XVI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2011. március 24–25.

SZERKEZET-MODELLEZÉSHEZ HASZNÁLT NEM-KONVENCIONÁLIS ANYAG TESZTELÉSE

BÍRÓ Csongor, HADI Szabolcs, KÁDÁR György, KIS Alpár, PÉNTEK Máté

Abstract

The goal of the experiments is to determine the mechanical properties of different types of pasta used in the design process of a bridge superstructure model. The first step is the observation of the selected specimens in order to record any cracks, discoloration, spots and geometric irregularities which influence the behavior of the material and may significantly alter the results. A geometrical classification is needed dividing the types of pastas according to length and cross sectional shape. The specific gravity is also determined. Some of the specimens are subject to axial tension, others to axial compression, until failure occurs. The variation of the applied force and deformations is recorded. All the results are centralized, thus the σ - ϵ diagram can be obtained. Elasticity is also observed using bending tests. As a result, the main mechanic characteristics are assessed: breaking force, ultimate tensile stress, ultimate strain and modulus of elasticity. Compared to the usual building materials, pastas behave very similarly to high-strength concrete. In conclusion, the usage of spaghetti, macaronis, penne and cannellonis in structural design is briefly presented.

Key words:

pasta, spaghetti-bridge, non-conventional material

Összefoglalás

A leírt kísérletek célja egy híd tartószerkezet modellhez használt különböző laskafélék szilárdságtani tulajdonságainak a meghatározása. Első lépés a laskafélék megfigyelése, a repedések, elszíneződések, mértani szabálytalanságok feljegyzése, mivel ezek is befolyásolják az anyag viselkedését és a mérési adatokat. Ezt követi a vizsgált elemek osztályozása mértani szempontból és a fajsúly meghatározása. Egyes elemeket húzásnak vetünk alá, másokat pedig tengelyirányú nyomásnak, végül pedig hajlításnak. Az igénybevétel során rögzítjük az erő-megnyúlás alakulását. A mérések elvégzésével összesítjük az eredményeket, felrajzoljuk a σ - ϵ diagramokat. A rugalmasságot hajlítási igénybevétel esetén is tanulmányozzuk. Ezáltal meghatározzuk a szakítóerőket, szakítófeszültségeket, maximális fajlagos megnyúlásokat és a rugalmassági együtthatókat. Az így kapott szilárdságtani tulajdonságok a laskaféléket az építkezésben használt anyagok közül a nagyteljesítményű betonokhoz közelítik. Mindezek alapján tárgyaljuk a spagettik, makarónik, pennék és cannellonik felhasználását bizonyos tartószerkezetek kialakításában.

Kulcsszavak:

laskafélék, spaghetti-híd, nem-konvencionális anyag

1. Bevezetés

A laskafélék – a tesztelt nem-konvencionális anyagok – búzaliszt, tojás és víz keverékéből készült termékek. A hozzávalók adagolása és összekeverése meghatározza az elemek tulajdonságait, alapos keverés esetén az elkészült anyag homogénnek és izotropnak tekinthető, a tömegeloszlása pedig folytonos. A gyártási folyamatokban az elemekben szemmel látható hibák alakulhatnak ki, amelyek befolyásolják és elváltoztatják a mért eredményeket. Feljegyezzük az észlelt elszíneződéseket, a hossz- és keresztirányú repedéseket, görbületeket és más mértani pontatlanságokat. A laskafélék közül olyanokat

teszteltünk, amelyek formailag szabályosnak mondhatók. Ezeket két kategóriára osztottuk: *a)* hosszú és vékony elemek, amelyeket elsősorban húzásnak vetettünk alá; *b)* rövid és szélesebb elemek, amelyeket összenyomtunk törésig. Az elsőkhöz tartoznak a spagetti- és makarónifélék, az utóbbiakhoz a pennék és cannellonik, mindegyiknek jellemzője a kör vagy gyűrű alakú keresztmetszet.

A laskaféléket gyártók szerint is kategorizáltuk, majd meghatároztuk a mértani tulajdonságaikat és fajsúlyukat. Az *a)* kategória termékei: *A1* (spag), *B1* (mak), *B2* (spag), *B3* (spag), *D* (mak). A *b)* kategória termékei: *A2* (pen), *B4* (pen), *B5* (tor), *E* (pen), *F* (can), *G* (can), *H* (can). A mért és kiszámított adatok: *l* (maximális hossz); d_e , d_i (külső és belső átmérők); *A* (keresztmetszet területe); *I* (másodrendű nyomaték); *K* (keresztmetszeti modulus); γ (fajsúly).

