

# Könnyűbetonok jellemzői és alkalmazásuk

Józsa Zsuzsanna  
2007. október

## A beton csoportosítása

### Testsűrűség szerint:

- normálbeton: C 2000-2600 kg/m<sup>3</sup>
- nehézbeton: HC > 2600 kg/m<sup>3</sup>
- könnyűbeton: LC < 2000 kg/m<sup>3</sup>

### A készítés helye szerint:

- helyszíni beton
- transzportbeton

### A felhasználás helye szerint:

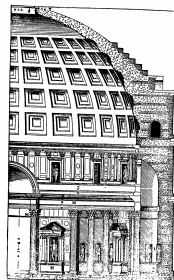
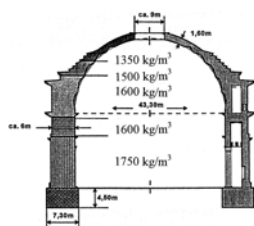
- helyszíni beton
- előregyártott beton

### A felhasználás típusa szerint:

- szivattyúzott beton
- lövellt beton, stb.

## A könnyűbeton múltja

- könnyű tufaörlemény (1350 kg/m<sup>3</sup>)
- tufaörlemény + téglatörmelék (1500-1600 kg/m<sup>3</sup>)
- travertin- és tufaörlemény (1750 kg/m<sup>3</sup>)
- travertin örlemény az alapozáshoz



Pl. Pantheon

3

## Könnyűbeton alkalmazása

Napjainkban:

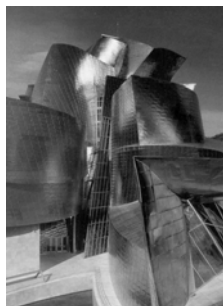
USA,  
Japán,  
skandináv országok



## Könnyűbeton alkalmazása



Marina City Towers, Chicago



Guggenheim Museum, Bilbao

## Magyarországi alkalmazás

- tufabeton gyár
- duzzasztott agyagkavics (előregyártott földem- és falpanelek)
- perlitbeton, gázbeton, pórusbeton
  
- nagyszilárdságú könnyűbetonból tartószerkezet még nem épült Magyarországon

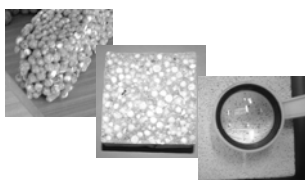
## A könnyűbeton csoportosítása

### Testsűrűség szerint:

- hőszigetelő < 600 kg/m<sup>3</sup>
- hőszigetelő és teherbíró 600-1600 kg/m<sup>3</sup>
- teherbíró 1600-2000 kg/m<sup>3</sup>

### Szerkezet szerint:

- egyszemcsés
- adalékanyagos
- sejtésített



## Egyszemcsés (szemcsehézagos) könnyűbeton („no fines” beton)



A tömör vagy porózus, kb. azonos méretű (10-20 mm átmérőjű), adalékanyag-szemcséket felületükön cementpéppel vonják be, a szemcsék között hézag marad.

A péphiányos beton csak a szemek érintkezési pontjánál van összeragasztva.

Készíthető normál vagy könnyű adalékanyaggal.

**5**

100. Jahrgang  
Heft 011  
01/2005

A 120

Träger mit zweischichtiger Quarkstoffeinlagerung

Schüttflächen aus-  
krägen für Ferturbau  
platten nach DIN 104

Quarkstoffeinlagerung  
von Stahlbetonträgern

Erfüllt den Eigen-  
anforderungen des  
Minderbewehrungs bei  
Zwang

Nachbaubereit bei  
Zugkräften aus Zwing

Beurteilung der  
Bewehrungsleistung mit  
Neuronalen Netzen

Konstruktionelles  
Konstruieren

Bewertung von  
Bauelementen

Witterungseinwirkung  
Bewertung von Konstruktion

© Ernst & Sohn

## Beton- und Stahlbetonbau

Könnyítés új módja  
pl. labdákkal

**BubbleDeck**  
(2004-ig)

**COBIAX**  
(2005-től)

**BIM 1 a. 2.** Grundriß der neuen Gebäude und Ansicht des Gebäudes der Hauptbewehrung

**BIM 3 a. 4.** Anlieferung und Verlegen von Elementen mit vorgeproduziertem Einbauelement

Beton- und Stahlbetonbau 100 (2005), Heft 5 A25

**Parkhäuser bauen und instandsetzen**

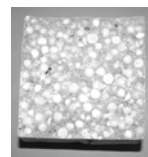
**BIM 5 a. 6.** Fertige Bauelemente mit röhrenförmigen

