

Budownictwo wodne - budowle morskie

opracowano na podstawie:

1. Budownictwo betonowe, tom XVI Budowle Hydrotechniczne Morskie, Arkady
2. Hückel Stanisław: Budowle morskie Tom I-IV, Wydawnictwo morskie, 1972-1975
3. Mazurkiewicz Bolesław, Kazimierz: Morskie budowle hydrotechniczne, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie, 1999
3. Morskie Budowle Hydrotechniczne. Zalecenia do projektowania i wykonywania.
4. przepisów prawnych.

Budowle morskie – budowle hydrotechniczne wznoszone w portach morskich na szlakach morskich lub na wybrzeżu w bezpośrednim kontakcie z morzem.

Większe niż budowle na wodach śródlądowych oraz narażone na dynamiczne i chemiczne działanie wody morskiej.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU I GOSPODARKI MORSKIEJ

z dnia 1 czerwca 1998 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie.

Na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 Prawo budowlane zarządza się, co następuje:

§ 1. 1. *Rozporządzenie określa warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne, ich usytuowanie na działce budowlanej oraz zagospodarowanie działek, w tym także akwenów i terenów przeznaczonych pod zabudowę tymi budowlami. 2. Warunki techniczne mają zastosowanie także do poszczególnych elementów konstrukcyjnych stoczniowych konstrukcji hydrotechnicznych.*

3. Przy zachowaniu przepisów Prawa budowlanego oraz odrębnych ustaw i przepisów szczególnych, a także wymagań Polskich Norm, warunki, o których mowa w ust. 1, zapewniają:

- 1) bezpieczeństwo konstrukcji w zakresie nośności i stateczności,*
- 2) bezpieczeństwo pożarowe,*
- 3) bezpieczeństwo użytkowania,*
- 4) warunki użytkowe, odpowiednie do przeznaczenia różnych typów budowli.*

§ 2. *Ilekoć w rozporządzeniu jest mowa o:*

*...
6) morskiej budowli hydrotechnicznej, zwanej dalej "budowlą morską" - rozumie się przez to budowlę nawodną lub podwodną, wznoszoną:*

- a) na morzu terytorialnym,*
 - b) na morskich wodach wewnętrznych,*
 - c) na lądzie, lecz w rejonie bezpośredniego kontaktu z akwenami morskimi, czyli w pasie technicznym nadbrzeżnego pasa wybrzeża morskiego,*
 - d) w portach i przystaniach morskich,*
- która wraz z instalacjami, urządzeniami budowlanymi związanymi z tą budowlą, urządzeniami technicznymi oraz innym celowym wyposażeniem niezbędnym do spełniania przeznaczonej mu funkcji stanowi całość techniczno-użytkową,*

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI MORSKIEJ

z dnia 23 października 2006 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych

Na podstawie art. 7 ust. 3 pkt 2 i art. 62 ust. 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane zarządza się, co następuje:

§ 1. Rozporządzenie określa warunki techniczne użytkowania morskich budowli hydrotechnicznych oraz szczegółowy zakres kontroli tych budowli.

§ 2. Warunki techniczne użytkowania morskich budowli hydrotechnicznych, zwanych dalej "budowlami morskimi", powinny zapewnić:

- 1) utrzymanie należytego stanu technicznego i wymaganego stanu estetycznego budowli morskiej oraz związanych z nią urządzeń, a także bezpieczeństwa ludzi i mienia w okresie jej użytkowania;
- 2) użytkowanie budowli morskich zgodnie z ich przeznaczeniem.

USTAWA z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej
Art. 2.

1. Obszarami morskimi Rzeczypospolitej Polskiej są:

- 1) morskie wody wewnętrzne,
 - 2) morze terytorialne,
 - 3) wyłączna strefa ekonomiczna
- zwane dalej "polskimi obszarami morskimi".

2. Morskie wody wewnętrzne i morze terytorialne wchodzi w skład terytorium Rzeczypospolitej Polskiej.

Art. 4. Morskimi wodami wewnętrznymi są:

- 1) część Jeziora Nowowarpieńskiego i część Zalewu Szczecińskiego wraz ze Świną i Dziwną oraz Zalewem Kamieńskim, znajdująca się na wschód od granicy państwowej między Rzeczpospolitą Polską a Republiką Federalną Niemiec, oraz rzeka Odra pomiędzy Zalewem Szczecińskim a wodami portu Szczecin;
- 2) część Zatoki Gdańskiej zamknięta linią podstawową biegnącą od punktu o współrzędnych 54°37'36" szerokości geograficznej północnej i 18°49'18" długości geograficznej wschodniej (na Mierzei Helskiej) do punktu o współrzędnych 54°22'12" szerokości geograficznej północnej i 19°21'00" długości geograficznej wschodniej (na Mierzei Wiślanej);
- 3) część Zalewu Wiślanego, znajdująca się na południowy zachód od granicy państwowej między Rzeczpospolitą Polską a Federacją Rosyjską na tym Zalewie;
- 4) wody portów określone od strony morza linią łączącą najdalej wysunięte w morze stałe urządzenia portowe, stanowiące integralną część systemu portowego.

Art. 5.

1. Morzem terytorialnym Rzeczypospolitej Polskiej jest obszar wód morskich o szerokości 12 mil morskich (22 224 m), liczonych od linii podstawowej tego morza.

2. Linię podstawową morza terytorialnego stanowi linia najniższego stanu wody wzdłuż wybrzeża lub zewnętrzna granica morskich wód wewnętrznych.

3. Zewnętrzną granicę morza terytorialnego stanowi linia, której każdy punkt jest oddalony o 12 mil morskich od najbliższego punktu linii podstawowej,

Środowisko morskie tworzą woda, powietrze, grunt – wywierające na siebie wzajemny wpływ. Najsilniejsze jest oddziaływanie powietrza na swobodną powierzchnię wody, przejawiające się przez naprężenia styczne (poziome wywołujące fale wiatrowe) oraz naprężenia normalne (ciśnienia baryczne powodujące występowanie różnic poziomu wody w różnych punktach i pływy).

Powierzchnia wody jedynie lokalnie i krótkotrwale pozostaje pozioma. Woda oceanu światowego tworzy bowiem **powierzchnię wypukłą**, a na jej kształt ma wpływ nieustanny ruch wód wynikający z:

- różnic ciśnienia atmosferycznego (woda dąży do wyrównania spowodowanych tymi różnicami poziomów),
- siły Coriolisa,
- sił przyciągania Słońca i Księżyca (przyływy i odpływy),
- oddziaływania wiatru („nawiewanie” mas wody oraz falowanie),
- występowania prądów morskich,
- występowania różnic temperatury i gęstości wody (powodujące również pionowy ruch wód).

Znajdująca się w ruchu woda powoduje **erozję** (wymywanie) oraz **abrazję** (ścieranie) dna i brzegów. Powstały materiał w postaci rumowiska morskiego znajduje się w ruchu.

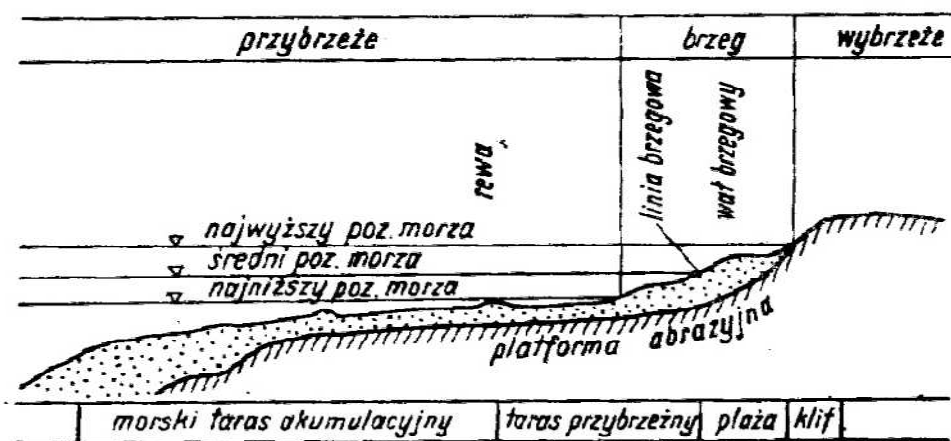
Na brzegu morskim można wydzielić strefy:

- przybrzeże – strefa podwodna stale przykryta wodą,
- brzeg – strefa amficzna, okresowo zalewana przez wodę,
- wybrzeże – strefa nadwodna.

Brzeg i przybrzeże tworzy zwykle wycięta w lądzie pierwotnym platforma abrazyjna przykryta rumowiskiem tworzącym taras akumulacyjny. W obrębie brzegu tworzy plażę i wał brzegowy, a w obrębie przybrzeża wały przybrzeżne nazywane rewami

Wybrzeże może być płaskie (nizina nadmorska) lub strome (klif). Wzdłuż krawędzi przybrzeża występują często utwory eoliczne (nawiewane z wysuszonego wału brzegowego – wydmy). Mogą również występować usypane z materiału wyerodowanego ze zboczy wysoczyzn stożki napływowe.

Tereny brzegu oraz przybrzeża mogą również być uformowane sztucznie jako tereny refulowane.



Rys. 1.11. Profil brzegu morskiego w zaawansowanym stadium erozji [6]

FALOWANIE

Zjawisko falowania ma zasadnicze znaczenie w budowlach morskich.

W zależności od sił je wywołujących wyróżniamy:

- fale wiatrowe,
- fale sejsmiczne – wywołane ruchami tektonicznymi lub wybuchami wulkanów,
- fale baryczne – wynikające z gwałtownych zmian ciśnienia,
- fale pływowe – na skutek przyciągania Słońca i Księżyca,
- fale sztuczne np. wywołane ruchem statków.

Fale pływowe oraz baryczne z reguły mają jedynie wpływ na zmiany poziomu morza, a nie powodują oddziaływań dynamicznych.

Najbardziej powszechne i decydujące w budownictwie hydrotechnicznym jest falowanie wiatrowe

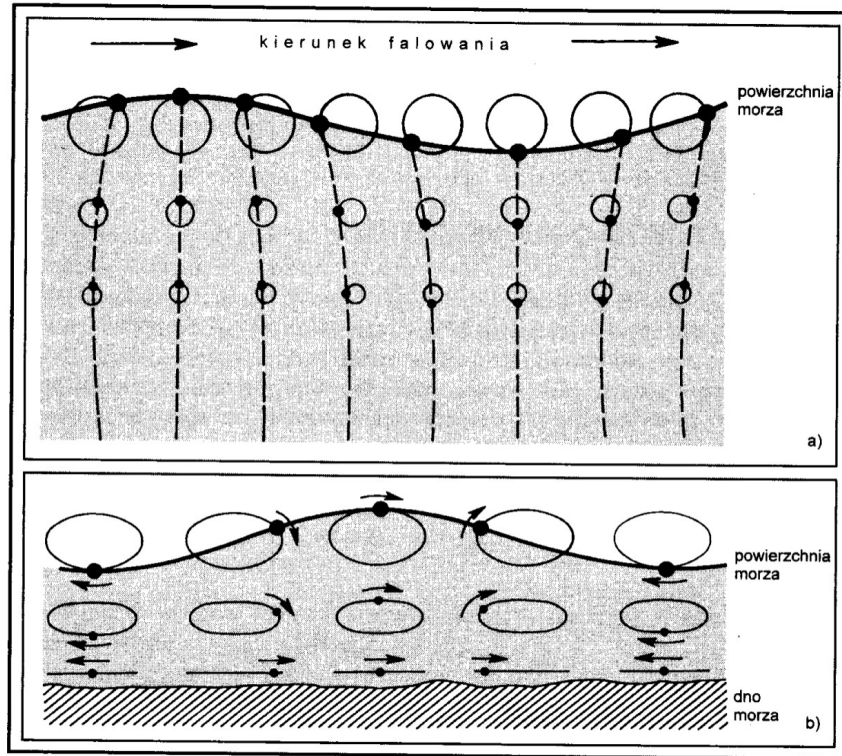
Ruch falowy to ruch wahadłowy wody w stosunku do powierzchni spokoju oraz orbitalny (kołowy lub eliptyczny) ruch cząstek wody.

Fala teoretyczna, idealna (najbardziej zbliżona do niej jest fala swobodna np. martwa czy rozkołys):

przy nieskończonej wielkości głębokości (większych niż połowa długości fali) ruch cząstek wody odbywa się po torach kołowych, których środki leżą na wspólnej prostej poziomej, a promienie są jednakowe. Przy mniejszych głębokościach tory stają się eliptyczne.

W głąb morza na prostych pionowych ruch odbywa się po podobnych orbitach o średnicy malejącej w kierunku dna.

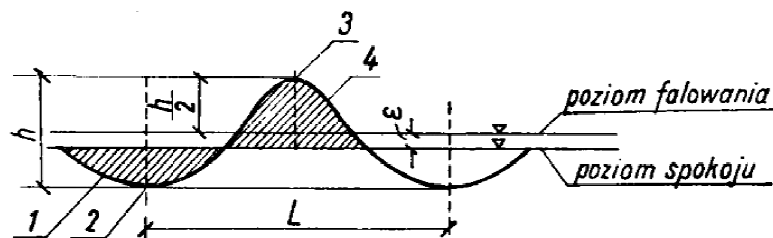
Rzeczywista fala wiatrowa jest falą wymuszoną i jej kształt jest zniekształcony oraz występuje w niej dodatkowo ruch postępowy – zgodny z kierunkiem wiatru, napędzający wodę w kierunku brzegów.



Rys. 221. Schematy ruchu cząsteczek wody w czasie falowania w wodzie głębokiej (a) i płytkiej (b)

Parametry fali:

- wysokość fali (h)** - różnica w pionie między najniższym a najwyższym punktem fali,
- amplituda (a)** - największe wychylenie w górę bądź w dół w stosunku do niesfalowanej powierzchni wody,
- długość fali (L)** - najkrótsza pozioma odległość między sąsiednimi dolinami lub grzbietami,
- okres (T)** - czas jednego pełnego obrotu cząstki wody po orbicie,
- prędkość rozchodzenia się profilu fali (c)** - stosunek długości fali do jej okresu,
- prędkość orbitalna** - liniowa prędkość ruchu cząsteczek po orbitach,
- średnia stromość fali (K)** - stosunek wysokości fali do połowy jej długości,
- częstotliwość fal (t)** - wyraża liczbę długości fal, które przechodzą przez stały punkt w jednostce czasu,
- kierunek rozprzestrzeniania się fal** - kierunek stron świata, z którego przemieszcza się fala.



Rys. 3.14. Parametry i elementy fali (h — wysokość fali, L — długość fali, ε — wzniesienie falowania; pole zakreskowane nad poziomem spokoju równe jest polu zakreskowanemu, znajdującemu się poniżej poziomu spokoju)
1 — dolina fali, 2 — dno fali, 3 — szczyt fali, 4 — grzbiet fali

Tabela 44. Skala Beauforta siły wiatru i stanu morza

Siła wiatru	Prędkość wiatru (m/s)	Oznaczenie	Stan morza	Stan powierzchni morza	Długość fal (m)	Wysokość fal (m)
0	0-0,5	cisza	0	tafla lustrzana	–	–
1	0,6-1,7	powiew	1	powierzchnia lekko zmarszczona	do 5	0-0,25
2	1,8-3,3	słaby wiatr	2	fale krótkie i wyraźne; grzbiety o wyglądzie szklistym, zaczynają się załamywać	do 25	0,25-1
3	3,4-5,2	łagodny wiatr	2	dłuższe fale o wierzchołkach spienionych; łamanie się fal wywołuje krótkotrwałe szmery	do 50	0,4-2
4	5,3-7,4	umiarkowany wiatr	3			
5	7,5-9,8	świeży wiatr	4	wyraźne długie fale pokryte pianą; łamaniu się fal towarzyszy szum	do 75	2-4
6	9,9-12,4	silny wiatr	5	zaczynają się tworzyć duże fale, grzbiety pokryte są pianą, morze szumi	do 100	3-6
7	12,5-15,2	bardzo silny wiatr	6	fale strome, piana grzyw zaczyna układać się w pasma; silny szum łamiących się fal	do 135	5-7
8	15,3-18,2	gwałtowny wiatr	7	fale coraz dłuższe i bardziej strome; gęsta piana układa się w długie pasma; morze zaczyna huczeć	150-200	7-10
9	18,3-21,5	wichura	7	tworzą się wysokie góry wodne, cała powierzchnia morza wygląda biało dzięki obfitej pianie łamiących się grzywaczy; morze grzmi	do 250	ponad 10
10	21,6-25,1	silna wichura	8			
11	25,2-29,0	gwałtowna wichura	9	ogromne fale, tak wielkie, że statki znajdujące się w dolinie fal przestają być widoczne; wiatr porywa grzywy fal i unosi pył wodny, osłabiając widzialność	do 300	ponad 10
12	>29,0	huragan	9	nie ma żadnej widzialności	>300	do 15

Stan morza nie zawsze jest bezpośrednio związany z siłą wiatru. **Skala stanów morza przewidziana jest dla morza otwartego.**

Wysokości fal dla oceanów i mórz przybrzeżnych otwartych są więc wielkościami przybliżonymi.

