

ROZDZIAŁ XIX.

Mury podporowe i zapory.

I. Rachunkowe wyznaczenie wymiarów murów podporowych.

Na mur podporowy działają naogół siły następujące (rys. 439):

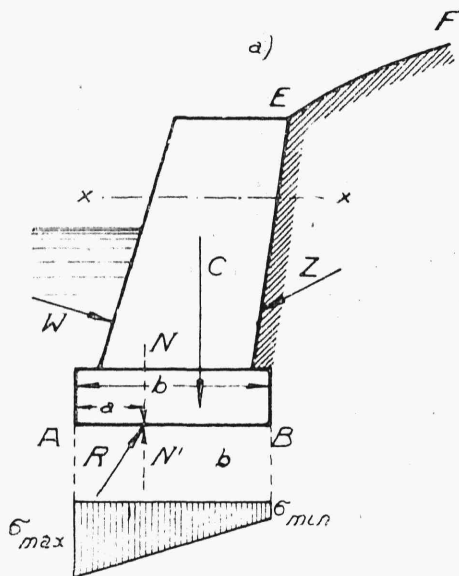
1°. Parcie ziemi, działające w ogólnym wypadku pod kątem różnym od 90° , zarówno względem pionu, jak i względem tylnej powierzchni muru, do której jest zaczepione.

Uważamy, że parcie ziemi na mur nie może być, przy równowadze stałej, większe od parcia w stanie równowagi granicznej. Pozwala to nam na stosowanie w obliczeniu murów wzorów dla Z , wyprowadzonych w rozdziale poprzednim. Dotyczy to zarówno naziomów obciążonych, jak i nieobciążonych.

2°. Ciężar własny muru i ciężary, stojące bezpośrednio na murze (C).

3°. Parcie wody lub ziemi na przednią (t.j. położoną od strony powietrza) powierzchnię muru (W).

4°. Reakcja ziemi, na której mur stoi (R) i parcie wody na jego dolną powierzchnię.



Rys. 439.

Dla przyczółków dochodzi tu jeszcze t.zw. siła hamowania.

Rozpatrujemy zwykle zagadnienie stateczności i wytrzymałości muru, jako zadanie płaskie.

Uważamy, że mury złożone są z warstw, których przesuwaniu się po sobie stoi na przeszkodzie tarcie. Dotyczy to tylko murów nieszczelnych, nie może więc mieć np. zastosowania do zapór, jako murów szczelnych, gdy musimy liczyć się z oporem zaprawy na ścinanie. Warstwy, z których składa się mur podporowy, mogą być zarówno poziome, jak i nachylone pod kątem ostrym względem poziomu, co nie wywołuje zasadniczej różnicy w ich obliczeniu. Współczynnik tarcia f muru po murze przyjmujemy tu zwykle w granicach 0,5 — 0,7, a współczynnik tarcia muru po ziemi, w granicach 0,3 — 0,65, w zależności od tego, czy ziemia jest sucha, czy też wilgotna.

Ze względu na poczynione założenia, co do budowy muru podporowego i co do działających nań sił zewnętrznych, obliczenie muru polegać winno na sprawdzeniu następujących warunków jego pracy:

- 1) czy mur podporowy nie obróci się, jako całość, dookoła krawędzi A rys. 439,
- 2) czy nie przesunie się, jako całość, po powierzchni AB ,
- 3) czy nie wyprze ziemi pod fundamentem w okolicy krawędzi A ,
- 4) czy nie będzie miało miejsca pęknięcie muru podług pewnej płaszczyzny xx wskutek przekroczenia granicy wytrzymałości muru (przeważnie na wyciąganie),
- 5) czy nie będzie miało miejsca w razie pęknięcia przesunięcie się górnej części muru po płaszczyźnie xx ,
- 6) czy ostatnio wspomniana część muru nie wywróci się.

Aby mur nie mógł, jako całość, obrócić się dookoła krawędzi A w kierunku od ziemi (warunek 1) potrzeba, aby moment względem A wypadkowej wszystkich sił, działających na mur w tym właśnie kierunku (M_{zp}) był mniejszy od momentu wypadkowej wszystkich sił czynnych, działających w kierunku odwrotnym (M_{pz}), czyli, aby była zachowana zależność:

$$M_{pz} > M_{zp} \quad (895)$$

Na moment M_{zp} składa się moment siły Z i moment parcia wody na powierzchnię AB , na moment zaś M_{pz} momenty sił W i C .

Jeżeli współczynnik bezpieczeństwa w obliczeniu muru równa się n , otrzymujemy zamiast nierówności (895), wzory następujące:

$$M_{pz} = n M_{zp} \quad n = \frac{M_{pz}}{M_{zp}} \quad (896)$$

gdzie n nie powinno być mniejsze od 1,5 — 2, w zależności od przeznaczenia budowli. Współczynnik n nazywamy nieraz współczynnikiem stateczności muru.

