

Próbki do badań nad rozrywaniem kamieni i betonu mają kształt przedstawiony na rys. 170 na str. 161. Próby cementu na wyciąganie odbywają się zapomocą przyrządu przedstawionego na rys. 173 (lewa strona) na str. 164, przyczem próbki mają kształt ósemek.

Poszczególne materiały budowlane wykazują następujące średnie wartości wytrzymałości na wyciąganie i procentowe wydłużenia:

Żelazo zlipne . . .	$K = 3\,300 - 4\,000 \text{ k/cm}^2$	$100 \varepsilon = 8 - 20$
„ zlewne . . .	$K = 3\,300 - 4\,500$	„ $100 \varepsilon = 25 - 28$
Stal zlewna . . .	$K = 4\,400 - 6\,500$	„ $100 \varepsilon = 23 - 27$
„ niklowa . . .	$K = 5\,500 - 6\,500$	„ $100 \varepsilon = 22 - 27$
Twarda stal chromo-		
wo-niklowa . . .	$K = 11\,000 - 13\,000$	„ $100 \varepsilon = 8 - 10$
Beton i cement (zawartość piasku 1:3)	$K = \infty \quad 20 \text{ kg/cm}^2$	
Sosna wzdłuż włókien . . . . .	$K = \infty \quad 700$	„
Dąb „ „ . . . . .	$K = \infty \quad 950$	„

Wytrzymałość drzewa wpoprzek włókien jest 10 razy mniejsza.

Znając dla pierwszego okresu prób na wyciąganie naprężenia  $\sigma$  i wydłużenia jednostkowe  $\varepsilon$ , możemy ze wzoru  $\sigma = \varepsilon \cdot E$  wyznaczyć dla danego materiału współczynnik sprężystości  $E$  (vid. str. 159).

Znając wytrzymałość wyciąganych prętów i przyjąwszy w myśl § 2 niniejszego rozdziału pewien współczynnik bezpieczeństwa, odpowiedni dla danego wypadku, możemy ze wzoru (283) ustalić bezpieczne naprężenia w poszczególnych wypadkach wyciągania.

Poniżej podajemy naprężenia bezpieczne  $R_w$  dla pewnych przeciętnych warunków oraz współczynniki sprężystości  $E$  przy wyciąganiu:

żelazo (zlewne) w budyn-			
kach . . . . .	$R_w = 900 - 1\,200 \text{ kg/cm}^2$	$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ k/cm}^2$	
„ w mostach . . . . .	$R_w = 750 - 1\,100$	„ $E = 2,1 \cdot 10^6$	„
sosna . . . . .	$R_w = 80 - 110$	„ $E = 9,2 \cdot 10^4$	„
dąb . . . . .	$R_w = 100 - 130$	„ $E = 10,8 \cdot 10^4$	„
beton . . . . .	$R_w = 0 - 4$	„ $E = 5,6 \cdot 10^4$	„

#### 4. Próby materiałów budowlanych na ściskanie.

Próby na ściskanie bywają wykonywane zapomocą pras różnych typów, z których jeden (prasa Amsler'a na 30 tonn) jest przedstawiony w schemacie na rys. 171 i na fotografii na rys. 173 (str. 164).

Na rysunku 171  $R$  oznacza zbiornik, do którego wpuszczamy płyn pod ciśnieniem,  $N$  tłok,  $B$  i  $A$  płyty, między które wstawiamy próbkę. Zapomocą korby  $C$  ustawiamy prasę w ten sposób, aby płyty szczelnie przylegały do próbki. Po należytem ustawieniu prasy puszczamy w ruch pompę, która

wywołuje na próbkę nacisk, mierzony zapomocą dynamometru. Na rys. 173 uwidoczniiony jest jeszcze przyrząd do rozrywania próbek cementu w postaci ósemek, przy użyciu którego korzystać możemy z dynamometru wahadłowego maszyny.

