

# Gyakorlatban bizonyított a 4x4™ beton

## Rendkívül magas korai szilárdságú betonkeverék



Az autópályákat, egyéb utakat és reptereket üzemeltető vállalatok naponta szembesülnek a meglévő úthálózaton, városi utakon és reptéri utakon egyre növekvő forgalom óriási kihívásaival. A hagyományos útpályaszervezetek, a javítási vagy felújítási megoldások általában már nem nyújtanak megfelelő segítséget, hiszen az esetleges közlekedési fennakadások egyre kevésbé fogadhatók el. Emellett különösképpen nem alkalmasak az olyan városi környezetben, ahol egyébként is komoly forgalmi torlódások vannak.

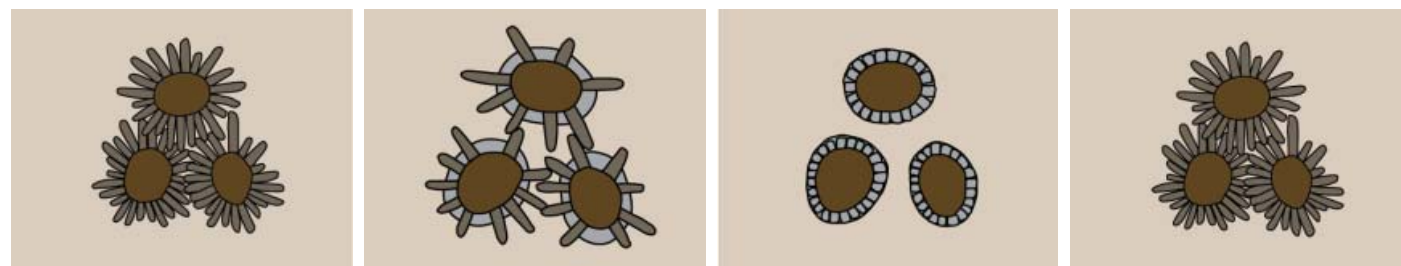
Az üzemeltető vállalatoknak nagy segítséget fog jelenteni a BASF Admixtures Inc. által kifejlesztett és szabadalmaztatott 4x4 Beton Rendszer (4x4 Concrete System), amely egy egyedülálló módszer a rendkívül korai szilárdulás (2,8 Mpa hajlítószilárdság 4 óra alatt) elérésére. A leghatékonyabb módszerek egyike az útlezárások idejének csökkentésére az olyan betonkeverék beépítése, amely nagyon gyorsan szilárdul. A gyors szilárdulás elérése nem kötődik speciális, egyedi cementek alkal-

mazásához. A 4x4 Beton Rendszer alkalmazásával olyan betonkeverék készíthető, amelyhez helyben elérhető portlandcementek, adalékanyagok és megfelelő betonadalékszerek szükségesek. A legfontosabb tényező a gyorskötésű burkolatszerkezetnél, hogy mikor nyitható meg újra az elzárt útszakasz a forgalom előtt. A döntés alapja a beton szilárdsága és nem utolsó sorban a beton beépítésétől eltelt idő. A szilárdság a terhelési kapacitással függ össze, és azt a bizonyosságot nyújtja, hogy a burkolat kész a forgalom általi terhelésre. A betonburkolat szempontjából a hajlítószilárdság a legfontosabb közvetlen mutatója a terhelési kapacitásnak. A betonadalékszerek kulcsszerepet játszanak az olyan betonkeverékek előállításában, amelyekkel szemben szilárdsági és teljesítménykritériumok kerültek meghatározásra. A vízcsökkentő adalékszerek jelentősen megnövelik a korai szilárdságot anélkül, hogy a beton bedolgozhatóságát rontanák, és megkönnyítik a befejező munkákat. A vízcsökkentő adalékszerek diszpergálják a cementet, javítják a ce-

