

## Betonkeverés, szállítás, bedolgozás

**Megjegyzés [KP1]:**

Nagy Géza: Betonszivattyús szállítás

A beton mesterséges kő.

Teherátadásnál fontos szempontok: **szemcseváz minősége** (teherátadás a szemcsevázon keresztül történik), **szilárdsága** (teherbírása), **tömörsége** (pórustartalma, fagyállósága, szilárdsága, vegyszerállósága, várható élettartama)

Fajtái :

- kavicsbeton,
- könnyűbetonok, (duzzasztott kavics, PU adalékos)
- nehézbetonok (sugárvédő betonok),
- különleges betonok (egyszemcsés - szűrőbeton, No Fines technológia, szálerősítésű betonok - fiberszálal, acélhajas, öntömörödő)

### *1. A beton keverésének lehetséges módozatai*

- kézi betonkeverés

Szilárd, szennyeződésmentes aljzaton keverni (betonburkolat, acéllap, stb.)

Először szárazon 3x átkeverni cement + adalék

Nedvesen 2x átkeverni - folyamatos vízadagolás közben

- gépi betonkeverés/gravitációs keverővel "**Jäger**", **Vögele**, **Smith** keverőgép - a keverőgép lehet: ferde tengelyű/dönthető, vízszintes tengelyű/kihordó kanalasok, Archimedesi csigával (mixer) - üritése a forgásirány változtatásával

120 sec

- először víz 1/3 része a dobba
- cement adagolás forgás közben, majd az adalék
- keverés -- 1/5 idő (18 sec)
- többi víz 2/3 rész hozzáadása -- 2/5 idő (36 sec)
- további keverés teljes ideig -- 2/5 idő (36 sec)

- gépi betonkeverés/kényszerkeverővel

90 sec

- először adalék + cement szárazon 1/5 ideig (18 sec)
- víz hozzáadása permetezve 2/5 ideig (36 sec)
- végső keverés 2/5 ideig (18 sec)

A keverőgép lehet azonos áramú/ellenáramú  
2 percnél további keverés nem javítja a beton minőségét, de a légpórusok képződésére hajlamos adalékok esetében elősegíti azok mennyiségének növekedését.

### **1. A beton szállításának problémái**

- osztályozódni akar
- szilárd rész/folyékony fázis (cementlé) - elfolyik, szennyez, kevés lesz/sok lesz, stb.
- szilárd rész méret szerint/osztályozódás - szemcseváz hiányos lesz/teherbírása - szilárdsága csökken
- a hozzáadott víz távozni akar (kiszáradás - melegben) - nehezen tömöríthetővé válik, kevés lesz a kötéshez szükséges víz
- többlet víz kerül hozzá (csapadék) - V/C növelésével leromlik a szilárdság
- felmelegedhet (nyáron - gyorsul a kötés)
- lehülhet (télen - lassul a kötés/megfagyhat) lásd téli betonozás: +15 C
- kötésnek indul (hőmérséklet függvényében 60-90 percen belül, a kialakuló kötések széttörése szilárdságcsökkenéshez vezet)

### **1. Egyes szállítási módok feltételei, korlátai**

- platós gépkocsi
- billenőplatós gépkocsi
- billenőteknős gépkocsi
- agitátor gépkocsi/kavaró
- mixer gépkocsi/keverő

### **1. A beton fogadása** *készbeton / szárazanyag kiadó*

- munkagödörbe / zsaluzat közé - ne osztályozódhasson (max. 2,00 m szabadesés)
- acéllapra
- bunkerbe (gravitációs/hidraulikus) - ide már a továbbítás eszközeit is át kell gondolni: betonozó konténer, szállítószalag, japáner,
- átkeverő tartály - puffertároló is egyben (korlátosan), változtatható az összetétel (vegyszeradagolás, vízadagolás)
- betonpumpa

## ***1. A beton munkaszintre juttatásának eszközei, módjai***

felvonó  
daru  
betonpumpa

## ***2. A beton hidraulikus szállítása***

Folyadékként viselkedik a szilárd halmaz, a nagyobb nyomású helyről a kisebb nyomású hely felé áramlik a keverék.

Betonszivattyúval eddig elért legnagyobb betonozási magasság: 270m  
legnagyobb távolság: 700m (egyidejűleg),  
és 150 m<sup>3</sup>/óra teljesítmény.

