



A 3PHV60 típusú műgyanta alkalmazása a faszerkezetek javítására

Application of 3PHV60 Type Epoxy Resin for the Repair of Timber Structures

Márton Péter

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Doktori Iskola, Kolozsvár, Románia,
marton.peter17@gmail.com

Abstract

This article deals with the issue of repairing wooden structures with 3PHV60 type resin. The first step of the research was to understand the material properties of 3PHV60 resin. The information provided by the resin manufacturer and the tests based on fracture tests have greatly contributed to the proper study of the behaviour of this material. The use of resin for the repair of timber structures is discussed in relation to the type of internal forces.

Keywords: structural timber, epoxy resin, timber repair, reconstruction, restoration.

Összefoglalás

A jelen cikk a fa tartószerkezetek 3PHV60 típusú műgyantával történő javításának kérdéskörével foglalkozik. A kutatás első lépése a 3PHV60 típusú műgyanta anyagjellemzőinek megismerése volt. A műgyanta gyártójától szolgáltatott információk, illetve a törésteszteken alapuló vizsgálatok nagyban hozzájárultak ezen anyag viselkedésének megfelelő tanulmányozásához. A műgyanta alkalmazását a faszerkezetek javítására az igénybevételek típusának függvényében tárgyalom.

Kulcsszavak: tartószerkezeti fa, műgyanta, fa javítása, rekonstrukció, helyreállítás.

1. Bevezetés

Egy meglévő épület felújítása során számos alkalommal felmerül a fa tartószerkezetek megerősítésének kérdése. E célból számos megoldást alkalmaznak a gyakorlatban, ami az anyaghasználatot vagy a beavatkozás mértékét illeti.

A kutatás központi kérdése, hogy a 3PHV60 típusú műgyanta alkalmas lehet-e a fa tartószerkezetek lokális megerősítésére/javítására.

A tanulmányban bemutatom a 3PHV60 típusú műgyantákon végzett kísérleteket. Ezt követően a fa műgyantával történő megerősítései kerülnek előtérbe, melyeket az igénybevételek típusa szerint csoportosítok. A vizsgálatok alapjául a töréstesztek szolgáltak.

2. A 3P típusú műgyanta általános ismertetése

A 3P gyanták kétkomponensű rendszerek, melyek poliizocianát/vízüveg összetételű kopolimerrek. A 3P gyanták a nevüket az összetevőik idegen nyelvű szavak kezdőbetűiből kapták: Polysilicic acid, Poliisocyanates, Phosphoric acid esters [1].

A kemény 3P gyanták „A” komponense minden esetben Na-vízüveg, a „B” komponense pedig MDI (metilén-difenilizocianát és származékai) [1].

A 3P gyanta előállítás az „A” és „B” komponensek egyszerű, de gondos összekeverésével kezdődik. A két komponenst 1:2 térfogatarányban homogenizáljuk (1. ábra).



1. ábra. A 3P műgyanta „A” és „B” komponensei

A gyanta akkor tekinthető homogénnek, ha a teljes mennyiség egységes tejeskávészínűvé vált.

3. A 3PHV60 típusú műgyanta anyagjellemzőinek vizsgálata

A 3PHV60 típusú kemény műgyanta a 3P típusú gyanták egyik altípusa. Az anyagjellemzők meghatározására törésteszteket végeztem. A vizsgálatok egy részét a gyáli székhelyű POLINVENT Kft.-nél, a vizsgálatok másik részét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Czako Adolf Szilárdságtani Laboratóriumában végeztem el. Minden műgyanta próbatestet a gyártásától számított minimum hetedik napon vizsgáltam.

3.1. A 3PHV60 típusú műgyanta húzószilárdságának meghatározása

A műgyanta húzószilárdságának meghatározásánál alkalmazott próbatestek előállításához öntőformát használtam. A folyékony halmazállapotú műgyantát a 2. ábrán látható öntőformába töltöttük, majd 7 nap elteltével a BME Szilárdságtani Laborjában található Zwick Roell Z150 (3. ábra) típusú berendezéssel eltörtem, elszakítottam.

A műgyanta húzószilárdságának meghatározásánál alkalmazott próbatestek geometriáját a 4. ábra szemlélteti. Erre a célra 6 darab próbatest készült, melyek jellemzően rideg módon mentek tönkre.

Az 1. táblázat összegzi a törésnél mért erőt ($F_{\max}$), amelyből a keresztmetszet (S) ismeretéből meghatározható a törés pillanatában kialakult normálfeszültség (σ_t).