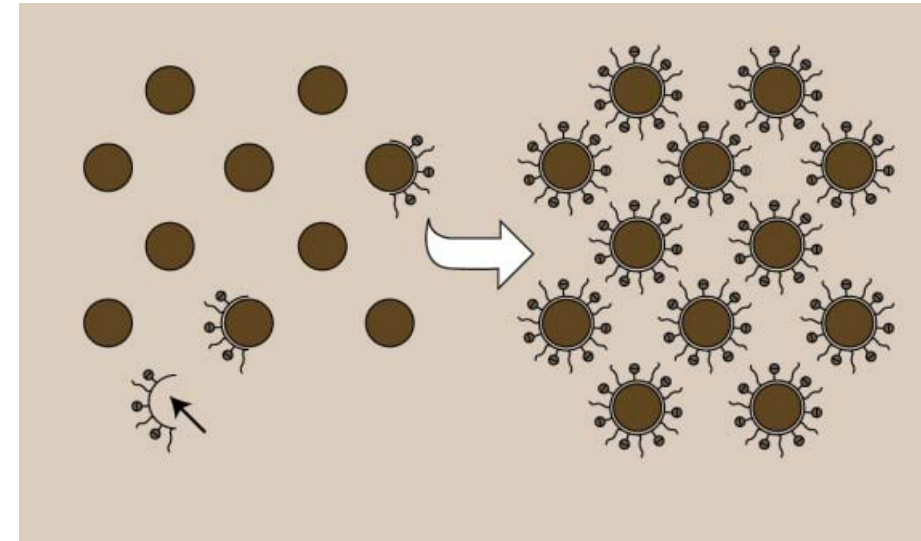
ment hidratációját és növelik a végszilárdságot is. A kötőgyorsító adalékszerek gyors korai szilárdulást nyújtanak és csökkentik a kezdeti kötési időket a hidratációs folyamat gyorsításával. A hidratáció szabályozó adalékszer elegendő időt biztosít a bekevert beton munkahelyre történő leszállításához és a betonozási munkák elvégzéséhez.

### A Caltrans féle kihívás

A Caltrans kaliforniai útfenntartó vállalat az autópálya burkolat teljes mélységben való javításakor az autópálya újbóli forgalomba helyezéséhez a 2,8 Mpa minimális hajlítószilárdság elérését szabta meg. A 2,8 Mpa követelmény az útburkolati terven és azon a tapasztalaton alapult, hogy ha a pályát ezen szilárdsági érték elérése előtt átadják a forgalomnak, akkor az veszélyeztetheti a felújított burkolat tartósságát és várható élettartamát. Ahol a gyors kivitelezés volt a követelmény, a Caltrans tervezői rendkívül gyors korai szilárdságú betonkeverék alkalmazását írták elő. Az ilyen anyagok teljesítményével kapcsolatos értékelések vegyesek voltak és széles felhasználási skálán helyezkedtek el. Mindezek mellett ezek a cementek rendkívül drágák voltak és nem voltak elérhetőek mindenütt. Ezek a keverékek érzékenyek voltak olyan mellékhatásokra, mint például a bedolgozási idők nem megfelelő ellenőrzése, továbbá gyakorta olyan utólagos munkálatok elvégzését tették szükségessé, mint például a felületi egyenetlenségek utókorrekciója a megfelelő vezetési-utazási komfort biztosítása érdekében. A repedések későbbi jelentkezése szintén jelentős probléma volt. 2001 tavaszán a Caltrans Merev Burkolatok és Szerkezeti Betonok részlege felhívást intézett a betonipar résztvevőire, hogy találják meg a kevésbé drága és még inkább felhasználóbarát alternatíváját a magas korai szilárdságú betonkeverékeknek. A cél az volt, hogy el kellett érni a 2,8 Mpa hajlítószil-



2. sz. ábra: Kezdeti hidratáció 3. sz. ábra: A hidratációs folyamat leáll 4. sz. ábra: A hidratációs folyamat beindul 5. sz. ábra: A hidratáció folytatódik