Stan morza określa się **wyłącznie** według wysokości największych, najbardziej rozbudowanych fal. Rodzaj występującego na morzu falowania nie odgrywa żadnego znaczenia dla określenia stanu morza.

Podział fal:

➤ pod względem długości okresu:

- **krótkookresowe** – przeważnie wiatrowe (kapilarne do 0,1s, nadgrawitacyjne – ultragravitacyjne do 1 s, grawitacyjne do 30 s i podgrawitacyjne – infragravitacyjne do 300 s) – energia fal grawitacyjnych – najczęstszych, zużywana jest głównie na pokonanie bezwładności wód wywołanej ciężarem.
- **długookresowe** – wywołane innymi czynnikami (sztormowe 300 s – 12 h, pływowe 12 h lub 24 h, pozapływowe powyżej 24 h) – fale te są tłumione na skutek działania siły Coriolisa (wpływ grawitacji jest nieistotny),
- **bezokresowe** – samotne, o okresie nieskończenie wielkim (fale baryczne i tsunami),

➤ z uwagi na czas występowania w stosunku do czynników generujących:

- **wymuszone** (występujące w trakcie działania przyczyny)

- o **swobodne** (po ustaniu lub wyjściu poza obszar działania przyczyny)

Falowanie jest wymuszone określoną przyczyną. Po jej ustaniu lub wyjściu poza obszar działania przyczyn staje się falą swobodną, która jako symetryczna i bardziej regularna nosi nazwę martwej (rozkołys).

➤ z uwagi na położenie:

- o **powierzchniowe** (na granicy między wodą i powietrzem)
- o **wewnętrzne** (w głębi na granicy dwóch ośrodków ciekłych o różnej gęstości)

➤ ze względów teoretycznych:

- o **regularne** (czyste, proste, prawidłowe, których profil stanowi krzywa okresowa - sinusoida lub trochoida) o stałych parametrach. Są to modele idealne ruchu falowego, stanowiące podstawę opisu matematycznego.
- o **nieregularne** - złożone składające się z wielu regularnych fal składowych o różnych kierunkach, różnych parametrach, nakładających się z przesunięciem fazy i kierunku ... Są przedmiotem badań statystycznych lub stochastycznych jako odpowiadające rzeczywistym falom wiatrowym. Zwane są również wiązkami fal. W wiązkach fal często można wyróżnić falę podstawową – największą.

Wysokość fali pełnomorskiej (z dala od brzegów, przy dużych głębokościach) zależy od siły wiatru, czasu jego trwania, rozciągłości działania (długość obszaru, z którego wieje przez dłuższy czas).

Fala w swoim ruchu napotyka zmieniający się poziom dna i przeszkody co powoduje jej przemiany.

Wchodząc w strefę brzegową fala podlega przekształceniom (zmiana parametrów i kierunku) – stałą pozostaje tylko okres fali. Gdy fala dojdzie do miejsca gdzie głębokość jest głębokością krytyczną następuje jej **załamanie** (rozbitcie) na skutek tarcia wody o dno. Przy załamaniu fala traci do 50% energii i raptownie zmniejsza swoją wysokość o ok. 25%. W drodze do brzegu fala załamuje się kilkakrotnie. Przystaje być falą oscylacyjną, a staje się translacyjną (przenoszona) – cząstki wody nie krążą po orbitach zamkniętych lecz poruszają się ruchem postępowym. Zjawisko to nazywamy **przybojem**, a fale **falami przybojowymi**.

Fala przechodząca nad spływającym się dnem ukośnie lub równoległe do brzegu ulega **refrakcji** – ugięciu lub odchyleniu ku tyłowi.

Fala przybojowa trafiając na budowlę portową uderza w nią, a woda ulega wyrzuceniu na dużą wysokość.

Fala nierozbita napotykając na przeszkodę w postaci stromej lub pionowej ściany odbija się od niej.

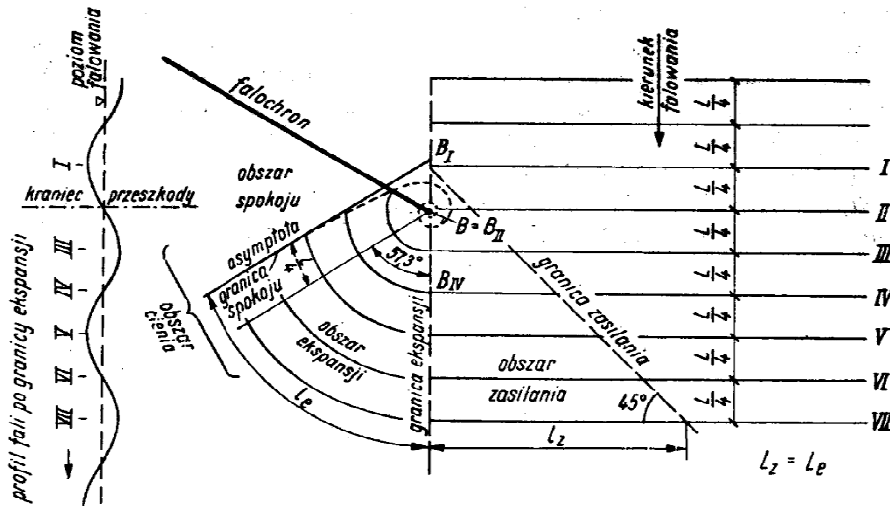
Odbicie fali może być:

- **zupełne** – jeśli ściana jest pionowa, nieprzepuszczalna (ciągła) i sięga od dna do poziomu przewyższającego wierzchołek fali,
- **niezupełne** – gdy któryś z powyższych warunków nie jest spełniony i następuje załamanie fali.

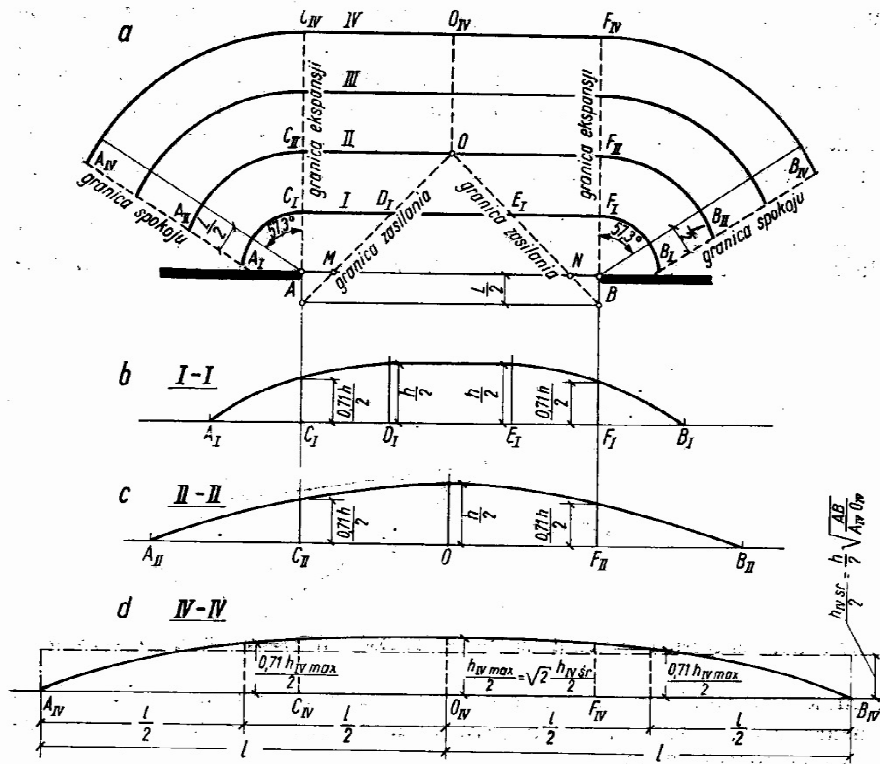
Ponieważ kąt odbicia równy jest kątowi padania fale ulegają interferencji i tworzą krótką i stromą falę stłoczoną. Gdy fala od morza nadchodzi prostopadle do kierunku ściany wówczas odbicie następuje w kierunku dokładnie przeciwnym i powstaje szczególny przypadek fali stłoczonej – fala stojąca – nie ma w niej przesuwania się grzbietów i dolin, a tylko rytmiczny ruch w górę i dół. Fala taka może być dwukrotnie wyższa niż fala przed odbiciem, a wzniesienie fali stojącej może wzrosnąć czterokrotnie. Siła uderzenia takiej fali jest mniejsza niż fali przybojowej, większy jest natomiast napór hydrostatyczny na ścianę budowli.

Fala trafiając na przeszkodę na powierzchni wody (np. głowica falochronu) ulega **dyfrakcji** – na obszarze leżącym w „cieniu” przeszkody linia grzbietowa fali zakrzywia się po łuku koła o środku w krańcowym punkcie przeszkody, grzbiety tak powstałych fal tworzą współśrodkowe wycinki okręgów. Zjawisko to określane jest jako ekspansja boczna (lateralna) fali.

Fala przechodząca przez otwór między dwoma przeszkodami (np. wejście do portu) ulega dyfrakcji i ekspansji bocznej. Gdy fala wnika w głąb akwatorium zwiężającego się z kierunkiem falowania następuje wzrost wysokości fali (spiętrzanie).



Rys. 3.31. Plan falowania z uwzględnieniem dyfrakcji metodą Iribarrrena



Rys. 3.36. Dwustronna ekspansja fali
 a — rzut poziomy i plan falowania, b, c, d — profile linii grzbietowych fal w położeniu I, II i IV

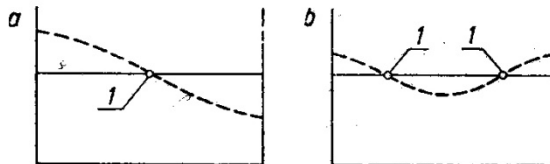
Sejsze – okresowe kołysania całej masy wodnej akwenu, w postaci długich fal stojących - mogą również występować w mniejszych zbiornikach (np. basenach portowych):

- wewnętrzne powstałe w zbiorniku (np. przepływającym statkiem) i do niego ograniczone,
- jako skutek sejszy np. ogólnomorskiej (jako w naczyniach połączonych),
- wywołane czynnikiem zewnętrznym (np. wiatrem), ale ograniczone do tego zbiornika.

Sejsze mogą wynikać z oddziaływań wiatrowych, sejsmicznych, kosmicznych (przyciąganie Słońca i Księżyca), atmosferycznych (zmiany ciśnienia barycznego). Ich przyczyną jest zwykle rezonans w jaki wpadają wody basenu z okresem jednej ze składowych pola wiatrowego lub innej przyczyny wzbudzającej. Powstawanie sejszy jest związane z kształtem, głębokością i położeniem akwenu.

Fale tego typu (stojące) mają węzły (punkty martwe bez ruchu wody) oraz szczyty (dna) z ruchem pionowym powierzchni wody.

Rys. 3.61 Sejsze (podłużne lub poprzeczne) w basenie o przekroju prostokątnym
a — jednowęzłowa, b — dwuwęzłowa;
1 — węzły



Należy przeanalizować (badania teoretyczne, terenowe i modelowe) przyczyny powstawania sejsz w celu takiego zaprojektowania basenów portowych, aby sejsze nie powstawały.

W projektowaniu budowli morskich wyznacza się charakterystyki fal dochodzących do określonego miejsca poprzez ustalenie (wykreślenie) planów falowania uwzględniających wszystkie ww. przemiany jakim fala może podlegać. Najczęściej z uwagi na pracochłonność określa się te charakterystyki dla dwóch lub trzech kierunków odpowiadających kierunkom największych fal sztormowych.

Rzeczywiste falowanie wiatrowe nie składa się z ciągu regularnych fal, lecz stanowi nieregularny układ pomarszczonych w drobniejsze fale grzbietów i dolin tzw. pole falowania wiatrowego.

Układ ten jest losowy tzn. przy tych samych warunkach meteorologicznych obraz pola falowania wiatrowego jest różny, a jedynie średnie parametry są podobne. Opisanie, więc rzeczywistego falowania formułami matematycznymi jest niemożliwe dlatego wykorzystywane są tu metody statystyczne (szczególnie stochastyczne), w których na podstawie pomiarów określa się róże wiatrów i odpowiadające im róże falowania (określające czasy trwania fal nadchodzących z różnych kierunków). Metody te pozwalają na ustalenie oddziaływań miarodajnych na budowlę, ze względu na największe możliwe siły oraz zagrożenie wprawieniem budowli w quasi rezonans (szczególnie niebezpieczne dla budowli sprężystych np. pomostów).

Fale okrętowe

Statek poruszający się po nieograniczonym i głębokim akwenu wzbudza trzy rodzaje fal:

- ukośno – dziobowe,
- ukośno – rufowe,
- poprzeczne.

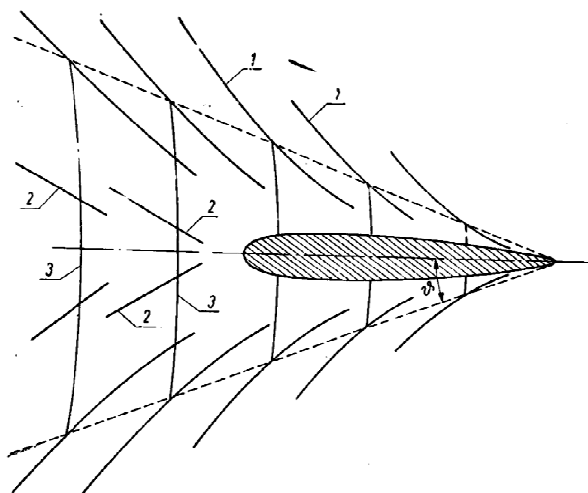
Fale ukośne w postaci krótkich odcinków po obu stronach statku, których środki leżą w przybliżeniu na prostej wychodzącej z dziobu i tworzy z osią statku kąt nazwany kątem rozchodzenia się dziobowej fali okrętowej. Fale dziobowe mają największą wysokość, fale poprzeczne najmniejszą.

Podobne fale występują w basenach o ograniczonych wymiarach, ale tam obserwuje się wpływ mniejszej głębokości oraz odbicia fal od brzegów, co może powodować rezonans i powstanie sejszy.

Związki pomiędzy parametrami fal okrętowych określają te same wzory co fali wiatrowej.

Wysokość i okres fali zależy od prędkości statku, wysokość fali maleje w miarę oddalania się od statku, okres pozostaje niezmienny, przy przejściu statku z wody głębokiej na płytką wysokość fali wzrasta.

Falowanie o charakterze zbliżonym do fali okrętowej, towarzyszy również wodowaniu statków.