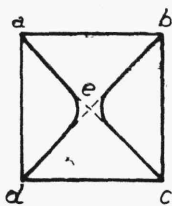
Przy wykonywaniu prób na ściskanie należy mieć na widoku okoliczności następujące:

1. Jeżeli próbka jest wydłużona w kierunku pionowym, co odpowiada warunkom pracy słupów i prętów ściskanych, wówczas przed zniszczeniem jej następuje wygięcie, tak że właściwie nie mamy już tu do czynienia z czystym zjawiskiem ściskania. Z tego powodu, przy badaniu materiałów na ściskanie, musimy używać próbek o wymiarach pionowych i poziomych bliskich do siebie, przeważnie próbek o kształcie sześciangu dla kamieni i drzewa, lub niskiego walca (przy wysokości równej średnicy) dla żelaza. Wymiar próbek sześciennych wynosi przeważnie dla żeliwa 3 cm, dla twardego kamienia 5 cm, dla miękkiego kamienia i drzewa około 7 cm.

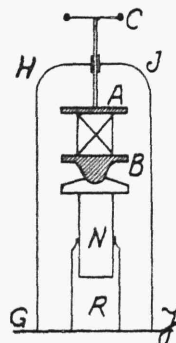
2. Gdy próbka wykonana jest z materiału plastycznego, wówczas, pod wpływem siły ściskającej, doznaje ona rozpląszczenia, przybierając kształt beczkowaty. Wskutek rozpląszczenia próbki powierzchnia, na którą działają siły, zwiększa się i naprężenia ulegają obniżeniu. Ma to ten skutek, iż nie podobna drogą ściskania doprowadzić do rozpadnięcia się próbek z takich materiałów, jak żelazo zlewne, stal i t. p.

3. Gdy mamy do czynienia z próbką sześcienną z materiału kruchego, wówczas tarcie, powstające między próbką a płytami prasy, stwarza dla części próbki, przylegających do prasy bezpośrednio, warunki inne, niż dla pozostałych jej części, i dlatego i tu nie możemy mieć do czynienia z czystym zjawiskiem zniszczenia przez ściskanie.

4. Przy ściskaniu sześciennych próbek z betonu, kamienia, żeliwa lub drzewa (prostopadle do włókien) pęknięcie następuje w kierunku stycznym do powierzchni  $ae$ ,  $eb$ ,  $de$  i  $ec$  (rys. 172), przyczem części  $aed$  i  $ceb$  odpadają. Ten rodzaj zniszczenia należy wytlómaczyć w ten sposób, że w kostce powstają we wspomnianych powierzchniach, t. j. pod kątem około  $45^\circ$  względem kierunku działania sił największe naprężenia styczne i że te naprężenia wywołują zniszczenie próbki.