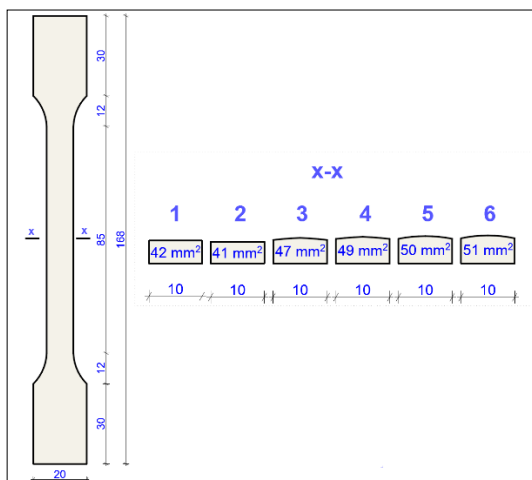
A törésnél mért normálfeszültségek átlaga $19,46 \text{ N/mm}^2$, melynek szórása: $1,92 \text{ N/mm}^2$.



2. ábra. A műgyanta húzószilárdságának meghatározásánál alkalmazott próbatestek



3. ábra. A műgyanta húzási teherbírásának mérése



4. ábra. A húzásra vizsgált műgyanta próbatestek

1. táblázat. A húzásra vizsgált műgyanta próbatestek törésnél mért eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	S (mm ²)	σ_t (N/mm ²)
1	719,58	42,36	16,99
2	826,58	41,12	20,10
3	846,67	46,59	18,17
4	861,33	48,29	17,83
5	1063,34	49,08	21,67
6	1102,94	50,14	22,00

3.2. A 3PHV60 típusú műgyanta nyírási teherbírásának meghatározása

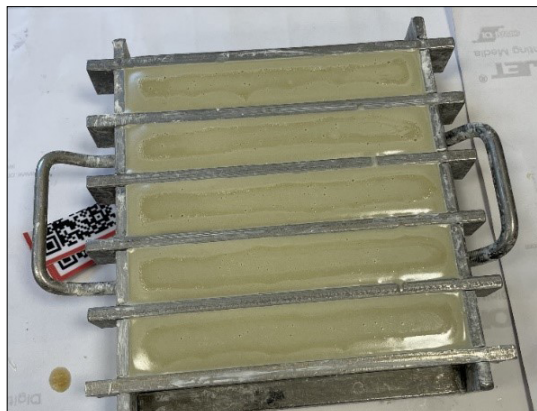
A 3PHV60 típusú műgyanta nyírási teherbírásának meghatározásához 5 darab 20×20×120 mm méretű próbatestet készítettem. A törésteszt az öntéstől számított hetedik napon történt.

A **2. táblázat** összegzi a törésnél mért erőt ($F_{\max}$), melyből kiszámítható a maximális nyíróerő ($V_{\max}$), és ismerve a nyírt felületet (S), a nyírófeszültség (τ) értéke is megállapítható.

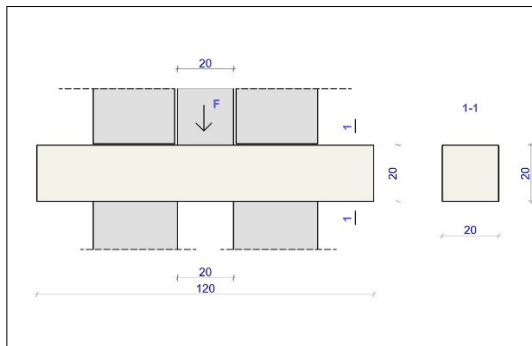
2. táblázat. A nyírásra vizsgált műgyanta próbatestek törésnél mért eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	$V_{\max}$ (N)	S (mm ²)	τ (N/mm ²)
1	12 884	6442	400	16,11
2	12 114	6057	400	15,14
3	11 935	5967	400	14,92
4	10 882	5441	400	13,60
5	12 272	6136	400	15,34

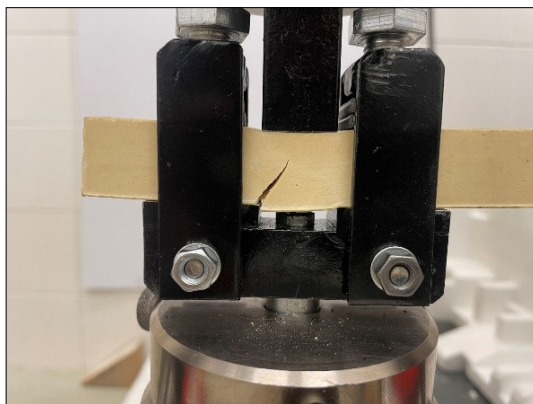
A törésnél mért nyírófeszültségek átlaga 15,02 N/mm², melynek szórása: 0,81 N/mm².



5. ábra. A nyírásra vizsgálendő műgyanta próbatestek a szilárdulási fázis elején



6. ábra. Műgyanta próbatest nyírási vizsgálata



7. ábra. A nyírásra vizsgált műgyanta próbatestek jellegzetes törésképe

3.3. A 3PHV60 típusú műgyanta hajlítási teherbírásának meghatározása

A 3PHV60 típusú műgyanta hajlítási teherbírásának meghatározásához az MSZ EN 13892-2:2003 szabványt vettük alapul, mely útmutatást ad a próbatestek geometriájára és a töréstesztek véghezvitelére vonatkozóan.