Rys. 3.65. Układ fal okrętowych w czasie ruchu statku w basenie o głębokiej wodzie [71]
1 — fale ukośno-dziobowe, 2 — fale ukośno-rufowe, 3 — fale poprzeczne

Prądy morskie

W budownictwie morskim zasadnicze znaczenie mają prądy przebiegające w pobliżu wybrzeży, ujść rzek i portów.

Prądy morskie są spowodowane:

- bezpośrednim działaniem wiatru (powstające naprężenia styczne) tzw. prądy dryfowe,
- różnicami ciśnień pionowych w toni morskiej tzw. prądy gradientowe:
 - wynikające z różnic w poziomie wody powstających w wyniku działania prądów dryfowych, mają kierunek przeciwny do kierunku prądów dryfowych, co może być przyczyną sejsz (tzw. prądy sejszowe),
 - wynikające z różnic ciśnienia atmosferycznego w różnych obszarach tego samego morza (tzw. prądy baryczne),
 - wynikające z sił przyciągania Słońca lub Księżyca (tzw. prądy pływowe),
- różnicami w gęstości wody (prądy gęstościowe),
- prądy dopływowe – w ujściach rzek, często dodatkowo o charakterze gęstościowym,
- prądy falowe – wywołane bezpośrednio falowaniem.

Najczęściej występuje kilka przyczyn prądów.

Kierunek prądów określa się według celu do którego dążą (odwrotnie niż wiatru i falowania).

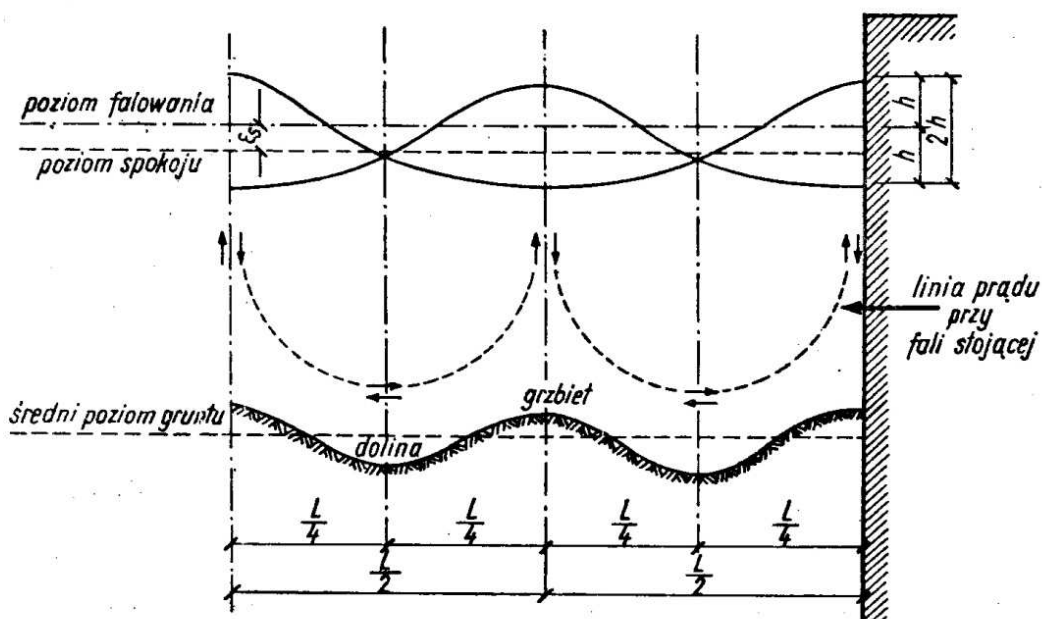
Prąd może być zwarty lub rozszerzać się albo pogłębiać – zmniejszając prędkość, a czasem temperaturę i zasolenie. Zbliżając się do brzegów prądy układają się równoległe do nich, a przy nierównościach brzegu tworzą się w nich wiry i spiętrzenia.

Erozyjne skutki prądów i falowania.

Prądy morskie prowadzą rumowisko i wpływają na ukształtowanie dna morskiego. Ich działanie zależy od prędkości przydennych oraz od ich gradientu przy dnie.

Falowanie powoduje również erozję dna i skarp budowli morskich. Oscylacyjny charakter falowania powoduje, na skutek występowania dużych prędkości przydennych oraz występowania prędkości pionowych, poruszenie materiału budującego dno: naruszenie i zmianę jego struktury. Może to negatywnie wpływać na stateczność budowli.

Poruszenie i ewentualne przenoszenie cząstek gruntu dennego następuje po przekroczeniu prędkości nierozmywającej. Jej wartość uzależnia się od własności gruntu (średnice ziaren gruntowych, gęstość szkieletu gruntowego...), właściwości wody (gęstość, lepkość...) oraz głębokości akwenu.



Rys. 3.26. Fala stojąca i jej skutki erozyjne¹
ε — wzniesienie falowania

Obciążenia budowli morskich

Obliczenia statyczne budowli morskiej mają za zadanie wykazanie, że oddziaływania na budowlę zostaną przejęte przez budowlę i przekazane bezpiecznie na podłoże, z zachowaniem odpowiednich współczynników bezpieczeństwa i zachowaniu odkształceń w granicach dopuszczalnych.

Obliczenia powinny być prowadzone w sposób przejrzysty z zachowaniem logicznych powiązań pomiędzy poszczególnymi częściami.

Oddziaływanie oznacza zbiór sił skupionych lub rozłożonych działających na budowlę (**oddziaływanie bezpośrednie** równoważne obciążeniu) lub przyczynę przyspieszeń lub odkształceń wymuszonych w odniesieniu do budowli (**oddziaływanie pośrednie**) np. zmiany temperatury, zmiany zawilgocenia, nierównomierne osiadanie...

Budowle morskie ze względu na rodzaj i zakres oddziaływań dzielimy na:

- obciążone statycznie – nie obciążone falowaniem morskim, parciem i ciągnięciem statku oraz urządzeniami transportowymi i przeładunkowymi,
- obciążone dynamicznie, ale nie obciążone falowaniem – budowle w których statki oraz urządzenia transportowe i przeładunkowe przekazują obciążenia bezpośrednio na elementy nośne budowli
- budowle obciążone falowaniem – budowle poddane działaniu falowania, prądów morskich, lodu i wiatru.

Budowle morskie w czasie budowy i eksploatacji podlegają siłom, pochodzącym od czynników naturalnych oraz sztucznych.

Oddziaływania na budowle występują od strony wody (środowisko morskie i jednostki pływające i od strony lądu (pojazdy, urządzenia przeładunkowe, składowane materiały...)

Wymiarowanie budowli morskich należy prowadzić metodą stanów granicznych:

- stany graniczne nośności (oddziaływania obliczeniowe),
- stany graniczne użyteczności (oddziaływania charakterystyczne).

Przy wymiarowaniu należy wykazać, że we wszystkich możliwych do przewidzenia przypadkach projektowych, w fazach realizacji i użytkowania spełnione są warunki nośności, sztywności i stateczności konstrukcji.

Oddziaływania na morskie budowle hydrotechniczne portowe i stoczniowe dzielą się w zależności od czasu trwania i sposobu działania na oddziaływania **stale**, **zmiennie** i **wyjątkowe**.

Oddziaływania **stale** to takie, których wartość, kierunek i punkty przyłożenia nie ulega zmianom zarówno w czasie wznoszenia (budowy), jak i użytkowania (eksploatacji) morskiej budowli hydrotechnicznej.

Do oddziaływań stałych należą:

1. ciężar stałych elementów morskich budowli hydrotechnicznych .
2. ciężar gruntu w konstrukcjach narzutowych lub ciężar gruntu stałych zasypów spoczywających na elementach konstrukcji hydrotechnicznej,
3. siły wywierane przez parcie gruntu w stanie rodzimym i zasypów działających stale na konstrukcje hydrotechniczne,
4. ciężar budowli użytkowych (np.: konstrukcji znaków nawigacyjnych, magazynów, hal, budynków administracyjno-gospodarczych lub administracyjno-socjalnych) oddziaływający bezpośrednio na morskie budowle hydrotechniczne albo mający wpływ na ich stateczność (np. poprzez zwiększenie sił od stałego parcia gruntu),
5. siła sprężająca elementy konstrukcyjne morskiej budowli hydrotechnicznej,
6. odkształcenia wymuszone przez sposób wznoszenia konstrukcji morskiej budowli hydrotechnicznej, w postaci wartości końcowych,
7. oddziaływania wynikające ze skurczu betonu i ze spawania stali,
8. oddziaływania wynikające ze stałego parcia wody na budowlę,
9. oddziaływania wynikające z osiadania (podnoszenia) podpór.

Oddziaływania **zmiennie** są to oddziaływania, które wynikają ze sposobu użytkowania morskiej budowli hydrotechnicznej. Oddziaływania te mogą być w całości długotrwałe, w części długotrwałe i w całości krótkotrwałe .

Do oddziaływań zmiennych w całości długotrwałych należą:

1. ciężar tych części morskich budowli hydrotechnicznych, których położenie może ulec zmianie podczas użytkowania budowli,

2. ciężar urządzeń zainstalowanych na stałe na morskiej budowlu hydrotechnicznej,
3. ciężar i siły wywierane przez parcie ciał stałych (sypkich), cieczy i gazów wypełniających stale urządzenia zainstalowane na morskiej budowlu hydrotechnicznej,
4. siły wywierane przez parcie hydrostatyczne wody działające stale na morską budowlę hydrotechniczną,

Do oddziaływań zmiennych w części długotrwałych należą:

1. ciężar wody o zmiennym poziomie zwierciadła,
2. siły wywołane nierównym osiadaniem podłoża, któremu nie towarzysza zmiany struktury gruntu,
3. siły wynikające ze skurczu, pełzania lub relaksacji elementów konstrukcji morskiej budowlu hydrotechnicznej,
4. oddziaływania dźwignic (np. żurawi, suwnic, układarek) samojezdnych oraz stacjonarnych,
5. oddziaływania składowanych ładunków i materiałów na naziomie w pobliżu morskich budowli hydrotechnicznych,
6. siły wywierane przez parcie gruntu wynikające z innych oddziaływań zmiennych w części długotrwałych,
7. oddziaływania dźwignic szynowych.

Do oddziaływań zmiennych w całości krótkotrwałych należą:

1. oddziaływanie falowania morskiego,
2. oddziaływanie prądów morskich,
3. oddziaływanie lodu,
4. oddziaływanie jednostek pływających: dobijających, odbijających oraz przycumowanych do konstrukcji morskiej budowlu hydrotechnicznej,
5. oddziaływanie jednostek pływających podczas ich budowy, wodowania i prób,
6. oddziaływanie śniegu,
7. oddziaływanie wiatru,
8. oddziaływanie zmian temperatury otoczenia,
9. oddziaływanie gruntu wynikające z działania innych oddziaływań zmiennych w całości krótkotrwałych,
10. obciążenie próbne,
11. obciążenie montażowe w trakcie budowy lub montażu konstrukcji np. dźwignic na morskiej budowlu hydrotechnicznej.
12. obciążenie tłumem ludzi

Oddziaływania **wyjątkowe** są to oddziaływania która mogą wystąpić w wyniku mało prawdopodobnych zdarzeń.

Do oddziaływań wyjątkowych należą:

1. uderzenie budowlu przez jednostki pływające podczas ich żeglugi,
2. uderzenie pojazdami,
3. oddziaływanie wskutek zjawisk sejsmicznych,
4. oddziaływanie spowodowane wybuchem jednostek pływających lub budowli oraz pojazdów lądowych,
5. oddziaływanie wskutek pożaru jednostek pływających lub obiektów na lądzie,
6. oddziaływanie wskutek awarii urządzeń technologicznych,
7. oddziaływanie urządzeń transportowych do przemieszczeń elementów konstrukcyjnych lub urządzeń technologicznych rozpatrywanej morskiej budowlu hydrotechnicznej,
8. obciążenie sztormowych zakotwień urządzeń dźwignicowych,
9. uderzenie urządzeń dźwignicowych oraz innych urządzeń technicznych w urządzenia ograniczające odboje,
10. oddziaływanie wezbrań sztormowych wywołujących powódź,

Oddziaływania **montażowe** występujące w trakcie wznoszenia (montażu, budowy), które różnią się od oddziaływań przewidywanych w trakcie użytkowania. Stan wznoszenia wymaga sprawdzenia w oparciu o wartości oddziaływań montażowych stałych i zmiennych ustalonych dla poszczególnych faz realizacji budowy.

Obciążenia wywołane przez falowanie

Budowle morskie narażone na działanie falowania oblicza się pod względem:

- stateczności i wytrzymałości na działanie fali wywierającej największą siłę,
- częstotliwości drgań własnych budowli, która może wpaść w rezonans (quasi-rezonans) z częstotliwością fali

Siły działające na budowlę z reguły nie zależą od konstrukcji budowli, a jedynie od nachylenia ściany poddanej falowaniu. Quasi-rezonans natomiast zależy przede wszystkim od konstrukcji budowli.

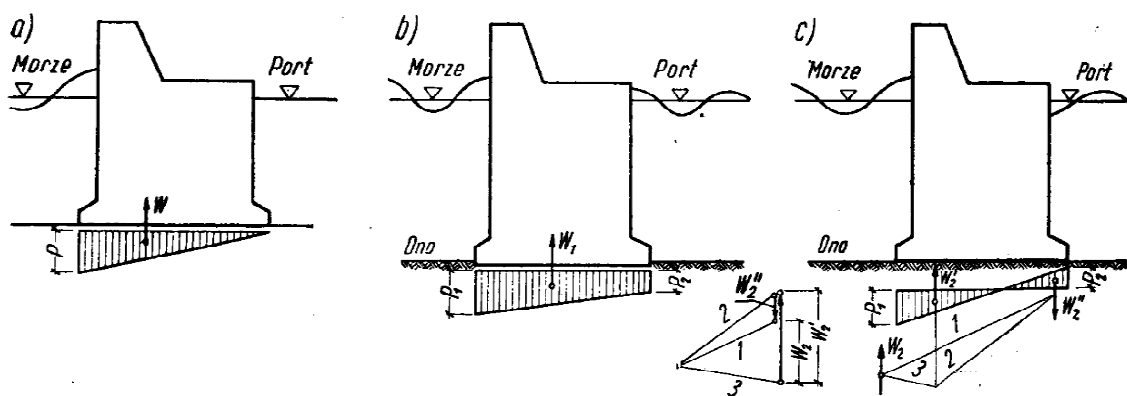
Przy wyznaczaniu sił uwzględnia się:

- charakter falowania:
 - fala oscylacyjna (nierozbita) ulega odbiciu tworząc falę stojącą (obciążenie częściowo dynamiczne, ale raczej zwiększające napór hydrostatyczny),
 - fala translacyjna (załamana) wywiera uderzenie dynamiczne, którego wielkość zależy od odległości w której dochodzi do załamania
- rodzaj i charakterystyczne parametry fali,
- kąt podchodzenia fali do budowli,
- wpływ niezupełnego odbicia w przypadku np. przelania się wody przez koronę budowli,
- sprężystość budowli,
- oddziaływanie na wąskie elementy zanurzone w wodzie,
- oddziaływanie od dołu na płaszczyzny poziome.

Charakter i wielkość sił poziomych (metoda ich obliczania) zależy od charakteru fali oraz pochylenia ściany budowli na styku z falą.

Siły wywierane przez fale:

- **parcie lub uderzenie poziome,**
- **dodatkowy wypór**



Rys. 1-20. Wykres dodatkowego wyporu przy falowaniu [15]: a) jednostronnym, b) dwustronnym (grzbiety fal z obu stron przy budowli), c) dwustronnym (z jednej strony grzbiet, z drugiej dno fali podchodzi do ścian budowli)

Ze względu na różnorodność tych oddziaływań i ich losowy charakter, opracowano wiele metod obliczeń opartych o teorie hydrodynamiczne lub teorie energetyczne falowania. Wykorzystuje się również metody empiryczne, a ostatnio metody probabilistyczne (statystyczne wyznaczanie parametrów fal o określonym prawdopodobieństwie występowania) i stochastyczne (wyznaczanie wartości występujących sił na podstawie obserwacji i pomiarów na morzu lub w laboratorium).

