

INŻ. KAZIMIERZ BIESIEKIERSKI

ZASTOSOWANIE ŻELBETU  
DO BUDOWY SCHRONÓW  
PRZECIWLOTNICZYCH

Odbitka  
Przeglądu Wojskowo-Technicznego  
działu „Saper”  
Marzec — 1936

---

W A R S Z A W A 1 9 3 6

ZASTOSOWANIE ŻELBETU DO BUDOWY  
SCHRONÓW PRZECIWLOTNICZYCH

728.994

Warszawskie Zakłady Graficzne, Wilcza 60, Tel. 8-93-47.



BIBLIOTEKA  
WYDZ.  
ARCHITEKTURY

175

INŻ. KAZIMIERZ BIESIEKIERSKI.

## ZASTOSOWANIE ŻELBETU DO BUDOWY SCHRONÓW PRZECIWLOTNICZYCH.

(Referat wygłoszony na II zjeździe inżynierów budowlanych w Katowicach w dn. 16. II. 36 r.).

Budownictwo przeciwlotnicze stawia sobie, jako zadanie, zabezpieczenie istniejących oraz nowych budynków od działania bomb lotniczych.

O ile zabezpieczenie od bomb zapalających i gazowych jest stosunkowo łatwe, a w każdym razie możliwe, to zabezpieczenie od bomb burzących, wymaga konstrukcyj tak kosztownych, że w większości wypadków ograniczamy się tylko do zabezpieczenia od bomb burzących, wybuchających w odległości kilkunastu lub kilkudziesięciu metrów, przez odpowiednio wytrzymałe na odłamki i podmuch opancerzenie okien i drzwi, podparcie ścian i podstemplowanie stropu, na wypadek zrujnowania górnych pięter i zwałenia się gruzów.

Pomieszczenia zabezpieczające od bomb burzących, trafiających bezpośrednio w budynek, noszą nazwę *schronów przeciwlotniczych* w odróżnieniu od *schronów przeciwgazowych* i *pomieszczeń uszczelnionych*, które uwzględniają zasadniczo bomby gazowe i częściowo tylko bomby burzące (t. zw. działania pośrednie bomb burzących).



W artykule tym zamierzam podać zasady budowy schronów przeciwlotniczych na podstawie instrukcji oficjalnych i badań wytrzymałościowych.

Zagadnienie, co lepiej budować, czy więcej tańszych schronów przeciwgazowych, czy mniej, ale zato wytrzymałych, schronów przeciwlotniczych, jest dzisiaj nie tylko nie rozwiązane, ale nawet brak jest dostatecznych podstaw do jego rozwiązania. Przeważnie decydują tu kredyty i możliwości budowlane, za wyjątkiem niektórych wypadków, kiedy specjalnie ważne znaczenie obiektów wymaga ich maksymalnego zabezpieczenia. Jednak i w tym wypadku, gdy zapada decyzja budowy schronu przeciwlotniczego, pozostaje niewiadomem, przeciwko jakim bombom należy się zabezpieczać, co oczywiście ma wpływ decydujący na wymiary stropu betonowego. O ile technika wojskowa w wielu wypadkach opiera się na hipotezach, to tutaj pole do hipotez jest szczególnie rozległe. Projektując schrony w fortyfikacji, opieramy się na organizacji i uzbrojeniu armji nieprzyjacielskiej i mamy z dużym prawdopodobieństwem wielkość przypuszczalnych pocisków artyleryjskich, choć i tu mogą być zaskoczenia, jak na przykład z moździerzami 280 mm. pod Portem Artura, — przy projektowaniu schronów przeciwlotniczych, opieramy się na taktyce lotnictwa nieprzyjacielskiego i wyposażeniu w bomby lotnicze, które oczywiście jest znane zaledwie w małej części.

O ile porównamy ustosunkowanie się do budowy schronów przeciwlotniczych u nas i zagranicą, to nastawienie u nas możemy określić, jako dążenie do dużej ilości schronów przeciwgazowych, natomiast zagranicą przeważa tendencja budowy schronów przeciwlotniczych; we Włoszech wszelkie schrony fabryczne, schrony dla urzędów (ministerstw) i schrony specjalne dla ludności

(w szkołach) są zbudowane, jako przeciwlotnicze; w Belgji schrony w fabrykach również są wytrzymałe, we Francji ministerstwa i policja otrzymują z reguły schrony wytrzymałe.

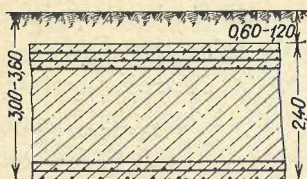
Od czasu zastosowania w artylerji pocisków z materiałem wybuchowym (t. zw. bomby o działaniu minowym), dzięki czemu do siły uderzenia doszła jeszcze siła eksplozji, jedynym materiałem budowlanym zabezpieczającym okazał się poza stalą beton, względnie żelazobeton.

Doświadczenia, przeprowadzone we Francji, Niemczech i Rosji, jak wreszcie rezultaty ostrzeliwań twierdz w czasie wojny światowej, wykazały, że beton przy odpowiedniej grubości stropu, odpowiednio starannie wykonany i użyty w dużej masie, posiada istotnie dostateczną wytrzymałość. Jest to t. zw. beton i żelazobeton fortyfikacyjny o dużej ilości cementu — od 350 do 450 kg. na 1 m<sup>3</sup> betonu, uzbrojony mniej więcej równomiernie, a w każdym razie obustronnie w ilości 80 do 100 kg. na m<sup>3</sup> betonu. Dobór kruszywa (przytem pochodzącego z kamieni o dużej wytrzymałości, jak bazalt i porfir) odbywa się drogą przesiewu i ustalenia poszczególnych frakcyj według krzywej lub stosunków wzajemnych poszczególnych pozostałości na sitach (w Belgji). Konsystencja betonu, jest przyjęta przynajmniej teoretycznie, raczej sucha (do 150 wody), w praktyce szczególnie przy stosowaniu ręcznego ubijania i przy gęstym uzbrojeniu, są odchylenia w kierunku betonu plastycznego. Wykonanie betonu fortyfikacyjnego musi być specjalnie staranne, co się wyraża w ciągłości betonowania, unikaniu w czasie robót temperatur niższych od 4° i nieustannym dozorcze ze strony kierownictwa wojskowego.