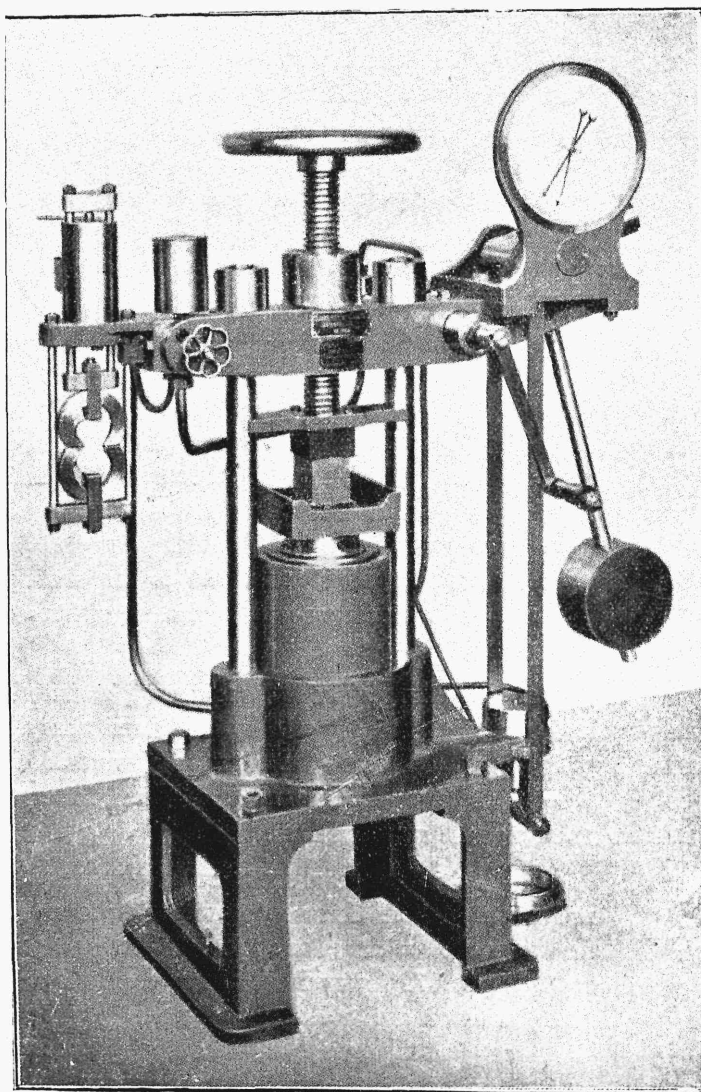
Rys. 172.



Rys. 171.

W ten sposób badanie próbek nie może dać właściwej wartości wytrzymałości materiału na ściskanie, a obliczanie tej wytrzymałości

(wytrzymałość kostkowa) na podstawie wspomnianych doświadczeń ma jedynie charakter porównawczy i posiada tylko wartość przy jednakowych wymiarach próbek w porównywanych wypadkach, lub przy kształtach próbek do siebie geometrycznie podobnych (por. § 8 niniejszego rozdz.).



Rys. 173.

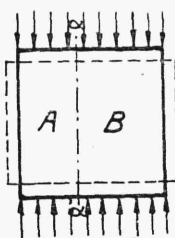
O ile zmniejszymy tarcie między probką a prasą, np. smarując parafiną części próbki, przylegające bezpośrednio do prasy, wówczas możemy

otrzymać obraz zniszczenia, polegający na tem, że sześciiany próbek rozpadną się na szereg części, rozdzielonych płaszczyznami pionowymi, t. j. równoległymi do bocznych krawędzi kostki. Podobnego rodzaju zniszczenia należałoby oczekiwać również i przy zupełnem usunięciu wpływu tarcia na rezultaty próby.

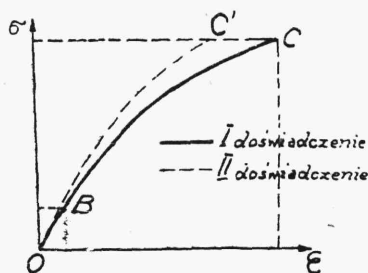
Zjawisko można wytłómaczyć, wyobrażając sobie, że ciało ściskane składa się z cząsteczek, między którymi panują siły wzajemnego oddziaływania, łączące je ze sobą. Siły te uważamy za zależne od odległości międzycząsteczkowych, o ile więc te ostatnie przekraczają pewną wartość, siły międzycząsteczkowe znikają i następuje oddzielenie się cząsteczek od siebie. W razie próby na ściskanie, kostka doznaje skrócenia w kierunku pionowym i wydłużenia w kierunku poziomym. W miarę wzrastania sił ściskających wydłużenie poziome może dojść do takich rozmiarów, że cząsteczki, przylegające do pewnej płaszczyzny pionowej  $\alpha\alpha$  (rys. 174) z obydwóch stron tej płaszczyzny, doznają rozsunienia na odległość, na której siły międzycząsteczkowe już nie działają, wobec czego następuje tu rozerwanie sześcianu na dwie części  $A$  i  $B$ , rozdzielone płaszczyzną  $\alpha\alpha$ .