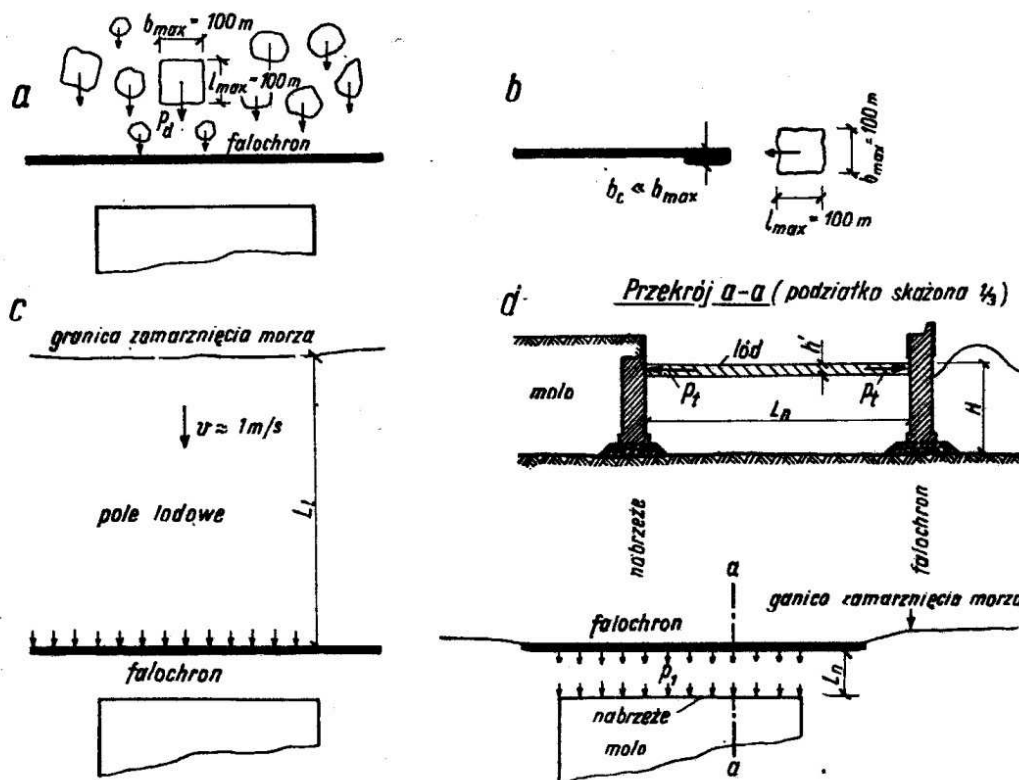
Oprócz bezpośrednio działających na budowlę sił należy również uwzględnić powiększenie na skutek falowania wyporu (dodatkowy okresowy wypór hydrodynamiczny).

Jeżeli uwzględnia się falowanie nie ma potrzeby uwzględniania parcia wiatru, oprócz jego oddziaływania na obiekty wzniesione ponad wodą (latarnie morskie, dźwignice...)

Obciążenia wywołane przez lód

Charakter i wielkość sił wywieranych przez lód, zależy od postaci lodu (pokrywa lub swobodnie płynąca kra). Porywa lodowa wywiera nacisk poziomy wynikający z działania na nią wiatru, fal, prądów morskich lub zmian temperatury oraz pionowy w dół lub w górę na skutek przymarzania lodu do budowli. Kra wywiera głównie naciski poziome, zwykle o charakterze dynamicznym (uderzenia). Dodatkowo należy uwzględnić wpełzywanie lodu na wierzch budowli na skutek jego spiętrzenia (rzadko), powodujące dodatkowe obciążenie pionowe oraz obmarzanie niewielkich elementów zwiększające ich ciężar.

Na zlodzenie bardziej narażone są akwenu zamknięte (zatoki i zalewy), u wybrzeży pełnego morza spotyka się raczej ruchome formy lodu.



Rys. 4.41. Różne wypadki działania lodu na budowlę
a — uderzenie dynamiczne kry lodowej (wzory [1], [2] w tabeli 4.7), b — nacisk dużej kry lodowej na wąską głowicę falochronu (wzór [8] z tabeli 4.7), c — napór pola lodowego wskutek prądu (wzory [5], [6] z tabeli 4.7), d — napór pokrywy lodowej wskutek zmian temperatury (tab. 4.7)

Obciążenia wywołane przez wodę gruntową

Woda gruntowa wywiera na budowlę **parcie hydrostatyczne** skierowane prostopadłe do powierzchni ściany oraz **wypór** skierowany pionowo ku górze.

Parcie hydrostatyczne wody gruntowej w gruntach sypkich należy uwzględniać osobno, niezależnie od parcia gruntu, przy czym przy obliczaniu parcia gruntu należy uwzględnić **wypór wody** działający na ziarna gruntu (posługujemy się zredukowanym ciężarem gruntu).

Parcie wody gruntowej w gruntach spoistych należy natomiast uwzględniać łącznie z parciem gruntu, przyjmując ciężar gruntu w stanie nasyconym wodą.

Należy pamiętać o możliwych wahanach zwierciadła wody gruntowej i uwzględniać najwyższe możliwe położenie. Należy również uwzględnić kapilarne podsiąkanie wody.

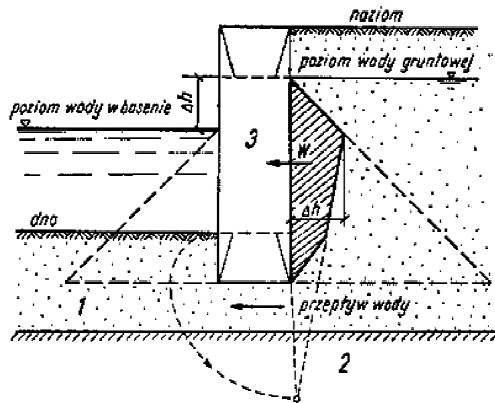
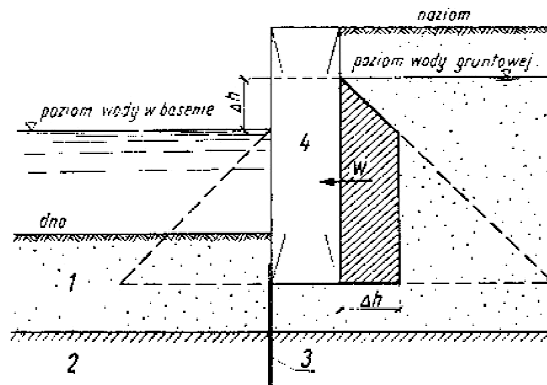
Parciu wody gruntowej przeciwdziałają parcie wody w akwatorium skierowane na odwodną ścianę budowli.

Przy budowlach o stromych ścianach pomija się składowe pionowe tego parcia, uwzględniając tylko poziome. Gdy poziomy wody po obu stronach budowli są sobie równe, a grunt jest sypki i przepuszczalny składowe poziome tych parć są sobie równe.

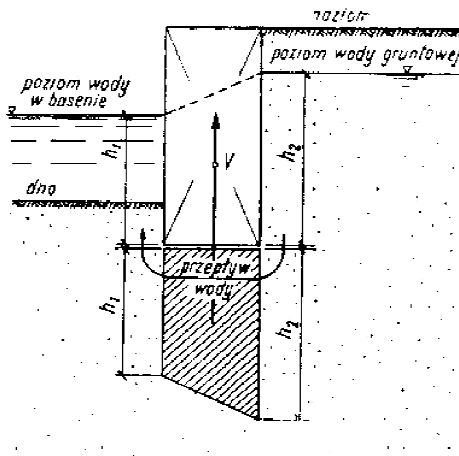
Różnica poziomów wody przekłada się na różnicę parć stanowiącą parcie wypadkowe, i to na to parcie obliczamy budowlę.

Wykres parcia wody jak również wyporu pod budowlą jest uzależniony od tego czy pod budowlą występuje przepływ wody czy nie.

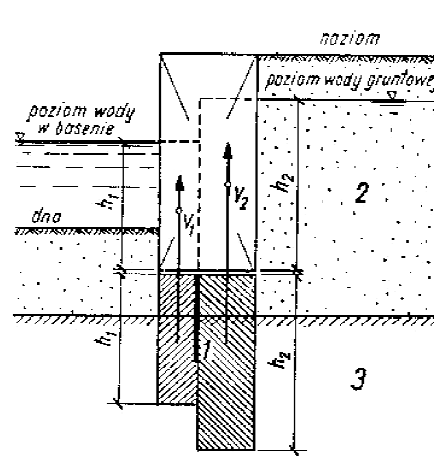
Rys. 4.60. Rozkład parcia wody gruntowej na budowlę, gdy nie ma przepływu wody pod budowlą
 - - - - wykres parcia jednostronnego, — wykres parcia sumarycznego, 1 — grunt przepuszczalny, 2 — grunt nieprzepuszczalny, 3 — ścianka szczelna, 4 — budowla



Rys. 4.61. Rozkład parcia wody gruntowej na budowlę, gdy woda przepływa pod budowlą
 - - - - wykres parcia jednostronnego, — wykres parcia sumarycznego, 1 — grunt przepuszczalny, 2 — grunt nieprzepuszczalny, 3 — budowla



Rys. 4.62. Wykres wyporu wody, gdy pod budowlą istnieje przepływ



Rys. 4.63. Wykres wyporu wody, gdy pod budowlą przepływu nie ma
 1 — ścianka szczelna, 2 — grunt przepuszczalny, 3 — grunt nieprzepuszczalny

Na budowie morskie oddziałują również **siły wywierane przez statki**. Charakter tych oddziaływań jest odmienny w czasie podchodzenia statku do budowli i odchodzenia od niej.

Oddziaływanie statków:

- w czasie manewrów – o charakterze dynamicznym,
- w czasie postoju – o charakterze głównie statycznym wynikającym najczęściej z działania wiatru lub prądu na statek: napór lub ciągnięcie przez liny cumownicze.

Główną przyczyną tych oddziaływań w czasie postoju jest wiatr lub prąd wody. Napór statku jest traktowany jako równomiernie rozłożony na całej długości statku. W drugą stronę mamy do czynienia z ciągnięciami skupionymi w pacholach lub pierścieniach cumowniczych. Jeżeli nie mają one osobnych, własnych zakotwień przejmujących to obciążenie to siły te można rozkładać na cały odcinek budowli pomiędzy szwami dylatacyjnymi.

Dodatkowo należy uwzględnić siły pionowe wynikające z ocierania się statku o budowlę w trakcie kołysania wywołanego falowaniem.

OCHRONA BRZEGÓW MORSKICH

(na podstawie: <http://gnejs.im.gda.pl/cms>)

Polskie brzegi południowego Bałtyku to głównie **wydmy (78%), klify (19%) i niskie/nizinne (3%)**. **Obecnie na przeważającej części polskiego brzegu występują procesy erozyjne**. Średnie roczne tempo cofania się brzegu w latach 1975÷1983 wynosiło **0,9 m/rok**. Z tego względu brzeg ten wymaga ochrony: **USTAWA z dnia 28 marca 2003 r. o ustanowieniu programu wieloletniego "Program ochrony brzegów morskich"**

Erozja brzegu w konsekwencji prowadzi do następujących zagrożeń:

- powodzi morskich zatapiających niskie tereny;
- zniszczeń infrastruktury;
- utraty walorów przyrodniczych;
- zniszczeń wydm, klifów, zaniku plaż;
- możliwości przerwania mierzei (np. Półwysep Helski).

W przypadku erozji mamy do wyboru trzy zasadnicze sposoby postępowania:

- nie przeciwdziałać, pogodzić się ze stratami, odłożyć rozwiązanie problemu na przyszłość,
- przenieść zagrożone obiekty w inne miejsce,
- rozpocząć działania umacniające w celu zatrzymania lub przynajmniej opóźnienia erozji.

Ochrona brzegów morskich to sterowanie procesami przyrody na brzegu w różnych skalach przestrzennych i czasowych, zmierzające do utrzymania brzegu, a jednocześnie zachowania naturalnego środowiska. Metody ochrony brzegów można podzielić ogólnie na biologiczne (naturalne) i techniczne (sztuczne). Wybór ochrony brzegu zależy od:

- celu ochrony – np. ochrona przed powodzią niskiego zaplecza, zabezpieczenie stoków klifu przed rozmyciem, utrzymanie linii brzegowej, redukcja fal docierających do brzegu itd.;
- stopnia wymaganej ingerencji – czy to ma być tylko przyhamowanie tempa erozji brzegu, czy też zdecydowane całkowite jej zatrzymanie;
- stopnia bezpieczeństwa jaki musi gwarantować planowane umocnienie.

Wszystkie działania ochronne powinny prowadzić do uzyskania bezpiecznego profilu brzegu.

Biologiczna ochrona brzegu:

Odtwarzanie i rozbudowa wydm nadmorskich, stabilizacja zboczy klifów a także ochrona gleby i wód gruntowych poprzez budowę płotków, zatrawianie, zakrzewianie oraz zadrzewianie.

Rozbudowę i umacnianie wydm wykonuje się poprzez przykrywanie piasku budującego wydmy chrustem i/lub budowę płotków wydmotwórczych wykonywanych z materiałów naturalnych głównie żywokołów wierzby kaspijskiej, palików z chrustu, a także faszyny. Płotki te ustawia się z reguły równolegle do brzegu u podstawy i na skarpie istniejącej lub tworzonej wydmy. Powodują one gromadzenie się niesionego wiatrem piasku i stopniową rozbudowę wydm. Utrwalanie i dalsza rozbudowa tak powstałych wydm dokonuje się poprzez sadzenie pędów traw dostosowanych do vegetacji na ruchomych i zasolonych piaskach. W następnych etapach (po kilku latach) dokonuje się sadzenia kolejno krzewów (głównie na odlądowym stoku wydmy) i drzew (dalej w głębi ładu, za wydmy). Warunkiem niezbędnym do powstania wydmy jest istnienie szerokiej plaży.

Na klifach trawy, krzewy i drzewa chronią stok klifu przed erozją powierzchniową, spowodowaną spływającymi wodami deszczowymi i roztopowymi. Również przechwytyują i odprowadzają (poprzez

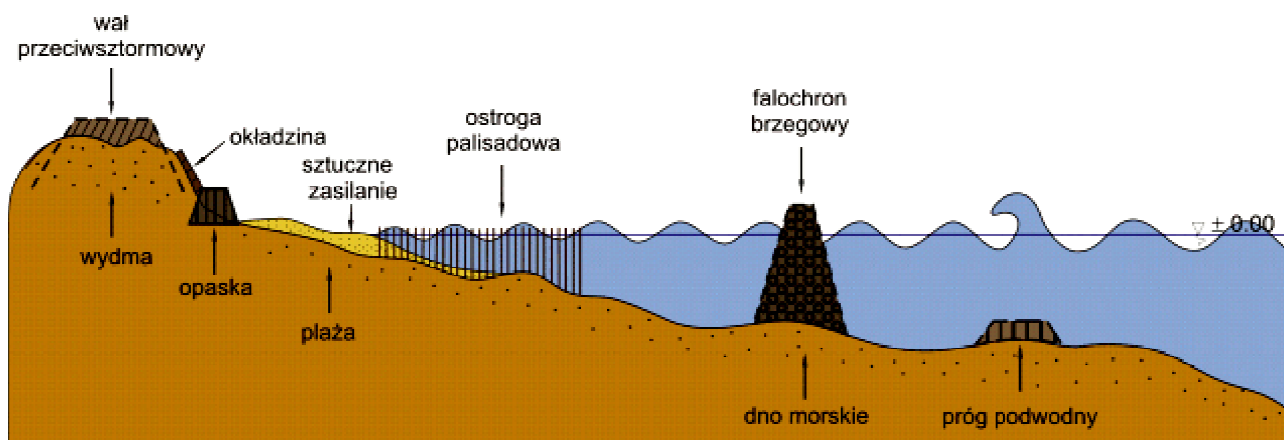
odparowanie) wody gruntowe, dzięki czemu zmniejsza się prawdopodobieństwo i zasięg osuwania się zboczy klifu.

