

Festigkeit der Baustoffe.

NIEKTÓRE DANE O KRYTYCZNEJ WYTRZYMAŁOŚCI MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH WEDŁUG ŹRÓDEŁ NIEMIECKICH.

(tyczy się tylko najgłówniejszych materiałów najczęściej używanych w budownictwie).

Opracował Prof. Dypl. Inż. Dr ST. KUNICKI.

Flussstahl. Zlewna Stal. Znak gatunku stali St. 00.12 — Wytrzymałość na rozciąganie mniejsza od ≤ 5000 kg/cm²; granica płynności (plastyczności), Fließgrenze ≥ 2000 kg/cm². Moduł sprężystości podłużnej: $E = 1/\alpha = 2.100.000$ kg/cm²; moduł sprężystości poprzecznej $G = 1/\beta = 810.000$ kg/cm².

Stahl 34.13. Znak gatunku stali 34.13—Wytrzymałość na rozciąganie od 3400 do 4200 kg/cm²; wydłużenie sztabki próbnej w momencie rozerwania $\delta \geq 25\%$. Module sprężystości, jak w poprzednim gatunku stali.

Handelsbaustahl. Stal handlowa budowlana. Wytrzymałość na rozerwanie od 3400 do 5000 kg/cm²; wydłużenie sztabki próbnej w momencie rozerwania $\delta \geq 18\%$; module sprężystości jak w poprzednim gatunku stali.

Stahl 37.12. Stal 37.12*). Wytrzymałość na rozerwanie od 3700 do 4500 kg/cm²; wydłużanie sztabki próbnej w momencie rozerwania $\delta \geq 20\%$; granica proporcjonalności 1900 kg/cm²; granica płynności (Fließgrenze) 2400 kg/cm²; module sprężystości jak w poprzednim gatunku stali.

*) używana była w Polsce i w Rosji przy budowie mostów.

Stal 38.13. Wytrzymałość na rozerwanie od 3800 do 4500 kg/cm²; wydłużenie sztabki próbnej w momencie rozerwania $\delta \geq 20\%$; module sprężystości te same jak wyżej.

Nietstahl. Stal 44 (Dla nitów i śrub).

Hochwerliger Banstahl. Stal 52. Wysokowartościowa stal budowlana. Wytrzymałość na rozerwanie od 5000 do 6400 kg/cm²; granica płynności (Fließgrenze) ≥ 3500 kg/cm²; module sprężystości te same, jak dla poprzednich gatunków stali.

Nickel-stahl für Brücken. Stal niklowa do mostów. Wytrzymałość na rozerwanie od 5600 do 6700 kg/cm²; granica płynności 3800 kg/cm²; modul sprężystości podłużnej 2.000.000 kg/cm², modul sprężystości poprzecznej 805.000 kg/cm².

Nickel-stahl F. Krupp. Sekr weich. Stal niklowa firmy F. Krupp w Essen. 1) Bardzo miękka. Wytrzymałość na rozerwanie 5000 kg/cm², granica plastyczności 3500 kg/cm².

Weich 2) Miękka. Wytrzymałość na rozerwanie 6000 kg/cm²; granica plastyczności 4000 kg/cm²; wydłużenie sztabki próbnej w momencie rozerwania $\delta = 20\%$; zwężenie przekroju wzorca $\psi = 55\%$.

Mittelhart 3) Średnio-twarda. Wytrzymałość na rozerwanie od 6500 do 7000 kg/cm²; naprężenie przy granicy plastyczności od 4200 do 5000 kg/cm²; wydłużenie sztabki próbnej $\delta = 18\%$; zwężenie przekroju wzorca $\psi = 50\%$.

Geschmiedeter Stahl. Stal kuta, znak St. C. 35.61 (węgliста) (ulepszona, wyżarzona). Wytrzymałość na rozerwanie 5200 kg/cm²; naprężanie przy granicy płynności 2500 kg/cm².

Chromnickel-stahl. Stal chromoniklowa. Znak VCN. 45 — ulepszona. Wytrzymałość na rozerwanie od 14000 do 16000 kg/cm². Wydłużenie sztabki próbnej 40%.

Stahlguss. Stal odlewana. Znak Stg. 52.818. (Odlewy stalowe). Wytrzymałość na rozerwanie > 5200 kg/cm²; naprężenie przy granicy plastyczności ≤ 2500 kg/cm²; module sprężystości jak dla zwykłej stali węgliastej.