Rodzaj zniszczenia ściskanych próbek z drzewa zależy od tego, czy ściskanie ma miejsce w kierunku prostopadłym, czy też równoległym do kierunku włókien, ma jednak wszystkie cechy zniszczenia próbek z materiałów kruchych (rys. 172).

Zależność między skrótami próbki a naprężeniami ściskającymi możemy, podobnie jak wyniki prób na wyciąganie, przedstawić zapomocą odpowiednich wykresów. Zauważyć jednak należy, że wobec tego, iż odkształcenia próbek przy ściskaniu są bardzo małe, pomiar ich musi być bardzo dokładny.



Rys. 174.



Rys. 175.

Wykres próby na ściskanie żelaza ma kształt podobny do wykresu próby na wyciąganie, przedstawionego na rys. 166. Mamy tu również, mianowicie, punkt krytyczny  $B$  (granica plastyczności), od którego poczynając

skrótów próbki wzrastają, podczas gdy naprężenia nie ulegają prawie zmianie. Różnica w kształcie obydwóch wykresów polega na tem, że wykres próby na ściskanie żelaza nie wygina się na przestrzeni  $CDE$  ku dołowi, lecz zmierza ku górze, co jest rezultatem tego, że żelaza nie możemy doprowadzić drogą ściskania do rozerwania.

Dla kamieni i betonu wykres próby na ściskanie ma kształt krzywej wypukłej względem osi naprężeń (rys. 175 na str. 165). Część prosta wykresu  $OB$ , odpowiadająca prawu Hooke'a, jest tu bardzo mała, jednak cała krzywa wogóle niewiele odbiega od prostej.

W niektórych wypadkach dla wyrażenia zależności odkształceń sprężystych od naprężeń bywa tu stosowany wzór Bach'a typu:

$$\epsilon = k \cdot \sigma^m \quad (285)$$

gdzie zarówno  $m$ , jak i  $k$  oznaczają wielkości stałe dla danego materiału.

Jeżeli poddamy kamień po raz pierwszy próbie na ściskanie, to wykazuje on odkształcenia zarówno sprężyste, jak i niesprężyste (trwałe), przy następnych zaś próbach wykazuje już tylko odkształcenia sprężyste (rys. 175).

Wykres dla próby wytrzymałości na ściskanie drzewa ma naogół kształt zbliżony do prostoliniowego (rys. 169), przyczem tu również, jak przy wyciąganiu, granica sprężystości  $K'$  stanowi około 0,4 wytrzymałości materiału  $K$ .

Wytrzymałość niektórych materiałów na ściskanie wyraża się cyframi następującemi:

dąb (równoległe do włókien)	. . .	320 — 560	kg/cm <sup>2</sup>
sosna	. . . . .	220 — 300	"
żeliwo	. . . . .	5 000 — 8 000	"
granit	. . . . .	800 — 2 000	"
beton	. . . . .	150 — 250	"

Wytrzymałość drzewa na ściskanie wpoprzek włókien wynosi około 0,3 — 0,4 ich wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien.

Poniżej podajemy niektóre przeciętne naprężenia bezpieczne przy ścisaniu i odpowiednie współczynniki sprężystości  $E$ :

dąb	. . . . .	$R_s = 60 — 80$ k/cm <sup>2</sup> ,	$E = 105\,000$ k/cm <sup>2</sup>
sosna	. . . . .	$R_s = 50 — 70$ "	$E = 100\,000$ "
beton	. . . . .	$R_s = 25 — 40$ "	$E = 140\,000$ "
mur z cegły	. . . . .	$R_s = 5 — 8$ "	$E = 28\,000$ "
mur z kamienia	. . . . .	$R_s = 8 — 20$ "	$E = 67\,000$ "