Wady i zalety:

- podatność na zniszczenie;
- pracochłonność;
- możliwość samodzielnego stosowania tylko przy niewielkiej erozji brzegu;
- konieczność ciągłej konserwacji.
- naturalny wygląd brzegu;
- elastyczność, dopasowanie do naturalnych procesów brzegowych.

Techniczna ochrona brzegu i stabilizacja:

- sztuczne zasilanie brzegu ,
- wały przeciwsztormowe,
- opaski,
- ostrogi ,
- falochrony brzegowe,
- progi podwodne



Sztuczne zasilanie brzegu

Sztuczne odtworzenie optymalnego ukształtowania dna, plaży i wydmy. Polega na uzupełnieniu (z pewną nadwyżką) strat w materiale budującym brzeg morski spowodowanych erozyjnym oddziaływaniem morza. Materiał zasilający może być odkładany na wale wydmy, plaży lub w podbrzeżu albo we wszystkich tych strefach jednocześnie.

Polega na pobraniu kruszywa lub piasku z określonego obszaru morskiego lub lądowego, przetransportowanie go do zasilanego odcinka brzożu oraz odłożenie w celu splotenia podbrzeża, poszerzenia plaży i rozbudowy wydmy. Skuteczność sztucznego zasilania zależy głównie od średnicy dostarczanego piasku. Średnica dostarczanego materiału nie powinna być mniejsza od średnicy piasku leżącego na plaży. Sztuczne zasilanie może być wspomagane przez inne metody zabezpieczania brzożu morskiego.

Oprócz odbudowy erodowanych odcinków brzożu sztuczne zasilanie stosowane jest również do tworzenia nowych plaż rekreacyjnych.

Wady i zalety:

- wymaga cyklicznych powtórzeń;
- konieczność posiadania odpowiednio zasobnych źródeł poboru materiału zasilającego w niedużych odległościach;
- problemy związane z ochroną środowiska w miejscach poboru materiału (niszczenie siedlisk);
- w dłuższym okresie duży koszt,
- naturalny wygląd brzożu;
- elastyczność, dopasowanie do naturalnych procesów brzożowych;
- szybkość realizacji;
- brak wznoszenia budowli hydrotechnicznych.

Wały przeciwsztormowe

Nasyp piaszczysto-gliniasty najczęściej o przekroju trapezowym, na skarpie odmorskiej umacniany roślinnością, okładziną lub narzutem. Wał przeciwsztormowy zabezpiecza tereny nisko położone przed zatopieniem przez wody morskie, tym samym jest on wałem przeciwpowodziowym narażonym na oddziaływanie falowania.

Budowle te działają w sposób bierny, nie dopuszczając do przelewania się fal ponad wałem. Wały przeciwsztormowe najczęściej chronią tereny depresyjne lub takie, które leżą poniżej wysokiego poziomu morza. Skuteczność ich działania musi być bardzo duża dlatego są projektowane na sytuacje sztormowe występujące bardzo rzadko (np. w Holandii nawet raz na 10000 lat, w Polsce maksimum raz na 500 lat). Naturalnym wałem przeciwsztormowym jest dobrze rozbudowany ciąg wydmy, dlatego rozbudowa wydmy, kontrolowanie nachylenia stoków wydmy oraz zabezpieczanie ich zboczy należy traktować jako utrzymywanie naturalnych wałów przeciwsztormowych. Całkowicie sztuczne wały przeciwsztormowe budowane są w miejscach o znacznym zagrożeniu zaplecza i najczęściej ich odmorskie stoki są chronione okładzinami. Wały przeciwsztormowe są budowlami zmieniającymi środowisko naturalne, w tym powodującymi znaczące zmiany dna w ich sąsiedztwie. Dlatego decyzje o budowie sztucznych wałów przeciwsztormowych, muszą być poprzedzone badaniami oraz uwzględniać interesy grup lokalnych.

Wady i zalety:

- wysoki koszt;
- pogorszenie walorów krajobrazowych oraz zmiana środowiska naturalnego;
- wymagają stałego monitoringu oraz prac konserwacyjnych;
- zmiany erozyjne na przedpolu budowli oraz na zakończeniach budowli;
- stanowią utrudnienie dostępu do brzegu, stąd konieczność zapewnienia przejazdu przez budowlę.
- stanowią pewne zabezpieczenie zaplecza.

Opaski są budowlami usytuowanymi równolegle do linii brzegowej. W sposób bierny utrzymują granicę między lądem i morzem, tzn. nie przyczyniają się do odwrócenia naturalnej tendencji erozji brzegu, nie powodują przyrostu brzegu.

Konstrukcyjnie opaski brzegowe można podzielić na:

- masywne ściany oporowe,
- budowle wbijane,
- okładziny i narzuty

Opaski odbijają oraz częściowo rozpraszają docierające do nich fale, a tym samym zabezpieczają dolną, odmorską część wydmy, klifu czy wału przeciwsztormowego. Równocześnie mogą przeciwdziałać procesom osuwiskowym stromych, często nawodnionych skarp. W wyniku odbicia fal od opaski u jej podnóża występuje intensywna erozja, prowadząca do likwidacji plaży i przebudowy podbrzeża. W nowoczesnych rozwiązaniach opasek brzegowych dąży się do zmniejszenia współczynnika odbicia fali poprzez zmianę kąta nachylenia ścian odmorskich oraz zwiększenia ich przepuszczalności.

Wady i zalety

- rozwój zatok erozyjnych na zakończeniach opasek brzegowych;
- erozja dna przed opaską, utrata plaży;
- wymycia materiału zza opaski przez przelewające się fale;
- utrzymanie linii rozdziału morza od lądu dla dobrze zaprojektowanych opasek;
- możliwość wykorzystania jako promenad nadmorskich.

Ostrogi:

Budowle usytuowane prostopadle lub prawie prostopadle do średniego przebiegu linii brzegowej. Mają charakter budowli aktywnych; przechwytyją piasek transportowany wzdłuż brzegu przez fale i prądy przybrzeżne. Stosowane do ochrony i rozbudowy plaż. Mają różne rozwiązania konstrukcyjne: od rzędu drewnianych pali (rozwiązanie stosowane na polskim wybrzeżu) po ciężkie, masywne konstrukcje z dużych bloków betonowych i narzutu kamiennego (np. wzdłuż brzegów holenderskich).

Zasada działania:

Mają za zadanie gromadzić piasek w polach między ostrogami w czasie niewielkiego i średniego falowania, podchodzącego ukośnie do brzegu. W czasie falowania sztormowego, kiedy kierunek fal jest prawie prostopadły do brzegu następuje wynoszenie osadów przez prądy powrotne (odbrzegowe). Ostrogi

w pierwszym okresie po wybudowaniu powodują przyrost szerokości plaży, spłylenie podbrzeża. Z czasem w morzu przed ostrogami następuje pogłębienie dna, a na zakończeniu grup ostróg rozwija się rozległa zatoka erozyjna. W rezultacie z reguły brzeg w obrębie pola ostróg zaczyna być ponownie erodowany, a w rejonie zatoki erozyjnej następuje znaczne zwężenie plaży. Obecnie ostrogi nie są stosowane w Polsce jako samodzielne rozwiązanie. Mogą stanowić jeden z elementów systemu ochrony, np. wspólnie ze sztucznym zasilaniem brzegu.

Wady i zalety:

- niekorzystne zmiany dna przed polem ostróg i rozwój zatoki erozyjnej na zakończeniu grupy ostróg;
- ograniczona w czasie skuteczność działania i tylko na odcinkach o dużej podaży piasku;
- przegłębienie dna w sąsiedztwie budowli;
- duża podatność na niszczenie konstrukcji;
- wysokie koszty budowy i utrzymania.
- pozwalają zachować walory rekreacyjne plaż;
- przy korzystnych warunkach zewnętrznych ostrogi przyczyniają się, głównie w początkowym okresie po wybudowaniu, do odbudowy i poszerzenia plaż.

Progi podwodne są ciągłymi lub przerywanymi budowlami wykonanymi w wodzie (w podbrzeżu), usytuowanymi równolegle do linii brzegowej. Korona tych budowli najczęściej znajduje się kilkadziesiąt centymetrów ponad dnem, nie przekraczając połowy głębokości wody.

Progi podwodne stosowane są w miejscach gdzie piasek (rumowisko) jest intensywnie wynoszony z brzegu w kierunku morza. Progi podwodne mają za zadanie zatrzymanie rumowiska i tym samym spłylenie podbrzeża. Połączenie sztucznego zasilania brzegu z budową progu podwodnego, zwane plażą podpartą, zwiększa trwałość uformowanej plaży.

Wady i zalety:

- względnie wysoki koszt;
- wymaga szczególnie starannego zaprojektowania,
- wymaga systematycznego monitoringu i konserwacji.
- minimalny wpływ na erozję sąsiednich odcinków brzegów;
- pozwala zachować rekreacyjne walory plaż;
- istotne wspomaganie sztucznego zasilania plaż;
- zmniejszenie fal działających na brzeg morski.

Falochrony brzegowe są budowlami równoległymi do linii brzegowej, usytuowanymi w wodzie (w podbrzeżu), działanie ich na brzeg jest aktywne. Falochrony są budowane jako konstrukcje pojedyncze lub w postaci ciągu segmentów. Konstrukcje mogą być budowane jako wynurzone lub zanurzone.

Głównym zadaniem falochronów brzegowych jest redukcja oddziaływania falowania na plażę oraz stworzenie korzystnych warunków do odkładania się osadów w cieniu falochronów. Osadzający się piasek formuje charakterystyczne występy brzegowe, bądź nawet formy łączące brzeg z odcinkami falochronów zwane tombolami.

Podstawowymi parametrami decydującymi o skuteczności działaniu falochronów brzegowych są: długości odcinków, odległości między nimi, odległość od brzegu oraz wymiary poprzecznego przekroju falochronów.

Wady i zalety:

- wysoki koszt;
- erozja plaż na odcinkach przyległych;
- możliwość powstania zastoisk między budowlą a brzegiem;
- intensyfikacja prądów w sąsiedztwie budowli;
- pogorszenie walorów krajobrazowych dla konstrukcji wynurzonych.
- powoduje trwały przyrost brzegu w chronionym obszarze;
- pozwala zachować walory rekreacyjne plaż (konstrukcja zanurzona);
- redukcja fal działających na brzeg morski.

PORTY

Port zespół urządzeń technicznych pomiędzy lądem i wodą zapewniających bezpieczny postój i obsługę środków transportu wodnego i najczęściej umożliwiające przejście towarów na środki transportu lądowego i odwrotnie.

Pod względem położenia porty dzielą się na porty leżące:

- w ujściach rzek (Gdańsk) lub w pewnym oddaleniu od ujścia (Szczecin, Rotterdam, Londyn),
- na jeziorach przybrzeżnych,
- nad zamkniętymi zatokami lub cieśninami (Sztokholm, Oslo, Kopenhaga),
- porty nad otwartymi zatokami (Gdynia) lub otwartym morzem (Władysławowo, Constanta)

Porty można podzielić również ze względów funkcjonalnych (handlowe, wojenne, rybackie...), ale najczęściej wielkie porty mają charakter uniwersalny z wydzielonymi basenami lub ich zespołami do obsługi różnych towarów.

Porty **otwarte** ze swobodnym dostępem od strony morza (rejonu bezpływowe) oraz **zamknięte** z dostępem zapewnionym przez śluzy, co pozwala utrzymać stały poziom wody w akwenie portowym. Należy odróżnić od tego podziału kwestię zamykania okresowego portów ze względu na zlodzenie.

Można wyróżnić porty naturalne (praktycznie obecnie tylko plażowe) niewymagające działań technicznych (pogłębiane, wykonywanie budowli) i sztuczne.

Port składa się z **akwatorium** (obszar wodny o odpowiedniej głębokości, zasłonięty od falowania, wiatru, prądów, pochodzących lodów...) i **terytorium** (obszar lądowy wyposażony w urządzenia transportu lądowego, place składowe, urządzenia przeładunkowe, znaki nawigacyjne...).

Pracę portu charakteryzuje **obrót** (ilość ładunku przechodząca przez port w określonym czasie) oraz **przepustowość** (ilość, która może przejść w określonym czasie).

W skład akwenów portowych wchodzi:

- **reda** – (kotwicznica) obszar wodny znajdujący się poza obrębem właściwego portu, stwarzający dogodne warunki dla postoju statków na kotwicy. Na redzie statki oczekują na zwolnienie miejsca przy nabrzeżach, na pilota, na kontrolę sanitarną lub celną...
- **awanport** – obszar osłonięty od falowania falochronem, w portach na otwartym wybrzeżu umożliwia manewry na spokojnej wodzie, w okresie sztormów pełni rolę redy. W awanporcie mogą znajdować się nabrzeża lub pomosty przeładunkowe,
- **kanały portowe** – pełniące funkcję komunikacyjną. Kanały portowe tworzą sieć połączeń pomiędzy basenami oraz z wejściem do portu. W ciągu kanałów mogą znajdować się obrotnice – szersze baseny często opisane na kole lub jego wycinku – umożliwiające obrót statku i zmianę kursu.
- **baseny portowe** – wzdłuż ich brzegów odbywa się postój statków i przeładunek towarów.

Baseny portowe to główny element portu, bowiem wzdłuż ich brzegów (czyli tzw. *linii cumowniczej*) odbywa się postój i przeładunek. Wymiary basenów są dostosowane do wymiarów korzystających z nich statków. Głębokość musi być większa o 1,5 – 3,5 m od zanurzenia największych statków. Zapas ten zależy od wahań poziomu wody, wysokości możliwej fali, intensywności zamulania... Kanały i redy powinny mieć głębokość jeszcze większą. Wymiary poziome kanałów i basenów zależą od długości i szerokości statków oraz od przewidywanego ruchu.

Długość linii cumowniczej może być przedłużona poprzez wychodzące z brzegu pomosty – pirsy.

Oprócz basenów eksploatacyjnych w portach mogą znajdować się **baseny postojowe** (np. zimowiska dla barek rzecznych), **stocznice**, **bunkrowe** (zaopatrzenie statków w wodę, paliwo, żywność...), **administracyjne** (dla holowników, motorówek, kapitanatu portu...), **techniczne** (dla technicznego taboru portowego).

W wielu portach obszar podzielony jest na port **zewnątrzny** (awanport i przyległe do niego baseny) i **wewnętrzny** (kanały portowe i baseny często sztuczne na dawnych obszarach lądowych).

USTAWA z dnia 20 grudnia 1996 r. o portach i przystaniach morskich

Art. 1. 1. Ustawa określa zasady tworzenia podmiotów zarządzających portami i przystaniami morskimi, ich organizację i funkcjonowanie.

2. Granice portów i przystani morskich określają odrębne przepisy.

3. Przepisów ustawy nie stosuje się do portów wojennych.

Art. 2. Ilekroć w ustawie jest mowa o:

...

2) *porcie lub przystani morskiej* - rozumie się przez to akweny i grunty oraz związaną z nimi infrastrukturę portową, znajdujące się w granicach portu lub przystani morskiej;

3) *portach o podstawowym znaczeniu dla gospodarki narodowej* - rozumie się przez to porty morskie w Gdańsku, Gdyni, Szczecinie i Świnoujściu;

4) *infrastrukturze portowej* - rozumie się przez to znajdujące się w granicach portu lub przystani morskiej akweny portowe oraz ogólnodostępne obiekty, urządzenia i instalacje, związane z funkcjonowaniem portu, przeznaczone do wykonywania przez podmiot zarządzający portem zadań, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 5;

...

STOCZNIE

Stocznie to zakłady budowy, naprawy i konserwacji statków.

Budowa statku przebiega etapowo:

- przygotowanie elementów kadłuba,
- montaż kadłuba,
- wyposażenie kadłuba w urządzenia i wykończenie.

