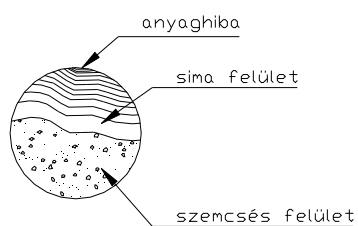


Acélszerkezetek fáradása

A fáradás jelensége



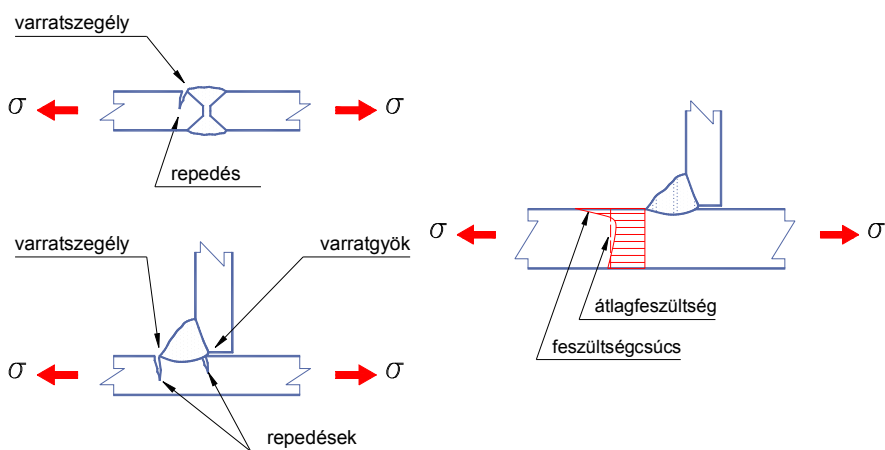
A fáradt törés

- ismétlődő terhek hatására
- a statikus törőszilárdság feszültség szintje alatt
- feszültségcsúcsoknál
- lokális képlékeny alakváltozásból indul ki
- általában $N > 10^4$
- Kisciklusú fáradt törés
- arányossági határnál nagyobb feszültségnél
- a maradó alakváltozások halmozódása miatt
- (Helyesen méretezett építőmérnöki szerkezetnél nem fordulhat elő.)

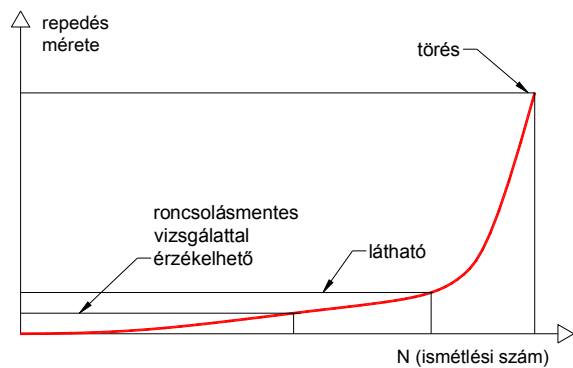
Fáradásnak kitett építőmérnöki szerkezetek

- ▶ Hidak
- ▶ Darupályatartók
- ▶ Tornyok, kémények (szélhatás)
- ▶ Tengeri építmények (hullámozás)

Varratok fáradása



A repedések növekedése

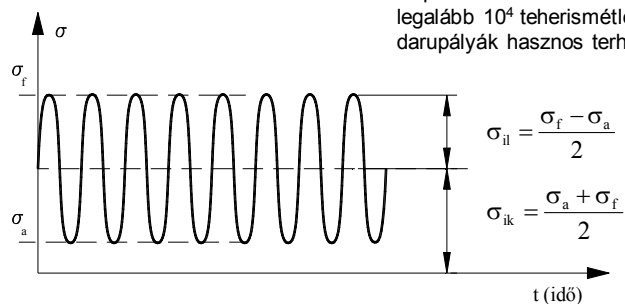


- A törést megelőző fárasztási ciklusokban felgyorsul.
- Nehéz ellenőrizni, a törés idejét nem lehet megjósolni ... ☹

