpen számolhatjuk:

$$V_{b,Rd} = \frac{h_w}{\sin\Phi} \cdot t \cdot f_{bv} \quad (2)$$

amelyet felhasználva eljutunk a lemez egységnyi szélességére vonatkozó, függőlegesen értelmezett nyírási teherbíráshoz:

$$T_{Rd} = \frac{2}{b_{per}} \cdot V_{Rd} \cdot \sin\Phi \quad (3)$$

A beroppanási teherbírást értékre a legnagyobb befolyással a támaszok fölötti reakcióerő helyzete van. Ez alapján határozható meg a reakcióerő hatékony megoszlási hossza (l_a), valamint az α tényező. Mindezek mellett az alábbi képlet egy lényeges összetevőjeként említhetjük a gerincmervítés hatását kifejező tényezőt is ($\kappa_{a,s}$).

$$R_{w,Rd} = \kappa_{a,s} \cdot \frac{\alpha \cdot t^2}{\gamma_{M1}} \cdot \sqrt{f_{yb} \cdot E} \cdot \left(1 - 0.1 \sqrt{\frac{r}{t}}\right) \cdot \left(0.5 + \sqrt{0.02 \cdot \frac{l_a}{t}}\right) \cdot \left(2.4 + \left(\frac{\Phi}{90}\right)^2\right) \quad (4)$$

Az 1-es ábrán látható 0.75 mm falvastagságú trapézlemez előzőekben bemutatott kézi számolással történő ellenőrzése során levonható az a következtetés, hogy a tönkremenetelt a gerinc beroppanási ellenállásának

túllépése eredményezi. Ez alapján a lemezre alkalmazható maximális terhelések értékei az alábbi táblázatban vannak összegezve:

1. táblázat A trapézlemezre alkalmazható maximális terhelés

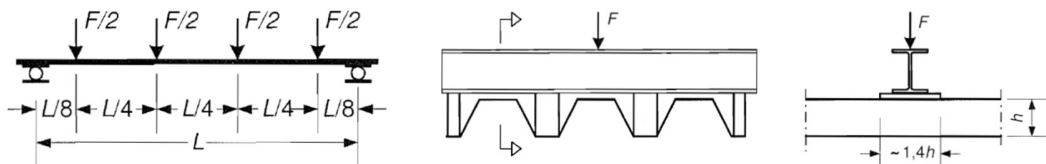
Falvastagság t (mm)	Terhelési eset	Támaszköz L (m) függvényében számolt q határterhelés (kN/m^2). min (M_{Rd} , $R_{w,Rd}$)				
		4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
0.75	q_p	2.75	2.20	1.84	1.57	1.22
	q_s	6.20	3.97	2.16	2.02	1.55
	q_{200} ($L/200$)	4.08	2.09	1.21	0.76	0.51
	q_{300} ($L/300$)	2.72	1.39	0.81	0.51	0.34

Az 1. táblázatban szereplő terhelési esetek: maximálisan megengedhető teherintenzitás teherbírasi határállapotban nyomó jellegű (q_p) és szívó jellegű (q_s) terhelés esetén, valamint használati határállapotban $L/200$ (q_{200}), illetve $L/300$ (q_{300}) lehajlási határ esetén. (Az 1-es táblázatban a gerinc beroppanási ellenállásából számolt értékek szerepelnek, ugyanis a nyomatéki ellenállásból származó értékeknél kisebbeknek bizonyultak.).

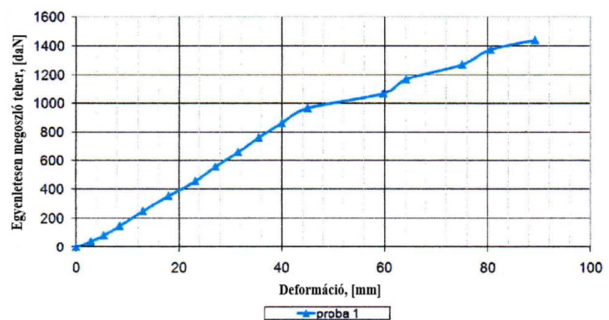
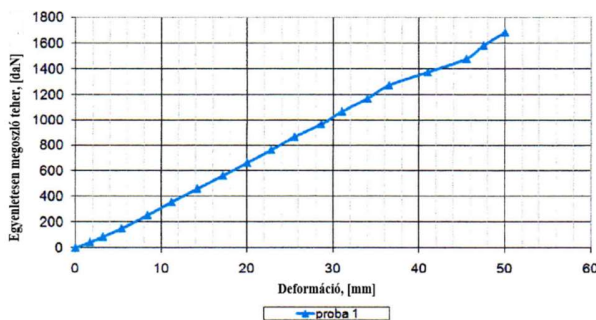
3. KÍSÉRLETI ELLENŐRZÉS