A törésteszteket a gyáli székhelyű műgyanta-gyártó, a POLINVENT Kft. Instron berendezésével végeztem.

5 darab 20×20×120 mm méretű próbatest készült, melyet a fesztávolság felénél terheltünk koncentrált erővel.

A **3. táblázat** összegzi a törésnél mért erőt ($F_{\max}$), melyből kiszámítható a maximális hajlítónyomaték ($M_{\max}$), és ismerve a keresztmetszeti modulust (W), a hajlítófeszültség (σ_m) értéke is kiszámítható.

A műgyanta hajlítási teherbírásának átlagértéke 45,63 N/mm², szórása 1,76 N/mm².

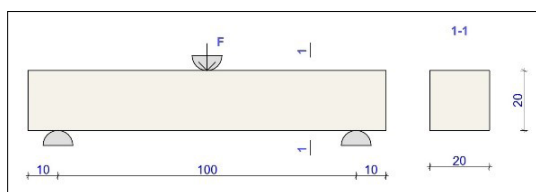
Az erő-elmozdulás diagramból itt is megállapíthatjuk, hogy ezúttal is ridegtörés ment végbe.

3. táblázat. A hajlításra vizsgált műgyanta próbatestek törési eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	$M_{\max}$ (Nmm)	W (mm ³)	σ_m (N/mm ²)
1	2228	55 710	1,333	41,78
2	2433	60 825	1,333	45,63
3	2496	62 400	1,333	46,82
4	2420	60 500	1,333	45,39
5	2467	61 675	1,333	46,26



8. ábra. A hajlításra vizsgált műgyanta próbatest

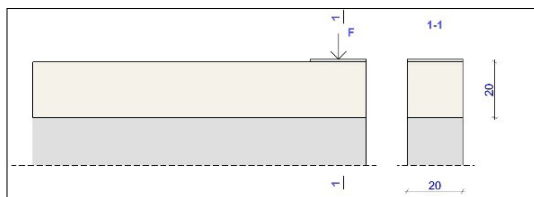


9. ábra. A műgyanta hajlítási teherbírás-vizsgálatának vázlata

3.4. A 3PHV60 típusú műgyanta helyi nyomási teherbírásának meghatározása

A műgyanta helyi nyomási teherbírásának meghatározására a hajlítási teherbírás kísérleteknél használt próbatesteket vizsgáltam. Itt is 5 db próbatest viselkedését mértem, a próbatesteket 20×20 mm-es felületen terhelve.

A **4. táblázat**ban összegeztem a maximum erőnél keletkezett összenyomódást (dH), illetve a nyomásból származó normálfeszültség értékét (σ_{pecset}).



10. ábra. A műgyanta helyi nyomási teherbírás-vizsgálatának vázlata

4. táblázat. A helyi nyomásra vizsgált műgyanta próbatestek vizsgálatának eredményei

#	$F_{\max}$ (kN)	S (mm)	dH (mm)	σ_{pecset} (N/mm ²)
1	2228	400	1,333	73
2	2433	400	1,333	75
3	2496	400	1,333	76
4	2420	400	1,333	74
5	2467	400	1,333	76

A pecsétnyomásból származó feszültségek átlagértéke 75 N/mm², melyhez 1,16 N/mm² szórás tartozik.

4. A 3PHV60 típusú műgyanta alkalmazása puhafa tartószerkezeti elemeken

A műgyanta fán történő alkalmazhatóságának megállapítása céljából a következő kísérleteket hajtottam végre:

- műgyanta és fa közti tapadásvizsgálatok (a ragasztott fafelület: bütös, szálirányú és rostirányra merőleges);
- nyírási teherbírások vizsgálata;
- hajlítási teherbírás vizsgálatok.

A tanulmány írása pillanatában még egy nyomási teherbírás kísérlet van előkészítés alatt, jelenleg a műgyanta szilárdulási folyamata megy végbe.

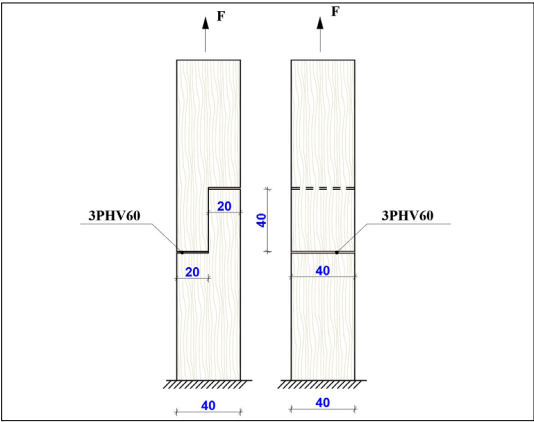
A kísérleteknél 12% relatív nedvességtartalom alatti, közönséges lucfenyőből (*Picea abies*) készült próbatesteket használtam.