A fárasztó terhek – fárasztási kísérletek

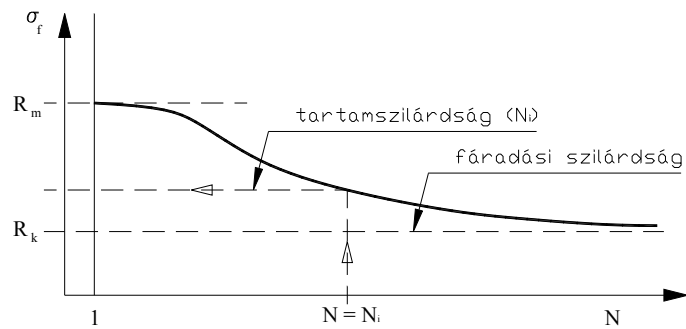
Fárasztó terhek:

a szerkezet várható élettartama alatt alapértékük 40%-ánál nagyobb mértékben legalább 10^4 teherismétlést okoznak. (Hidak, darupályák hasznos terhe)



A Wöhler-görbe

August Wöhler (1819–1914)



azonos próbatestek

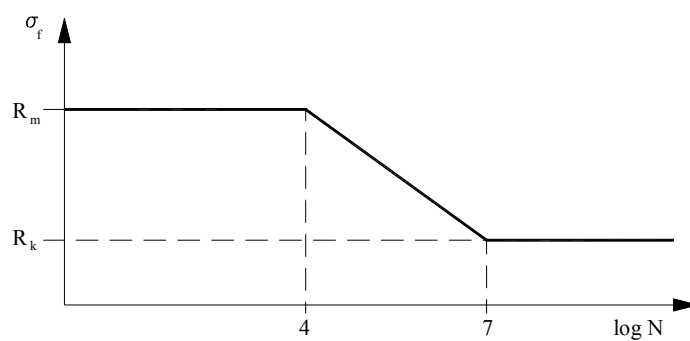
$\sigma_a = \text{const}$

Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

7

A Wöhler-görbe közelítése egyenesekkel

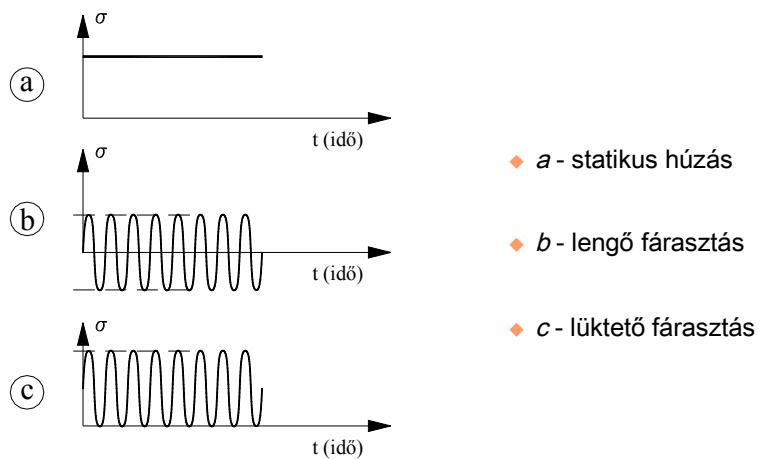


Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

8

A fárasztás különleges esetei

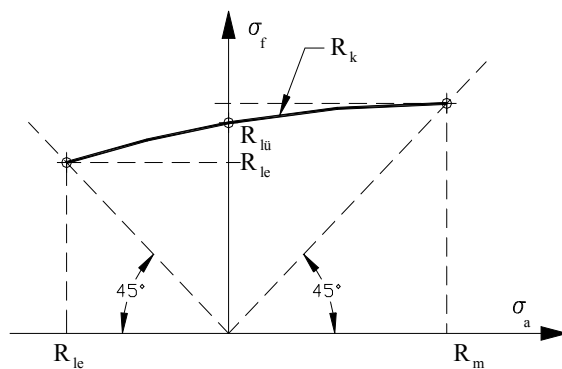


Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

9

A Goodman-diagram

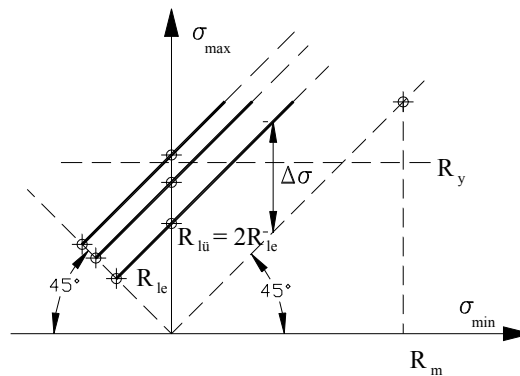


Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

10

A Goodman-diagram közelítése 45°-os egyenesekkel



Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

11

A fáradás vizsgálatának néhány problémája

- ▶ a fáradási szilárdság nem anyagállandó;
- ▶ kísérleti eredmények erős szórása;
- ▶ kísérleteknél periodikus, valóságos terheknél szabálytalan feszültség-ingadozás;
- ▶ fáradási szilárdság a hőmérséklettől is függ;
- ▶ fáradás és rideg törés analógiája.

Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

12

A fáradásvizsgálat történeti fejlődése

- a.) Méretezés fáradási tényezővel: $\gamma_f \cdot \sigma_{\max} \leq \sigma_H$

- b.) Méretezés fáradási határfeszültséggel: $\sigma_{\max} \leq \sigma_{fH} = \frac{R_k}{\gamma}$

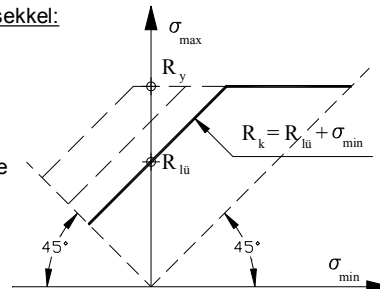
Ha $\gamma_f = \gamma \frac{\sigma_H}{R_k}$, „a” és „b” eljárás azonos.

- c.) Goodman diagram közelítése 45°-os egyenesekkel:

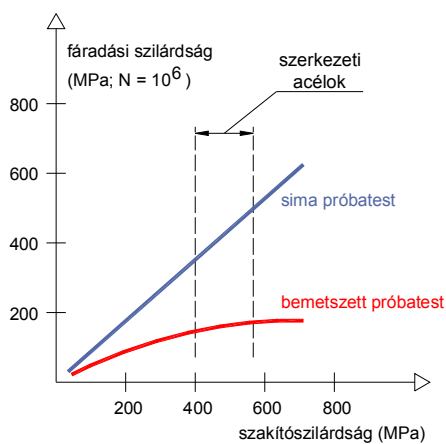
$$R_k = R_{lü} + \sigma_{\min}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \leq \sigma_{fH} = \frac{R_{lü}}{\gamma}$$

Az „52”-es (355) anyagok fáradási határfeszültsége a „37”-es (235) anyagokéval azonos.
 lüktetőszilárdság nagyobb
 repedékenységi hajlam nagyobb
 kísérleti eredmények szórása nagyobb

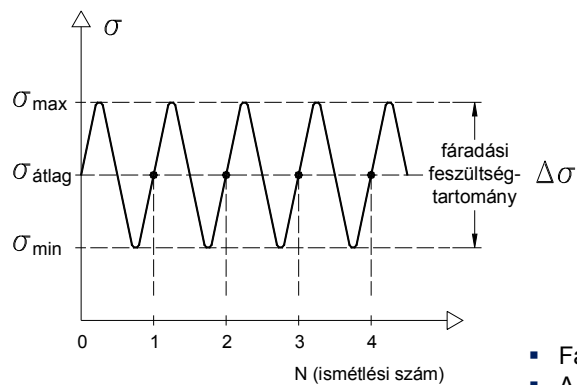


A fáradási szilárdság és a szakítószilárdság kapcsolata



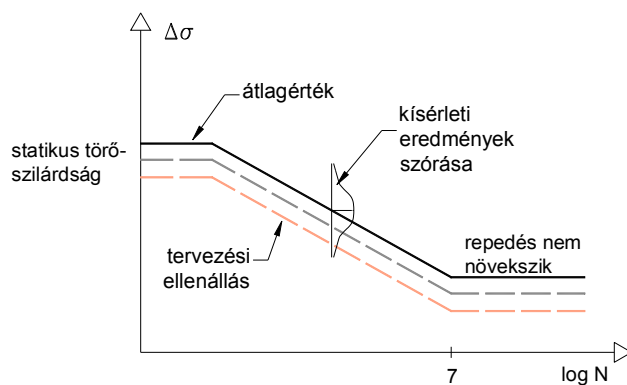
- Szerkezeti acéloknál a nagyobb szakítószilárdság hatása a fáradási szilárdságra nem jelentős.

