

Szintetikus szálerősítésű beton nagytáblás ipari padlók méretezése

DR. JUHÁSZ KÁROLY PÉTER TARTÓSZERKEZETI VEZETŐ TERVEZŐ, JKP STATIC KFT.

SCHAUL PÉTER TARTÓSZERKEZETI TERVEZŐ, JKP STATIC KFT.

A nagytáblás ipari padlók számos előnyük miatt rohamosan terjednek az iparban, holott a méretezésükre nem létezik széles körben elfogadott módszer vagy ajánlás. Ennek leginkább az az oka, hogy amennyire egyszerű szerkezetnek tűnnek – annyira bonyolult a méretezésük. Ennek megfelelően a nagytáblás ipari padlók tervezése hazánkban leginkább a kivitelezési tapasztalatok és ökolósi-bályok alapján történik.

Ipari padlók egyik legelfogadottabb méretezési irányelve a TR34 [1], amely méretezési módszereiben a padló felületén ébredő terheknek való megfeleltetésre koncentrálnak, a nagy dilatációkból adódó extra feszültségeket említés szintjén kezeli, a keletkező repedések nagysága, a beton zsugorodása és a táblaméretet összefüggéséről pedig semmilyen szinten nem ír.

„For jointless slabs, particular attention should be given to minimising shrinkage and restraint.” TR34, 11.11

Lohmayer könyvében [2] ugyan ad módszert a táblaméretet vizsgálataira, de lineárisan rugalmas anyagmodellel dolgozik, illetve a padlót vonalszerű elemként kezeli felületi teherrel terhelve. Belátható, hogy ez az egyszerű méretezési módszer semmilyen valós információt nem ad az ipari padló viselkedéséről.

A padló berepedés – a repedés lokalizálódik

Nagytáblás ipari padlók esetén két fontos kiindulási feltételünk van: (1) a padló a zsugorodás/hőmérsékleti hatások miatt bereped, (2) majd ez a repedés kedvezőtlen esetben lokalizálódik és túlzott mértékben megnyílik. Mind a repedés, mind a repedés lokalizációja igen komoly nemlineáris számítást igényel, ezen jelenséget a sok paraméter miatt még csak közelíteni sem lehet lineáris számítási módszerekkel.

Nagytáblás ipari padlók esetében sokáig elterjedt volt az a nézet, hogy csak olyan szálerősítésű betonnal lehet megfelelő eredményt elérni, amely húzásra/hajlításra felkészült: ezzel kerülhető el a repedések lokalizációja, így érhető el a kis méretű repedés. A tapasztalat azonban mást mutat: megfelelő

mértékű zsugorodás mellett a szálerősítésű beton maradé szilárdsága és a beton, valamint az ágyazat közötti súrlódás együttesen gátolja a lokalizáció kialakulását. A kialakuló repedések pozíciója továbbá függ a terhek méretétől és elhelyezkedésétől is.

Egyszerűsített méretezési módszer

A szerző jelenlegi kutatásuk során egy olyan méretezési módszerrel dolgozik, ahol nagyszámú numerikus modell eredményei alapján egy egyszerűsített táblázatos módszerrel lehet a nagytáblás ipari padlók maximális táblaméreteit meghatározni a maximálisan megengedett repedéstágasság értékéhez [3]. A kutatási mátrix sok paraméteres, így első körben a nem releváns paramétereket kell kiszűrni. A fennmaradó bemenő adatokhoz kell olyan egyszerűsített méretezési módszert kidolgozni, ami nem követeli meg a fejlett végeelemes számítás ismeretét. Az 1. ábrán a kezdeti eredmények láthatók.

A méretezési táblázat kidolgozásával azonban még mindig nem fedhetők le azok a speciális tervezési helyzetek, ahol a terhek geometriája, pozíciója miatt nem sorolhatók be a szokványos esetek közé. Ebben a helyzetben továbbra is a végeelemes méretezés a megoldás.

Végeelemes méretezés

A következőkben egy tipikus nagytáblás padló méretezését mutatjuk be. A használt szoftver az ATENA (Cervenka Consulting). A padló mérete 24×24 m, amelynek egyengető alatti ágyazatot a talaj összenyomódási modulusából származtatott rugalmassági modulusal modellezzük, alatta pedig nemlineáris rugókkal támasztjuk meg. A beton lemez és

az ágyazat közé kontakt elemet helyeztünk el, amely alkalmas a padló felszakadásának és a súrlódásnak a modellezésére. A pontos geometria és anyagmodellek a [3]-ban található.