A cikkben használt jelölések: σ_{max} – maximális feszültség, ε_{max} – maximális fajlagos megnyúlás/rövidülés, *E* – rugalmassági együttható.

2. Próbaelemek és befogások előkészítése

Első lépésként készítettünk pár rövid elemet spagettiből (kb. 15 cm hosszúakat), amelyeket hatonként ragasztottunk szemes acélgyűrű köré. Az egyik végét egy kampó és kötél segítségével fára rögzítettük, a túlsó végét folyamatosan terheltek súlyokkal. 40 kg súlynál kifogytunk a terhelő elemekből. Végül egyikünk súlya alatt törött a szál. Ebből következtettünk arra, hogy a próba valahol 40 és 65 kg súly közötti terhelést bírt. Így körvonalazódott, hogy milyen nagyságrendű igénybevételekről lesz szó, és milyen precizitású műszerre lesz szükségünk.

A húzott próbákat a mérőeszközbe két erős, apró fémfogakkal rendelkező szorítóba lehet csak belehelyezni. Ezek a vékony és hosszú darabokat egyszerűen szétroncsolták volna. Ezért a szorítóba fémkampókat fogtunk be. A húzott spagettik és makarónik végeit keményfából készült hasábokba ragasztottuk, amelyeket előzőleg átfűrtünk. A hasáb egyik végébe egy szemes acélcsavart helyeztünk, a másik felébe pedig a laskát. Az előzőleg kifűrt lyuk biztosította a szemes csavar és húzott elem hosszanti centrikusságát. Az effektív szakítás előtt a szemes csavarokat a fémkampókba akasztottuk, így sikerült kialakítani egy csuklós rendszert.

Az összenyomott laskák végét vágtuk és csiszoltuk, így alakítottuk ki a végeken a párhuzamos felületeket. Ezeket a présbe helyzetük. Az igénybevétel centrikus nyomás, az esetlegesen fellépő nyírás és hajlítás csak az elemek geometriai hibái és a csiszolás miatt léphettek fel.

A hajlítást első fázisban házilag teszteltük: a spagettiket és makarónikat két sima támaszra tettük, amelyek közt a nyílás 150 mm; középre kötöttünk egy üres edényt, ezt lassan töltöttük fel sóval; egy fényképezőgép és csíkozott mérőlap segítségével rögzítettük a lehajlást, és bizonyos idő elteltével mértük a súlyt. Az eredmények többszörös tesztelés esetén ismétlődtek, pontosnak tűntek. Utólag vettük észre, hogy a törés pillanatában a maximális lehajlás $l/10$, $l/15$ (ahol *l* a támasz közti nyílás), ebben az esetben már nem helyesek az egyensúlyi alakot figyelembe vevő számítások, amelyekkel mi dolgoztunk [1].

3. A kísérlet menete, kezdeti adatok

A húzáspróba során a spagettik esetében egyéni szálaknál a szakadás 45 és 68 N erők között jelentkezik, makarónik esetében ez az érték a 100–110 N-t is eléri. Ezek az eredmények 19 MPA körüli σ_{max} -hoz vezetnek, az E pedig 2600 és 3000 MPA között mozog. 6–9 párhuzamos szál esetén a σ_{max} 7–14 MPA-ra csökkent, az E pedig változott. Tehát több szál esetén ezek nem egy időben kezdenek el feszülni, abban a pillanatban, amikor az egyikben a feszültség eléri a szakítást, a többi szál még csak 75% körül van terhelve. Az E változása azért következik be, mert az egyes szálak fahasábokba vannak ragasztva, a ragasztó másként tapad fához, más elmozdulást enged, míg a több párhuzamos szál esetén a rögzítés szemes acélsavarhoz történt. A sodronyok teherbírás szempontjából nem mutattak észlelhető javulást az ugyanolyan keresztmetszettel rendelkező, nem sodort elemekkel szemben, viszont a szakadás pillanatában mért megnyúlás 15%-kal kisebb, javult a szilárdság. A szakadás mindig az anyagban történt, legtöbbször a ragasztáshoz egészen közel. Tehát a ragasztó erősebb, mint a laska, de végileg befolyásolja a befogás környékét, illetve ragasztási pontatlanságok miatt kialakulnak más igénybevételek is.