A fáradási szilárdság és fáradási élettartam definíciója

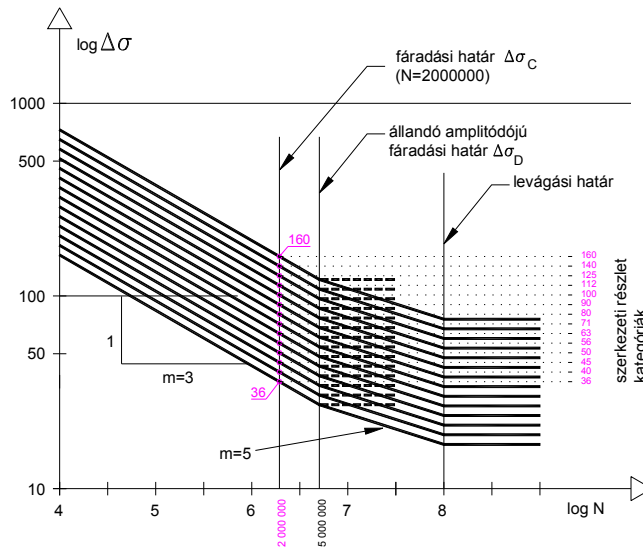


- Fáradási szilárdság= $\Delta\sigma$;
- A fáradási élettartam a teherismétlések számával (N) fejezhető ki.

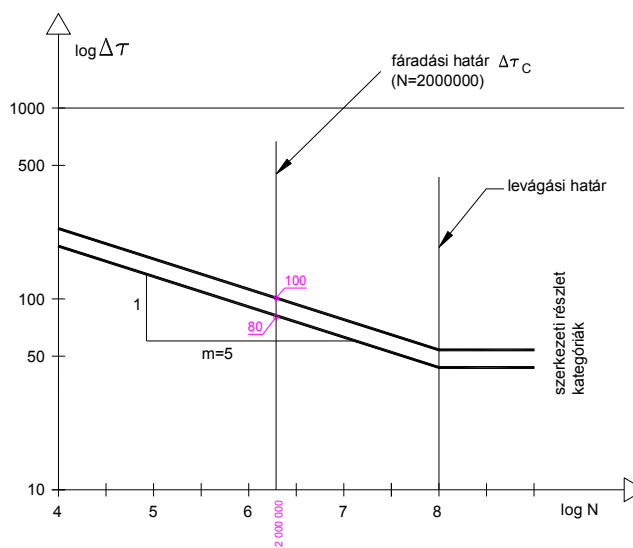
Az S – N (fáradási szilárdság – ismétlési szám) görbék elve



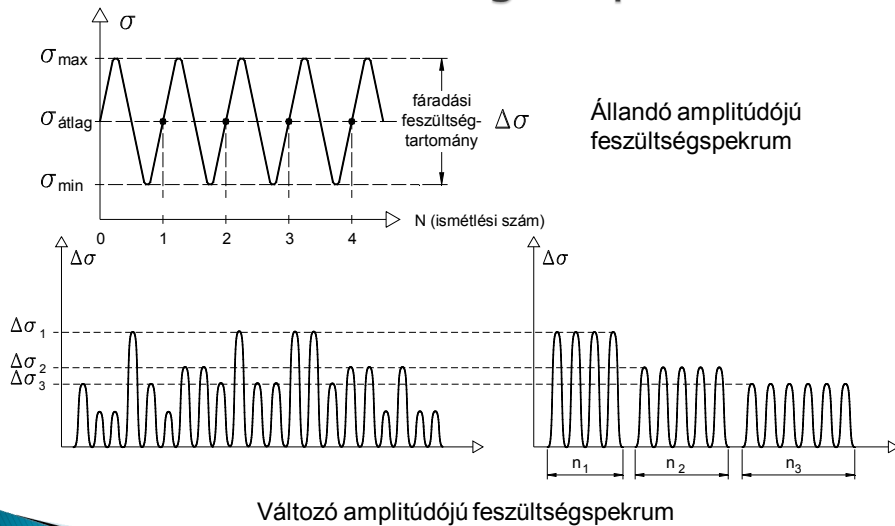
Az EC3 szerinti S - N görbék



S - N görbék nyírófeszültségekre



A fárasztó feszültségek spektruma



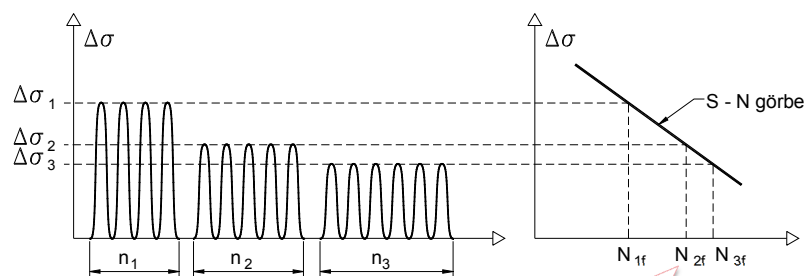
Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

19

A lineáris károsodáshalmozódás

Palmgren - Miner -féle hipotézis (egyelőre nincs jobb...)



- Egy adott teher nagyság által okozott károsodás:

$$D_i = \frac{n_i}{N_{if}}$$

Szerkezetépítés II.

Dr. Németh György

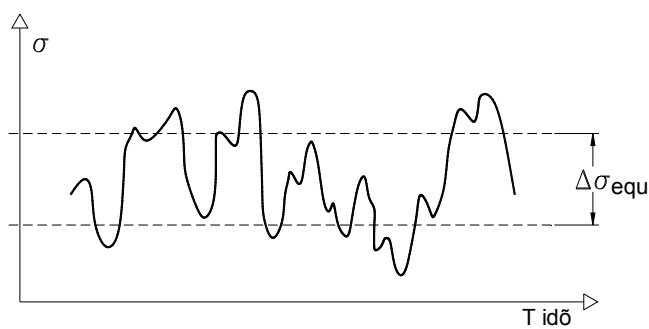
20

Az összegzett károsodás (D)

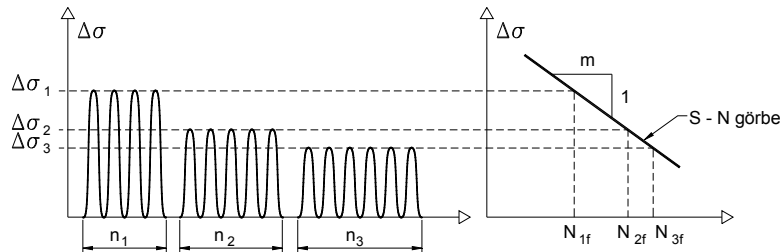
$$D = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_{if_i}}$$

- ▶ A szerkezeti elem fáradásra megfelelő, ha: $D \leq 1$

Egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségtartomány értelmezése



Egyenértékű állandó amplitúdójú feszültségteremtő számítása



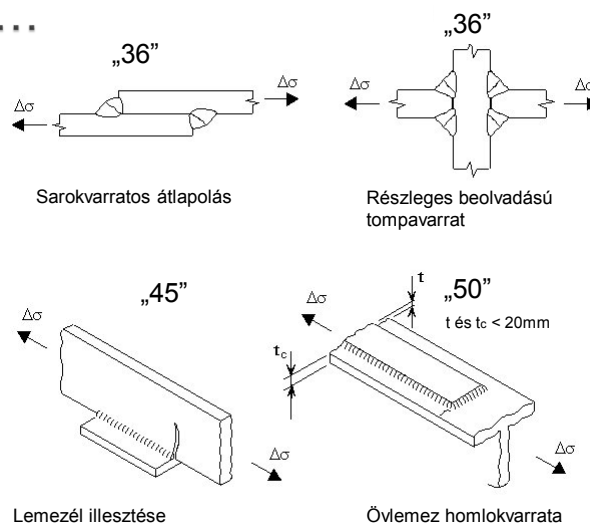
$$\Delta\sigma_{equ} = \left[\frac{\sum n_i \cdot \Delta\sigma_i^m}{\sum n_i} \right]^{\frac{1}{m}}$$

Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

23

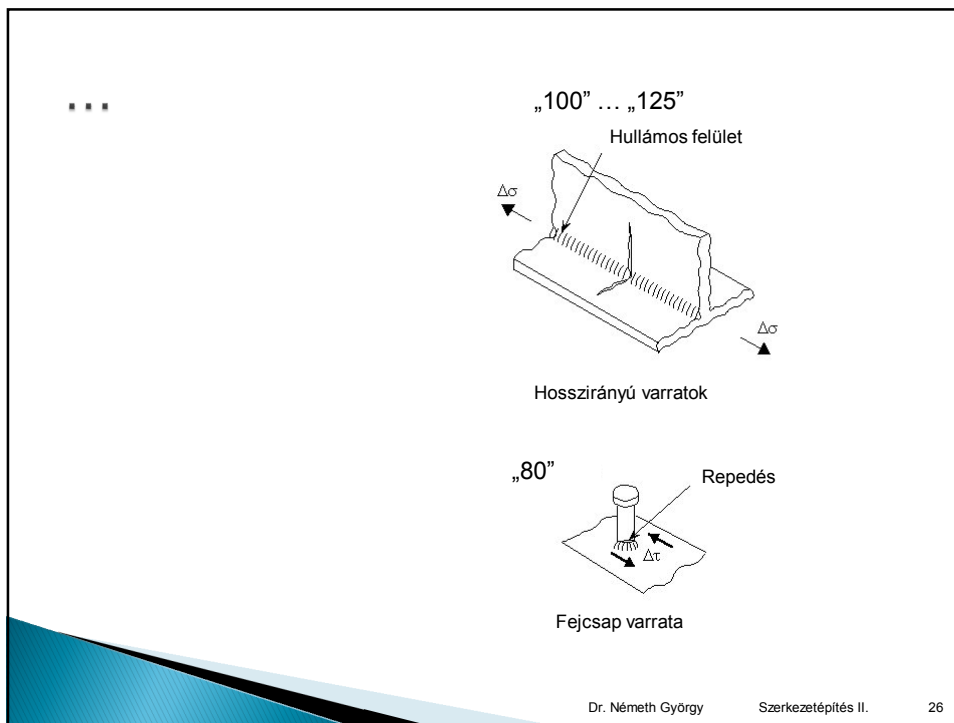
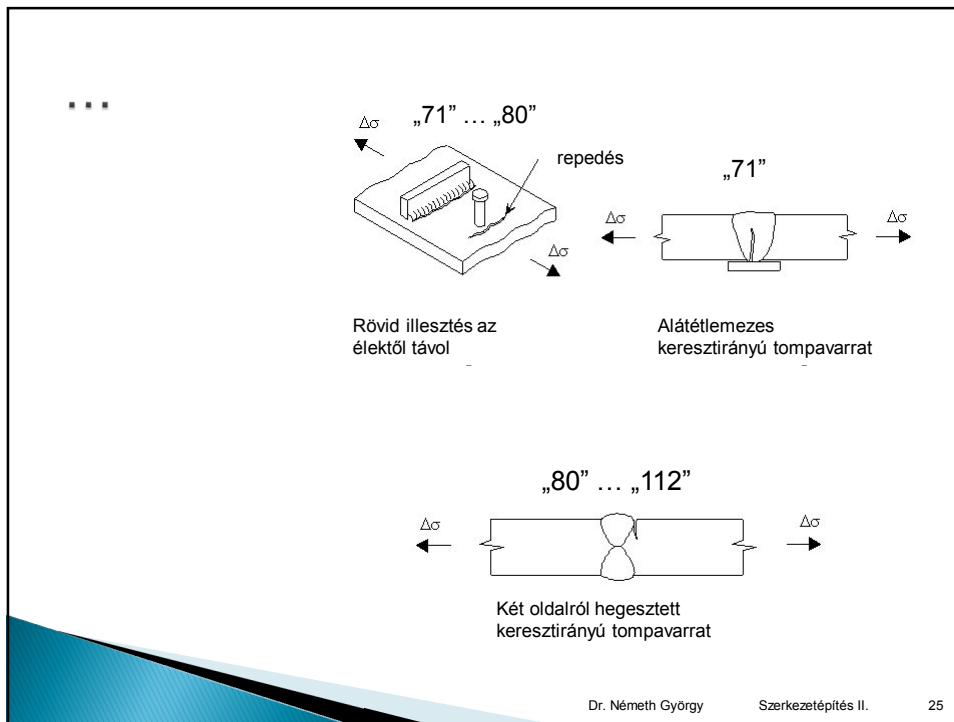
Szerkezeti részlet kategória példák ...