A laboratóriumi körülmények között elvégzett kísérlet során használt, 0.75mm falvastagságú trapézlemez geometriai jellemzői azonosak az 1. ábrán bemutatott trapézlemezzel. A terhelések egy, az Eurocode 3 mellékletében javasolt, a kézi számítások során alkalmazott statikai modellel egyenértékű séma szerint voltak alkalmazva (4-es ábra). A lemez laboratóriumi kísérlet általi tönkremenetelének vizsgálata 5 és 6 méteres támaszközök esetében történt.

A kísérlet alapján a lemez tönkremenetele a nyomatéki ellenállás értékének túllépése miatt történt. A teszt által eredményezett erő és deformáció görbékből leolvasható, hogy a maximálisan megengedhető teherbírasi határállapotban, nyomó jellegű terhelés esetén 16.68 kN az 5 méteres (5. ábra) és 14.42 kN a 6 méteres (6. ábra) támaszközre vonatkozóan.



4. ábra. Kísérleti terhelési modell (A.2.2 melléklet javaslata alapján)[1]



5. ábra. Erő-deformáció görbe 5 m-es fesztáv esetén 6. ábra. Erő-deformáció görbe 6 m-es fesztáv esetén

4. EREDMÉNYEK TÁRGYALÁSA, KÖVETKEZTETÉSEK

A 2. táblázatban látható értékek igazolják, hogy esetünkben a kísérleti eredmények nincsenek összhangban a kézi számolásokat, valamint az összehasonlíthatóság kedvéért kiválasztott gyártó által közölt műszaki adatok is a kettő közé határolhatók be.

2. táblázat: Határterhelések: Analitikus, kísérleti és gyártó által közölt adatok alapján

Falvastagság t (mm)	Tönkremenetel módja	Támaszköz L (m) függvényében számolt q határ terhelés (kN/m ²)					
		Kézi számolás		Kísérlet		Gyártó katalógusa	
		5.00	6.00	5.00	6.00	5.00	6.00
0.75	Hajlítási tönkremenetel	3.94	2.73	3.37	2.86	4.49	3.89
	Gerinc beroppanási tönkremenetele	2.20	1.84	4.56	3.39	-	-

Ennek tudatában, következtetés gyanánt, az alábbi elmélkedésre buzdító kérdésfelvetéseket fogalmazhatjuk meg:

1. Elsőként említhető a kísérleti úton meghatározott határteher (kN) és a kézi számolásból kapott eredmények (kN/m²) összeegyeztetésének problémája: hogyan alakítsuk át a kísérlet alapján kapott koncentrált erőt egyenletesen elosztott teherré? A 4-es ábrán szereplő – a trapézlemez keresztmetszetre elosztott koncentrált teher két szélső bordája pozitív elhelyezés esetén kevésbé aktív, a megjelölt erő főként a két belső bordára oszlik. Ezáltal vitatható a trapézlemez aktív szélessége a fizikai 840 mm-es szélességhez képest, amit a koncentrált teher elosztott teherré való átalakítására figyelembe veszünk. Az 1-es táblázat eredményei 1 m-es szélességre számolt teherértékeket tükrözi.
2. A kísérleti eredmények arra engednek következtetni, hogy a tönkrementelt a nyomatéki ellenállás túllépése okozta, míg a kézi számolások során a gerinc beroppanási ellenállásának meghaladása vezetett a trapézlemez kritikus állapotához. Ezáltal megfogalmazódhat a kérdés: mennyire pontosan tükrözik az Eurocode 3 szabvány által javasolt elméleti megoldások a valóságot? A gerinc beroppanási határérték konzervatív, míg a hajlító igénybevételből számolt határérték optimista.
3. A piacról szelektált trapézlemez gyártó katalógusában található értékek, feltételezéseink szerint a hajlítási tönkrementeli ellenállást jelölik, amelyek a kísérleti eredményeknél nagyobb határterhet ad a tervező mérnökök kezébe. Kézi számolások eredményei optimista becsléseket adnak a nyomatékból származó határteherre, viszont az eredmények szerint a gerincberoppanás méretezne, az ebből származó határteher érték lévén a legkisebb.

Mindezek után jogos a felvetés: kísérleti eredmények ismerete nélkül mennyire biztonságos a tervező mérnök munkája?

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] EN 1993-1-3: Eurocode 3 : Design of steel structures, Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting.