

# Tartószerkezetek modellezése

16.,18. előadás

Falazott szerkezetek méretezése

1

## Falazott szerkezetek méretezése

Falazott szerkezetek alkalmazási területei:

**20. század:**

alacsony és középmagas épületek

**kb. 100 évvel ezelőtt:**

domináns szerkezetfajta

2

## Falazott szerkezetek méretezése

### **Előnye:**

- sokféle funkciót (térelhatárolás, teherhordás, hő- és hangszigetelés, lég- és vízzárás, tűzvédelem) ellátó "egyetlen elemből" készül,
- építészeti szempontból flexibilis: szabad alaprajzi forma, változatos szín és textúra,
- tartós építőanyag (jó anyag megválasztás esetén).

### **Hátránya:**

- relatív nagy súly,
- a teherhordó falak viszonylag nagy területet foglalnak el,
- képzett és gyakorlott munkaerő szükséges az elkészítéséhez,
- "hosszú" az építési idő.

3

## Falazott szerkezetek méretezése



Gaudi: Güell-kolónia kriptája

4

## Falazott szerkezetek méretezése



5

## Falazott szerkezetek méretezése



6

## Falazott szerkezetek méretezése



## Falazott szerkezetek méretezése



8

## A falak funkciója, tervezési szempontok

**teherbírás**

**hővédelem**

**hangvédelem**

**tűzvédelem**

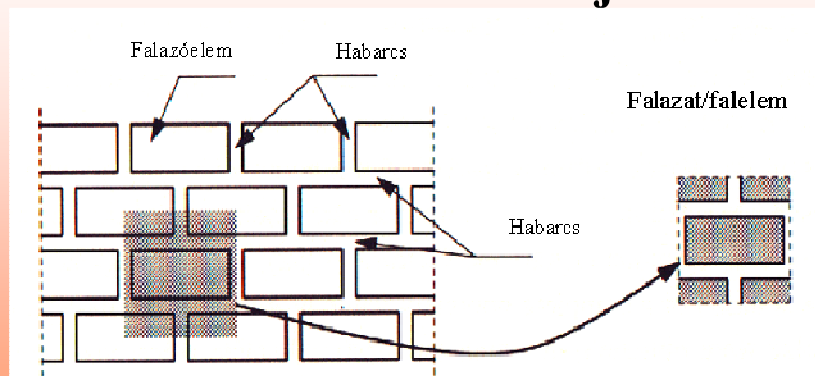
EC6

EC6

9

### Teberbírás

## Falazott szerkezetek modellezési szintjei



A falazott szerkezet két modellezési szintje

11

### A fal anyagai:

- **Falazóelem**  
(égetett agyag elem, mészhomok elem, beton elem, pórusbeton elem, természetes vagy mesterséges kő)
- **Habarc**  
(falazó-, hőszigetelő falazó-, ragasztó habarc)
- **Kapcsolat a falazóelem és a habarc között**
- **Kötési mód**

### Jellemzői:

- **Nyomószilárdság**  
(fekvőhézagra merőlegesen és fekvőhézaggal párhuzamosan)
- **Nyomószilárdság**
- **Húzó- és nyírószilárdság**

12

## Falazat: szilárdsági tönkremenetel

- **Homogénnek tekinthető viselkedés:**  
függ a falazóelem, a habarcs és a kapcsolatok jellemzőitől és a kötési módtól
- A számításban használt mechanikai jellemzők:
  - nyomószilárdság (fekvőhézaggal párhuzamosan és arra merőlegesen)
  - húzószilárdság
  - nyírószilárdság
  - hajlítószilárdság

13

## Falazott szerkezet:

**szilárdsági tönkremenetel  
stabilitásvesztés**

Teherbírási  
határállapotok

*Repedések  
keletkezhetnek!*

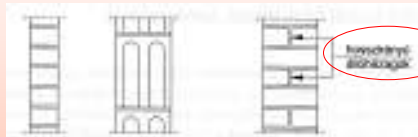
EC 6

**Használhatósági  
határállapot**

14

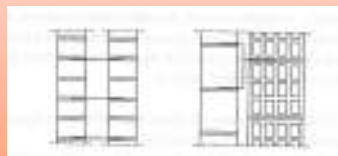
# Faltípusok 1.

Vasalás nélkül készülő falak:



Egyrétegű falak:

Hosszirányú állóhézaggal vagy anélkül.



Légréteges falak:

Teherhordó és/vagy együttműködő falrétegekkel.

15



16



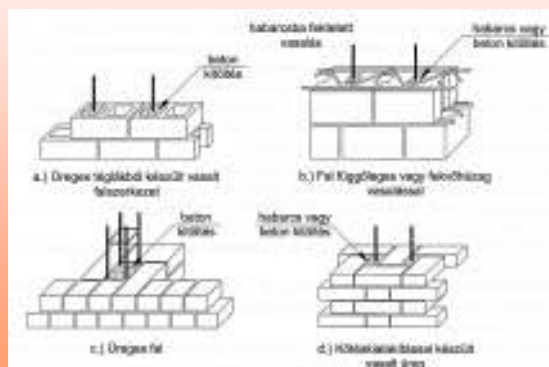


17

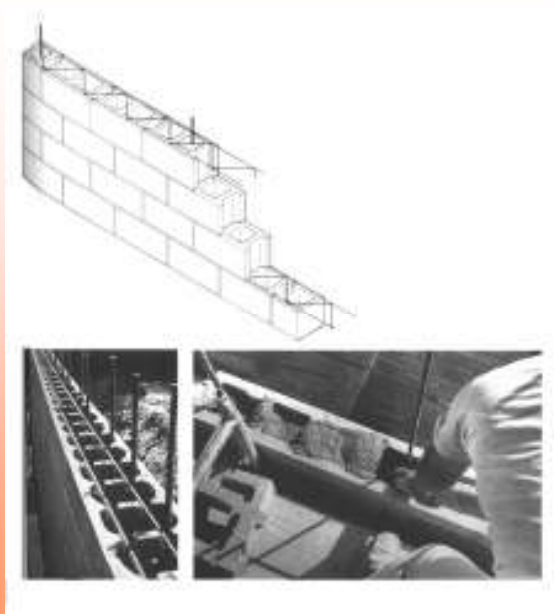
## Faltípusok 2.

### Vasalt falak:

Vasalás fekvőhézzagban vagy falazott üregben horonyban, falazóelem lyukban.



18



19



## Faltípusok 3.

### Közrefogott falak:

Faltestek vízszintes és függőleges **koszorúkkal** körülfogva.

(Feszített falak)

20

## Határállapotok, biztonság

- Teherbírási határállapot

- Szilárdsági tönkremenetel
- Stabilitásvesztés
- Helyzeti állékonyság

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}, \quad \gamma_M > 1$$

- Használhatósági határállapot

- Alakváltozás
- Repedezettség
- Rezgés

$$\gamma_M = 1$$

21

## Falazóelem 1.

- **Falazóelem** (minőségellenőrzési) **osztály: EN771**

**I. (minőségellenőrzési) osztály:** átlagos nyomószilárdság 95%-os megbízhatósággal

**II. (minőségellenőrzési) osztály:** átlagos nyomószilárdság

- **Falazóelem csoport:**

Üregtérfogat, üregméret, bordavastagság

**1. falazóelem csoport:** *tömör, kevés üreg (max. 25%)*

**2. falazóelem csoport:** *közepesen sok (max. 55%) üreg*

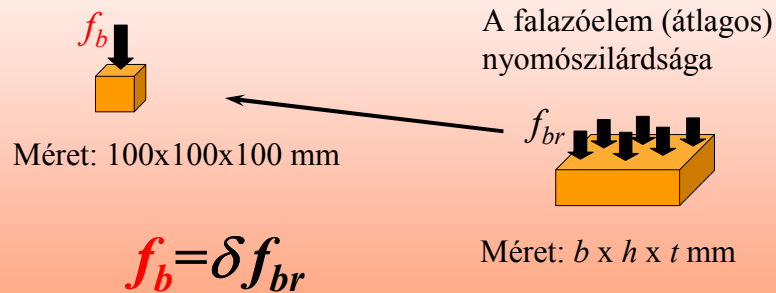
**3. falazóelem csoport:** *sok üreg (max. 70%)*

**4. falazóelem csoport:** *falazóelem vízszintes lyukkal*

22

## Falazóelem 2.

### Szabványos (átlagos) nyomószilárdság:



$$f_b = \delta f_{br}$$

$0,65 < \delta < 1,55$  - *alaki tényező*; EN 772 szerint, a terhelés irányának megfelelően.

23

## Habarcs

- Fajtái:
  - általános falazóhabarcs, 6 – 15 mm
  - hőszigetelő falazóhabarcs, 6 – 15 mm
  - ragasztóhabarcs, 0,5 – 3 mm
- Jellemzése:
  - nyomószilárdság:  $f_m$ , EN 1015-11 szerint
  - tapadó-szilárdság
- Jelölése:  $Mf_m$ , N/mm<sup>2</sup>, pl. M5; min. M1

24

- Kitöltő beton:  $f_{ck}, f_{cvk}$  MSZ EN 206
- Vasalás:
  - betonacél:  $f_{yk}$  MSZ EN 1992-1-1
  - feszítőacél: EN 10038 szerint

25

## Vasalatlan **falazat** mechanikai jellemzői

- nyomószilárdság,  $f_k$ , EN 1052-1
- nyírószilárdság,  $f_{vk}$ , EN 1052-3, EN 1052-4
- hajlítószilárdság,  $f_{xk}$ , EN 1052-2

Meghatározható **kitöltetlen** és **kitöltött állóhézag**gal készülő falazatra.

**Kitöltött állóhézag:** habarcs az elem teljes magasságában és a falvastagság legalább 40% - ban.

26

## A falazat biztonsági tényezője, $\gamma_M$

$\gamma_M$ , parciális biztonsági tényező					
Falazat	Osztály				
	1	2	3	4	5
I. gyártásellenőrzési kategória, tervezett habarcs	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
I. gyártásellenőrzési kategória, recept habarcs	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
II. gyártásellenőrzési kategória, tetszőleges habarcs	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0

27

## A falazat nyomószilárdsága, $f_k$

Falazat általános vagy hőszigetelő falazó habarccsal:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} f_m^{0,3}$$

Falazat ragasztó habarccsal:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,85}$$

Azonos kitöltetlen  
állóhézag esetében is.

K – a falazóelem anyagának és a falazóelem csoportnak a függvénye. Alkalmazhatósági korlátozás  $f_b$  – re és  $f_m$  – re.

(Végigmenő álló hossz-hézag esetén 0,8 K használandó.)

28

## Falazat nyomószilárdságának összehasonlítása

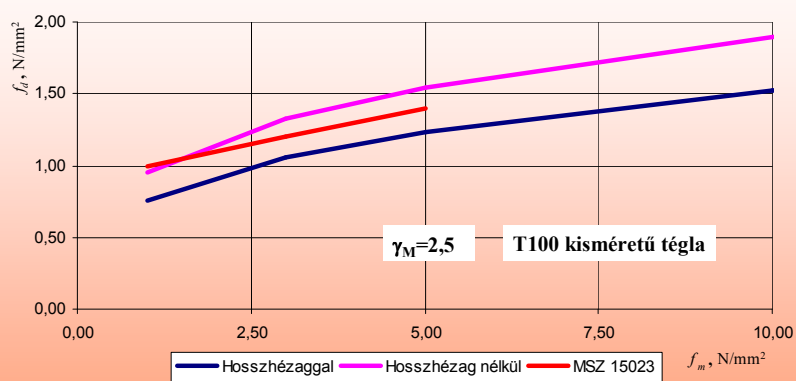
Falazóelem	Méret, mm	$R_{Tb}$ N/mm <sup>2</sup>	$R_{Tb}$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{mb}$ N/mm <sup>2</sup> , (II.o.)	$f_{b,}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_m,$ N/mm <sup>2</sup>	$f_k,$ N/mm <sup>2</sup>	$f_d,$ N/mm <sup>2</sup> , $\gamma_M=2,5$
Kisméretű tégla	250x120x65	10	5	1,4	8,1	5	3,85	1,54
Nagyméretű tégla	300x150x65	10	5	1,4	7,5	5	3,65	1,46
Lyukas kézi falazóelem	300x250x238	10	5	1,6	11,4	5	4	1,6
Pórusbeton elem	600x200x300	5	5	1	5,5	5	2,94	1,18