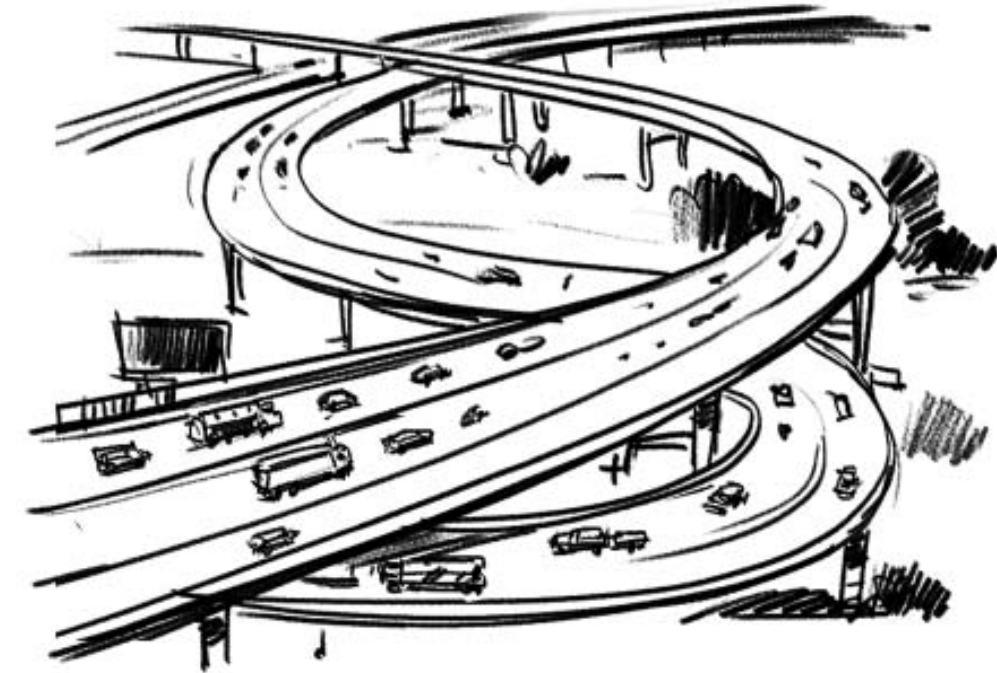
1. sz. ábra: Jobb cementdiszperzió az elektrosztatikus és térbeli taszítás révén

lárdsági értéket a betonozást követő 4 óra belül, mégpedig a hagyományos és helyben is kapható anyagok alkalmazásával.

### A BASF betontechnológiai megoldása: a 4x4™ beton

A szabadalmaztatott 4x4 Beton Rendszer a kiválasztott és készen kapható portlandcement alkalmazására épül. A BASF Betonadalékszer üzletágának Master Builders termékcsaládjába tartozó Glenium® folyósító adalékszerek, valamint a Pozzolith® kötőgyorsító adalékszerek, továbbá a Delvo® hidratáció szabályozó adalékszerek kombinálásával, illetve új keverési arányok kidolgozásával kialakított 4x4 betonja teljesítette a tervben szereplő követelményeket, miközben jelentős megtakarításokat ért el a korai szilárdságú betonkeverékek területén. A negyedik generációs Glenium szuperfolyósító szerek az eredeti polikarboxilátéteres technológián alapulnak. A Glenium termékek nagymértékű csökkenést biztosítanak a vízfelhasználásban, ugyanakkor kiemelkedő korai szilárdsági értékeket mutatnak. A Glenium adalékszerek az elektrosztatikus és térbeli taszítóerők kombinálásával javítják a diszperziót (1. sz. ábra). A fokozott cementdiszperzió az alacsony víz/cementtényező mellett is tökéletesebb hidratációt biztosít, melynek eredménye a jobb szilárdságnövekedés. A Delvo hidratáció szabályozó adalékszer egy olyan szabadalmaztatott technológia, amely biztosítja a szükséges bedolgozási időt a teljes munkafolyamat időtartamára, a keveréstől a bedolgozásig. A betonhoz adagolva a kötés kezdeti szakaszában (2. sz. ábra) védőkorlátot képez a cementrészecskék körül (3. sz. ábra) – portlandcement, granulált salak, pernye és szilikapernye –, ezáltal lefékezi a szilárdulási folyamatot. Lényegében „elaltatja” a