**BIM 7 a. 8.** Decke vor und während der Montage (Bild: Cobix Technology)





### Adalékanyagos könnyűbeton



- Az adalékanyag szemcsék pórustartalma határozza meg a jellemzőket, a könnyű adalékanyag teszi könnyűvé a betont.
- Készíthető kvarchomokot vagy könnyű pórusos homokot és cementet tartalmazó habarcsvázal, adalékszerrel (pl. légpórusképzővel).

### Adalékanyagos könnyűbeton

- többféle besorolás:
  - 800-2000 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség (EN 206 ill. MSZ 4798)
- jelölés:
  - pl.: LC 25/28**
- csoportosítás:
  - az adalékanyag típusa szerint 2 fő csoport: természetes és mesterséges
- előnyök:
  - hőszigetelő betonok
  - nagy önsúly csökkentése
  - (hidak, magas épületek, utólagos megerősítések)

### Jelölés

Nyomószilárdsági osztály	$f_{ckcyl}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_{ckcube}$ N/mm <sup>2</sup>
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88

### Könnyű adalékanyagok csoportosítása

- előállítás módja szerint
  - mechanikai
  - hőkezeléses
  - feldolgozás nélküli
- származás szerint
  - természetes eredetű
  - ipari előállítású
  - újrafelhasznált könnyűbeton

### Könnyű adalékanyagok

#### Természetes anyagok:

- vulkáni tufák
- lávasalak
- habkő (riolit, kvarc)
- perlit
- vermikulit

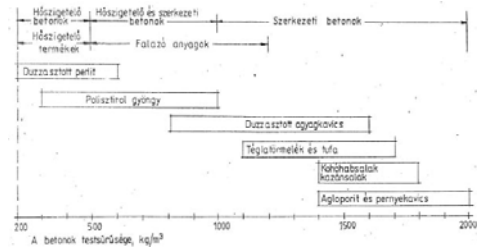
#### Mesterséges anyagok:

- kazán- és kohósalak
- pernyekavics
- téglazúzalék
- műanyaghab
- duzzasztott agyagkavics
- duzzasztott üveg (habüveg)

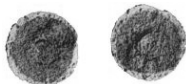
## Könnyű adalékanyagoktól elvárt tulajdonságok

- kis halmaz- (1200 kg/m<sup>3</sup>-ig)  
és szemcse-testsűrűség (2000 kg/m<sup>3</sup>-ig)
- nyomásállóság
- hőszigetelő képesség
- mechanikai és vegyi ellenállóképesség  
formatartóság
- tűzállóság
- fagyállóság