MSZ

EC6

29

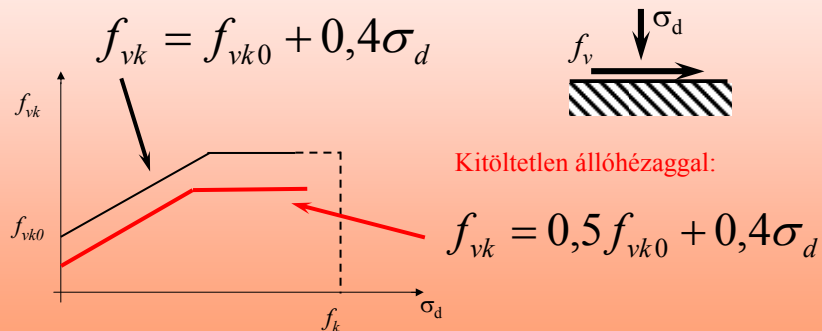
A hosszézag hatása a falazat szilárdságára



30

## A falazat nyírószilárdsága, $f_{vk}$

Falazat általános, hőszigetelő falazó habarccsal vagy ragasztó habarccsal: EN1052-3, EN1052-4 (kísérlet)



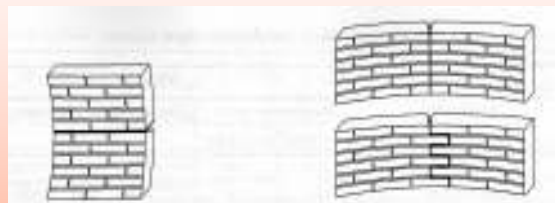
Szigetelési síkon kísérlettel határozható meg a nyírószilárdság.

31

## A falazat hajlítószilárdsága, $f_{xk}$

Meghatározása kísérlettel: EN1052-2 szerint

$f_{xk1} = 0$  földnyomás és földrengés esetén.



Tönkremenetel a fekvőhézaggal párhuzamosan,  $f_{xk1}$   
A fal leterhelésével jelentősen megnövelhető.

Tönkremenetel a fekvőhézagra merőlegesen,  $f_{xk2}$

32

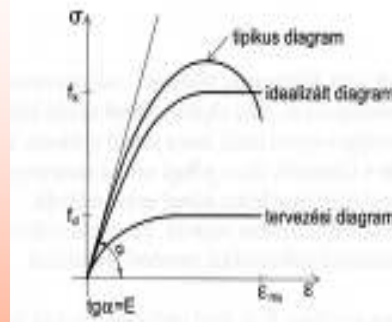


## A falazat egyéb mechanikai jellemzői:

- $\sigma - \varepsilon$  diagram,  
rugalmassági modulus

$E=1000f_k$  – égetett agyag

$E=700f_k$  – pórusbeton



- Kúszási tényező:  $\phi_{\infty} = 0,5 - 3,0$
- A zsugorodás és duzzadás mértéke:  $-1,0 - +1,0$  mm/m
- Hőtágulási együttható:  $1 - 18 \times 10^{-6}/K^{\circ}$