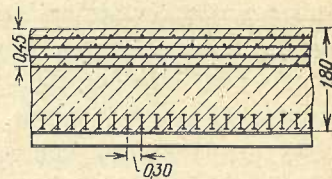
Stropy żelazobetonowe, obliczone na działanie dynamiczne pocisków, różnią się od stropów, obliczonych na



obciążenie statyczne, rozmieszczeniem uzbrojenia. Stropy te są uzbrojone w górnej i dolnej części, przytem mniej więcej równomiernie. Taki sposób uzbrojenia jest poddyktowany następującymi rozważaniami. W działaniu pocisku, można odnaleźć, jako działania elementarne, przenikanie, uderzenie i wstrząs od wybuchu. Należy wobec tego stworzyć w górnej części warstwę specjalnie twardą i mocną, któraby utrudniła przenikanie i przyspieszyła wybuch. W dolnej natomiast części uzbrojenie ma na celu przeciwdziałanie tworzeniu się odprysków od wstrząsu.



Ryc. 1.



Ryc. 2.

Ponadto wstrząs od uderzenia powoduje drgania międzycząsteczkowe tem mniejsze, im większy jest blok betonowy; również i rodzaj uzbrojenia wpływa na zmniejszenie się drgań. Stosowanie w czasie wojny w schronach polowych, jako uzbrojenia, szyn i kształtówek wykazało, że drgania w tym wypadku były znacznie większe, niż przy żelazie okrągłym, co powodowało kruszenie betonu w pobliżu żelaza.

Na wstrząs ten wpływa również masa betonu: zwiększenie masy zmniejsza efekt uderzenia.

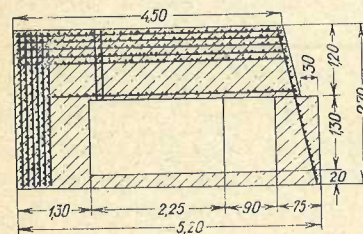
Dla przykładu przytaczam kilka typów uzbrojenia stropów.

Rysunek 1 i 2 przedstawiają stropy, stosowane w fortyfikacji przez Rosjan przed wojną światową. Do stropów

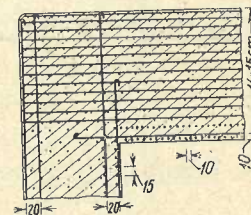
tych stosowano t. zw. beton druciany, do którego były dodane odcinki drutu kolezastego — pomysł ten nie przyjął się. Na rys. 2 dolna warstwa jest wykonana z dwuteówek Nr. 30 i 35 w odstępach 30 cm.

Rysunek 3 przedstawia schron żelazobetonowy z instrukcji belgijskiej z czasów wojny światowej (1918 r.).

Rysunek 4 podaje strop żelazobetonowy stosowany w schronach przeciwlotniczych we Francji. Uzbrojenie



Ryc. 3.



Ryc. 4.

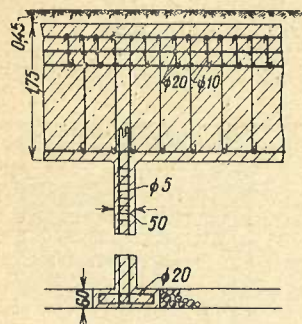
stanowią pręty o średnicy 15 mm. Instrukcja belgijska podaje uzbrojenie podobne: kraty z prętów 15 mm. o okach  $15 \times 15$  cm. w odstępach 10 do 15 cm. (10 od wewnątrz 15 do zewnątrz), związane między sobą prętami 15 mm., idącymi z góry nadół w odstępach 60 cm. i przenikającymi na 50 cm. w ściany boczne.

Rysunek 5 podaje strop żelazobetonowy, zastosowany w jednym ze schronów w Rzymie. Strop ten jest znacznie słabiej uzbrojony niż francuskie i belgijskie, gdyż posiada w górnej części 3 kraty z prętów 20 mm. o okach  $20 \times 20$  cm. i odstępach krat 20 cm. Kraty łączą strzemiona z prętów 10 mm. w odstępach 20 cm. ponadto pręty pionowe 10 mm. w odstępach 40 cm. łączą uzbrojenie gór-

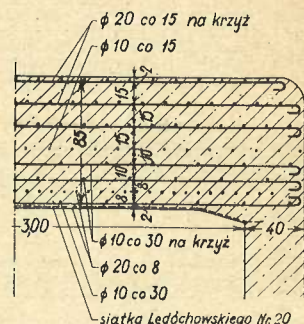


ne z dolnem, które tworzy jedna krata z prętów 15 mm. o okach  $40 \times 40$  cm.

Rysunek 6 przedstawia uzbrojenie, przyjęte w naszym projekcie instrukcji budowlanej OPL biernej. Uzbrojenie to, stanowi sposób pośredni między włoskim a belgijskim, co szczególnie by się uwidoczniło przy zwiększeniu gru-



Ryc. 5.



Ryc. 6.

bości stropu. Strop składa się z trzech odrębnych pod względem uzbrojenia części: górnej, dolnej i środkowej. W razie zwiększenia wymiarów stropu, wzrosła by jedynie część środkowa, a tem samem przybyłoby jedynie 1 — 2 rzędy prętów 10 mm. w odstępnie 15 cm.

Ustalenie grubości stropów opiera się na danych eksperymentalnych lub na obliczeniach teoretycznych. Dane eksperymentalne dla bomb lotniczych nie są znane. Doświadczenia były przeprowadzone we Francji z bombami lotniczymi, we Włoszech z pociskami o zmniejszonej szybkości końcowej, strzelającymi do płyt pionowych (poligon Nettuno 1935 r.). Pozatem w dużym stopniu są wykorzystywane doświadczenia z pociskami artyleryjskimi z wojny światowej, które jednak co do działania, bardzo różnią

się od bomb lotniczych. Zwiększenie o 50% szybkości końcowej pocisków artyleryjskich (250 i 350 m./sek.), przy dużo mniejszej ilości materiału wybuchowego i wogóle małej wadze, stwarzają dla pocisków artyleryjskich zupełnie odmienne warunki, aniżeli dla bomb lotniczych.