Etap pierwszy wykonywany jest w halach lub na placach na lądzie.

Etap drugi wykonywany jest w całości lub w głównej mierze na lądzie.

Ostatni etap – wyposażenie i wykończenie odbywa się w wodzie.

Montaż statków odbywa się na pochylniach lub w dokach suchych.

Pochylnia to konstrukcja o płaskiej, lekko pochylonej do poziomu górnej powierzchni, częściowo znajdującej się pod wodą, częściowo wystającej na powierzchnię. Kadłub montuje się w części nadwodnej, a następnie woduje. Wodowanie polega na spuszczeniu kadłuba do wody po zamontowanych na pochylni torach.

Suchy dok (bardziej uniwersalny, bo może również służyć do remontu i konserwacji statków oraz nie występuje zagrożenie uszkodzeniem kadłuba podczas wodowania) to szczelna komora, otwarta od góry w której jedna z węższych ścian jest zastąpiona bramą. Wymiary są dostosowane do wymiarów największych montowanych statków lub ich części. Komora w czasie montażu jest opróżniona z wody, po zakończeniu montażu wypełniana wodą, co pozwala na wyprowadzenie statku do przyległego akwenu.

Małe jednostki mogą być montowane na nabrzeżach, a potem podnoszone, przenoszone i opuszczane na wodę za pomocą dźwignic.

Remont i konserwacja statków odbywa się w **suchych dokach** (głębszych ze względu na zanurzenie wypełnionego ładunkiem statku), **dokach pływających** (w postaci pontonów o kształcie litery U, ze szczelnymi komorami w dnie i ścianach, które mogą być wypełniane wodą lub opróżniane) lub **po wyciągnięciu jednostki na ląd** (za pomocą wyciągów – slipów – wyposażonych w szyny po których porusza się wózek, na którym statek wyciągany jest na ląd lub podnośników – w postaci poruszających się w pionie platform).

Pochylnie

Kadłuby statków mogą być wodowane wzdłużnie lub poprzecznie. Każdy z tych sposobów wymaga innego rodzaju pochylni i urządzeń, stąd pochylnie podłużne i poprzeczne. Do budowy dużych statków morskich prawie wyłącznie wykorzystuje się pochylnie podłużne. Zajmują one mniejszą długość pasa wody oraz mogą być obsługiwane z obu stron.

Pochylnie możemy podzielić na:

- otwarte (wystają ponad wodę tylko w górnej części),
- zamknięte (zamykane od wody szczelnymi bramami):
 - częściowo (półdokowe – brama pomiędzy częścią roboczą a wybiegową),
 - całkowicie (dokowe – brama na progu).

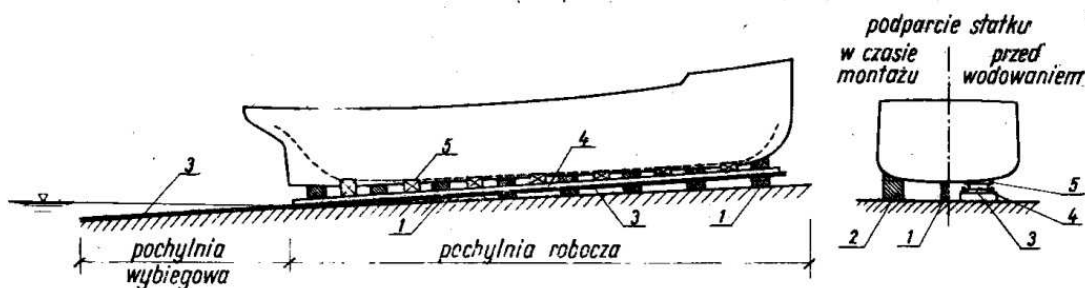
Zalety pochylni zamkniętych:

- niższe położenie niż otwartych oraz krótsza konstrukcja,
- zamknięcie stanowi zabezpieczenie przed zamulaniem dolnej części,
- pozwalają na swobodniejsze regulowanie spadków torów spustowych,
- pozwalają na regulowanie odstępów pomiędzy torami spustowymi,
- występują mniejsze prędkości spustowe, co ułatwia proces hamowania,
- tory spustowe mogą być jednolicie smarowane, a proces wodowania jest lepiej kontrolowany.

Wady to wysoki koszt budowy oraz eksploatacji.

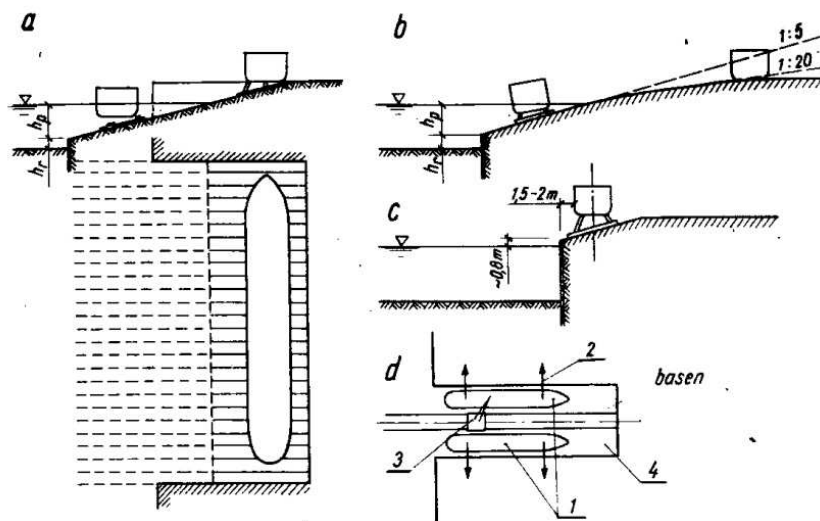
Oś pochylni podłużnej zwykle jest prostopadła do linii wody, przy braku miejsca ukośna. Należy zwrócić uwagę na to, aby przed pochylnią była dostateczna przestrzeń wodna (dwa i pół do trzykrotnej długości statku przy wodowaniu podłużnym, dwu i pół krotnej szerokości przy wodowaniu poprzecznym). Należy tu zwrócić uwagę nie tylko na zagrożenie bezpośrednim uderzeniem o przeciwległy brzeg, ale również powstaniem fali, która odbita o przeciwległy brzeg może rzucić kadłub w kierunku pochylni.

Pochylnie podłużne zwykle są dwuspadkowe, składają się z pochylni roboczej (nad najwyższym poziomem wody) oraz wybiegowej (wstępnej, podwodnej). Granicę pomiędzy nimi ustala się na poziomie SW. Pochylnie zamknięte są najczęściej jednospadkowe.



Rys. 1.7. Statek na pochylni podłużnej

1 – podpory stępkowe, 2 – podpory boczne, 3 – tory spustowe, 4 – płozy sań spustowych, 5 – belkowanie i kliny sań spustowych

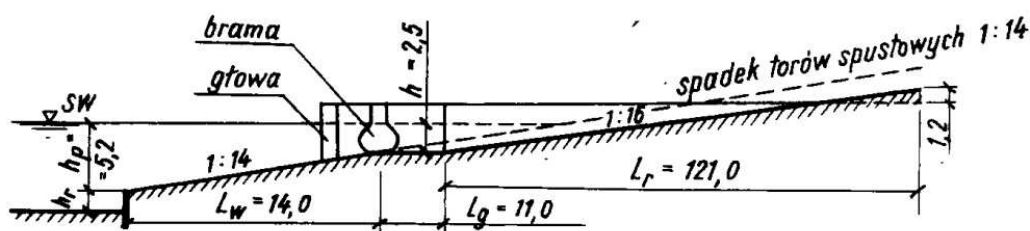


Rys. 1.29. Pochylnia poprzeczna

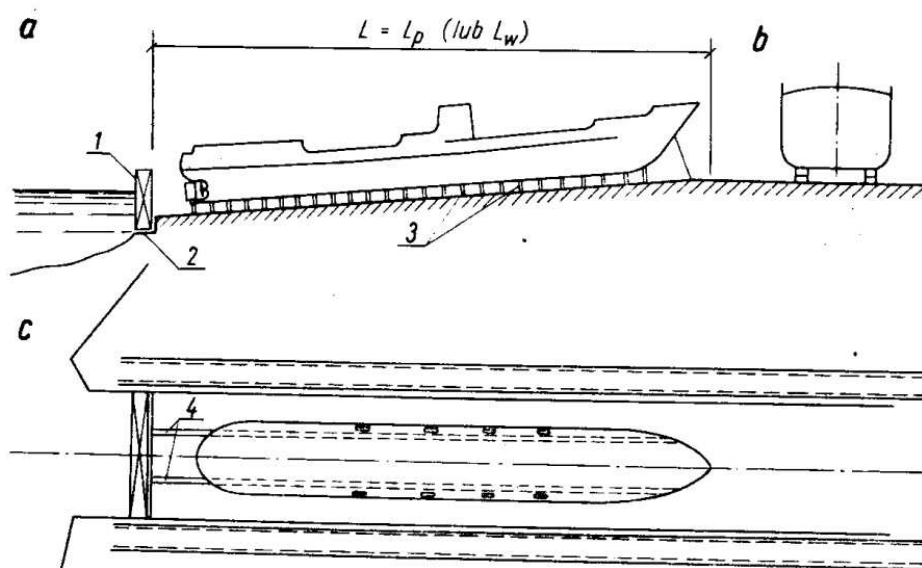
a – płaska; b – łukowa; c – zrzutowa; d – na pirsie
1 – kadłuby na stanowiskach, 2 – kierunek wodowania, 3 – dźwignica, 4 – pirs

Pochylniom wybiegowym nadaje się taki spadek jak torom spustowym, po których odbywa się wodowanie. Spadek tych torów powinien być taki aby statek mógł po zwolnieniu przytrzymywaczu ruszyć sam. Tangens kąta nachylenia musi więc być większy niż wartość współczynnika tarcia spoczynkowego. Współczynnik ten zależy od doboru smarów, temperatury, gładkości torów i dolnej powierzchni płóz. Wynosi on średnio 0,05, co odpowiada nachyleniu 1:20. Pochylnie robocze mają spadek mniejszy, ale umożliwiające założenie torów spustowych pod dnem kadłuba.

Wymiary pochylni zależą od wymiarów największego przewidzianego do budowy statku. Przyjmuje się długość i szerokość pochylni roboczej o ok. 10 m (na rusztowania i przejścia wokół statku) większą od największej długości i szerokości statku. Szerokość dostosowuje się ilości statków budowanych na pochylni. Pochylnia wybiegowa powinna mieć taką długość, aby dolny koniec torów spustowych był na takiej głębokości, która pozwalałaby na osiągnięcie swobodnej pływalności kadłuba jeszcze nad pochylnią. Czasem dopuszcza się - ze względów oszczędnościowych - dla dużych jednostek „zeskok” kadłuba z progu pochylni. Głębokość basenu przed pochylnią musi być odpowiednia do zanurzenia wodowanego statku z uwzględnieniem rezerwy, związanej z „ukłonem” statku w trakcie wodowania (od 2 do 5 m i więcej). Pochylnie wykonuje się jako konstrukcje masywne żelbetowe, betonowe lub murowane lub jako pomosty drewniane. Masywne mogą być posadowione płytko na gruncie (jako płyta umieszczona wprost na gruncie, na podłużnych ławach fundamentowych lub na poprzecznych filarach) lub na palach (na których spoczywa cała płyta, podłużne ławy fundamentowe lub poprzeczne filary). Pomosty drewniane posadawiane są na palach, czasem tylko część podwodna jest w postaci pomostu drewnianego, pochylnia robocza jest natomiast masywna.



Rys. 1.27. Wymiary pochylni częściowo zamkniętej



Rys. 1.28. Pochylnia zamknięta (dokowa) [10]
 a — widok z boku; b — przekrój poprzeczny; c — widok z góry
 1 — brama, 2 — próg pochylni, 3 — podpory stępkowe, 4 — torzy spustowe

Wyposażenie pochylni stanowią urządzenia dźwignicowe, wymagające odpowiednich fundamentów lub specjalnych estakad przypochniowych.

Obliczenia statyczne pochylni obejmują:

- wyznaczenie wartości i rozkładu sił,
- wyznaczenie momentów gnących i sił poprzecznych w elementach nośnych pochylni,
- zwymiarowanie elementów nośnych pochylni i jej fundamentów,
- obliczenie konstrukcji zagłębienia pochylni.

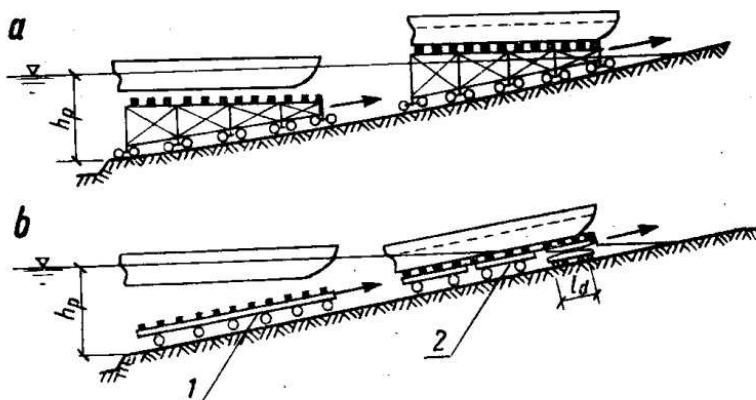
Należy uwzględnić obciążenia statyczne występujące w okresie montażu (na podporach stałych i po przeniesieniu na sanie) oraz dynamiczne w różnych fazach wodowania.

Wyciągi

Wyciągi (slipy) składają się z powierzchni operacyjnej (w postaci pochylni częściowo zanurzonej w wodzie i zaopatrzonej w szyny), stanowiska do remontu lub montażu oraz maszynowni (z urządzeniami do uruchamiania lin wyciągowych). Wyciągi mogą być podłużne i poprzeczne. częściej spotykane są wyciągi poprzeczne. Istnieje wiele rozwiązań wyciągów, w których mogą znajdować zastosowanie różne kształty powierzchni operacyjnej (prosty, łamany – dwuspadkowy, łukowy), różne położenie stanowisk względem powierzchni operacyjnej (na jej przedłużeniu, z boku – po jednej lub obu stronach, w pewnym oddaleniu), różne poziomy stanowisk, różne kształty stosowanych wózków...

Wyciągi mogą być wykonane w postaci płyty betonowej lub żelbetowej posadowionej na gruncie lub na palach albo w postaci belek podłużnych podtrzymujących szyny wyciągowe.

Część podwodną często wykonuje się jako drewnianą. Obliczenia wyciągów wykonuje się podobnie jak pochylni uwzględniając istnienie wózków.



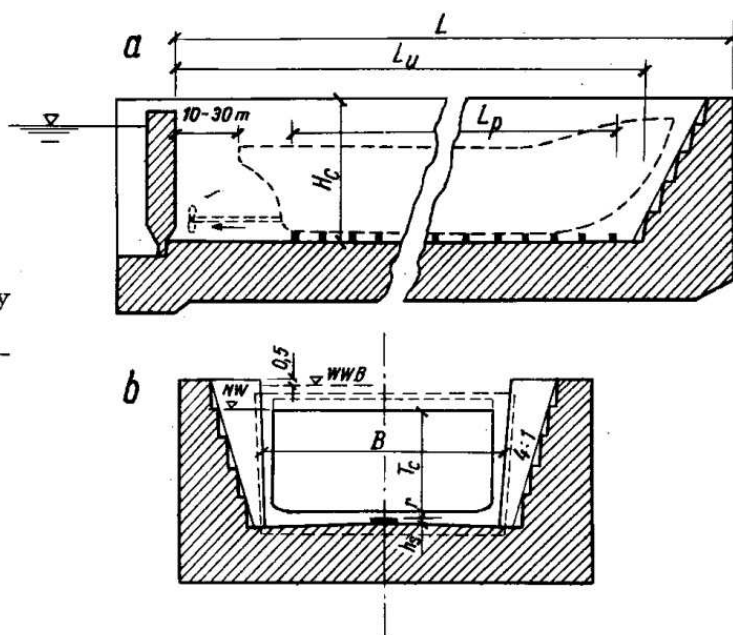
Rys. 1.90. Typy wyciągów podłużnych
a — z wózkiem w przekroju podłużnym trójkątnym; b — z wózkiem o przekroju podłużnym prostokątnym
1 — wariant I — wózek jednolity, 2 — wariant II — wózek trójdzielny

Doki suche

Typowy dok składa się z komory roboczej i głowy (zwykle jednej) w obrębie której znajduje się brama i urządzenia pomocnicze. Zwykle wejście jest z jednej strony, chociaż są doki o wejściach z obu stron. W celu ekonomicznego wykorzystania dużych doków do małych jednostek stosuje się dodatkowe głowy pośrednie z dodatkowymi bramami.