## Könnyűbetonok testsűrűsége különböző könnyű adalékanyagok esetén



## Könnyű adalékanyagok



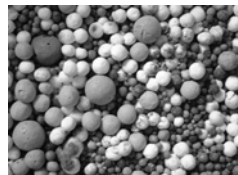
Pernyekavics



Duzzasztott agyag

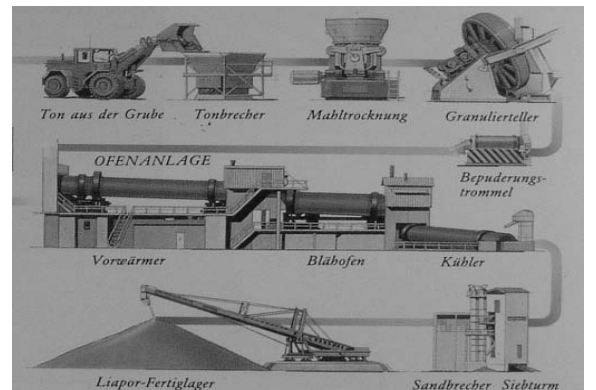


Habkő



Duzzasztott üveg

## A duzzasztott agyag előállítása – pl. LIAPOR

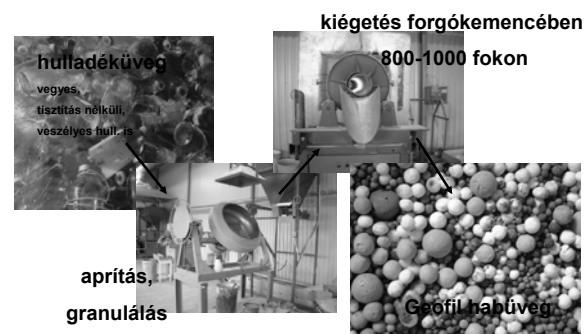


## Duzzasztott üvegekavics = habüveg

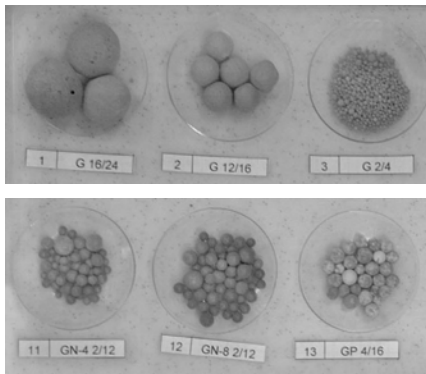
- Termékek: pl. Liaver, Poraver  
Geofil ← magyar termék !
- Előnyök: hulladékfelhasználás  
nem kell bányászni (nincs tájseb)  
jól beállítható terméktulajdonságok  
(átmérő, felület, szilárdság)  
nincs földrajzilag helyhez kötve

## A habüveg előállítása

kísérleti üzemben



## Példa Geofil változatokra



## Fontosabb anyagjellemzők

- halmaz-, test- és anyagsűrűség
- vízfelvétel
- szemcsehalmaz-önzilárdság
- szemmegoszlás
- kémiai tulajdonságok (szulfácion, kloridion)
- alkáliállóság

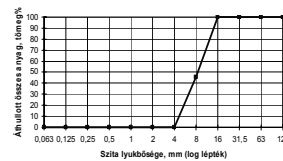
## Tömegeloszlási jellemzők

- **ANYAGSŰRŰSÉG:** MSZ EN 1097-6 hagyományos piknométeres vizsgálat 0,09 mm-nél kisebb szemcséken
- **Eredmények:**
  - ◆ habüveg: 2,15-2,45 g/ml
  - ◆ agyagkavics: 2,50-2,55 g/ml
- **SZEMCSE-TESTSŰRŰSÉG:** MSZ EN 1097-6
- **Eredmények:**
  - ◆ habüveg: 320-1800 kg/m<sup>3</sup>
  - ◆ agyagkavics: 550-1250 kg/m<sup>3</sup>
- **HALMAZSŰRŰSÉG:** MSZ EN 1097-3
- **Eredmények:**
  - ◆ habüveg: 190-1080 kg/m<sup>3</sup>
  - ◆ agyagkavics: 340-690 kg/m<sup>3</sup>



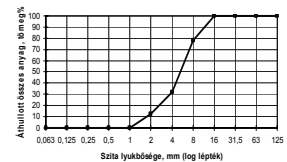
## Szemmegoszlás

MSZ EN 933-1 szerint 0,063-125 szítán



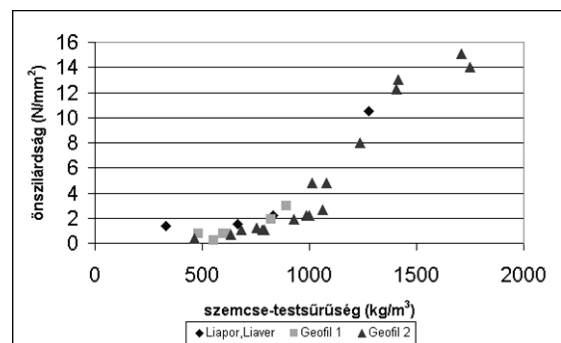
jellegzetesen egyszemcsés  
kisebb testsűrűségűek

folytonos szemmegoszlás  
nagyobb testsűrűségűek

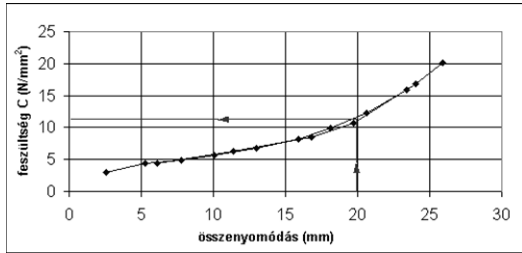


## Adalékanyag szilárdsága

- Hagyományos adalékanyagok (homokos kavics, zúzottkő):
  - aprózódás vizsgálat
    - Dinamikus (Los Angeles, Deval)
    - Statikus (Hummel)
- Könnyű adalékanyagok:
  - statikus vizsgálat → összenyomhatóság