Obliczenia teoretyczne idą po drodze analizy poszczególnych działań elementarnych, na które można rozłożyć działanie trafnej bomby lotniczej, a mianowicie: przebiecie, eksplozja gazów, uderzenie. Porządek chronologiczny poszczególnych działań jest następujący: w pierwszym momencie pocisk uderza, następuje wstrząs i zgniecenie w miejscu uderzenia, oraz pocisk przebijając zagłębia się w tworzywo stropu. Na pewnej głębokości, następuje wybuch i eksplozja rozsadza tworzywo. Teoretycznie można by ustalić zagłębienie pocisku ślepego, bez materiału wybuchowego o wadze pocisku bojowego (sztucznie obciążonego), oraz wybuch pocisku wolnonprzyłożonego o tej samej ilości materiału wybuchowego. Obie fazy można zbadać eksperymentalnie i obliczyć. Najważniejszym zarzutem w tej metodzie jest nieuwzględnienie zwiększenia efektu wskutek jednoczesności działania i dzięki temu zmęczenia tworzywa.

Wzory na zagłębienie pocisku opierają się zasadniczo na wzorze Ponceleta z 1839 r.

$$S = \frac{P}{2 b g R^2 \cdot \pi i} \log \text{ nat} \left( 1 + \frac{b}{a} v^2 \right)$$

gdzie S — zagłębienie w m, R — promień pocisku w m, P — waga pocisku w kg, v — szybkość końcowa w m/sek i — współczynnik zależny od kształtu pocisku, równy około 1, a i b — współczynniki zależne od tworzywa stropu (a · 10<sup>6</sup> dla muru wynosi 3 do 5, b — 47 do 82).



wzór ten został następnie uproszczony przez Valliera do postaci:

$$S = k' \frac{P}{\pi \cdot R^2} \log \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{V^2}{10^4} \right)$$

przyczem zniknął współczynnik  $i$  zależny do kształtu bomby, współczynnik  $\left(\frac{b}{a}\right) \cdot 10^6$  zależny od tworzywa został zastąpiony przez 50, log nat przez log dziesiętny. Wpływ tworzywa wyraził się we współczynniku  $k'$

Współczynnik  $k' = \frac{0,12}{b}$  i wynosi dla  $b = 47$  — 0,0025 dla  $b = 82$  — 0,0015. O ile przyjmiemy stosunek  $\left(\frac{b}{a}\right) \cdot 10^6 = 15$ , to znaczy tyle ile wynosi on dla murów i skały, wówczas wzór przyjmie postać

$$S = k' \frac{P}{\pi R^2} \log \left( 1 + \frac{1}{7 \cdot 10^4} V^2 \right)$$

Zastępując log, stanowiący funkcję szybkości, przez  $F$  i wprowadzając obciążenie przekrojowe, otrzymamy wzór o postaci:

$$S = k' p_a F$$

Stellingwerff podaje wzór:  $S = k'' \cdot CA$  gdzie  $C = \frac{P}{1000 \cdot (2R)^2}$ ; przy  $R$  w metrach a  $P$  w kg otrzymuje się  $S$  w metrach.

Współczynnik  $k''$ , charakteryzujący tworzywo stropu, wynosi dla zwykłego betonu (o wytrzymałości walcowej 200 kg/cm<sup>2</sup>) — 0,88 dla muru ceglanego 1,63.

Wreszcie wzór Petry o strukturze analogicznej:

$$S = \frac{P}{(2R)^2} k''' \cdot F(v)$$

$F(v)$  waha się od 0,72 do 11,30 przy wzroście szybkości od 60 do 500 m./sek.  $k'''$  dla betonu wynosi 0,64 dla muru ceglanego 1,63.

We wszystkich tych wzorach, jak widzimy, szybkość wchodzi, jako specjalna funkcja. Inne natomiast wzory uwzględniają odrazu szybkość przez wprowadzenie pojęcia przekrojowej energii kinetycznej i stworzenie równania pracy.

Ogólna postać tych wzorów jest:  $e_a = w \cdot S$  gdzie  $e_a = \frac{Pv^2}{2g \cdot \pi \cdot R^2}$  We wzorze tym,  $w$  oznacza opór przekrojowy;  $w$  i  $e$  wyraża się zwykle w kg/cm<sup>2</sup>, w związku z tem  $R$  (promień pocisku) jest wyrażony w cm.

Literatura niemiecka opiera się zasadniczo na wzorze Justrowa i Peresa (przerobionym ze wzoru Giorgio), uwzględniającego energję przekrojową:  $S = e_a : w$  lub  $S = \frac{E}{\pi \cdot R^2 \cdot w}$  przyczem  $w$ , jako opór przekrojowy wynosi dla betonu 750 do 1200 ewent. 1500 i dla żelazobetonu 1500 — 2200.  $E$  wyraża tu  $\frac{Pv^2}{2g}$ .

Stosując wzory powyższe do konkretnych wypadków bomb lotniczych, otrzymamy głębokość przenikania  $S$  dla bomby 300 kg z obciążeniem przekrojowym:  $p_a = 0,30$  kg/cm<sup>2</sup>, a energją przekrojową przy szybkości końcowej  $v = 250$  m/sek.  $e_a = 960$  kg m/cm<sup>2</sup>:

wzór Ponceta (dla skały) przy $a \times 10^{-6} = 12$	
i $b = 180$ . . . . .	$S = 0,99$
„ Stellingwerffa dla betonu o wytrzymałości kostkowej 200 kg/cm <sup>2</sup> i $k'' = 0,88$	$S = 1,47$
„ Petry dla betonu przy $k''' = 0,64$ . . . . .	$S = 1,05$
„ Justrowa-Peresa dla żelazobetonu przy $w = 1540$ . . . . .	$S = 0,60$



Żelazobeton fortyfikacyjny ma wytrzymałość kostkową znacznie wyższą od zwykłego, co odpowiednio wpływa na zmniejszenie zagłębienia.