Gusseisen. Żelazo lane (żeliwo). Znak Ge. 14.91. Wytrzymałość na rozerwanie 1400 do 2800 kg/cm². Wytrzymałość na ciśnienie od 7000 do 8500 kg/cm²; wytrzymałość na zginanie ≥ 2800 kg/cm². Modul sprężystości podłużnej 1.000.000 kg/cm², modul sprężystości poprzecznej 380.000 kg/cm².

Gusseisen. Żelazo lane (żeliwo) różnych gatunków wykazuje następujące wytrzymałości krytyczne na zginanie: żeliwo do odlewania rur 2600 kg/cm²; żeliwo budowlane i zwyczajne maszynowe 2800 kg/cm²; dobre żeliwo maszynowe 3400 kg/cm²; wysokowartościowe żeliwo maszynowe 3800 kg/cm².

Holz. Drzewo.

Drzewo zdrowe proste, bez wad, bez sęków, wysuszone na powietrzu powinno odpowiadać następującym normom wytrzymałościowym.

Kiefer. Sosna, wytrzymałość na rozciąganie od 720 do 970 kg/cm², wytrzymałość na ciśnienie od 230 do 300 kg/cm², wytrzymałość na zginanie 500 kg/cm², wytrzymałość na ścinanie || do włókien 61 kg/cm², prostopadle ⊥ do włókien 210 kg/cm².

Fichte. Świerk, w. na r. od 600 do 750 kg/cm²; w. na c. od 280 do 440 kg/cm²; w. na zg. 560 kg/cm²; w. na śc. || do wł. 67 kg/cm²; w. na śc. ⊥ do wł. 220 kg/cm².

Tanne. Jodła, w. na r. 550 do 800 kg/cm²; w. na ciś. od 280 do 350 kg/cm²; w. na zg. 600 kg/cm²; w. na śc. || do wł. 63; w. na śc. ⊥ do wł. 275 kg/cm².

Lärche. Modrzew, w. na r. 710 do 960 kg/cm²; w. na ciś. 330 do 500 kg/cm²; w. na zg. 600 kg/cm²; w. na śc. || do wł. 72 kg/cm², ⊥ do wł. 250 kg/cm².

Eiche. Dąb, w. na r. od 700 do 1000 kg/cm²; wytr. na ciś. 350 do 450 kg/cm²; w. na zg. 620 kg/cm²; w. na ścin. || do wł. 75 kg/cm²; ⊥ do wł. 270 kg/cm².

Buche. Buk. Wytr. na rozerw. od 700 do 1100 kg/cm²; na ciś. 380 do 420 kg/cm²; w. na zgin. 650 kg/cm²; w. na ścin. || do wł. 85 kg/cm²; ⊥ do wł. 290 kg/cm².

Mittelwerte.

Srednie wartości wytrzymałości drzewa (wg. Melan'a).

Nadelholz. Drzewo iglaste. Wytrzymałość na rozerwanie wzdłuż włókien (||) 730 kg/cm²; to samo ⊥ do włókien (⊥) 125 kg/cm².

Wytrzymałość na ciśnienie || do włókien 330 kg/cm², to samo ⊥ do włókien 40 kg/cm².

Wytrzymałość na zginanie 550 kg/cm².

Wytrzymałość na ścinanie || do włókien 65 kg/cm²; ⊥ do włókien 230 kg/cm².

Eichenholz. Drzewo dębowe. Wytrzymałość na rozerwanie || do włókien 920 kg/cm²; to samo ⊥ do włókien 150 kg/cm².

Wytrż. na ciśn. || do wł. 400 kg/cm², to samo ⊥ do wł. 120 kg/cm².

Wytrż. na zginanie — 620 kg/cm².

Wytrż. na ścinanie || do włókien — 75 kg/cm²; ⊥ do wł. — 270 kg/cm².

Modul sprężystości podłużnej dla drzewa przy rozciąganiu $E_r =$ od 105000 do 130000 kg/cm².

To samo przy ciśnieniu $E_e =$ od 100000 do 118000 kg/cm².

Dla statycznych obliczeń należy przyjmować

dla drzewa iglastego $E || = 100000$ kg/cm².

dla dębu lub buku $E || = 125000$ „

Granice sprężystości są; przy rozciąganiu 0,6 wytrzym na rozcz., przy ciśnieniu 0,4 wytrż. na ciśn., przy zginaniu — 0,5 wytrż. na zgin.

Drzewo w osobliwie gęstych i cienkich rocznych słojach może wykazać wytrzymałość do 50% większą. Przeciwnie drzewo o rzadkich i grubych słojach, albo drzewo wadliwe. może mieć wytrzymałość do 50% mniejszą.