Wymiary doku:

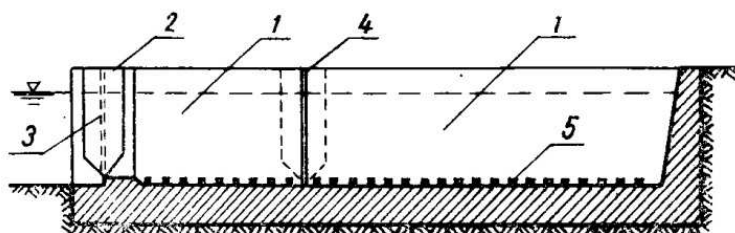
- długość użyteczna – pomiędzy wewnętrzną powierzchnią bramy a powierzchnią pionową wyprowadzoną z podstawy tylnej ściany (10 – 30 m dłuższa od kadłuba statku),
- długość podporowa – odległość pomiędzy skrajnymi podporami stępkowymi na dnie komory,
- długość pełna – suma długości użytecznej i grubości tylnej ściany doku,
- szerokość – szerokość w świetle przejścia w części głowiczej doku, mierzona w dnie (4 – 6 m większa od szerokości statku),
- wysokość ścian zależna od poziomu dna, które powinno umożliwiać wprowadzenie statku przy najniższym spodziewanym poziomie wody



Rys. 1.107. Główne wymiary doku suchego
 a — przekrój podłużny; b — przekrój poprzeczny

$$H_c = h_s + r + T_c + (WWB - NW) + 0,5$$

Jeżeli grunt jest przepuszczalny i występuje w nim woda dok należy zabezpieczyć przed niekorzystnym działaniem siły wyporu na opróżnioną z wody komorę. Dok wykonuje się jako ciężki, lekki zakotwiony (pale, studnie, ścianki szczelne, filary na kesonach) lub lekki zaopatrzony w urządzenia odwadniające. Jeśli grunt nie zawiera wody (skała bez spękań lub szczelny grunt spoisty) konstrukcja może być lekka. Należy zwrócić szczególną uwagę na należyte uszczelnienie szczelin dylatacyjnych w dnie i ścianach doku.



Rys. 1.106. Przekrój podłużny typowego doku suchego

1 — komora doku, 2 — głowa doku (główna, zewnętrzna), 3 — brama (w danym wypadku pływająca), 4 — brama działowa i głowa dodatkowa (w niektórych dokach), 5 — podpory stępkowe

Obliczenia statyczne doku muszą uwzględniać sytuację gdy dok jest otoczony wodą gruntową oraz gdy otoczenie doku jest suche. W obu przypadkach należy przeanalizować następujące przypadki: dok pusty, dok osuszony obciążony statkiem oraz dok wypełniony wodą.

Kształt głów doków zależy od rodzaju bram:

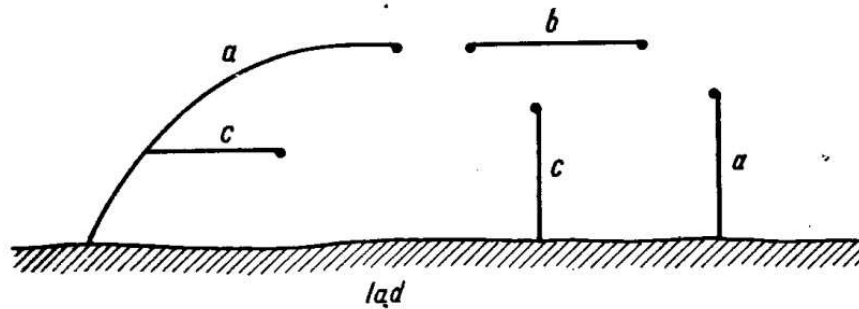
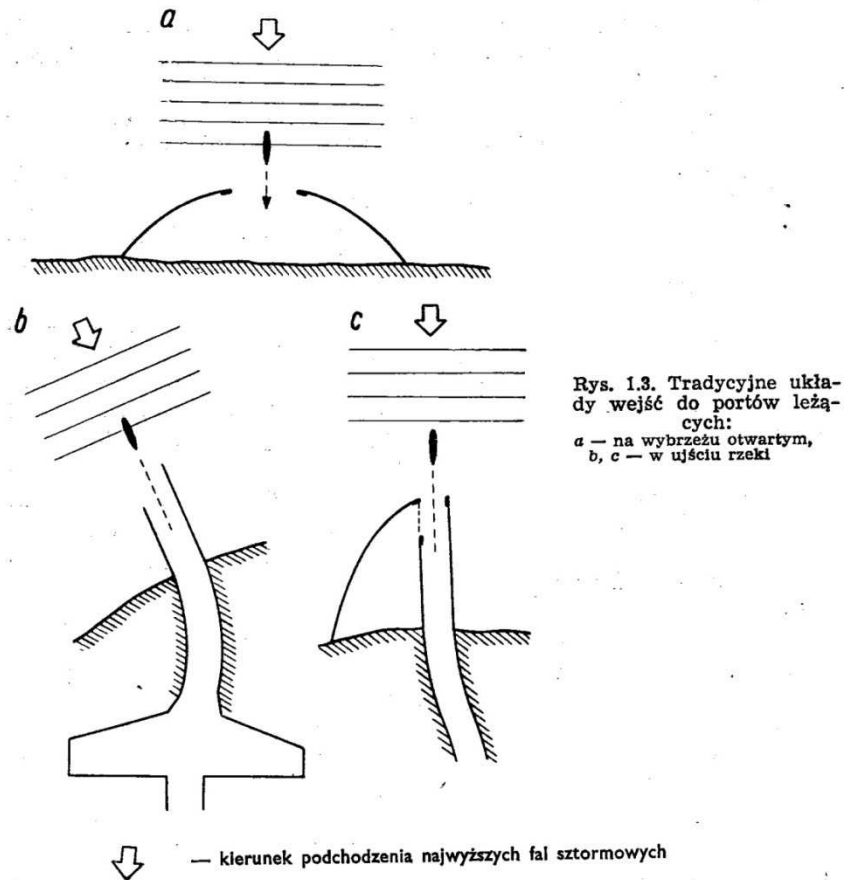
- dwuskrzydłowe wsporne lub jednoskrzydłowe,
- przesuwne,
- kłapowe,
- pływające.

Wyposażenie doków suchych stanowią:

- urządzenia do osuszania i napełniania doku (stacje pomp, kanały otwarte i przewody),
- urządzenia zabezpieczające przed wyporem wody,
- urządzenia do przeciągania statku do i z doku,
- urządzenia do transportu materiałów i ludzi (dźwignice, schody, przenośne schodki),
- podpory statku,
- stanowiska opróżniania i oczyszczania zbiorników statków,
- urządzenia specjalne (kanały i tunele na przewody dostarczające prąd, sprężone powietrze, acetylen, wodę..., oświetlenie i wentylacja, dźwignice).

FALOCHRONY

Falochron – konstrukcja osłaniająca port lub inne akwatorium przed działaniem fal



Ze względu na połączenie z brzegiem wyróżniamy *falochrony półwyspowe* (mola) oraz *wyspowe*. Nazwa molo często określa również inne budowle np. ostrogi, pomosty, terytoria portowe...

Elementy falochronu półwyspowego:

- nasada falochronu – połączenie z lądem dostosowane do konstrukcji brzegowych, charakteru brzegu,
- ciąg falochronu – część właściwa, o odcinkach o różnej konstrukcji, naroża, odgałęzienia...
- głowica falochronu – zakończenie często z latarnią i szersza niż ciąg falochronu.

Falochrony wyspowe z obu stron mają głowice.

FALOCHRONY pod względem konstrukcyjnym dzielimy na:

- **falochrony zwarte**,
- **falochrony ażurowe** (w formie mostów wspartych na filarach),

Częściej (90 % konstrukcji) stosowane są falochrony zwarte tj. konstrukcje, których część i podwodna i nawodna podzielona jest jedynie szczelinami dylatacyjnymi. Takie falochrony chronią przed falą oraz przed działaniem prądów oraz przed nanoszeniem rumowiska. Falochrony ażurowe nie zatrzymują fali, zmniejszają jedynie jej wysokość.

Falochrony zwarte dzielimy na:

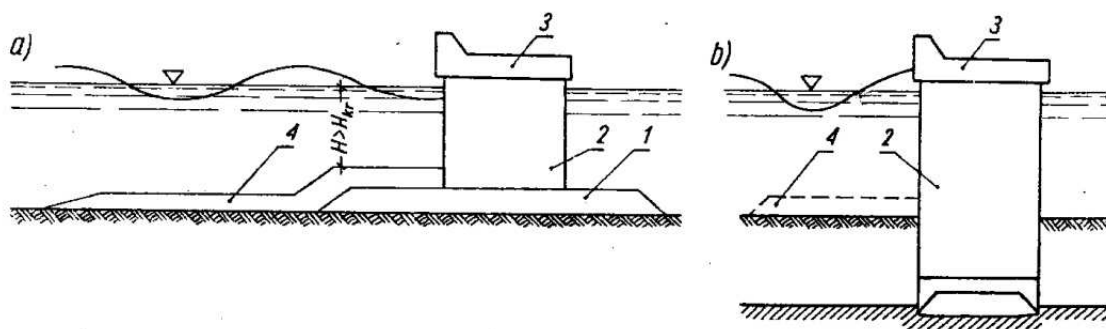
- **falochrony o ścianach stromych** (konstrukcje masywne lub sprężyste, w których ściana odmorska jest pionowa lub pochylona do poziomu pod kątem większym niż 45°) – mogą być kamienne, murowane, betonowe lub żelbetowe (masywne) lub z drewna i luźnego kamiennego wypełnienia (sprężyste),
- **falochrony o ścianach pochyłych** – ściana odmorska nachylona pod kątem równym lub mniejszym od 45° , mają formę wałów kamiennych lub ziemnych lub z bloków betonowych, czasem zwieńczone czapą betonową,
- **falochrony mieszane** – zwykle masywna budowla o ścianach pionowych posadowiona na wale kamiennym.

Falochrony o **ścianach stromych** nie rozbijają fal, powodują tylko ich odbicie. Może to powodować powstanie fali stojącej która może być dwukrotnie wyższa niż pierwotna. Dlatego takie falochrony budowane są tam gdzie mogą być wyższe od głębokości krytycznej z uwagi na największą spodziewaną wysokość fali ($4 \cdot h$ mierzac od najniższego poziomu wody przy jakim możliwe jest wystąpienie fali o wysokości $2 \cdot h$). Takie falochrony wymagają wytrzymałego i trudnorozmywalnego gruntu – najlepiej skalistego). Przy dużych wysokościach dąży się do zmniejszenia wysokości samej budowli przez pogrubienie podsypki – przy podsypce wyższej niż 3 – 4 m budowla jest już typem mieszanym.

Na ścianach **falochronów pochyłych** fala ulega rozbiciu, budowane są więc w strefie przyboju gdzie fale uderzają ze znaczne większą energią niż fale nierozbite.

Zależnie od sposobu połączenia z dnem falochronów o ścianach stromych rozróżniamy:

- **falochrony stawiane** (grawitacyjne) – przeciwstawiają naporowi fal swój ciężar poprzez siłę tarcia,
- **zapuszczane** – siłą zewnętrzną przeciwstawia się również utwierdzenie w dnie, przenoszą ciężar budowli na głębiej położony, bardziej wytrzymały grunt.



Rys. 2-4. Falochron masywny: a) stawiany, b) zapuszczany

1 – podsypka, 2 – zasadnicza konstrukcyjna część podwodna (fundament), 3 – nadbudowa (część nadwodna), 4 – umocnienie dna (narzut ochronny)

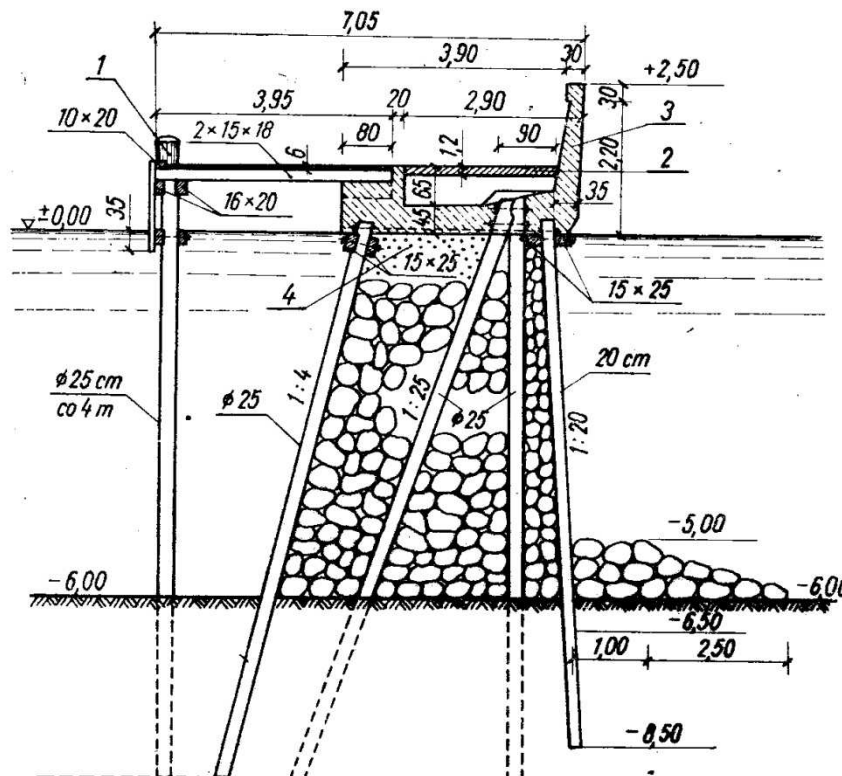
Falochrony masywne mogą być *prefabrykowane* (z elementów betonowych, żelbetowych lub sprężonych, które mogą być uzupełnione lub dodatkowo obciążone po ustawieniu) lub *monolityczne* (w całości lub częściowo). Prefabrykaty to **bloki pełne, pustakowe** (grubościenne zwykle niezbrojone lub cienkościenne – zbrojone), **skrzynie pływające** (z reguły otwarte od góry i dostosowane do wysokości falochronu – 1 m nad zwierciadłem wody) oraz **kesony pływające**. Szerokość wynika z szerokości falochronu, którą dostosowuje się do wymagań stateczności, długość zależy od sposobu wykonania i opuszczania na wodę oraz rodzaju podsypki i podłoża, które mają wpływ na wielkość i równomierność osiadania.

Podstawowe części falochronu masywnego to:

- **podsyпка** – ma za zadanie zmniejszenie ciśnień wywieranych na dno przez budowlę oraz wyrównanie powierzchni dna. Korona podsypki powinna znajdować się głębiej niż głębokość krytyczna (dla falowania w rejonie), szerokość podsypki powinna być większa niż szerokość podstawy falochronu (szersza od strony morza, węższa od strony wewnętrznej). Podsypkę wykonuje się z kamienia polnego lub łamanego (rdzeń i dolna część drobniejsza, zewnętrzna część grubsza), który powinien być twardy, niezwiędzły, odporny na czynniki atmosferyczne, uderzenia i ścieranie. Falochrony zapuszczane z reguły nie wymagają podsypki, ale niezbędne jest umocnienie dna w jego sąsiedztwie.