Nyomáspróbán először pennéket teszteltünk, különböző hosszal. 45–55 mm esetén (ez 2 elemet jelent, 1 köztes ragasztással) minden termék 1500 N fölötti maximális erőt bírt. Ez 50–60 MPA közötti σ_{max} -ot jelent. Ahogy növeltük a hosszat, 120 mm-nél ez az érték felére csökkent. Az illesztések száma kihangsúlyozta a mértani pontatlanságokat és a kihajlás jelenségét. Az E 1800 és 2300 MPA között volt, terméktől függően, de hosszról függetlenül. A tortiglionek esetén a mért értékek nem konstansak, ez a szabálytalan alaknak tulajdonítható. A cannellonik tesztelése volt a legnehezebb, mivel vékony falúak, változó ellipszis keresztmetszetűek. Végeiket csiszolni kellett, sokszor már csiszolás közben berepedeztek. Ahol sikerült elérni a végek párhuzamosságát, 2700 N fölött volt a végterhelés, ez 40 MPA σ_{max} -ot jelent 95 mm hosszú és 10 g tömegű elemnél. A ragasztás nélküli rövid (23–26 mm) pennék törése igazolta, hogy kompresszió esetén is erősebb a ragasztás, mint a laska.

A hajlítás-tesztet elvégeztük hosszú és vékony elemek esetén. A mérés során 1/50 volt a lehajlás megszabott értéke, amelyre még érvényes a nem deformált alakon végzett számítás. Az így kapott E 5600 MPA, ami a reális érték, mivel nem léphetett közbe ragasztás vagy befogás által okozta hiba.

4. Anyagjellemzők

A mérési vizsgálatok kimutatták, hogy a nyomott próbák viselkedése parciálisan elasztikus, míg a húzott elemeké lineárisan rugalmas [2].

5. Következtetés

A laskafélék anyagtulajdonságai leginkább a nagyteljesítményű betonokét közelítik meg. A B termékcsoport által nyomás esetén elért 50 MPA σ_{max} a C50/60-as betonéval egyenértékű, míg a húzás során

1. ábra a vizsgált anyagok reprezentatív viselkedése nyomás (balra) és húzás (jobbra) esetén
(B termékcsoport σ - ϵ diagramja) karakterisztikus értékekkel

elért 19 MPa-os σ_{max} 4-szerese a C90/105-ös betonénak, az E pedig 1/11—1/7-e.

A mi feladatunk egy 1 m nyílást áthidaló szerkezet elkészítése laskafélékből, amelynek össztömege (terhelőelemmel és ragasztóval együtt) 1000 g [3]. A szerkezetet a nyílás felénél terhelik, függőlegesen lefele 50 mm/perc elmozdulással. Az általunk választott statikai modell a külső igénybevételt az alátámasztási pontokhoz nagyrészt tengely menti erőkkel juttatja el. A szerkezet önsúlya a méretezett külső erőhöz képes elhanyagolható, a csomópontokat egy félkörív mentén helyeztük el, így a húzott radiális elemek az ívre merőleges koncentrált erőkkel hatnak. A csomópontok közötti pennék nyomásnak vannak alávetve. A szabályos mértani forma 90%-ban egyenlő igénybevételt eredményezett a szerkezeti elemekben. A teljes szerkezet stabilitását keresztirányú merevítésekkel oldottuk meg, ezek húzott, nyomott, csavart és hajlított spagetti darabok.

Irodalom

- [1] V. Ille, C. Bia, M. V. Soare: *Rezistența materialelor și teoria elasticității*, EDP, București, 1983, 75, 176–179.
- [2] S. Timoshenko: *Strength of Materials, Part I*, Van Nostrand, New York, 1940, 1–8.
- [3] *Reccs 2011 versenyszabályzat*: <http://www.reccs.hu>.

Bíró Csongor, hallgató; e-mail: csongorbiro@yahoo.com

Hadi Szabolcs, hallgató; e-mail: hadi_szabolcs@yahoo.com

Kádár György, hallgató; e-mail: kadargyuri@yahoo.com

Kis Alpár, hallgató; e-mail: alpha_sqrt@yahoo.com

Péntek Máté, hallgató; e-mail: mpentek@gmail.com

Tudományos irányító: **dr. Chira Nicolae** okl. mérnök, egyetemi docens
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar
400020, Kolozsvár, C. Daicoviciu utca, 15 szám