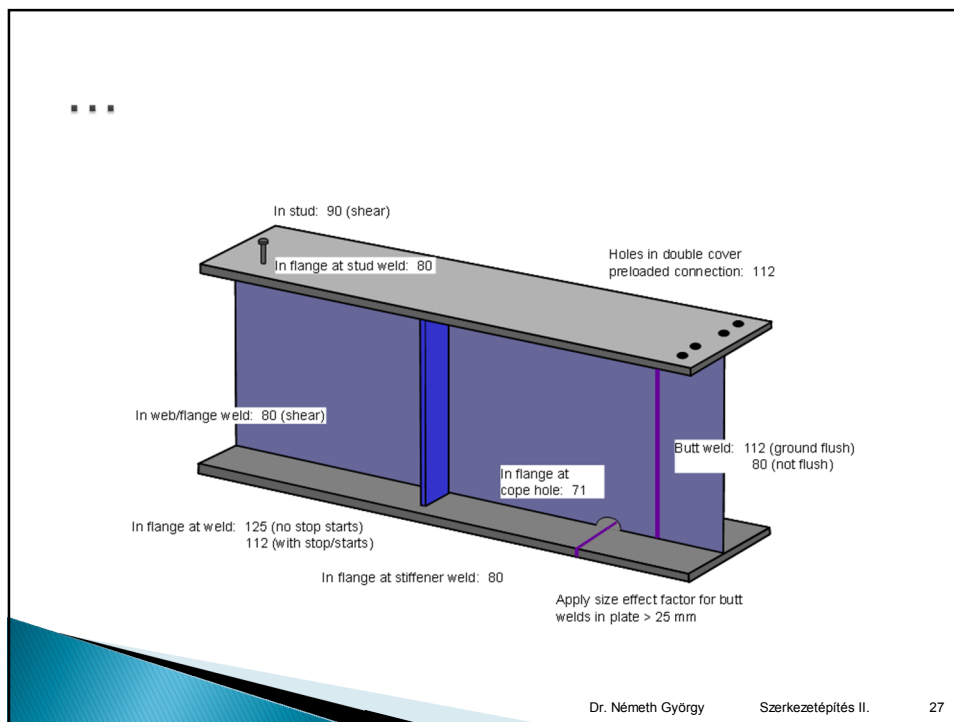


Dr. Németh György

Szerkezetépítés II.

24





A fáradás ellenőrzése (EC3-1-9)

Általános feltétel:

$$\Delta\sigma \leq 1,5f_y$$

$$\Delta\tau \leq 1,5f_y/\sqrt{3}$$

$E_{2,2}$: 2 millió ismétlési számra átszámított

Egyenértékű;

C : az S-N görbén a 2 millió ismétlési számhoz tartozó érték

Egyszerű feszültségi állapotokra:

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C/\gamma_{Mf}} \leq 1$$

és

$$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C/\gamma_{Mf}} \leq 1$$

Összetett feszültségi állapotokra:

$$\left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C/\gamma_{Mf}}\right)^3 + \left(\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C/\gamma_{Mf}}\right)^5 \leq 1$$

Az egyenértékű feszültségtartomány

- ▶ $\Delta\sigma_p = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}|$
- ▶ A feszültségspektrum által okozott kár kifejezhető a 2×10^6 ismétlésszámhoz tartozó egyenértékű feszültségtartománnyal:

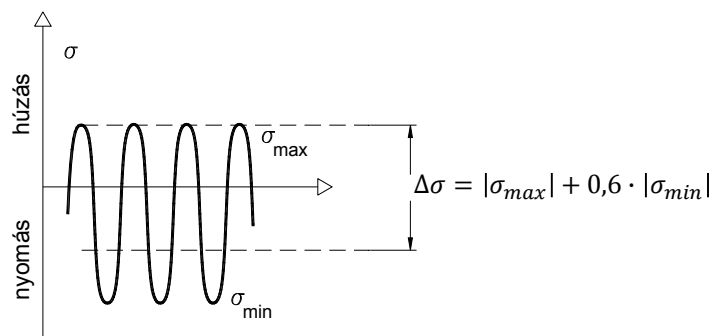
$$\Delta\sigma_{E2} = \lambda\phi_2\Delta\sigma_p$$

λ : káregyenértékűségi tényező

ϕ_2 : káregyenértékűségi „impact” tényező

▶

Nem hegesztett elemek vizsgálata



A káregyenértékűségi tényező

- ▶ $\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4$ de $\lambda \leq \lambda_{\max} = 1,4$
- ▶ λ_1 a járműforgalom károsító hatását kifejező tényező, amelynek értéke a mértékadó hatásvonal hosszától függ;
- ▶ λ_2 a forgalom nagyságától függő tényező;
- ▶ λ_3 a híd tervezési élettartamától függő tényező;
- ▶ λ_4 a szerkezeti elemtől függő tényező, ha több mint egy pályáról kap terhelést;