Obliczenie działania wybuchowego bomb lotniczych sprowadza się do badania działania materiałów wybuchowych, przyczem wzory stosowane dla tych obliczeń, są pochodne starego wzoru Cranza, który uzależnia objętość leja w ziemi od ilości ładunku:

$$J = 0,503 m \cdot \lambda \cdot L$$

gdzie  $J$  ilość ziemi w  $m^3$ ,  $L$  ładunek w  $kg$ ,  $m$  współczynnik zależny od tworzywa niszczonego (dla ziemi zwykłej  $m = 1$ ),  $\lambda$  współczynnik zależny od materiału wybuchowego (dla bawełny strzelniczej  $\lambda = 2$ ).

Dla otrzymania głębokości leja, należy założyć nachylenie ścian leja i obliczyć go według wzoru:

$J = 3/16 \cdot \pi \cdot D^2$ , gdzie  $D = 2 nt$  ( $D$ —średnica,  $t$ —głębokość,  $n$ —nachylenie ścian leja).

Przy przejściu do ładunków wolnoprzyłożonych (nieuszczelnionych) i do betonu należy dokonać szeregu założeń, które doprowadzają do wzorów, gdzie głębokość zniszczenia  $t$  w stosunku do ilości materiału wybuchowego  $L$  jest w trzecim stopniu. Są to wzory typu:  $L = cdh^3$ , lub  $h = \sqrt[3]{L : cd}$ , przyczem  $c$  jest współczynnikiem tworzywa niszczonego,  $d$  uszczelnieniem,  $h$  promieniem strefy zniszczenia, z wiązaniem z głębokością zniszczenia i promieniem leja na górze wzorem:  $h^2 = r^2 + t^2$ , gdzie  $r$  jest promieniem, a  $t$  głębokością. Justrow dla betonu przyjmuje  $c = 3$  do  $5$ , zaś  $d$  dla ładunków wolnoprzyłożonych nieuszczelnionych —  $4$ .

Romani daje wzór:  $h = \sqrt[3]{2L : m}$ , gdzie  $m$  dla muru wy-

nosi  $3,63$  (dla betonu przez porównanie ze wzorem Justrowa  $6,1$ ).

Uproszczony wzór Bielińskiego dla działania na beton

przedstawia się następująco:  $h = m \sqrt[3]{L}$ , gdzie  $m$  dla betonu wynosi  $0,175$ , dla żelazobetonu  $0,13$ . (Wzór ten opiera się na założeniu, że nachylenie ścian wynosi  $2$ ). Przyjmując, że głębokość leja wynosi  $1/3$  —  $1/4$  średnicy, otrzymamy podobne wartości, jak dla wzoru Romaniego. Przy rozpatrywaniu wzorów powyższych należy zwrócić uwagę, iż  $L$  nie jest równoznaczne z wagą całkowitą materiału wybuchowego, lecz oznacza tą część, którą przyjmuje udział w zniszczeniu stropu, dlatego też Peres poprawia wzór Justrowa dzieląc  $L$  na  $5$  i otrzymuje wzór:

$$h = \sqrt[3]{\frac{L}{5 \cdot d \cdot c}}$$

Pozostaje jeszcze do obliczenia efekt wstrząsu od uderzenia. Obliczenie jest tu jeszcze trudniejsze. Uderzenie następuje tak gwałtownie, że czas zagłębienia obliczony według Poncela, wynosi  $0,017$  sek. Uderzenie od samej bomby, jest jeszcze spotęgowane uderzeniem od eksplozji, które w przybliżeniu oblicza się przyjmując energję od  $1$   $kg$  materiału wybuchowego na  $15$   $tm$ . Dwa działania powyższe pod względem efektu zniszczenia wysuwają się jednak na pierwsze miejsce.

Istniejące wzory na przeprowadzenie naprężenia statycznego w dynamice, dają jedynie pojęcie od czego zależy wytrzymałość na uderzenie i w jakim kierunku iść, żeby tą wytrzymałość zwiększyć. Wzór na współczynnik  $k$  dla przeprowadzenia naprężeń statycznych w dynamiczne dla pręta nieważkiego, wynosi:



$$k = 1 + \sqrt{1 + 48 \frac{E \cdot I \cdot v^2}{g \cdot Q \cdot L^3}}$$

Gdzie  $Q$  waga ciała uderzającego,  $L$  rozpiętość pręta, a  $v$  szybkość uderzenia. Uwzględniając wagę pręta  $G$ , otrzymamy wzór na strzałkę ugięcia od naprężenia dynamicznego w stosunku do strzałki ugięcia od naprężenia statycznego:

$$f = f_0 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{v^2}{g \cdot f_0 \left( 1 + \frac{17}{35} \frac{G}{Q} \right)}} \right); f = n \frac{Q}{EI}$$

przyczem  $n$  zależy od kształtu zginanego ciała. Wzór Lühra dla współczynnika  $k$  podany przez Schoszbergera w „Budownictwie przeciwlotniczym“ wynosi:

$$k = 0,13 \frac{Q \cdot v^2}{G \cdot f}$$

Jak widać z tych wzorów:

- 1)  $k$  jest tem większe, im jest większy współczynnik sprężystości  $E$ ;
- 2) im jest mniejsza masa ciała uderzonego  $G$ ;
- 3) strzałka ugięcia od obciążenia dynamicznego wzrasta ze zmniejszeniem masy ciała uderzonego  $G$ .

Ta analiza powyższych wzorów pozwala po pierwsze kategorięcznie stwierdzić, że monolity, o dużej wadze własnej, zachowują się lepiej. Doświadczenia wojenne w Verdun, jak również z małymi schronami we Flandrii, potwierdziły całkowicie ten pogląd; po drugie, iż należy wybierać materiał z małym współczynnikiem sprężystości, co przemawia za stosowaniem betonu z tłuczni zamiast żwiru ( $E$  dla tłuczni: 195000 — 200000, dla żwiru 245000 — 320000).