## Szemcse-önszilárdság vizsgálata



habüveg: 0,25-14 N/mm<sup>2</sup>

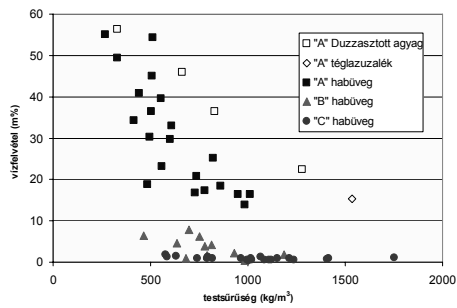
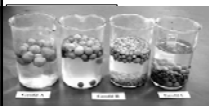
agyagkavics: 1,5-10,5 N/mm<sup>2</sup>

## Vízfelvétel

- Időtartam: 1 és 24 órás ill. teljes
- Mérési módszer: víz alá helyezés, mérés előtti letörölgetés
- Számítás:  
 $w \text{ (m\%)} = (m_n - m_{sz}) / m_{sz}$
- Eredmények:  
 0,1- 57 m%

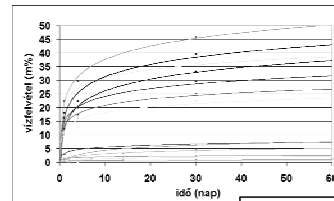


## Könnyű adalékanyagok vízfelvétele a testsűrűség függvényében



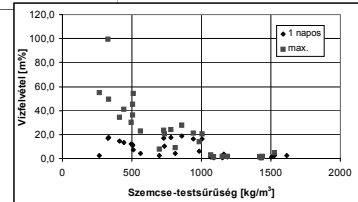
33

## Vízfelvétel vizsgálata



Hátrány: bedolgozási problémák

Előny: belső utókezelő hatás



## Adalékanyag nedvességtartalma

- Hagományos adalékanyagok:  
 Kavics: gyakorlatilag nincs vízfelvétel  
 Homok: víztartalmát figyelembe vesszük

Könnyű adalékanyagok:

- Nagy porozitás → nagy vízfelvévő képesség →
  - bevonat
    - gyári
    - habarcs
  - többlet vízre van szükség → 3 mód
    - többletvíz adagolása → többlet keverési idő
    - beáztatás
    - vizes előkeverés

MENNYI VÍZ KELL ? MILYEN MÓDON ?

35

## Betontervezés elve

### Hagyományos betonok esetén:

- kívánt szilárdság megválasztása
- v/c meghatározása
- cementtartalom meghatározása
- adalékanyag megválasztása
  - mennyiség
  - szemmegoszlás

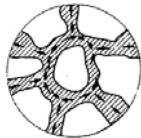
### Könnyűbetonok esetén:

- a szilárdság és a testsűrűség egyaránt követelmény
- adalékanyag megválasztása
  - homok és kavics külön kezelendő (teherhordó csak term. homokkal !)
  - szemmegoszlási görbe térfogatossággal számítása (lényegesen eltérő testsűrűségek)
- nem a telített beton a cél

## Teherviselés módja



normál beton



könnyű-adalékanyagos  
beton

(Romic, Lazic)

## Könnyűbeton szilárdsága

$$R_{KB} = (R_a \cdot V_a + R_h \cdot V_h) / (V_a + V_h)$$

- habarcs szilárdsága
  - cement típusa
  - cement mennyisége
  - v/c (ált. kicsi → adalékszer kell)

- adalékanyag szilárdsága

Probléma!