4.1. A 3PHV60 típusú műgyanta és bütös fa tapadásvizsgálata

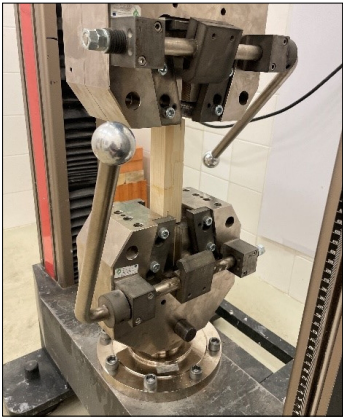
A műgyanta és a bütös fa tapadásvizsgálatához a **11. ábrán** szemléltetett próbatesteket alkalmaztuk. A 2 db, 20×40 mm méretű, bütös oldalakat kentük be műgyantával, majd összeillesztettük a két próbatestet, így 1600 mm² tapadási felület keletkezett. A 7 napos műgyanta-szilárdulási időszak letelte után elvégeztük a törésteszteket.

A műgyanta állaga szempontjából ezt a vizsgálatot két részre bontottuk. Az első sorozatban nagyon folyékony, a szilárdulási fázis legelején

levő műgyantát kentünk a bütös oldalra. A második sorozatban már viszkózusabb, a szilárdulási fázis szempontjából előrehaladottabb állapotú műgyanta került a fa próbatestek bütös oldalaira.



11. ábra. Műgyanta és bütös fa tapadásvizsgálatának vázlata



12. ábra. Műgyanta és bütös fa tapadásvizsgálata a Zwick Roell Z 150 berendezésen

5. táblázat. Műgyanta és bütös fa tapadásvizsgálata, az 1. sorozat eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	S (mm)	Bütös tapadás (N/mm ²)	Átlag (N/mm ²)
1	2756	1600	1,72	2,70
2	4286	1600	2,67	
3	5263	1600	3,28	
4	5056	1600	3,16	
5	3850	1600	2,40	
6	4909	1600	3,06	
7	3367	1600	2,10	
8	5172	1600	3,23	

6. táblázat. Műgyanta és bütös fa tapadásvizsgálata, 2. sorozat eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	S (mm)	Bütös tapadás (N/mm ²)	Átlag (N/mm ²)
9	6977	1600	4,36	5,04
10	6102	1600	3,81	
11	7988	1600	4,99	
13	10248	1600	6,40	
14	9070	1600	5,66	

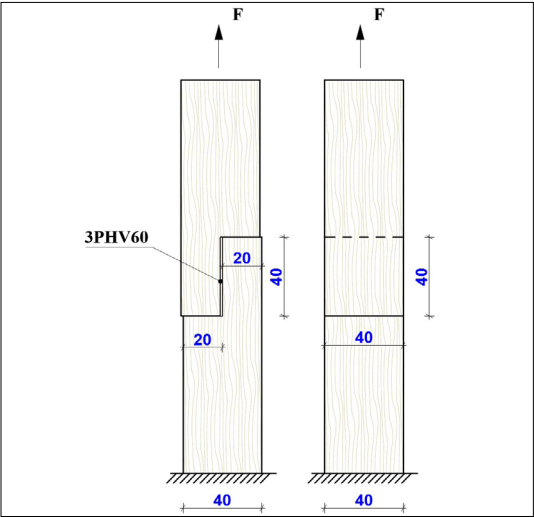
A második sorozatban kapott bütös tapadás átlagértéke 86%-kal nagyobb, mint az első sorozatban kapott átlagérték.

4.2. A 3PHV60 típusú műgyanta és szárirányú fa tapadásvizsgálata

A műgyanta és a szárirányú fa tapadásvizsgálathoz a bütös vizsgálatához hasonló próbatesteket alkalmaztunk, annyi különbséggel, hogy ezúttal a fa próbatestek száriránnyal párhuzamos oldalát kentük be műgyantával (13. ábra). Megvárva a 7 nap szilárdulási időt, a szakítógéppel a próbatesteket a műgyanta-fa kapcsolat tönkremeneteléig terheltek.

A szárirányú tapadásvizsgálat esetében 8 darab próbatest készült, melyek törési eredményeit a 7. táblázat összegzi.

A bütös fa tapadásvizsgálata második sorozatának eredményei a szárirányú fa tapadásvizsgálata eredményeihez hasonlóak.



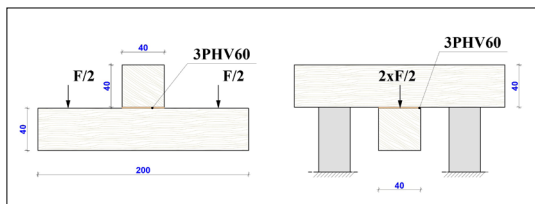
13. ábra. Műgyanta és szárirányú fa közötti tapadásvizsgálat próbatestei

7. táblázat. Műgyanta és szálirányú fa tapadásvizsgálatának eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	S (mm)	Szál- irányú tapadás (N/mm ²)	Átlag (N/mm ²)
1	7865	1600	4,91	4,80
2	7049	1600	4,40	
3	7753	1600	4,84	
4	4631	1600	2,89	
5	7529	1600	4,70	
6	10692	1600	6,68	
7	7488	1600	4,68	
8	8494	1600	5,30	

4.3. A 3PHV60 típusú műgyanta és rostirány- ra merőleges fa tapadásvizsgálata

Ennél a kísérletnél is 8 darab próbatest készült, azonos tapadási felülettel (S), mint az előző két tapadásvizsgálat esetében. Az összeragasztott próbatestek tapadási felülete $40 \times 40 \text{ mm}^2$.