Dla osiągnięcia danych co do całkowitego zniszczenia,

należy odpowiednio podsumować głębokość przenikania i promień zburzenia od wybuchu gazów, zwiększyć tą sumę pewną warstwą bezpieczeństwa od dołu i jeszcze zwiększyć grubość, uwzględniając to, że płyta stropowa nie leży na ziemi, lecz jest podparta, względnie zakotwiona na obwodzie.

Całkowita głębokość zniszczenia, jest mniejsza od sumy  $S + h$ , gdyż promień zniszczenia należy liczyć od środka ciężkości ładunku, biorącego udział w zniszczeniu, to znaczy mniej więcej odpowiadającego części zagłębionej (należałoby tu wprowadzić jeszcze poprawkę i podnieść środek ciężkości o wysokość części w której znajduje się głowica). Oznaczając długość bomby, względnie części biorącej udział w wybuchu, przez  $B$ , otrzymamy wzór:

$$H = S - \frac{1}{2} B + h$$

Wielkość warstwy bezpieczeństwa winna się równać takiej długości, by naprężenie na dolnej powierzchni tej warstwy, nie przekraczało dopuszczalnego, przyjmując, że na górnej powierzchni jest naprężenie maksymalne i zakładając, że ciśnienie rozchodzi się pod kątem  $45^\circ$ . Daje to dla grubości warstwy zabezpieczającej wielkość 0,8 promienia zniszczenia.

Uwzględniając jednak jeszcze tę okoliczność, że płyty nie leżą na ziemi, możemy zwiększyć o jeden ogólny współczynnik bezpieczeństwa wysokości 35 — 50% otrzymanej poprzednio sumy. Wykalkulowane w ten sposób ostateczne grubości stropów będą:

zabezpieczające od bomb 50 kg — 0,70 do 1,60 m

100 kg — 0,80 do 1,85 m

1000 kg — 1,30 do 3,40 m

BIBLIOTEKA  
WYDZ.  
ARCHITEKTURY



Ta duża rozpiętość tłumaczy się różnorodnością żelazobetonu. Małe wartości odpowiadają żelazobetonowi fortyfikacyjnemu, duże zwykłemu.

Krótki ten przegląd teorii obliczania stropów żelazobetonowych na bomby lotnicze, nie wyczerpuje wszystkich metod. Nie wspominam tu o wzorze Tollena-żytkiewicza, stosowanym w Rosji, a pochodzącym z przed wojny (1910) z modyfikacją Cytowicza z r. 1923, który opiera się na założeniach dość wątpliwej wartości, szczególnie jeśli chodzi o bomby lotnicze, ani o wzorze Birchlera z r. 1928, opartym na analizie „gięcia dynamicznego“, jako nie nadającym się zupełnie dla bomb lotniczych — nie jest to zagadnieniem mego referatu, tych zaś którzyby się specjalnie interesowali tem zagadnieniem odsyłam do prac wyszczególnionych w źródłach.

Jak widzimy z tego krótkiego przeglądu niema w tej chwili ustalonego autorytatywnego wzoru na obliczanie stropów. Mogą one służyć dla orientacji. Ostatecznie miarodajne są wielkości sprawdzone eksperymentalnie. Dlatego też należy specjalną uwagę zwrócić na dane, podane w instrukcjach oficjalnych, bądź też stosowane w schronach, wykonywanych przez czynniki oficjalne.

Instrukcja francuska z r. 1935 (Instruction pratique sur la defense passive, Annexe Nr. 4 — Des abris) podaje dane następujące:

Kaliber bomb.	Stropy beton.	Stropy żelazob.
do 10 kg	0,40 m	0,25 m
„ 50 kg	1,00 m	0,70 m
„ 100 kg	1,70 m	1,10 m
„ 300 kg	2,10 m	1,40 m
„ 1000 kg	3,00 m	2,00 m

Instrukcja belgijska podaje następujące grubości

stropów żelazobetonowych (Instruction provisoire sur la protection collective).

bomby 12 kg	0,55 m
„ 50 kg	1,10 m
„ 100 kg	1,45 m
„ 300 kg	2,00 m
„ 1000 kg	2,80 m

Według niemieckiej instrukcji fortyfikacji polowej z 1924 r. część III; przed bombami do 500 kg chroni 2,5 m stropu żelazobetonowego, przed bombami do 2000 kg — 3,5 m.

Instrukcja włoska (Norme tecniche z r. 1933) podaje grubości zabezpieczające przed średnimi bombami na 1,75 m, licząc w tem 0,50 m głębokość przenikania i 1,25 m wytrzymałość na eksplozję. O ile nad stropem są inne żelazobetonowe, to na każdy strop należy odliczyć 10 do 12 cm. Instrukcja przytem nie kładzie nacisku, iż to ma być beton fortyfikacyjny. W schronach dla urzędów centralnych są stosowane we Włoszech stropy 1,70 cm.

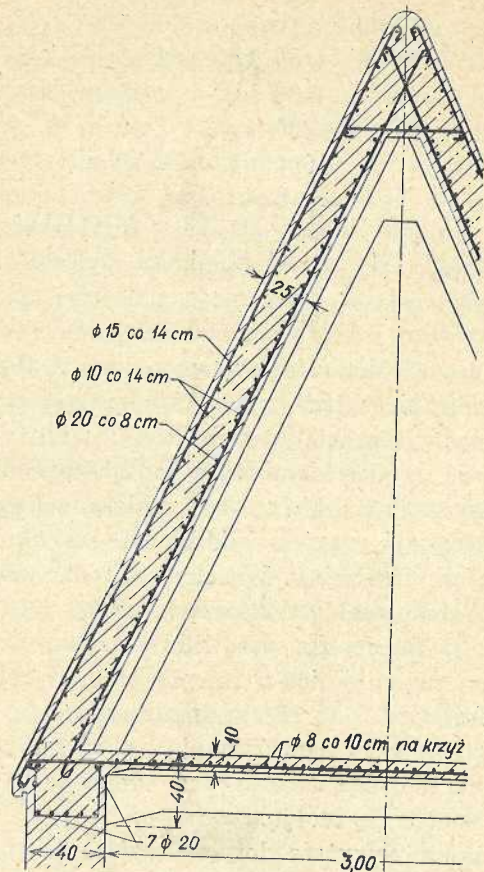
Instrukcja francuska przewiduje zmniejszenie zabezpieczenia w razie istnienia innych stropów powyżej, licząc dla stropu od 5 do 15 cm zmniejszenie o 3 do 12 cm.