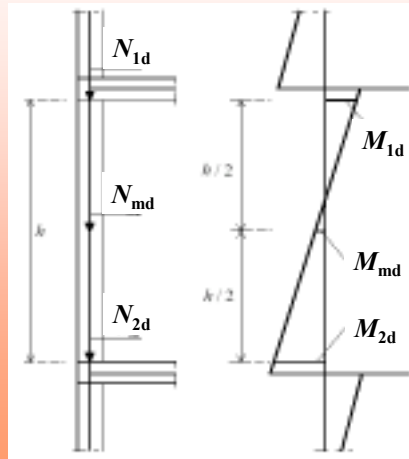
33

## Falazott szerkezetek méretezése

Teherbírási határállapot

## Függőlegesen terhelt falak 1.

Külpontos nyomás a fal alján, tetején



Merevített épület,  $h_{ef} = \rho_n h$

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d$$

$$\Phi_i = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t}$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} \pm e_{init}$$

pl. szél

$$h_{ef} / 450$$

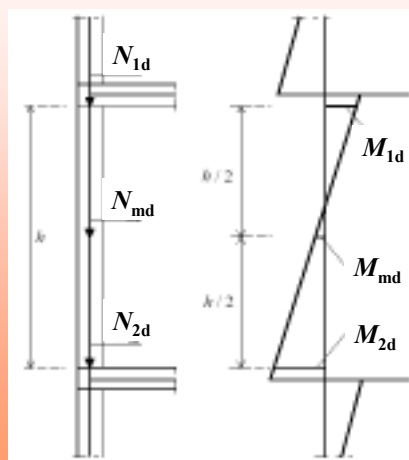
$$e_i \geq 0,05 t$$

**Szilárdsági tönkremenetel**

35

## Függőlegesen terhelt falak 2.

Külpontos nyomás a fal közepén



Merevített épület,  $h_{ef} = \rho_n h$

$$N_{Rd} = \Phi \cdot t \cdot f_d$$

$$\Phi_m = \Phi_m(E, f_k, e_{mk}, h_{ef}, t)$$

$$e_{mk} = e_m + e_k \geq 0,05 t$$

← kúszás miatt

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{he} \pm e_{init}$$

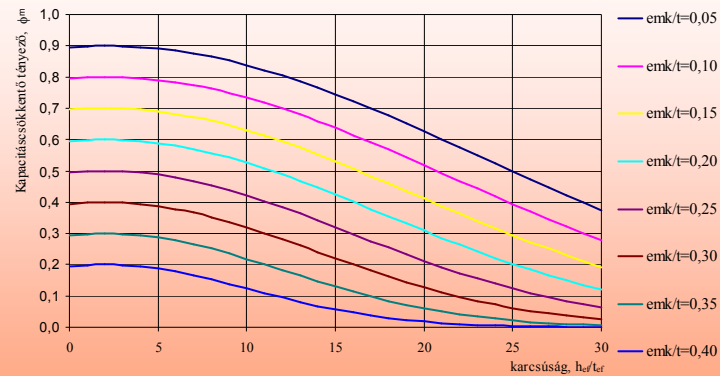
pl. szél

$$h_{ef} / 450$$

**Stabilitásvesztés!**

36

## Kapacitáscsökkentő tényező 1.

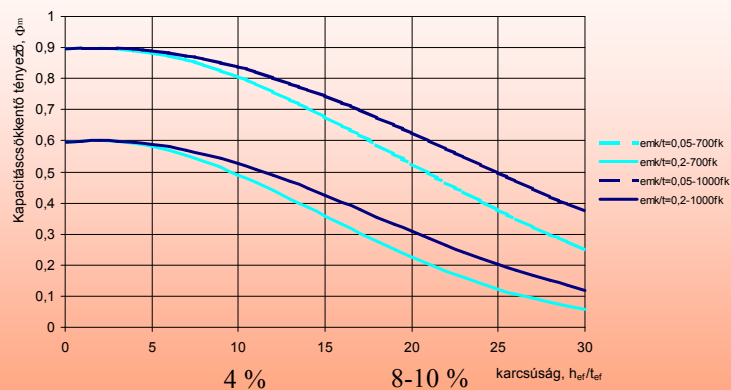


tényleges stabilitásvesztés és nem másodrendű hatás melletti szilárdsági tönkremenetel