PÁRHUZAMOS KÖVETELMÉNY:

$$\rho_{KB} = (\rho_a \cdot V_a + \rho_h \cdot V_h)$$

## Adalékanyag-mennyiség meghatározása

Hézagosság kiszámítása:

$$H = 1 - \rho_H / \rho_T$$

Ha a szemcsék egyforma méretűek  $H=23\%$

+min. 20% túlteltettség

Habarcsrész min. aránya egy átlagos könnyűbetonban:

$$= 0,2 + 0,23 \cdot 0,8 = 0,36$$

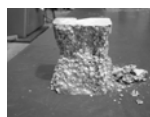
Adalékanyag max. mennyisége: kb. 0,64  
Még reális min. mennyiség: kb. max./2 = 0,32

## Betonkísérletek

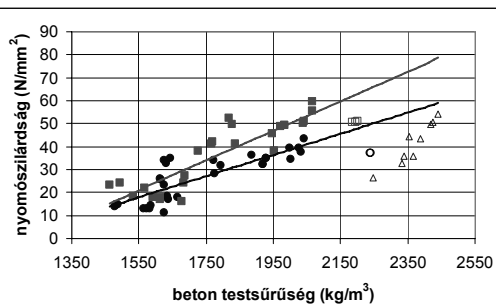
- Frissbeton tulajdonságok: konzisztencia



- Szilárdság: nyomó, hajlító, hasító

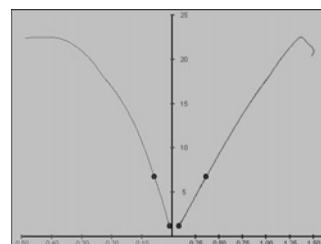


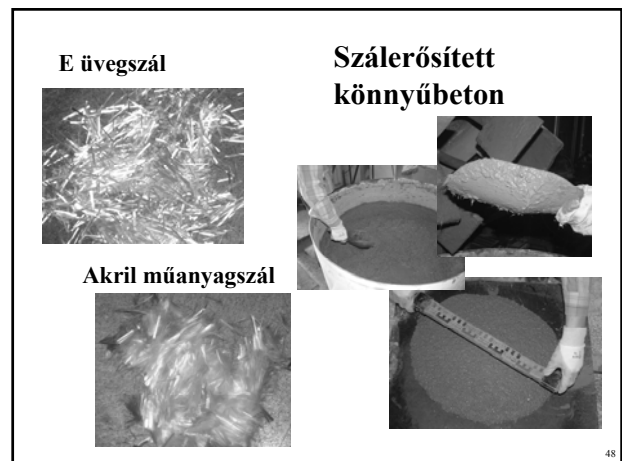
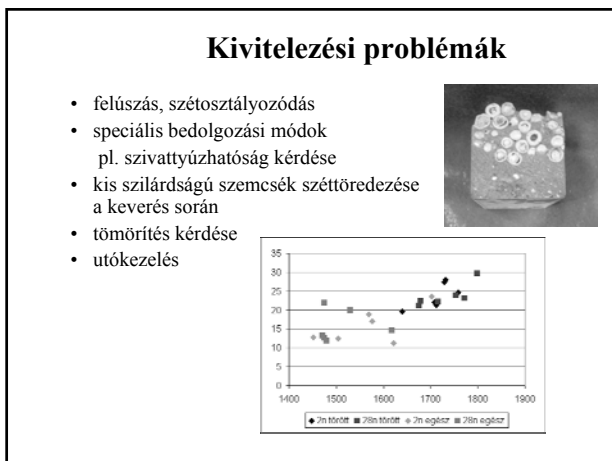
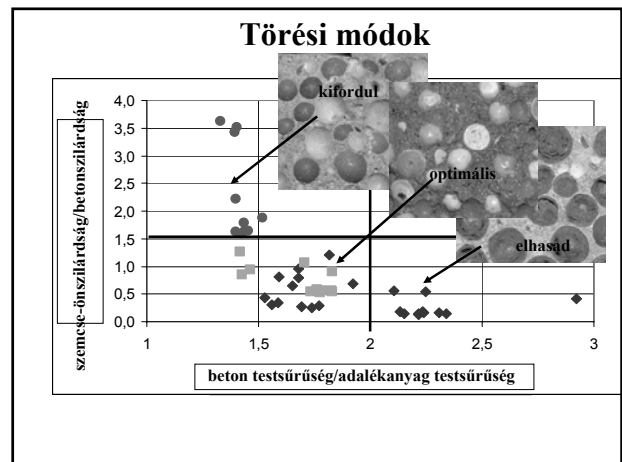
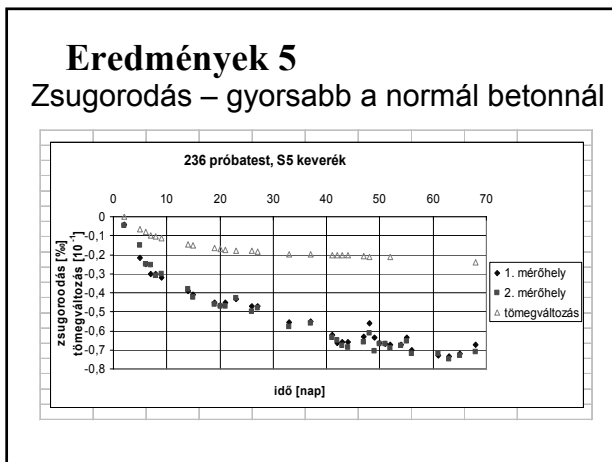
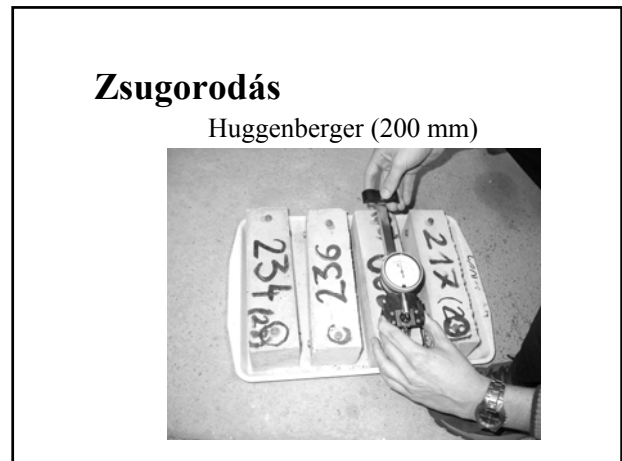
Típusa	Szilárdsági osztály, ha az adalékanyag mennyisége			
	90%	80%	50%	40%
G2		LC 3/9		
G10A		LC 35/38		LC 40/44
G13A		LC 16/18		
G23		LC 8/9		
G24	LC 12/13	LC 30/33	LC 30/33	LC 30/33