14. ábra. Műgyanta és rostirányra merőleges fa tapadásvizsgálatának vázlata



15. ábra. Műgyanta és szálirányú fa tapadásvizsgálatának mérése

8. táblázat. Műgyanta és rostirányra merőleges fa tapadásvizsgálatának eredményei

#	$F_{\max}$ (N)	A (mm)	Rostirányra merőleges tapadás (N/mm ²)	Átlag (N/mm ²)
1	5379	1600	3,36	3,20
2	4705	1600	2,94	
3	5054	1600	3,15	
4	6941	1600	4,33	
5	4449	1600	2,78	
6	4912	1600	3,07	
7	4437	1600	2,77	
8	5032	1600	3,14	

A rostirányra merőleges fa tapadásvizsgálata esetében a fa próbatestek rostirányra merőleges húzásra vannak igénybe véve. Ennél a vizsgálatnál jellemzően a tönkremenetel a fában keletkezett, és nem a műgyanta és a fa határfelületén. Ez nem meglepő, hiszen a fa szilárdsági tulajdonságai közül a rostirányra merőleges húzási teherbírás a legkisebb.

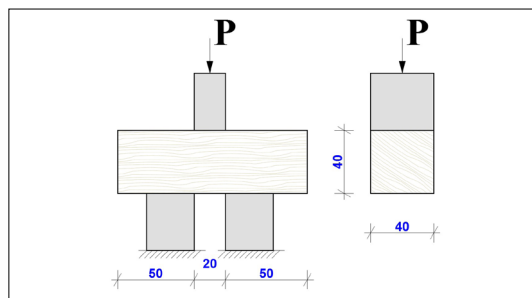
4.4. Nyírási teherbírások vizsgálata

A műgyantával megerősített fa nyírási teherbírásának vizsgálatához 3 sorozat mérés készült, melyeket a mérések után összehasonlítottam.

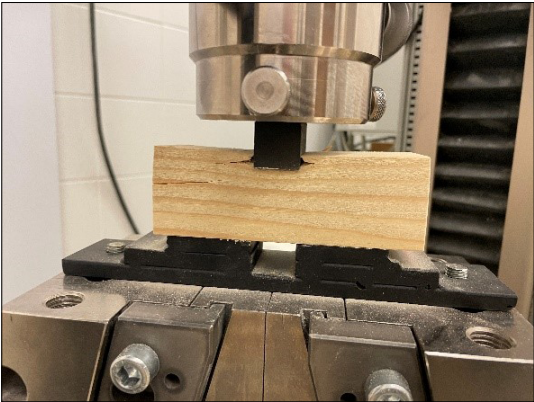
4.4.1. Teljes keresztmetszetű fa próbatest nyírási teherbírásának vizsgálata

Ennél a sorozatnál az volt a célom, hogy adatot szerezzek a vizsgált faanyag átlag nyírási teherbírásáról. Majd a következő sorozatokban ezt a faanyagot felhasználva, a próbatesteken gyengítést, ezt követően pedig a gyengítés javítását modellezzük a gyakorlatban.

8 darab $40 \times 40 \times 120 \text{ mm}$ teli keresztmetszetű fa próbatest készült, a vizsgálatot a **17. ábra** szemlélteti.



16. ábra. A teli keresztmetszetű nyírt fa próbatestek kísérletének vázlata



17. ábra. A teljes keresztmetszetű nyírt fa próbatest

A 9. táblázatban összegzem a mért nyírási teherbírás értékeket. A tönkremenetel pillanatában mért átlag nyírófeszültség értéke $5,03 \text{ N/mm}^2$, melynek szórása: $0,45 \text{ N/mm}^2$.

A maximum nyíróerő értéke ($V_{\max}$) egyenlő a törés pillanatában alkalmazott $P_{\max}$ erő felével.