betont és megakadályozza annak kötését. Ha ez a védőkorlát lekopik, akkor a beton „felbred” (4. sz. ábra), és a szilárdulás folytatódik (5. sz. ábra). Egy kötőgyorsító adagolásával a beton szintén „felbreszthető”, és lehetővé teszi, hogy szükség esetén a hidratáció még gyorsabban folytatódjon. A Glenium adalékszerek, a Delvo hidratáció szabályozó adalékszerek és a Pozzolith kötőgyorsító adalékszerek kombinációja lehetővé tette, hogy a Caltrans elérje a betonzást követő 4 órán belül, mégpedig készen kapható portlandcement felhasználásával. A múltban a hagyományos portlandcement alapú keverékek nem tudták teljesíteni a nagyon korai szilárdulási követelményeket anélkül, hogy ne követeltek volna meg nagy áldozatokat a bedolgozási és a



1. sz. táblázat: A teszhasáb eredményei

Hajlítószilárdság (MPa)	Kötési idő			Átlag
	1.sz. hasáb	2.sz. hasáb	3.sz. hasáb	
3 óra	2,90	3,20	2,70	2,95
4 óra	3,20	3,35	3,50	3,35
5 óra	3,70	3,75	3,50	3,65
8 óra	4,30	4,10	4,30	4,20
24 óra	4,50	4,40	4,50	4,45

2. sz. táblázat: Helyszíni átlageredmények az Interstate 405-ön

	MPa		MPa
4 órás hajlítószilárdság	3,3	4 órás nyomószilárdság	28,5
24 órás hajlítószilárdság	5,9	24 órás nyomószilárdság	53,4
28 napos hajlítószilárdság	8,6	28 napos nyomószilárdság	56,9

befejező munkálatokra szánt idő megrövidülésében. A portlandcement bázisú keverékeknek általában minimálisan 24 órára, de gyakran akár öttenöt napra is szükségük volt ahhoz, hogy elérjék a szükséges betonszilárdságot a felület újbóli használatba vételéhez. A Glenium és Delvo adalékszer alkalmazásával kifejlesztett új technológia révén mára már lehetővé vált az is, hogy helyben kapható anyagok alkalmazásával teljesíthetők legyenek a gyors burkolatjavítással szembeni fokozott igények.

## Demonstrációs lemezek

A BASF Admixtures Inc. laboratóriumi vizsgálatakat folytatott az alternatív keverési arányok és nyersanyagkombinációk kifejlesztésére. Az építési helyszíni vizsgálatokat a cementgyártókkal, a betonkeverőkkel és kivitelezőkkel közösen folytatták le. 2001. szeptember elejére a BASF Admixtures Inc. készen állt a 4x4<sup>TM</sup> Beton Rendszer koncepciójának bemutatására a Caltrans részére. A bemutatásnál alkalmazott demonstrációs betonlemezhez szükséges keverékek 415-től 475 kg/m<sup>3</sup>-ig terjedő mennyiségű, III. típusú cementet tartalmaztak  $d_{max}=25$  mm szemcseméretű adalékanyag alkalmazásával. A víz/cement-tényezőt 0,40 alatt tartották. A Glenium folyósító adalékszer, a Pozzolith kötőanyag és a Delvo hidratáció szabályozó adalékszer kombinációját bedolgozták a keverékbe. A keveréket egy mixer szállította, a keverék roskadása 125 mm, bedolgozhatósága pedig nagyon jó volt. 4 óra elteltével a tesztplácák 3,3 Mpa hajlítószilárdságot mutattak. A célul kitűzött érték 2,8 Mpa volt. Mintegy 4 óra és 20 perccel a betonozást követően a szilárdság ellenőrzésére egy teli mixert vezettek át a betonlemezen, melynek felületén ennek kö-

vetkeztében repedések nem keletkeztek. A betonozás alatt ezen a szokatlanul meleg napon a keverék több mint 40 percig megőrizte bedolgozhatóságát és semmiféle utómunkálati probléma nem lépett fel.