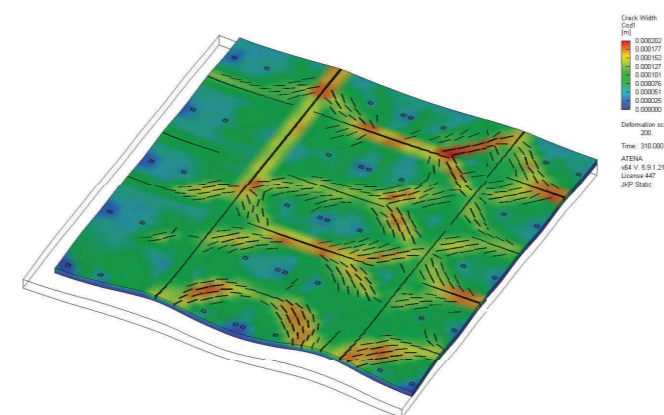
A padlót több teherintenzitással terheljük, a pontszerű terhek értéke $F = 50$ kN, illetve 76 kN. A padló beton szilárdsági osztálya C25/30, szálerősítése 3, illetve 5 kg/m^3 szintetikus makroszál (BarChip MQ58).

A repedések a 2. ábrán láthatók, a számítás eredményeit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

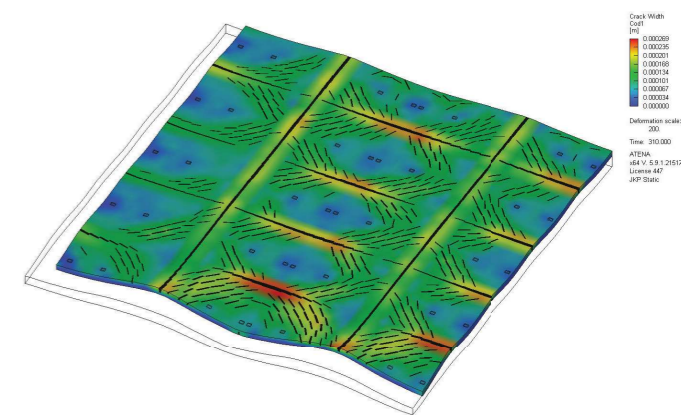
A végeelemes méretezés nagy előnye, hogy a repedések méretének, elrendezésének és kialakulásának ismeretében a padló gyenge pontja is vizsgálható. Alkalmazhatunk a modellben diszkrét vasalást, amivel ezeket a helyeket megerősíthetjük. A modell segítségével a padló lemezszéli felhajlásai is jól modellezhetők, lineáris kontaktelemelek segítségével pedig a szomszédos mezők dilatációs kapcsolatait is lehet vizsgálni. Fontos azonban megemlíteni, hogy a padló modellezése során tökéletes körülményeket feltételezünk, így a kapott eredmények csak gondos kivitelezés esetén érvényesek. Az elválasztórég hibája, az aljzat egyenetlenségei esetén már nem áll fenn a felvett súrlódási tényező, rossz betonminőség esetén pedig nagyobb lesz a beton zsugorodása, ami nagyobb repedések kialakulásához fog vezetni.

További szükséges kutatások

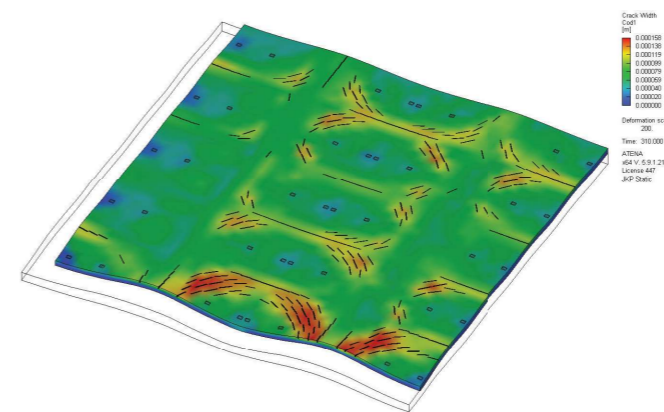
A beton zsugorodása egy máig vizsgált jelenség, aminek egyszerű anyagmodellje már megtalálható az Eurocode szabványban is. A szabvány egy idő-zsugorodás összefüggést ad, aminek főbb paraméterei a vizsgált elem geometria arányai, a cement típusa és a relatív páratartalom. A beton ennél érzéke-



2. (a) ábra



2. (b) ábra



2. (c) ábra

Terhelő erő [kN]	50	76	76
Száladagolás [kg/m ³]	3	3	5
Hozzáadott törési energia [N/m]	1690	1690	2450
Repedéstágasság [mm]	0,202	0,269	0,158