Oznaczamy w dalszym ciągu przez N wypadkową sił, działających na mur prostopadle do płaszczyzny AB (nie licząc reakcji R) i przez T wypadkową sił do AB równoległych. Aby mur nie mógł się przesunąć po AB trzeba, żeby była zachowana zależność (warunek 2):

$$N \cdot f > T \quad (897)$$

lub też następująca:

$$N \cdot f = n_1 T, \quad n_1 = \frac{N \cdot f}{T} \quad (898)$$

gdzie n_1 , odpowiedni współczynnik bezpieczeństwa, waha się zwykle od 1,2 do 2,0.

Ciśnienie muru na ziemię (warunek 3) obliczamy z równania równowagi:

$$\sum M = 0$$

gdzie momenty M brane są względem punktu A . Mamy tu więc, że:

$$\sum M = \mathfrak{M}_{ps} - \mathfrak{M}_{zp} - N'a = 0 \quad (899)$$

gdzie a oznacza odległość punktu zaczepienia reakcji R od punktu A , zaś N' pionową składową tej reakcji.

Ponieważ $N' = -N$, więc równanie (899) określi również położenie punktu zaczepienia wypadkowej wszystkich sił pionowych, działających na mur podporowy:

$$a = \frac{\mathfrak{M}_{ps} - \mathfrak{M}_{zp}}{N} \quad (900)$$

Mimośród ξ siły N w przekroju AB otrzymujemy ze wzoru (rys. 439):

$$\xi = \frac{b}{2} - a \quad (901)$$

Jednostkowe ciśnienie muru na ziemię otrzymujemy ze wzoru na ściskanie mimośrodowe:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} \quad (902)$$

gdzie $M = \xi \cdot N$, lub też, po przekształceniu go, ze wzoru następującego

$$\sigma = \frac{N}{b} \left(1 \pm \frac{6\xi}{b} \right) \quad (903)$$

z którego wynika, że na to, aby ciśnienie na grunt nie mogło przejść w wyciąganie, siła N musi mieć punkt zaczepienia w granicach rdzenia przekroju AB . Rozkład ciśnień jednostkowych pod murem przedstawiony jest na rys. 439 b.

Aby ziemia pod murem nie groziła obsunięciem się, trzeba, aby ciśnienie σ , otrzymane ze wzoru (903) nie przekraczało dopuszczalnego ciśnienia jednostkowego, które wynosi np. dla twardej gliny około 5 k/cm², dla zwykłej twardej ziemi około 3 k/cm², dla słabej ziemi naniesionej 1 k/cm² i t.d.

Obliczenie naprężeń normalnych w pewnym przekroju xx (warunek 4) odbywa się w sposób analogiczny do tylko co podanego z tą jedyną różnicą, że zamiast przekroju AB , badamy tu przekrój xx . Zamiast wzorów (900), (901) i (903) otrzymujemy w takim razie wzory następujące:

$$a_x = \frac{\mathfrak{M}_{pz}^x - \mathfrak{M}_{zp}^x}{N_x} \quad (904)$$

$$\xi_x = \frac{b_x}{2} - a_x \quad (905)$$

$$\sigma_x = \frac{N_x}{b_x} \left(1 \pm \frac{6\xi_x}{b_x} \right) \quad (906)$$

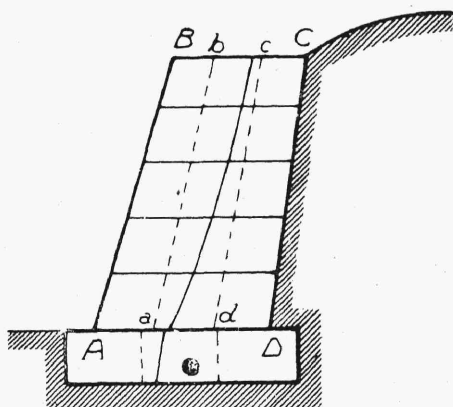
gdzie litery, zaopatrzone w znaczki x , mają to samo znaczenie dla przekroju xx , co odpowiednie litery bez znaczka dla przekroju AB . Ze wzoru (906) możemy obliczyć największe naprężenia normalne w danym przekroju, przyczem, o ile te naprężenia nie mają być wyciągającymi, pionowa składowa N_x wypadkowej sił zewnętrznych, działających na dany przekrój, nie może wyjść ze rdzenia przekroju xx . W razie gdy decydujemy się na dopuszczenie tu naprężeń wyciągających, ograniczamy je zwykle dla betonu do 4 k/cm² i dla muru z kamienia do 2,5 k/cm². Przy ściskaniu dopuszczamy naprężenia równe np. 15 k/cm² dla muru z kamienia łupanego, około 30 k/cm² dla betonu i t.d.

Sprawdzenie, czy część muru nad przekrojem xx nie przesunie się po płaszczyźnie xx (warunek 5), wykonywamy według wzorów (897) i (898), w których f uważamy wówczas za współczynnik tarcia muru po murze.

Wreszcie warunek 6 sprawdzamy zapomocą wzoru (895).