## Rugalmassági modulus

Próbatest	E (N/mm <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	E/ $\rho$
G24 60%	20273	1664	12,2
G23 60%	10731	1394	7,7
etalon	28300	2225	12,7







## Gazdaságosság kérdése:

drágább az adalékanyag, de  
anyagmegtakarítás és  
önsúlycsökkentés érhető el, viszont  
gondosabb kivitelezés kell,  
szereléstechnológia, épületszerkezet  
módosulhat

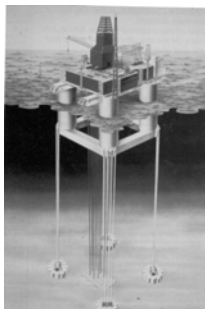
## Felhasználási lehetőségek

- könnyűbetonhoz adalékanyagként
- könnyű feltöltésnek  
falazóelem adalékanyagaként  
(cement, gipsz kötőanyaggal)
- zajvédő falakhoz
- hőszigetelő vakolathoz
- zöldtető feltöltésnek  
kertészeti, szőlészeti víz és tápoldat tároló

## Olaj fúrótornyok

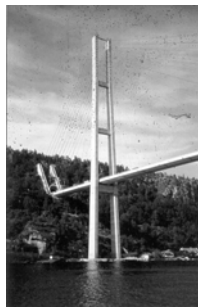


South  
Arne  
platform  
1999



Heidrun platform  
1995

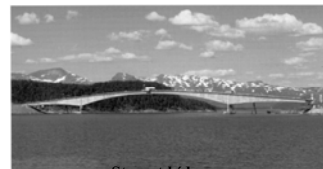
## Hidak



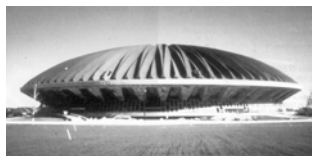
Grenland híd



Stålma híd



Stovset híd



53

## A könnyűbeton jövője

- szálerősítés?
- nagy szilárdság, akár LC 80/88?
- önterülő könnyűbeton?
- szivattyúzható könnyűbeton?

Cél:

- kisebb elemek vagy nagyobb elemméret
- kisebb szerkezeti magasság
- önsúly, alapozási költségek csökkentése
- kiegészítő hőszigetelő képesség
- repedésmentesség

54