9. táblázat. A teljes keresztmetszetű fa próbatestek nyírási teherbírása

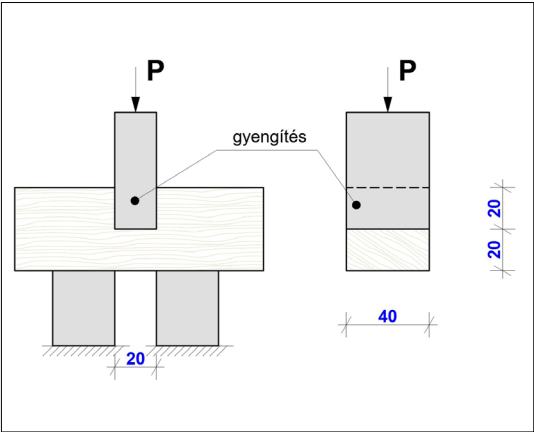
#	$V_{\max}$ (N)	A (mm)	Nyírási teherbí- rás (N/mm^2)	Átlag (N/mm^2)
1	8693	1600	5,43	5,03
2	7664	1600	4,79	
3	8148	1600	5,09	
4	9187	1600	5,74	
5	7518	1600	4,70	
6	6817	1600	4,26	
7	7743	1600	4,84	
8	8623	1600	5,39	

Az itt mért törési erők átlagértéke $16\,098 \text{ N}$.

4.4.2. Gyengített keresztmetszetű fa próbatestek nyírási teherbírásának vizsgálata

A méréshez 7 darab, az előző alpontban is alkalmazott $40 \times 40 \times 120 \text{ mm}$ próbatest készült, melyeken a nyíróerőre igénybe vett szakaszon egy szabályos geometriájú keresztmetszet-csökkentést hajtottam végre. A terhelt résznél a fából eltávolítottam egy $20 \times 20 \times 40 \text{ mm}$ részt.

Ebben az esetben a nyírásnak ellenálló fa keresztmetszete 800 mm^2 -re csökkent.



18. ábra. A gyengítéssel ellátott próbatest nyírási teherbírásának vizsgálata



19. ábra. A gyengítéssel ellátott próbatest nyírási teherbírásának vizsgálata

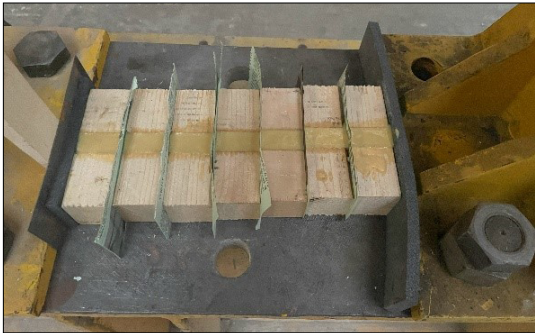
10. táblázat. A gyengített keresztmetszetű fa próbatestek nyírási teherbírása

#	$P_{\max}$ (N)	$V_{\max}$ (N)	A (mm)	Nyírási teherbí- rás (N/mm^2)	Átlag (N/mm^2)
1	13 378	6689	800	8,36	8,53
2	15 329	7664	800	9,58	
3	16 570	8285	800	10,35	
4	17 110	8555	800	10,69	
5	11 542	5771	800	7,21	
6	11 747	5873	800	7,34	
7	9 861	4930	800	6,16	

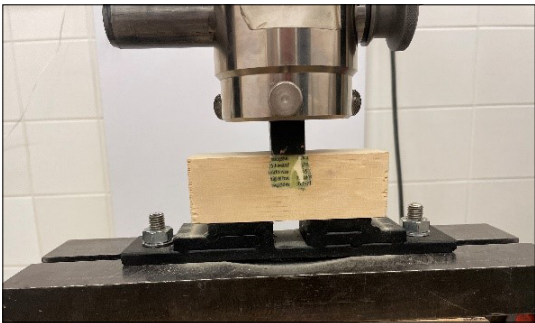
Az itt mért törési erők átlaga 13648 N .

4.4.3. Műgyantával kiegészített, gyengített fa próbatetek nyírási teherbírásának vizsgálata

A 4.4.2. pontban bemutatott próbatetekeken kialakított szabályos „gyengítéseket” 3PHV60 műgyantával töltöttük ki, majd a műgyanta megszilárdulási idejét kivárva ezeket a próbateteket is eltörtük.



20. ábra. A műgyantával kiegészített nyírásvizsgálati próbatetek



21. ábra. Műgyantával kiegészített, gyengített keresztmetszetű próbatest nyírási teherbírásának vizsgálata

11. táblázat. A gyengített keresztmetszetű, műgyantával erősített fa próbatetek nyírási teherbírása

#	P_{max} (N)	V_{max} (N)	Átlagos nyíróerő (N)	Átlagos törési erő (N)
1	20 531	10 265	9 313	18 626
2	18 096	9 048		
3	21 734	10 867		
4	17 129	8 564		
5	15 327	7 663		
6	18 014	9 007		
7	18 204	9 102		
8	19 983	9 991		