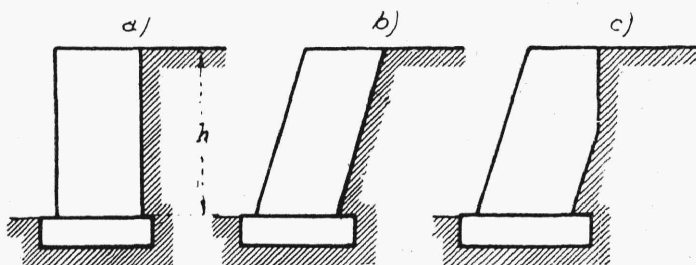
Linję ciśnień w murze, jako geometryczne miejsce punktów zaczepienia sił N , otrzymujemy drogą obliczenia w poszczególnych przekrojach muru mimośrodków ze wzoru (905). O ile nie chcemy, aby w murze podporowym powstawały naprężenia wyciągające, musimy wymiary jego dobierać w ten sposób, aby linja ciśnień w żadnym przekroju nie wyszła z rdzenia (rys. 440), to znaczy, aby w wypadku muru o przekroju poziomym prostokątnym nie wyszła ze środkowej trzeciej części szerokości muru.

Na podstawie wzorów (904) — (906) można powiedzieć, że zwiększenie momentu M_{ps} , w porównaniu do M_{sp} , wywołuje zwiększenie stateczności murów i naogół zmniejszenie naprężeń. Aby osiągnąć zwiększenie M_{ps} , bez zwiększenia ciężaru muru należy nadać murowi, zamiast kształtu prostokątnego (w poprzecznym przekroju pionowym, rys. 441a), przekrój o kształcie równoległoboku (rys. 441b).



Rys. 440.

Aby w dalszym ciągu przystosować kształt muru do powstających w nim naprężeń, należy mur podporowy w górnej części uczynić węższym, niż w dolnej drogą odpowiedniego ścięcia (geometrycznego) omówionego równoległoboku (rys. 441c). Przy dokonywaniu ścięć w kształcie muru



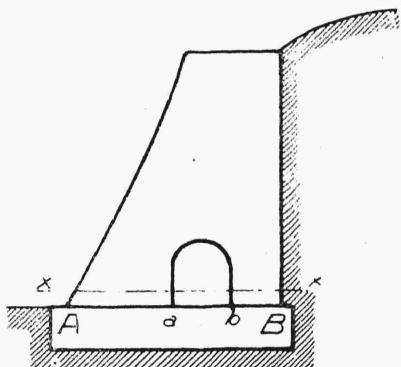
Rys. 441.

należy mieć na uwadze, że skuteczność nachylenia tylnej powierzchni muru podporowego jest w znacznym stopniu zależna od kąta tarcia między ziemią a murem, i że w pewnych wypadkach ścięcie w rodzaju przedstawionego na rys. 441c może nie być korzystnym dla stateczności muru.

Dla uproszczenia obliczeń często przyjmujemy z korzyścią dla bezpieczeństwa, że parcie ziemi na mur ma kierunek poziomy.

Głębokość posadowienia włącza się do wysokości h (vid. § 2), o ile ziemia i poniżej terenu może wywierać na mur parcie.

W obliczeniu przyczółków (w razie uwzględnienia ich skrzydeł) i murów z przyporami (w razie gdy uważamy mur i przypory za jedną całość)



Rys. 442.

mamy do czynienia z murami o przekroju poziomym nieprostokątnym. Obliczenie będzie różniło się od poprzedniego tem, że będziemy tu korzystać dla ściskania mimośrodowego ze wzoru ogólnego (902), zamiast wzorów dla przekroju prostokątnego. Będziemy więc musieli rozpocząć obliczenie od znalezienia środków ciężkości kolejnych przekrojów poziomych muru i od przeprowadzenia osi obojętnej tych przekrojów. Wzory (900) i (904) moc tu swą zachowują pod warunkiem, że wielkości M_{pz} i M_{zp} doty-

czyć będą całej masy przyczółka lub muru przyporowego.

Z murami o przekrojach nieprostokątnych mamy również do czynienia w pewnych rodzajach zapór i w murach śluzowych z otworami podłużnymi (na rys. 442 przekrój *xx*).

Ponieważ obliczenie murów podporowych polega właściwie na sprawdzeniu ich wymiarów, założonych zgóry, więc przed przystąpieniem do obliczenia musimy te wymiary wyznaczyć na podstawie istniejącego materiału statystycznego budowli wykonanych. Średnia grubość muru podporowego waha się, mianowicie, przeważnie w granicach $0,3h - 0,45h$ (h wysokość muru), w zależności od stopnia wilgoci ziemi za murem, kierunku spadku i dopuszczalnych naprężeń. Najmniejsza szerokość korony muru wynosi dla betonu 0,3 m, a dla kamienia łupanego 0,5 m. Nachylenie przedniej płaszczyzny muru względem poziomu wynosi zwykle od $\frac{1}{5}$

do $\frac{1}{10}$.