Ogólna uwaga. Na wytrzymałość drzewa mają wpływ: sezon porąbki, miejscowość. w której się las znajduje, gęstość rocznych słoików przekroju, zawartość wody i czas osuszania i obciążenia. Przy powiększeniu wilgotności drzewa wytrzymałość znacznie się zmniejsza, tak np. dla świerku wytrzymałość na ciśnienie w suchym stanie (na powietrzu) 374 kg/cm² spada do 172 kg/cm² w stanie mokrym; wytrzymałość na zginanie z 584 kg/cm² (w suchym stanie) spada do 336 kg/cm² — w stanie mokrym. Przy powiększeniu czasu wysychania drzewa w składach na powietrzu — powiększa się wytrzymałość. Przez nasycanie drzewa smolistym płynem można osiągnąć powiększenie wytrzymałości jego na ciśnienie i zginanie przynajmniej o 10%.

Wytrzymałość drzewa mającego dużo sęków i wadliwy wzrost może w pewnych wypadkach znacznie się obniżyć.

Steine und Bindemittel.
Materiały kamienne i zaprawy.

Między wytrzymałością materiałów kamiennych na ciśnienie i wytrzymałościami tychże materiałów na rozciąganie, na zginanie i na ścinanie zachodzą pewne średnie stosunki, a mianowicie: dla kamieni wytrz. na rozciąganie równa się około $\frac{1}{26}$ wytrzymałości na ciśnienie; ($\sigma_B = \frac{1}{26} - \sigma_B$)

wytrz. na zginanie (σ_B') równa się około $\frac{1}{8}$ wytrz. na ciśn.

wytrz. na ścinanie (τ_B) równa się około $\frac{1}{13}$ wytrz. na ciśn.

dla zaprawy wapiennej wytrz. na rozcz. równa się $\frac{1}{5}$ wytrz. na ciśn.

dla zaprawy cementowej wytrz. na rozcz. od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{8}$ wytrz. na ciśn.

„ zginanie $\frac{1}{4}$ wytrz. na ciśn.

„ ścinanie $\frac{1}{6}$ wytrz. na ciśn.

dla betonu

„ na rozcz. od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{8}$ wytrz. na ciśn.

„ na zginanie od 0,15 do 0,25 w. na c.

„ na ścinanie > od $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{9}$ w. na c.

Druckfestigkeit.

Wytrzymałość kamieni na ciśnienie (σ_B kg/cm²)

Granite	Granity bardzo twarde			
	i dające się polerować od	800	do 2000	kg/cm ²
	mniej twarde i nie			
	dające się polerować	„ 450	„ 800	„
	Syjenit	„ 800	„ 2000	„
	Porfir	„ 500	„ 2000	„
	Bazalt	„ 1000	„ 2000	„
	Bazaltława	„ 300	„ 1500	„

Kalksteine. Wapienne kamienie.

Marmur	od 500	do 1800	kg/cm ²
Gęsty wapieniak	„ 200	„ 1600	„
Porowaty	„ 200	„ 600	„
Gliniasty szyfer	„ 600	„ 1700	„

Sandsteine. Piaskowce.

bardzo twarde	od 1500	do 2000	kg/cm ²
twarde	„ 1000	„ 1500	„
średnie	„ 600	„ 1000	„
ślabe	„ 200	„ 600	„

Zement i beton. Beton żwirowo-cementowy:

Przy 1 części cementu na 3 żwiru średnio 350 kg/cm²

"	1	"	"	4	"	"	270	"
"	1	"	"	5	"	"	215	"
"	1	"	"	7	"	"	150	"

Klinker.

Klinkier budowlany	.	od 800 do 900	kg/cm ²
Ogniotrwała cegła	.	" 200 " 300	"
Zw. cegła dla mur. I kl.	"	" 120 " 200	"
" " " " II	"	" 90 " 150	"

Zementmörtel 1:3. Zaprawa cementowa 1:3 zwyczajna *)

po 7 dniach (1 na powietrzu, 6 pod wodą)	na ciśn.	≥ 180	kg/cm ²
	na rozc.	18	"
po 28 dniach (1 na powietrzu, 27 pod wodą)	na ciśn.	≥ 275	"
	na rozc.	25	"
po 28 dniach (1 na powietrzu, 6 pod wodą, 21 na powietrzu)	na ciśn.	≥ 350	"
	na rozc.	30	"

Hochwertiger Zementmörtel. Zaprawa z przedniego (wysokowartościowego) cementu

po 3 dniach, wytrż.	na ciśn.	≥ 250	kg/cm ²
	na rozc.	25	"
po 28 dniach (1 dzień na powietrzu, 27 dni pod wodą)	wytrż. na ciśn.	≥ 400	kg/cm ²
	" " rozc.	30	"
po 28 dniach (1 dzień na powietrzu, 6 pod wodą, 21 na powietrzu)	wytrż. na ciśn.	≥ 500	kg/cm ²
	" " rozc.	40	"

Guter Kalkmörtel. Dobra zaprawa wapienna.