## Esettanulmány

2001. szeptemberében a Caltrans 07181504 számú projektjéhez készített specifikációnak megfelelő próbalemezeket helyeztek el az Interstate 405-ön egy éjszákára. A keverékarányok lényegében ugyanazok voltak, mint a demonstrációs lemezei. A beton 240 mm-es roskadást és kiváló bedolgozhatóságot mutatott. A hajlítószilárdság ellenőrzésére számos tesztet készítettek. A hasábokat a sablonbehelyezést követően szigetelték. A tesztet 3, 4, 5, 8 és 24 órával a betonozást követően végezték el. A célul kitűzött szilárdsági érték 2,8 Mpa volt 4 óra elteltével, éjszakai hőmérsékleten. A mérési eredményeket az 1. sz. táblázat tartalmazza. A hajlítószilárdság növekedése folytatódott, és 7 nap elteltével elérte a 6,4 Mpa értéket, illetve 28 nap után a 6,8 Mpa értéket. A 4x4 Beton Rendszert mindkét betonkeverő cég felhasználóbarátnak minősítette és semmiféle problémáról nem számoltak be a keverés, szállítás, betonozás, vagy a befejező műveletek során. A 4x4 Beton Rendszer további használatát engedélyezték az Interstate 405 projektben. Az összes próba során elérték a (2,8 Mpa) kitűzött hajlítószilárdsági értéket a betonozást követő 4 óra alatt. A 2. sz. táblázat tartalmazza az összes Interstate 405 vizsgálat átlagszilárdsági értékét. A 4x4 betonnak az Interstate 405 vizsgálat során való alkalmazásakor a termelékenység jelentős mértékben megnőtt, mihelyt a betonozást végző szakemberek megismerkedtek az anyaggal.



Teli mixer hajt rá a 4x4 beton lemezre négy órával a betonozás után.

A megbízott mérnök megállapítása szerint nem volt probléma az anyag kezelésével és a lemezeknél nem volt szükség utólagos felületképzésre vagy simításra. A Caltrans az alábbi megállapításokat tette: „A gyártásban a keverék sikeresnek bizonyult. A szilárdság észrevehetően megnőtt és nem volt megfigyelhető repedésképződés. A megbízott mérnök ismételt megvizsgálta a betonlemezeket repedések keresve, de nem talált ilyeneket. A betonozást végző szakemberek előzetes speciális betanítás nélkül is képesek voltak dolgozni a betonnal. A beton bedolgozása, felületképzése és utókezelése sikertörténetnek bizonyult.”

## A 4x4 beton jellemzői és előnyös tulajdonságai:

- nagyon gyorsan szilárdul
- magas végszilárdságú
- helyben kapható portlandcementet, nem drága saját cementeket használ
- helyben kapható adalékanyagokat használ
- alacsonyabb költségű, mint a nagyon korai szilárdságú betonkeverékek
- a hidratáció szabályozás elegendő időt biztosít a bedolgozásra és a végső műveletek elvégzésére
- standard mixerben is szállítható
- könnyen bedolgozható és felhasználóbarát
- irányított roskadást biztosít
- bedolgozásához csak nagyon kevés vibrálásra van szükség
- utólagos felületi kialakítás nem vagy csak kis mértékben szükséges
- a pálya rövidebb időn belül megnyitható a forgalom számára.

## Alkalmazási területek:

A jelenlegi alkalmazási területek felölelik az autópálya burkolatok, reptéri kifutópályák, városi utcai burkolatok, útkereszteződések, nehéz gépalapok, alaplemezek teljes mélységben történő burkolati felújítását. A 4x4 Beton Rendszer egyéb alkalmazásai lehetnek a fehérburkolatok, nagyon vékony fehérburkolatok, hídpálya burkolatok és parkolóház burkolatok javításai.

A BASF Admixtures Inc. 2006-ban készült tanulmánya magyar nyelven a BASF Építőkémi Hungária Kft. gondozásában jelent meg.