Jak widzimy z porównania powyższych danych z otrzymanymi drogą teoretyczną doświadczenia mniej więcej potwierdzają teorię.

Rozważania powyższe dotyczą wyłącznie stropów płaskich, które nie uwzględniają rykoszetu (odskoku). Ponieważ kierunek upadku bomb jest pionowy z odchyleniem w obie strony na 20°, a odskok następuje wówczas, gdy kąt upadku jest w granicach 45°—60°, przeto stropy strome muszą mieć nachylenie do poziomu 50 — 65°.



Grubość stropów stromych musi być tak obliczona, by wytrzymała siłę uderzenia zmniejszoną proporcjonalnie

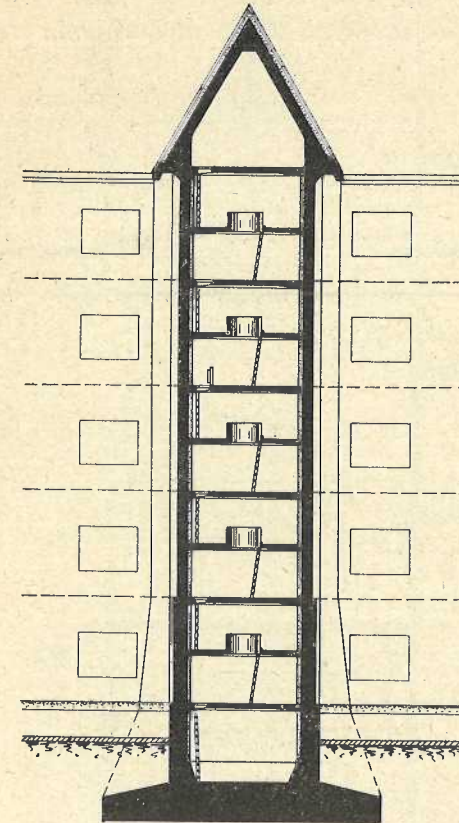


Ryc. 7.

do siły kąta nachylenia, gdyż uderzenie będzie prostopadłe do płaszczyzny stropu (rys. 7).

Ściany boczne nie są narażone na bezpośrednie dzia-

łania bomb, działanie podmuchowe jest bez porównania słabsze i groźne jedynie dla murów ceglanych na zaprawie wapiennej, które wytrzymują ciśnienie do 200 g/cm<sup>2</sup>.

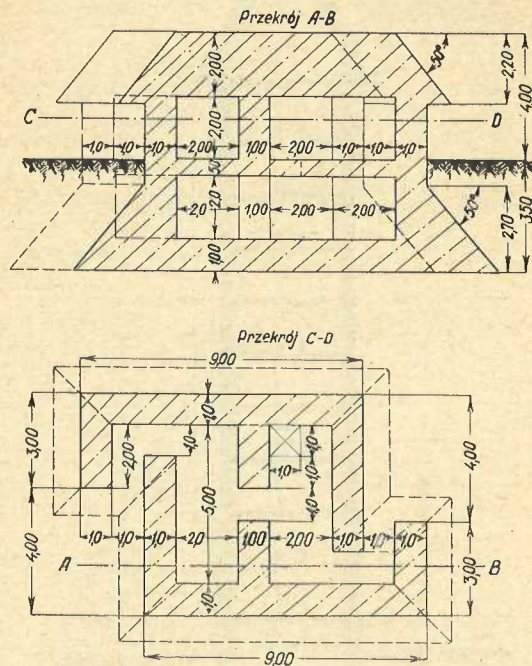


Ryc. 8.

Ze względu na konieczność mocnego zakotwienia stropu, oraz sprzężenia całości, jako jeden monolit, co jest korzystne dla wytrzymałości stropu, wskazane jest stosować



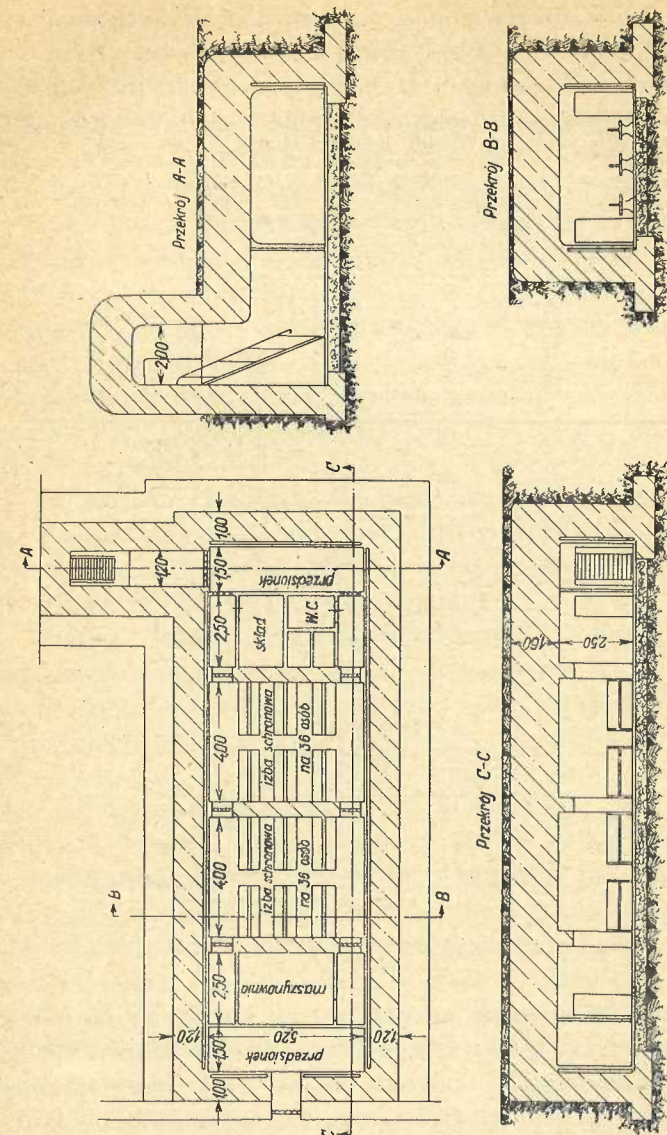
ściany również żelazobetonowe. Odnosi się to zresztą nie tylko do ścian zewnętrznych, ale i wewnętrznych, które usztywniają cały schron. Odległość wzajemna ścian określa warunek rozpiętości stropu max. 4,5 m. Grubość ścian bywa stosowana od 60 do 80 cm, o uzbrojeniu słabszym niż