$E=1000f_k$  – égetett agyag

37

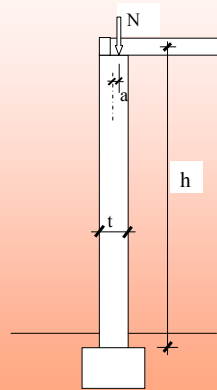
## Kapacitáscsökkentő tényező 2.



$E=1000f_k$  – égetett agyag,  $E=700f_k$  - pórusbeton

38

## Példa: földszintes merevített épület külső fala



Legyen:

$$h = 3,00 \text{ m}$$

$$t = 300 \text{ mm}, a = 0$$

$$e_{init} = 3000/450 = 6,67 \text{ mm}$$

$$0,05 t = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 3000 \text{ mm}$$

$$h_{ef}/t = 3000/300 = 10$$

39

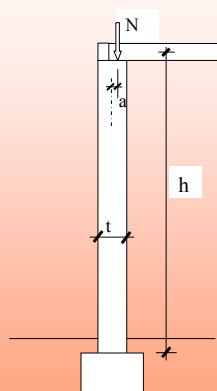
## Központos nyomás 1.

Eurocode 6							
Hely	$M_{i,m}/N_{i,m}$ , mm	$e_a$ , mm	$e_{i,mk}$ , mm	$e_{mk}/t$	$\Phi_{i,m}$		$N_{Rd}$ , kN/m
					$E=1000f_k$	$E=700f_k$	$E=1000f_d$ $E=700f_d$
felül	0	6,67	15		0,9	0,9	$270 \cdot f_d$ $270 \cdot f_d$
középen	0	6,67	15	0,05	0,838	0,806	<b><math>251,4 \cdot f_d</math></b> <b><math>241,8 \cdot f_d</math></b>
alul	0	6,67	15		0,9	0,9	$270 \cdot f_d$ $270 \cdot f_d$

4%

40

## Példa: földszintes merevített épület külső fala



Legyen:

$$h = 6,00 \text{ m}$$

$$t = 300 \text{ mm}, a = 0$$

$$e_{init} = 6000/450 = 13,33 \text{ mm}$$

$$0,05 t = 0,05 \cdot 300 = 15 \text{ mm}$$

$$h_{ef} = 6000 \text{ mm}$$

$$h_{ef}/t = 6000/300 = 20$$

41

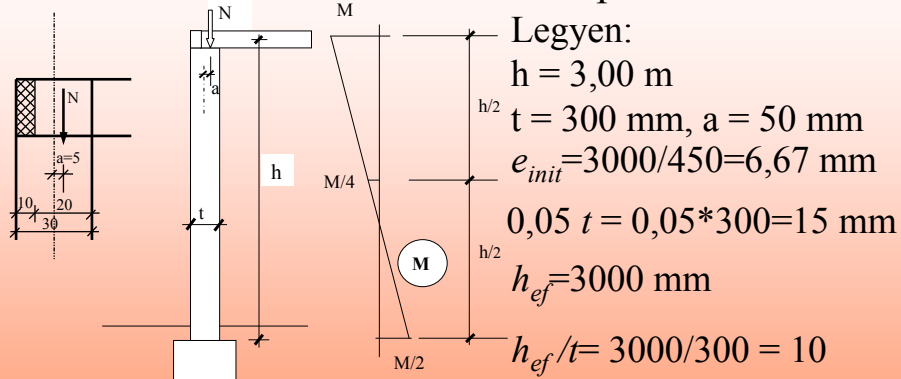
## Központos nyomás 2.