Számos feltételnek kell teljesülni a szivattyúzhatósághoz:

- szemcseösszetétel - folyamatos szemeloszlású görbe jellemezze, az I., illetve az I.-II.o közötti lehet
- szemcsealak - lehetőleg gömbalakhoz hasonló legyen, a lemezes kiterjedtségű 20% alatti arányban legyen
- konzisztencia - legalább **KK, K** konzisztencia a jó, de a V/C 0,4 - 0,6 közötti legyen. A konzisztenciát nem a víz növelésével kell elérni, hanem az egyéb alkotók megfelelő arányával. (adalékszer, képlékenyítő, folyósító, légpórusképző, illetve ásványi kiegészítő anyag) Kisebb légpórustartalom a kivérzést csökkenti, nagyobb légtartalom az összenyomhatóságot növeli, beletömörödhet a csőbe, nehezebbé válik a szivattyúzás.
- cementmennyiség - általában min. 270 - 300 kg/m<sup>3</sup> legyen
- cement fajlagos felülete meghatározott érték feletti - legalább 28 mm<sup>2</sup>/gr legyen
- hidraulikus pótlék aránya 20% alatti legyen - kohósalak, pernye
- finom rész aránya - finomszemcse tartalom 2,5 szerese legyen a víztartalomnak, azaz a víz/finomszemcse tömegarány : 40
- $D_{max} = \text{csőátmérő} / 3$  lehet, de tört kavics, zúzottkő esetében pedig  $D_{max} = \text{csőátmérő} / 4$  lehet. Egyes források szerint  $D_{max} = \text{csőátmérő} / 5$ .
- keverék stabilitása / kivérzés nélküliség / víz megtartó képesség
- külföldön a 36-42 cm területűt, idehaza a 40-44 cm területűt tekintik jónak.

Mind a 350 kg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb cementmennyiség, mind a finom homok mennyiségének növelése a megadott határ fölé rontja a szivattyúzhatóságot.

## **Betonszivattyú alkalmazás előnyei**

- folyamatos üzemmódja miatt nagy az időegység alatt szállított betonmennyiség, nagy a teljesítménye (zsaluzat terhelése gyorsan történik, erősnek kell lennie, technológia tervezés)
- a munkahelyen lévő toronydaru eközben más feladatot láthat el (vas feladása, anyagmozgatás, zsaluzás, stb.) - gépidő megtakarítás
- rugalmas a szállítás magasságában, szélességében, hatáskörében, jobb, mint a darus szállítás (nem kell veszélyzónákkal foglalkozni)
- teljesítményében sokszorosa a darus kiszolgálásnak - termelékenység, munkahézagok csökkentése

### **Betonszivattyú alkalmazás hátrányai**

- nem minden betonfajta szállítható vele
- állandó minőségű és konzisztenciájú beton szállítása magas követelményszintet határoz meg a betonüzem, a kiszolgálók, a szállítók felé.
- kisebb volumenek esetén az előkészületek, a befejezés (cementlé bevonat, maradék beton, takarítás, vezeték mosása) miatt gazdaságtalan

### **Betonszivattyú alkalmazás kockázatai**

- betonozó géplánc minden tagját hangolni kell teljesítmény szempontjából
- a zsaluzatnak komoly terheléseket kell felvennie (méretezés, alakhelyesség, szakszerű munka)
- fennáll a csővezeték eldugulásának veszélye, ezt elkerülendő folyamatos munkavégzésre kell szervezni, komoly szervezést, létszámot, fegyelmet követel
- bizonyos károsodásokhoz vezethet - süllyedések, alakváltozások - a beton nem kívánt felhalmozódásai (helyi terhelés növekedése), a gondatlan munka veszélyt okozhat

### **A szivattyús betonszállítás elve**

A betonkeveréknek alapvetően meghatározott fizikai tulajdonságokkal kell rendelkeznie.

Azonban nem biztos, hogy ezek egyben szivattyúzhatók is.

A szivattyúzhatóság magasabb minőségi követelményeket támaszt a betonokkal szemben.

A betonkeverékben az egyetlen komponens, ami szivattyúzható: **a víz**, mely természeténél fogva erre alkalmas.

A víz az, amely közvetíti a szivattyú által kifejtett nyomást a keverék többi komponensére.