Ryc. 9.

stropu, związanem z uzbrojeniem stropu. Od dołu stosuje się albo wspólną płytę fundamentową, lub rozszerzenia pod ścianami (patrz strop włoski).

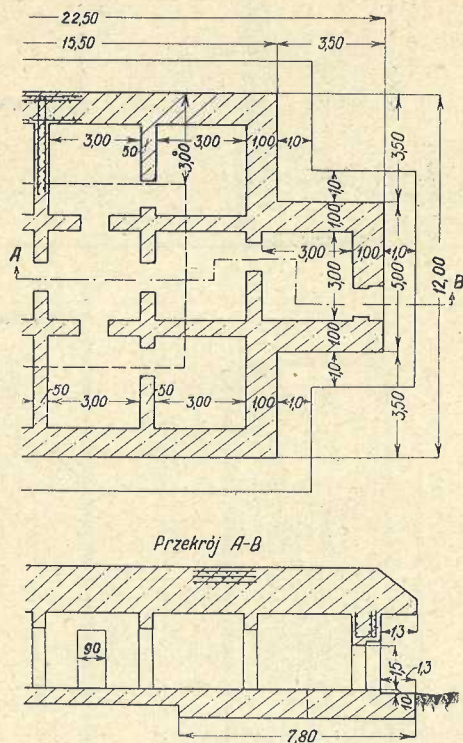
Schrony przeciwlotnicze mogą być oddzielnie stojące i w budynkach. Schrony oddzielne są przeważnie w jednej



Ryc. 10.



najwyżej w dwóch kondygnacjach, przyczem mogą całkowicie, lub częściowo wystawać ponad ziemię (ryc. 8, 10, 11). Schrony w budynkach stanowią konstrukcyjnie odrębny element związany architektonicznie w jedną całość z bu-



Ryc. 11.

dynkiem. Nie mogąc ze względu na koszty pokryć całego budynku stropem wytrzymałym, ograniczamy to zabezpieczenie do części budynku. Strop daje się często nad górnym piętrem, zabezpieczając tem wszystkie kondygnac-

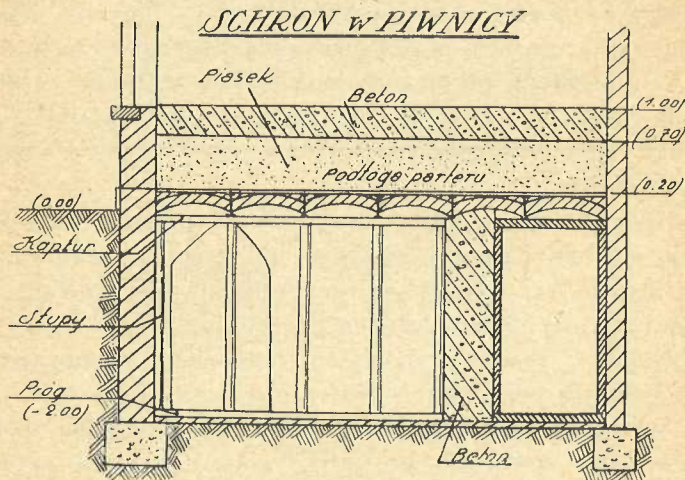
cje dolne (ryc. 9). W ten sposób na każdym piętrze znajdują się schrony wytrzymałe. Jest to lepsze wykorzystanie stropu kosztem wzmocnienia ścian. Taki wysoki schron musi być ponadto silnie sprzężony stropami międzypiętrowymi. Schosberger obawia się, że w razie zniszczenia takiego stropu, gruzy stąd powstałe zniszczą wszystko pod spodem. Sądzę, że jest to pogląd niestuszny: przede wszystkim obliczając strop na pewien kaliber bomb z pewnym prawdopodobieństwem, z góry musimy uznać, jako wystarczające, pewne prawdopodobieństwo zabezpieczenia, pozatem gdyby ciężkiego stropu w takim niespodzianie trafionym wielką bombą budynku nie było, to straty przy braku takiego stropu napewno nie wiele by się zmniejszyły.

Budynki ze stromym dachem nad częścią budynku, stają się budynkami wieżowymi lub grzbietowymi, zależnie od tego, czy kształt schronu w planie jest zbliżony do kwadratu, czy do wydłużonego prostokąta.