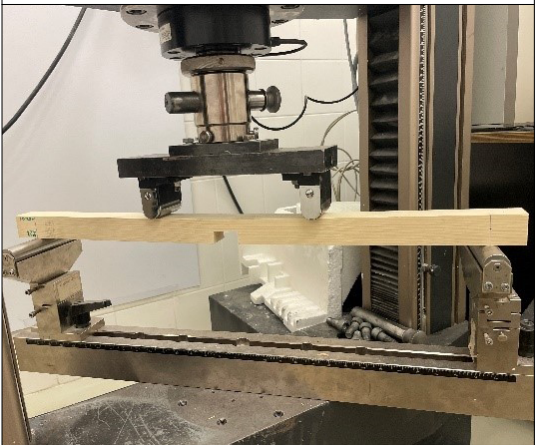
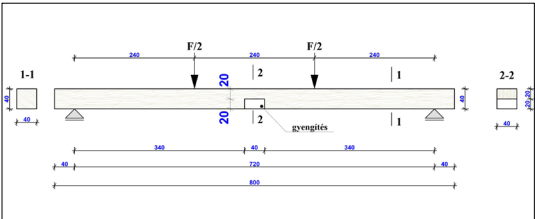
A törési erők értékeinek átlaga a műgyantával kitöltött gyengített próbatetek esetében 18 626 N, míg a teli keresztmetszetű, ép fa próbatetek esetében ez az érték 16 098 N volt.

4.5. Hajlítási teherbírások vizsgálata

A hajlítási teherbírások vizsgálatához az [4] MSZ EN 408:2010+A1:2012 szabványt vettem alapul. Az említett szabvány előírja a hajlítási teherbírás vizsgálatához szükséges geometriai és terhelési paramétereket. Több sorozat készült ennél a vizsgálatnál is, akárcsak a nyírási teherbírások meghatározásánál. A sorozatok összehasonlítása révén próbálok következtetéseket levonni a módszerek hatásosságáról. Ezeknél a méréseknél a törés pillanatában mért erőket hasonlítom össze, nem a hajlítófeszültségek meghatározása történik.

4.5.1. Alsó övben gyengített próbatetek hajlítási teherbírása

5 darab 40×40×800 mm geometriájú próbatestet mértem, melyeknek támaszköze 720 mm. A fesztávolság harmadolópontjaiban terheltem a próbateteket. A fesztávolság felénél egy szabályos keresztmetszet-gyengítést hajtottam végre, a próbatetek alsó övéből 40×20×20 mm téglatestet vágtunk ki.



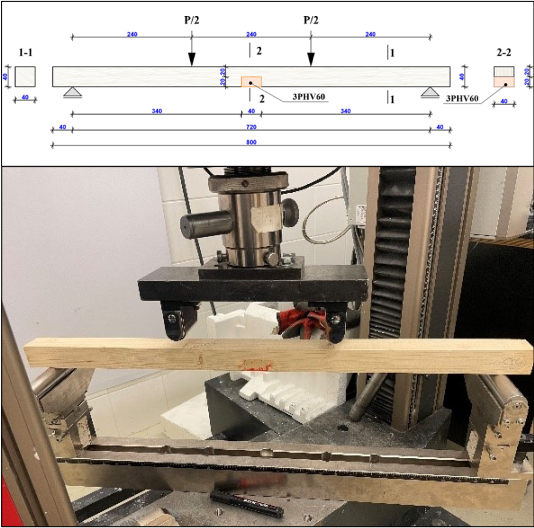
22. ábra. Az alsó övben gyengített próbatetek hajlítási teherbírásának vizsgálata

12. táblázat. Alsó övben gyengített próbatetek törési erőinek összegzése

#	P_{max} (N)	Törési erők átlaga (N)
1	1395	801,30
2	411	
3	658	
4	549	
5	991	

4.5.2. Alsó övben gyengített, műgyantával kitöltött próbatetek hajlítási teherbírása

A 4.5.1-es pontban alkalmazott próbateteket vettük alapul. A gyengített részt töltöttem ki műgyantával, majd a 7 napos szilárdulási idő után mértem a törés pillanatában az erőket.



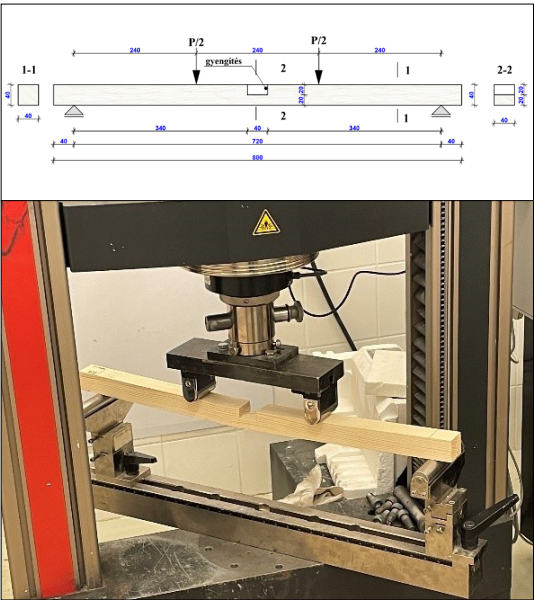
23. ábra. Az alsó övben gyengített, műgyantával kitöltött próbatetek hajlítási teherbírásának vizsgálata

13. táblázat. Alsó övben gyengített, műgyantával erősített próbatetek törési erőinek összegzése

#	P_{max} (N)	Törési erők átlaga (N)
1	1730	1243,17
2	1064	
3	1650	
4	1285	
5	1032	
6	696	

4.5.3. A felső övben gyengített próbatetek hajlítási teherbírása

A 4.5.1. ponthoz hasonlóan itt is 5 darab próbatetet készítettünk, annyi különbséggel, hogy ezúttal a gyengítést a felső övben alkalmaztuk.