Po 28 dniach	wytrż. na ciśn.	od 12 do 15	kg/cm ²
Gips sztukatorski	" " " "	150 " 200	"
Gips hydrauliczny	" " " "	250 " 300	"
Asfalt ubij. (przy t-22,5°)	" " " "	20 " 50	"
Asfalt lany (przy t-22,5°)	" " " "	55 " 85	"

Das Elastizitätsmass **). Moduł sprężystości.

Moduł sprężystości podłużnej dla betonu na rozciąganie i ciśnienie, według Niemieckich Przepisów z r. 1932, należy przyjmować

*) Cementy portlandzki. żelazisty i wielkopieczowy.

***) Eisenbeton — Kalender, 1938, I Teil.

wać, przy statycznych obliczeniach, $E_b = 140.000 \text{ kg/cm}^2$, wsku-

$$\text{tek czego liczba } n = \frac{E_e (\text{stali})}{E_b (\text{betonu})} = \frac{2.100.000}{140.000} = 15.$$

Przy obliczeniu statycznie niewyznaczalnych konstrukcji i sprężystych deformacji wszelkich konstrukcji należy przyjmować $E_b = 210.000 \text{ kg/cm}^2$ (przy rozciąganiu i ciśnieniu), wskutek czego liczba n w tych wypadkach powinna wynosić $n = 10$.

Moduł sprężystości poprzecznej dla betonu, G_b wg. Föppl'a, zmienia się w granicach od 113.000 do 118.000 kg/cm^2 , przy wytrzymałości betonu na rozciąganie od 20 do 30 kg/cm^2 (po 112 do 210 dniach), w średnim można przyjąć $G_b = 0,5 E_b$

Moduł sprężystości kamieni i zapraw zależy w znacznej mierze od naprężenia (od różnicy naprężeń działających na materiał), a co do zapraw od rodzaju materiałów wiążących i kruszywa, od ilości wody i od czasu twardnienia i od sposobu wykonania (sztaampowanie. czy zalewanie i t. p.).

Naprzykład dla mocnej cegły maszynowej o wytrzymałości na ciśnienie 322 kg/cm^2 i na zginanie 45 kg/cm^2 , przy różnicy naprężeń od $6,9$ do $17,3 \text{ kg/cm}^2$, moduł sprężystości podłużnej na ciśnienie jest $E(d) = 119.600 \text{ kg/cm}^2$.

Dla klinkieru, przy wytrzymałości na ciśnienie 437 kg/cm^2 i na zginanie 70 kg/cm^2 , przy różnicy naprężeń $6,8$ do $27,3 \text{ kg/cm}^2$ moduł sprężystości podłużnej na ciśnienie okazał się $E(a) = 170.800 \text{ kg/cm}^2$.

Dla orientacji podajemy tu niektóre przybliżone cyfry moduła sprężystości podłużnej na ciśnienie w kg/cm^2 :

$E(a)$ (wg. Kalend. Przegl. Budowl. 1938 r. T. I) str. 797 i 798.

granit około	120.000 kg/cm^2	}	przy naprężeniu $\sigma = 10 \text{ kg/cm}^2$
piaskowiec twardy około	220.000 „		
zaprawa wapienna 1:3			
(po 3 miesiącach) około	13.000 „		
zaprawa cem.-wap. 1:1:12			
(po 3 miesiącach) około	20.000 „		
zaprawa cem.-wap. 1:2:8			
(po 3 miesiącach) około	50.000 „		
zaprawa cem. 1:3			
(po 3 miesiącach) około	80.000 „		

Dla cegieł wypalonych $E(d) =$ od 100.000 do 140.000 kg/cm².

Wytrzymałość murów i słupów jest tym niższa im grubsze są spoiny poziome.

Dla murów można przyjąć $E(a)$:

mur ze słabych cegieł	na wapnie	= ok. 15.000 do 20.000	kg/cm ²
” ” ”	na półcem.	= ok. 40.000	”
” ” ”	na cemencie	= ok. 80.000 do 120.000	”
” z mocnych	na półcem.	= ok. 60.000 do 100.000	”
” ” ”	na cemencie	= ok. 100.000 do 150.000	”