1. táblázat: Végeelemes számítás eredményei

nyebb és bonyolultabb anyag, a zsugorodás számos más paramétertől is függ. A beton zsugorodását megfelelő utókezeléssel vagy adalékszerekkel csökkenthetjük. A szintetikus mikroszálak megnövelik a beton húzószilárdságát a beton fiatal korában, azonban később már nincsenek hatással a zsugorodásra. Egyes, vékonyabb szintetikus makroszálak hasonló, sőt jobb eredményeket adnak, mint a mikroszálak [4], ugyanakkor a zsugorodásra gyakorolt hatásuk a beton későbbi életrészesében nem ismert. Mind az Eurocode, mind a tapasztalatok azt mutatják, hogy a zsugorodásból keletkező repedések akár évekkel később is jelentkezhetnek, így minden zsugorodás redukálására vagy a repedések kialakulásának megállítására alkalmazott adalék hatásának hosszú távú vizsgálata elengedhetetlen.

A zsugorodás mértéke más a padló felső felületén és más a levegővel nem érintkező alsó felületén. A szabvány erre nem ad számítási módszert, így vizsgálati eredményekből [5] vagy a beton nedvességtartalmának transzport analíziséből következtethetünk a keresztmetszeten belüli zsugorodás-különbségekre.

A beton kúszása és relaxációja ebben az esetben egy kedvező jelenség, mivel a húzófeszültségek idővel leépülhetnek, elkerülve ezzel a repedés jelentkezését. A berepedt szálerősítésű beton kúszása azonban a re-

pedések megnyílásához vezethet. A nyomott beton kúszása már az Eurocode-ban is szerepel, azonban a húzott beton kúszása kevésbé jelentős, így kevesebb figyelmet is kapott. A számításban figyelembe kell venni a kúszás hatását a szálerősítésű beton maradé szilárdságánál, amihez ugyancsak hosszú távú kutatási eredmények szükségesek.

Konklúzió

Nagytáblás ipari padlók méretezése összetett és bonyolult feladat, fejlett végeelemes számítási hátteret és betontechnológiai ismeret igényel. A bemutatott végeelemes módszerrel jól közelíthetők a valós repedések, azonban a modell számos helyen még finomítást igényel. Ezekhez további anyagtanulmányok és laborvizsgálatok szükségesek.

A bemutatott módszer alapján olyan táblázatos tervezési módszer kidolgozása szükséges, amely segítségével egy gyakorló mérnök megfelelően méretezheti a táblaméreteket, előírhatja az alkalmazott beton maximális zsugorodását és a megengedhető nyúlást, illetve meghatározhatja a keletkező repedések maximális méretét. A megfelelő szálerősítés kiválasztása, betervezése és alkalmazása így a szál tényleges teljesítménye (maradó hajlító-húzószilárdság) alapján történik, elkerülve ezzel a félrevezető marketinganyagok befolyását.

Hivatkozások

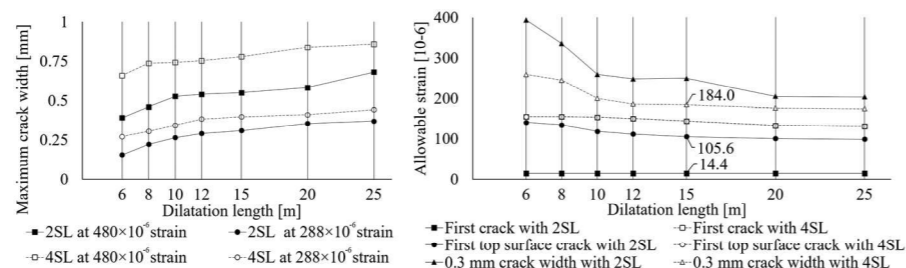
[1] The Concrete Society: TR34 4th Edition – Concrete industrial ground floors a guide to design and construction, <https://www.concretebookshop.com/tr34-4th-edition---concrete-industrial-ground-floors-a-guide-to-design-and-construction---jan2018-4188-p.asp>

[2] Lohmayer G., Ebeling K.: Betonpadlók gyártó- és raktáracsarnokban. Publikál Kft., Budapest, 2008

[3] Juhász K. P., Schaul P.: Parametric numerical study on jointless macro synthetic fiber reinforced concrete industrial floors, in: FRC2023: Fiber Reinforced Concrete: from Design to Structural Applications Joint ACI-fib-RILEM International Workshop, megjelenés alatt

[4] Juhász K. P., Schaul P.: Szintetikus szálak hatása a betonok korai zsugorodási repedésérzékenységére, Beton újság, 2021. június, XXIX. évfolyam III. szám

[5] Heath A. C., Roesler J. R.: Shrinkage and Thermal Cracking of Fast Setting Hydraulic Cement Concrete Pavements in Palmdale, California, Preliminary Report Prepared for California Department of Transportation, 1999 (képek: a szerzők)



1. ábra – Méretezési diagramok [3]