A szilárd adalékokból olyan szuszpenziós keveréket kell előállítani, melyből a víz nem távozhat el.

A víz megtartását a beton szilárd alkotórészei biztosítják. Ezek közül a 0,25 mm-nél kisebb szemszerkezetű alkotórészeknek van jelentőségük, mivel összfelületük a legnagyobb a keverékben, így a víz átfolyásával szemben is legnagyobb az ellenállásuk.

Ezek a vízben igen finoman diszpergált formában vannak jelen, és a fellépő

- Van der Waals-féle erő,
- kapilláris erő
- nehézségi erő
- belső súrlódási erő
- szemcsék elektromos töltésére visszavezethető, és
- egyéb felületi erők

hatására közösen szuszpenziót alkotnak.

A betonkeverék szuszpenzió tartalma jelentősen befolyásolhatja a szivattyúzhatóságot, mert ez kitölti a keverék hézagterefogatát.

A telítetlen tartományban ugyanis a szivattyú nyomása a szemcserácsra tevődik át, és ekkor a talajmechanika törvényeinek megfelelően a szemcsék beékelődése, beszorulása következik be, a keverék szivattyúzhatatlanná válik.

Ha a szuszpenzió megfelelő, akkor a telítettségi állapotnak megfelel, és összenyomhatatlan folyadékként az összes adalékanyagot magába zárja, és dugulásmentes áramlást biztosít.

Ekkor a dugattyú nyomása a hidrosztatikus erőátvitel folytán a szuszpenzióra tevődik át, amely a vezeték falát állandóan bevonva tartja (kenőfilmet képezve).

A szükségesnél valamivel több szuszpenzió több szempontból előnyös, mert ezáltal a keverék könnyebben szivattyúzható lesz, kisebb lesz a szállításhoz szükséges nyomás, növekszik a teljesítőképesség.

A friss betonkeveréket fogjuk fel egy olyan kétfázisú rendszernek, ahol az egyik

- a vízből
- a cementből
- a finom adalékból ***mint hordozófázis***

a másik az általa megtartott és továbbított különböző szemcseméretű

- adalékok halmaza

Minden kétfázisú telített rendszernek van egy kritikus szétválási nyomása.

Ez az a nyomás, ahol, a nyomás a folyadékfázisról a szilárd fázisra, a szemcsevázra tevődik át.

Ez az a nyomás, ahol bekövetkezik a szivattyúzhatatlanság.

Ennek elkerülésére a betonkeveréket úgy kell megtervezni, hogy ez a nyomásérték magasabb legyen, mint az, amely a keverék szivattyúzhatóságához, a továbbításhoz - a szivattyún és a csővezetéken át való továbbjuttatáshoz szükséges.

A szivattyúzhatóság másik értelmezési módja szerint az adalékszemcsék közötti tényleges tér fogatot a cementenyv, illetve a finomhabarcs tölti ki.

A cementenyv a betonelőállítás során víz és cement keverékéből képződik.

A szivattyúzható betonkeveréknél a 0,25 mm -nél kisebb finomrész szemcséket is hozzászámítják a cementenyv mennyiségéhez.

A cementenyv helyébe a finomhabarcs fogalma lép.

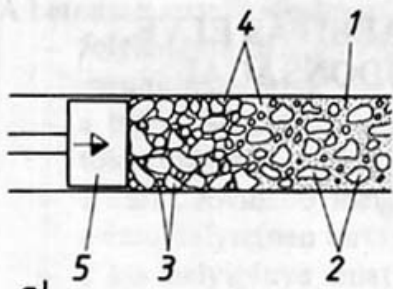
A finomhabarcs konzisztenciája ne legyen se túl lágy, se túl rideg.

A konzisztencia akkor a legmegfelelőbb, ha a finomhabarcs egyedül, a durva rész nélkül is szivattyúzható.

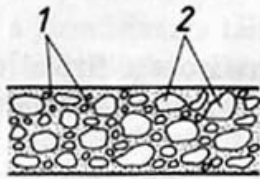
Ezt akkor érik el, ha a finomszemcse-tartalom 2,5-szerese a víztartalomnak, azaz a víz / finomszemcse tömegarány: 0,40.

A betonkeverék csővezetékben való szállítását összenyomhatatlan képlékeny anyag áramlásaként lehet felfogni. A keverék áramoltatását a hordozófázis erősen befolyásolja.