Eurocode 6							
Hely	$M_{i,m}/N_{i,m}$ , mm	$e_a$ , mm	$e_{i,mk}$ , mm	$e_{mk}/t$	$\Phi_{i,m}$		$N_{Rd}$ , kN/m
					$E=1000f_k$	$E=700f_k$	$E=1000f_k$ $E=700f_k$
félül	0	13,33	15		0,9	0,9	$270 \cdot f_d$ $270 \cdot f_d$
középen	0	13,33	15	0,05	0,627	0,528	$188,1 \cdot f_d$ $158,4 \cdot f_d$
alul	0	13,33	15		0,9	0,9	$270 \cdot f_d$ $270 \cdot f_d$

16 %

42

## Példa: földszintes merevített épület külső fala



43

## Külpontos nyomás 1.

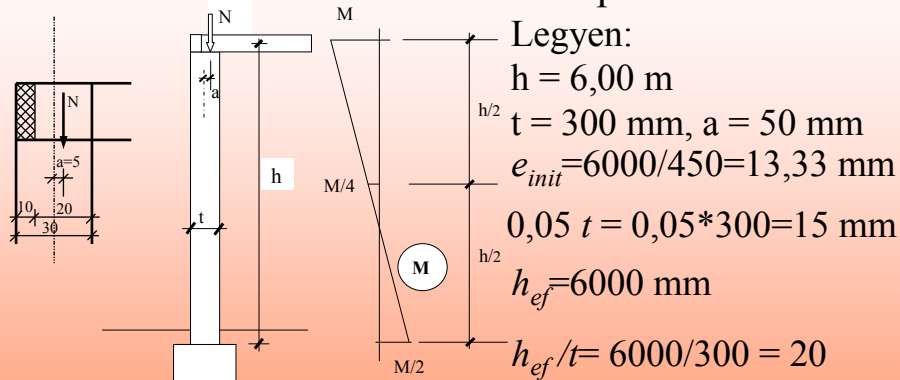
Eurocode 6								
Hely	M <sub>i,m</sub> /N <sub>i,m</sub> , mm	e <sub>init</sub> , mm	e <sub>i,mk</sub> , mm	e <sub>mk</sub> /t	Φ <sub>i,m</sub>		N <sub>Rd</sub> , kN/m	
					E=1000f <sub>k</sub>	E=700f <sub>k</sub>	E=1000f <sub>k</sub>	E=700f <sub>k</sub>
felül	50	6,67	56,67		0,622	0,622	186,6·f <sub>d</sub>	186,6·f <sub>d</sub>
középen	12,5	6,67	19,17	0,064	0,809	0,777	242,7·f <sub>d</sub>	233,1·f <sub>d</sub>
alul	-25	-6,67	-31,67		0,789	0,789	236,7·f <sub>d</sub>	236,7·f <sub>d</sub>

0 %

Szilárdsági  
tönkremenetel a  
felső  
csomópontban.

44

## Példa: földszintes merevített épület külső fala



Kúszás hatását is figyelembe kell venni.  $\phi_{\infty} = 1$

45

## Külpontos nyomás 2.

Eurocode 6										
Hely	$M_{i,m}/N_{i,m}$ mm	$e_a$ , mm	$e_{i,m}$ , mm	$e_k$ , mm	$e_{i,mk}$ , mm	$e_{mk}/t$	$\Phi_{i,m}$		$N_{Rd}$ , kN/m	
							$E=1000f_k$	$E=700f_k$	$E=1000f_k$	$E=700f_k$
félül	50	13,33	63,33		63,33		0,578	0,578	173,4 $f_d$	173,4 $f_d$
középen	12,5	13,33	25,83	3,52	29,35	0,0978	0,523	0,426	156,9 $f_d$	127,8 $f_d$
alul	-25	-13,33	-38,33		-38,33		0,744	0,744	223,3 $f_d$	223,3 $f_d$

19 %

Stabilitásvesztés.