Należy jeszcze wspomnieć o stropach, stosowanych pod postacią oddzielnych płyt niezwiązanych ze ściankami, występujących częstokroć, jako część składowa skombinowanego warstwowego przykrycia. W każdym wypadku, gdy to jest możliwe, należy związać strop w jeden blok betonowy ze ścianami, gdyż, jak wiemy, duża masa betonu zmniejsza efekt wstrząsu. O ile jednak chodzi o wzmocnienie stropu istniejącego schronu, lub piwnicy, wówczas analizujemy działanie bomby i tworzymy 3 zasadnicze warstwy o różnych przeznaczeniach: górna warstwa obliczona na detonację, a więc o dużej twardości, pośrednia elastyczna, rozkładająca ciśnienie równomiernie na trzecią warstwę, pracującą niemal wyłącznie na ciśnienie statyczne i zabezpieczająca od odprysków. Ta sama analiza działania pocisku była podstawą zaprojekt-



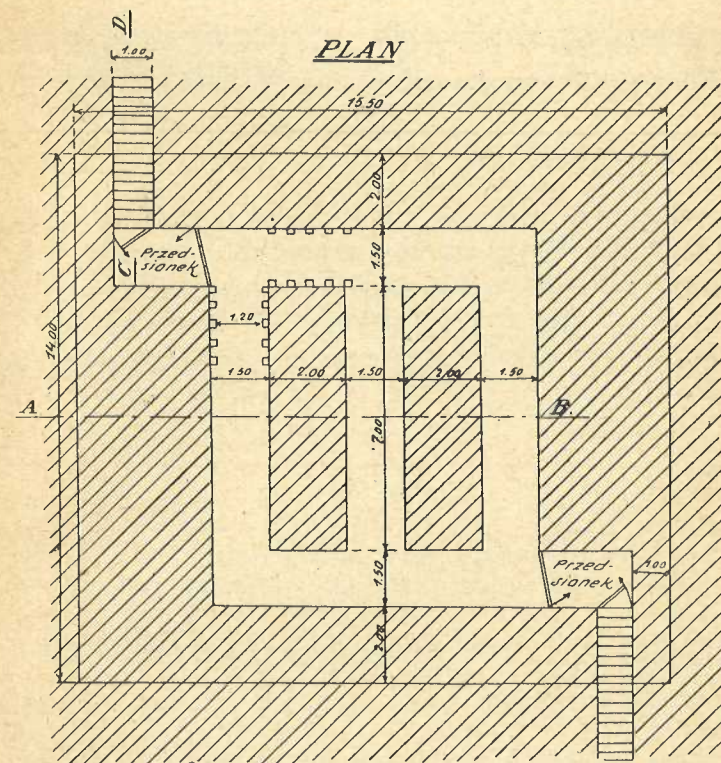
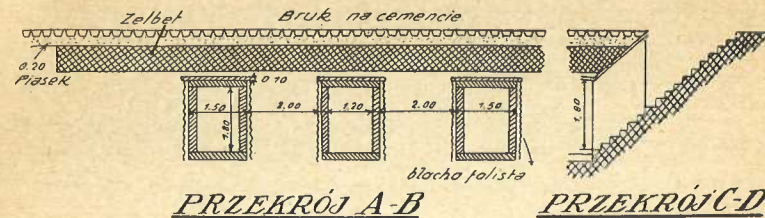
towania uzbrojenia stropu żelazobetonowego. Klasycznym przykładem takiego warstwowego zabezpieczenia są stropy schronów fortyfikacyjnych francuskich, wykonane około 1870 r., a wzmocnione po 1885 r. Stropy te składały się z górnej płyty betonowej 1.50 — 2.50 m, środkowej warstwy piasku 1 m i dolnej warstwy muru ceglanego dawnego pochodzenia — 1.50 m. Intencją projektodawcy



Ryc. 12.

nie było tworzenie stropów warstwowych, po wojnie jednak analizując ich wytrzymałość, zwrócono przede wszystkim uwagę na ten warstwowy charakter. Stropy te wytrzymały najcięższe kalibry artyleryjskie. Instrukcja belgijska dla schronów plot. daje typ wzmocnienia stropu istniejącego przez przykrycie go  $\frac{1}{2}$  m warstwą piasku i 30 cm betonu (ryc. 12).

Innym typem stropów warstwowych są stropy z pośrednią warstwą powietrza. Stropy te tworzą jedną ca-

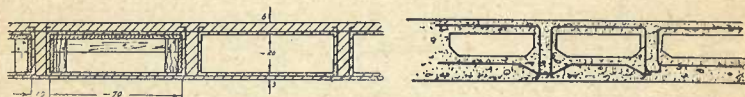
SCHRON NA 150 LUDZI

Ryc. 15.



łość. Warstwa powietrza ma sprzyjać rozprzestrzenianiu się gazów wybuchowych po przebiciu górnej płyty. Skuteczność tej metody jest wątpliwa, gdyż obliczona jest ona na przebicie górnej płyty bez naruszenia dolnej, co trudno jest zawczasu przewidzieć (ryc. 13,14).

Odrębnym wreszcie działem są płyty detonujące, leżące na ziemi, obliczone na spowodowanie wybuchu na powierzchni, celem uniknięcia działania minowego. W tym



Ryc. 13.

Ryc. 14.

wypadku, płyty powinny być obliczone jedynie na działanie perforacyjne i mogą być wykonane z chudego betonu a nawet kamienia na zaprawie cementowej. Płyty te stosuje się zabezpieczenia fundamentów oraz nad schronami podziemnymi, wykonanymi metodą górnictw (rys. 15).

#### ŹRÓDŁA.

Instrukcja budowlana O. P. L. biernej. 1934 r.

Niemiecka instrukcja o fortyfikacji polowej Cz. III tłum. polskie 1925.

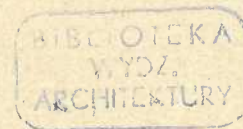
Instruktion provisoire sur la defense passive. Ann. 4 Des abris. 1936 r. Paris.

Instruction provisoire sur la protection collective. Bruxelles 1934.

Norme tecniche, da adottarsi per rendere meno vulnerabili dalle offese aeree le costruzioni edilizie e le relative condutture e per la costruzione dei ricoveri. Roma 1933.

W. Wieser. Grundlagen des bautechnischen Luftschutzes. 1935.  
K. Kleczke. Obliczanie płyt żelbetowych na działanie pocisków artyleryjskich i bomb lotniczych. Przegląd Wojskowo-Techniczny 1933 r.

Schrony przeciwlotnicze. J. Siłkowski i K. Biesiekierski. 1934 r.  
Schoszberger. Budownictwo przeciwlotnicze. tłum. polskie 1935 r.  
Stellingwerff. La protezione dei fabbricati dagli attacchi aerei 1936 r.





10-

175