A betonkeverék reológikus anyag - azaz tulajdonságai az idő függvényében változnak. A reológiai jellemzőkre elsősorban a hordozófázis van hatással.



a)

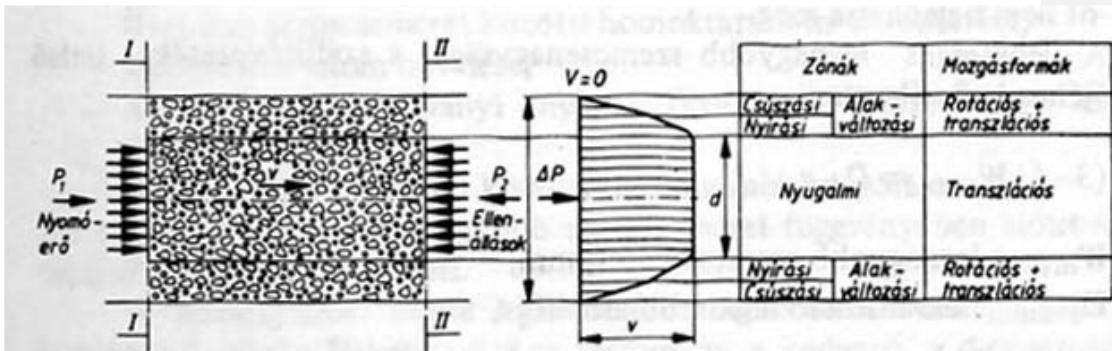


b)

**4. ábra. Különféle betonkeverék**

*a* telítetlen, *b* telített; 1 hordozófázis (víz, cement, finomhomok keveréke); 2 úsztatott betonadalék; 3 kiékelődött betonadalék; 4 levegővel telített üregek; 5 dugattyú

A betonkeverék vezetékben történő áramlása



E szerint van egy középső „d” átmérőjű magrés (nyugalmi zóna) amely közel állandó sebességgel mozog. A mozgásforma transzlációs, azaz olyan mozgás, amelynek során a szemcsék helyzete a kiindulási helyzettel párhuzamos marad.

A csőfal és a nyugalmi zóna között van az alakváltozási zóna, amely nyírási és csúszási zónára bontható. A szilárd részek mozgása az alakváltozási zónában a szemcseösszetétel, alak és felület inhomogenitása miatt rendkívül változó. Ideális körülmények között a csőtengellyel párhuzamos mozgáspálya körül rotáció, azaz forgás alakulna ki.

Megfigyelhető, hogy a durva szemcsék középen, a finomak a külső tartományban helyezkednek el. A csőfal közelében a szilárd részecskék lassabban mozognak, mint a folyadék bázis. A fellépő körüláramlás örvényképződéshez vezet, amely a fallal ellentétes tasztítóerőt gyakorol a szemcsékre. Ez az erő függ a szemcse méretétől és a faltól való távolságától, az utóbbi növekedésével rohamosan csökken. A szemcsék örvénylő-transzlációs mozgással a csőfaltól a nyugalmi zónába áramlanak, ahonnan viszont a hordozófázis kerül a nyílt zónába, folyadékdúsítást eredményezve.

A határtartományban az áramlás további zavarását idézi elő a körbefolyt testek komplex mozgása. Ezenkívül felléphet a szemcsék visszaáramlása, azoknak egymással való ütközése, ellentétes mozgása is. A csúszási zónában a kenőfilmképződés lényegében az idő függvényében bekövetkező szétosztályozódási folyamat eredménye.

Az áramlási sebesség változása hat a szemcsemozgásra, a zónák vastagságára. Növekvő sebesség esetén az alakváltozási zóna vastagsága nő, fordított esetben csökken.

A keverék struktúrájának romlása a hordozófázisnak nyírási zónába való erősebb kiáramlását, ezzel a nyugalmi zóna erősödését okozza.



*A szállítási folyamatba fektetett energia nagy része a csőfal és a keverék között súrlódási ellenállás leküzdésére fordítódik, amelynek nagyságára a csúszási zóna, azaz a hordozófázis tulajdonsága döntő hatású.*

***1. A beton tömörítése, bedolgozása***

***2. Az utókezelés***

***3. Különleges betonok eltérő feltételei***