Kúszás okozta külpontosság növekmény:  $e_k = 0,002 \phi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t \cdot e_m}$

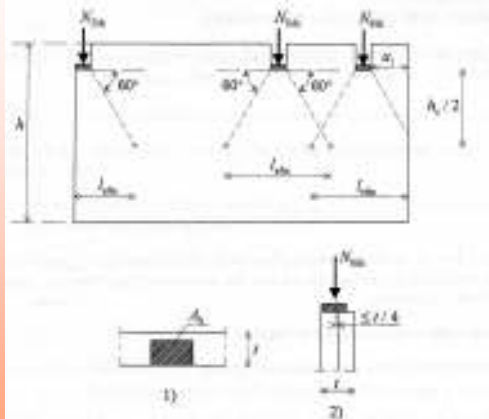
46

## Koncentrált erők, erőbevezetések 1.

- Két vizsgálat:
  - **Lokális vizsgálat:** a felfekvési felület alatt helyi nyomásra.
    - Ha a falazóelem 1. falazóelem csoportba tartozik, akkor növelhető a falazat nyomószilárdsága, egyébként nem.
  - **Globális vizsgálat:** A koncentrált erő környezetében, falmagasság felében, külpontos nyomásra.

47

## Koncentrált erők, erőbevezetések 2.



**Lokális vizsgálat:**

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b f_d$$

$$1 \leq \beta = \left( 1 + 0,3 \frac{a_1}{2h_c} \right) \left( 1,5 - 1,1 \frac{A_b}{A_{ef}} \right) \leq 1,25 + \frac{a_1}{2h_c} \text{ vagy } 1,5$$

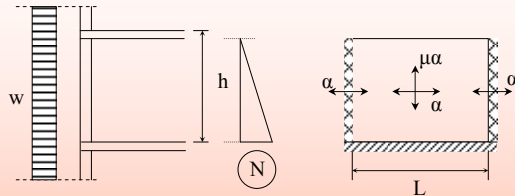
**Globális vizsgálat:**

teher az erőszétterjedés figyelembevételével.

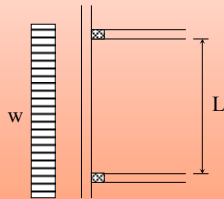
48



## Vázkitöltő fal



(Táblázatok az igénybevételek meghatározására.)

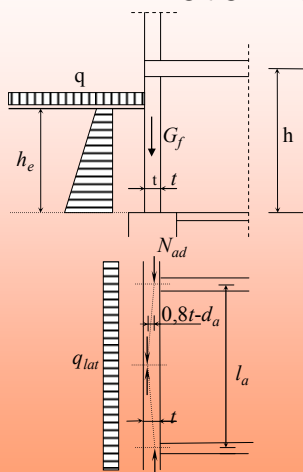


Méretezés:

Hajlított lemezek törésvonal elmélete alapján.  
A falazat hajlítószilárdságának ismeretében.  
( $f_{xk1} / f_{xk2}$ ).

49

## Leterheletlen pincefal



Méretezés: keresztfalakra támaszkodó lapos ívként.

Szükséges: a falazat fekvőhézaggal párhuzamos nyomószilárdsága.  
Ehhez a falazóelem fekvőhézaggal párhuzamos nyomószilárdsága.

A fal kitöltött állóhézagokkal készüljön.

$$N_{ad} = 1,5 f_d \frac{t}{10}$$

$$q_{lat,d} = f_d \left( \frac{t}{l_a} \right)^2$$

50

## Egyéb

- Nyírt vasalatlan falak, merevítő falak méretezési eljárásai.
- Vasalt falazott szerkezetek méretezési eljárásai.
- Közrefogott falak, feszített falak méretezési elvei.
- Szerkesztési szabályok.

51

## Használhatósági határállapotok

- A **használhatósági határállapot** merevségi és repedésekkel kapcsolatos követelményei **teljesülnek**, ha a **teherbírási határállapot** követelményei **teljesülnek**.
- Ez nem zárja ki kisebb **repedések** megjelenését.
- A repedések csökkenthetők a **szerkesztési szabályok** betartásával, elkerülhetők **fekvőhézag vasalás** alkalmazásával.

52