24. ábra. A felső övben gyengített próbatetek hajlítási teherbírásának vizsgálata

14. táblázat. A felső övben gyengített próbatetek törési erőinek összegzése

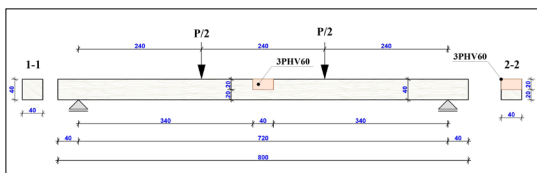
#	P_{max} (N)	Törési erők átlaga (N)
1	942	1304
2	1024	
3	1581	
4	1578	
5	1386	

4.5.4. A felső övben gyengített, műgyantával kitöltött próbatetek hajlítási teherbírása

7 darab, a 4.5.3. ponthoz hasonló próbatetet készítettünk, melyek keresztmetszeti gyengítéseit műgyantával töltöttük ki. A Régi fa tartószerkezeti elemek állapotfelmérése roncsolásmentes, illetve töréseken alapuló vizsgálatokkal című tanulmányomban [5], amelyet 2019-ben a Nemzetközi Építéstudományi Konferencián mutattam be, a gyengítés nélküli próbatetek (32 db) törési erőinek átlagértéke 4566 N volt.



25. ábra. A gyengített részek műgyantával való kitöltése



26. ábra. A felső övben gyengített, műgyantával erősített próbatestek hajlítási teherbírásának vizsgálata

15. táblázat. A felső övben gyengített, műgyantával kitöltött próbatestek törési erőinek összegzése

#	P_{max} (N)	Törési erők átlaga (N)
1	4009	4387
2	4092	
3	4860	
4	4446	
5	3413	
6	4194	
7	5693	

5. Következtetések

A tanulmányban bemutatott mérések révén betekintést nyertem a 3PHV60 típusú műgyanta károsodott fa tartószerkezetek helyreállításakor való alkalmazásának lehetőségeibe.

A tapadásvizsgálatok mérése során a húzott fa tartószerkezeti elemek, csomópontok műgyantával történő javításának vizsgálata volt az elsődleges cél.

A gyengített vagy a gyakorlatban a mechanikailag sérült, nyírásnak kitett faelemek erősítésére az általam vizsgált 3PHV60 típusú műgyanta alkalmazása jó alternatíva lehet. A csökkentett fa keresztmetszet műgyantával történő kiegészítése során nagyobb nyírási teherbírások születtek, mint a teljes keresztmetszettel rendelkező fa próbatestek esetében.

A hajlításnak kitett fa tartószerkezeti elemeknél nagyon fontos kérdés, hogy a sérülés a fa húzott vagy nyomott oldalán helyezkedik el. Amennyiben a sérülés a fa nyomott oldalán helyezkedik el, a műgyantával történő kitöltéssel a fa eredeti hajlítási teherbírása visszanyerhető. Amennyiben a sérülés a fa húzott oldalán helyezkedik el, akkor a mechanikailag sérült terület műgyantával való kitöltése révén javítható a hajlítási teherbírása, de az eredeti teherbírás helyreállításához egyéb, később vizsgálandó (pl. beragasztott acél- vagy kompozit lemez) alkalmazására lehet szükség.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Armuth Miklós címzetes egyetemi tanárnak (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), Sebestyén Ottó technikusnak (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), Karádi Dániel építésmérnök doktorandusznak (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), Baróthy Miklós vegyészmérnöknek (POLINVENT Kft.) és Köllő Gábor professzornak (Kolozsvári Műszaki Egyetem), akik a tanulmányom megfelelő fázisaiban segítettek, támogattak.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Nagy G. F.: A Polinvent Kft. direkt és indirekt polikarbamid (PU) rendszerei. Gyál, 2012.
- [2] MSZ EN 13892-2:2003 Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 2. rész: A hajlító-húzó és a nyomószilárdság meghatározása
- [3] MSZ EN 13892-1:2003 Esztrichek és padozati anyagok vizsgálati módszerei, 1. rész: Mintavétel, vizsgálati próbatestek készítése és tárolása
- [4] MSZ EN 408:2010+A1:2012 Faszervezetek. Szerkezeti fa és rétegelt-ragasztott fa. Egyes fizikai és mechanikai tulajdonságok meghatározása
- [5] Márton P.: Régi fa tartószerkezeti elemek állapotfelmérése roncsolásmentes, illetve töréseken alapuló vizsgálatokkal. XXIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Erdélyi Magyar Műszaki Társaság, Csíksomlyó, 100–102.