- **konstrukcyjna część podwodna (fundament)** – przekrój poprzeczny dostosowuje się do sił działających na falochron i ma kształt prostokąta lub lekko zwęża się ku górze. Część ta powinna wystawać 0,7 do 1,0 m nad średnim poziomem wody. Wykonuje się ją z regularnie układanych bloków pełnych, bloków pustakowych (wypełnianych po ustawieniu betonem) lub skrzyń pływających (połączonych ze sobą i wypełnionych betonem, kamieniem lub piaskiem) albo jako konstrukcję monolityczną (która jednak wymaga do wykonania długiego okresu spokoju morza, gorsze są własności betonu wykonywanego pod wodą, na gruntach słabych źle dostosowuje się do nierównomiernych osiadań). Falochrony zapuszczane wykonuje się najczęściej jako kesony pneumatyczne (wymaga również spokoju morza w trakcie ich zapuszczania i betonowania).
- **część nadwodna (nadbudowa)** – ma za zadanie zapobiegać przenikaniu i przelewaniu się falowania przy wyższych niż średni poziomach morza, zapewnić stężenie falochronu (szczególnie podłużne) oraz wyrównanie konstrukcji podwodnej. Często wykonuje się tą część po pewnym czasie (np. po roku) gdy nastąpi już ustabilizowanie po osiadaniu części podwodnej. Wysokość części nadwodnej dostosowuje się do największych spodziewanych fal sztormowych. Zwykle wykonywana jest jako konstrukcja monolityczna lub w postaci dwóch murów (zewewnętrzny i wewnętrzny) z przestrzenią wypełnioną piaskiem, kamieniem lub betonem. Od strony morza można wykonać parapet o wysokości do 1,5 m.
- **umocnienie dna w sąsiedztwie falochronu.**

Falochrony palisadowe (sprężyste) – tam gdzie dno umożliwia wbijanie pali - korpus stanowi wał kamienny lub ziemny, ograniczony ściankami palowymi lub szczelnymi, nachylnymi do poziomu pod kątem 85 – 90°. Ścianki palowe (nieszczelne) można wypełnić kamieniami, materiał piaszczysty wymaga ścianek szczelnych. Falochrony kamienne stosowane są na otwartym morzu, narażone na duże uderzenia fal. Piaskowe w miejscach mniej narażonych. Falochrony w ściankach palowych nie chronią przed przenikaniem rumowiska (zamuleniem) dlatego często uzupełnia się go o ściankę szczelną w osi lub jedną z palisad zastępuje taką ścianką. Pale drewniane ujmują się u góry kleszczami lub oczepem.



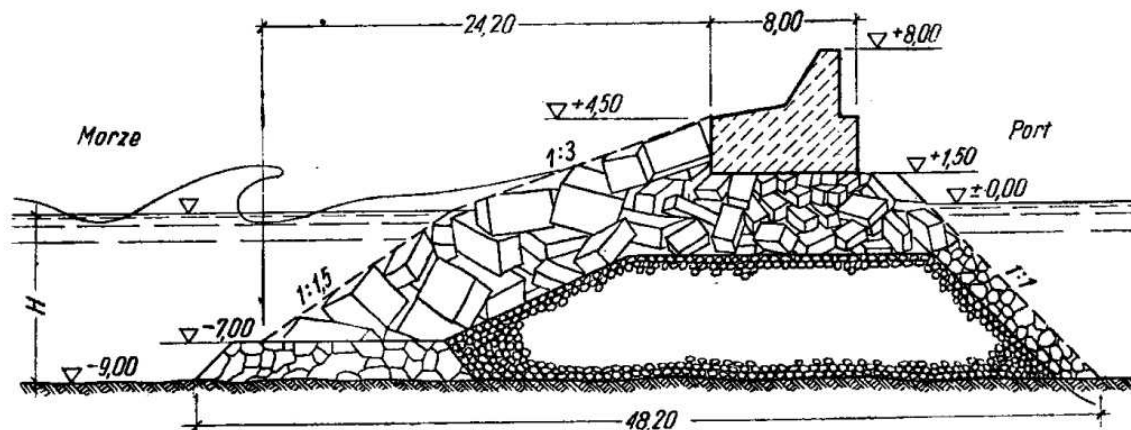
Rys. 2.34. Przekrój falochronu palisadowego basenu żaglowego w Gdyni, ze ścianką szczelną od strony morza i poszerzeniem pomostowym od strony portu
 1 – pacholy i pierścienie co 8 m, 2 – beton o zawartości cementu 210 kg/m³, 3 – żelbet o zawartości cementu 260 kg/m³, 4 – żwir

Falochrony o ścianach pochyłych to zwykle *narzuty kamienne* (z kamienia lub bloków betonowych o różnych kształtach) lub *nasypy* (z piasku, żwiru, gruzu lub drobnego kamienia), wzmocnione blokami lub okładzinami – nie odbijają fal lecz łamią je na skarpach.

Bloki betonowe (lub żelbetowe) mogą stanowić podstawowy element konstrukcyjny lub ochronny układany lub usypywany na skarpach.

Falochrony narzutowe wymagają istnienia niedaleko źródła materiału (kamieniołomu). Falochrony te kształtuje się w kształt trapezu – skarpy zewnętrzne łagodniejsze niż wewnętrzne. Nachylenie skarp zależy od parametrów falowania oraz materiału użytego do budowy. Od strony portu można wykonać część ściany jako pionową, co zabezpiecza przed erozją (rozproszenie energii przelewających się fal) oraz daje możliwość przybijania do falochronu jednostek pływających. Wysokość falochronu ustala się 1 – 1,5 m nad szczytem największej spodziewanej fali przy najwyższym poziomie morza. Czasem dopuszcza się jednak przelewanie się fali w takich warunkach. Falochrony tego typu mogą być uzupełnione betonową konstrukcją nadwodną (w odróżnieniu od typu mieszanego gdzie wierzch narzutu jest na głębokości większej niż krytyczna). Konstrukcja ta jest podobna jak falochronów masywnych i często zaopatrzona w parapet. Skarpa falochronu od strony morza zwykle ma warstwę ochronną w formie narzutu lub okładziny.

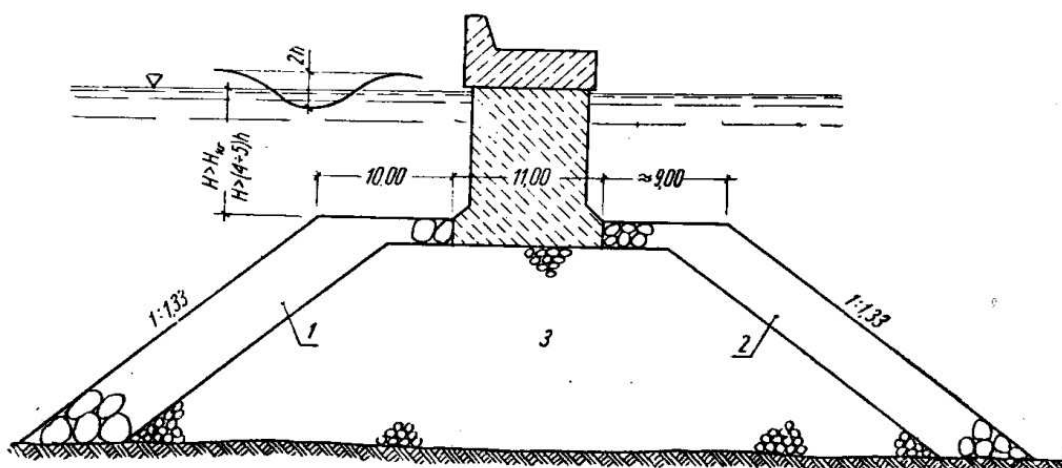
Falochrony ziemne stosuje się w warunkach spokojniejszych. Z reguły jednak stanowią konstrukcję mieszaną ziemno – narzutową.



Rys. 2-2. Falochron o ścianach pochyłych (skarpowy) w Genui [3]

Falochrony typu mieszanego, ze względów oszczędnościowych, stosowane są tam gdzie głębokości są bardzo duże przekraczające głębokość krytyczną.

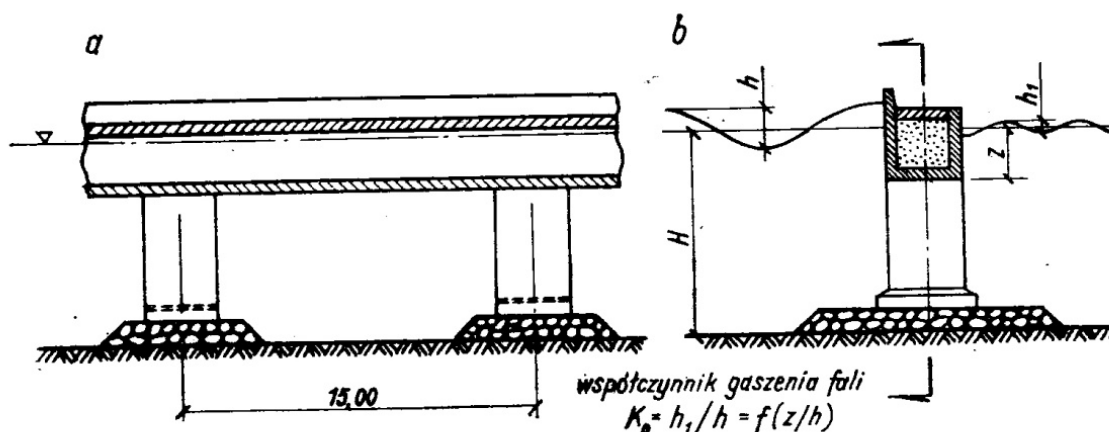
Narzut podwodny wykonywany jest tak jak w przypadku falochronów o ścianach pochyłych, jego wysokość wynika z głębokości krytycznej oraz zanurzenia największych statków. Skarpy mogą być bardziej strome. Górna część konstruowana jest wg zasad dla falochronów masywnych, stawianych



Rys. 2-38. Przekrój falochronu typu mieszanego

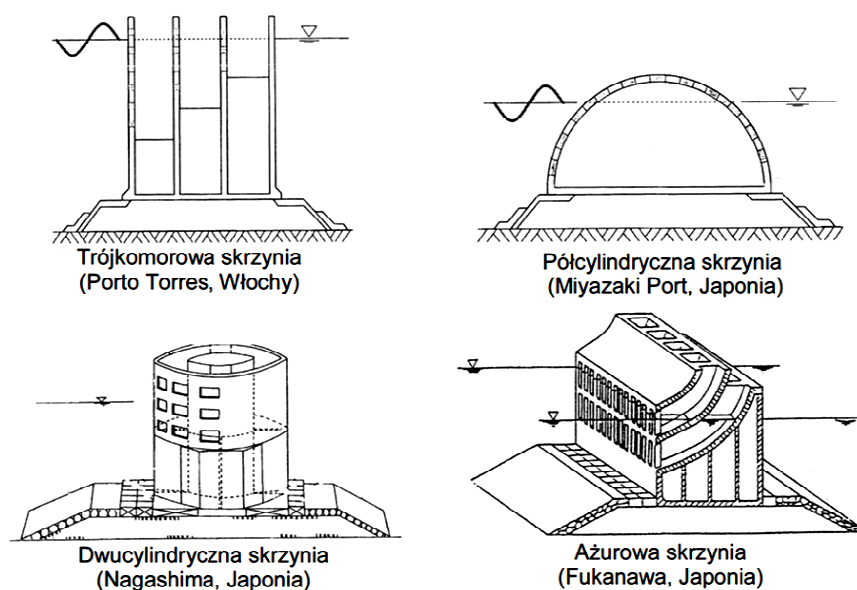
1 – głazy ponad 4 T, 2 – głazy 1,5÷4 T, 3 – kamienie o różnych wymiarach

Falochron ażurowy



Rys. 2.66. Falochron ażurowy w postaci pomostu na filarach
a – przekrój wzdłużny, b – przekrój poprzeczny

Zmniejszenie współczynnika odbicia fali jest możliwe poprzez zastosowanie perforowanych skrzyń o zróżnicowanych kształtach i komorach falowych, jak to przedstawiono na rysunku 4. Natomiast redukcję przelewania się fali ponad koroną konstrukcji można osiągnąć przez użycie skrzyni o odpowiedniej konstrukcji nadbudowy (rys. 5).

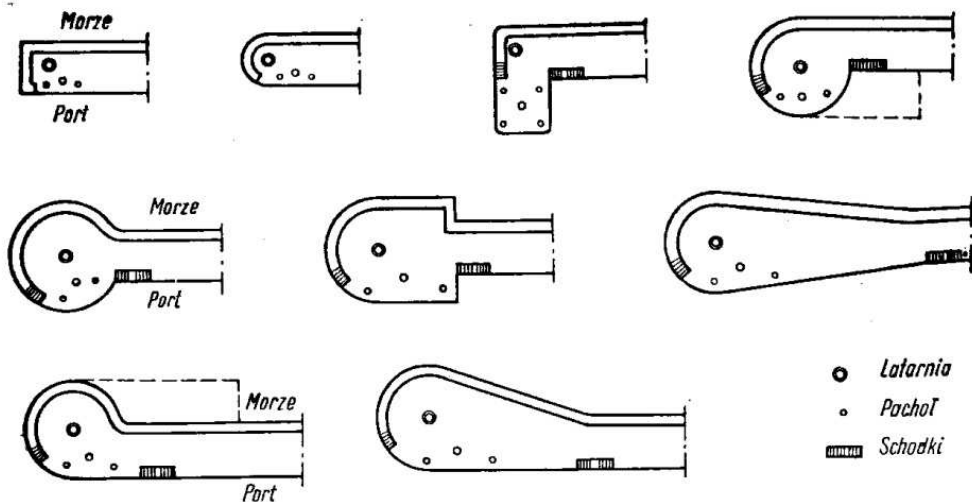


Rys. 4. Innowacyjne skrzynie ażurowe [1]

A. Wawrzyńska: *Kierunki rozwoju infrastruktury portowo-morskiej na przykładzie falochronów pionowościennych* Akademia Morska w Gdyni

Końce falochronów narażone są na bardziej niekorzystne dynamiczne działanie morza niż ich główne odcinki i dlatego mają mocniejszą konstrukcję wykształconą w **głowice**. Głowica często jest zapuszczona w gruncie w celu zabezpieczenia przed podmyciem. Głowica może mieć inną konstrukcję niż cały falochron np. przy falochronie o ścianach pochyłych, narzutowym głowica może być konstrukcją o ścianach stromych, co nie powoduje zawężenia toru wodnego.

Głowice mogą być poszerzone, a ich zewnętrzne powierzchnie często pokryte są okładziną kamienną. Na głowicach umieszcza się światła portowe oraz inne urządzenia dodatkowe (np. stacje sygnałów mgłowych czy urządzenia do zamykania wejścia...) oraz schodki i urządzenia umożliwiające przybijanie jednostek do obsługi obiektów na głowicach.



Rys. 2-40. Różne rodzaje głowic falochronów w rzucie poziomym

Urządzenia pomocnicze falochronów:

- urządzenia wyłazowe do obsługi urządzeń na falochronie, prac konserwacyjnych i remontowych oraz ratownictwa,
- urządzenia odbojowe i cumownicze (rzadko, podobne jak przy nabrzeżach tam gdzie falochrony wykorzystywane są do postoju statków,
- urządzenia specjalne np. maszty i wieżyczki świateł portowych, kanały na przewody elektryczne, wodociągowe, balustrady...

NABRZEŻA

Nabrzeże

- część terytorium portowego położona nad akwenem portowym przeznaczona do przeładunku towarów ze statków na ląd lub odwrotnie lub do innych celów wyposażona zgodnie z przeznaczeniem,
- sama konstrukcja stanowiąca obudowę od strony wody brzegu akwatorium.

Podział konstrukcyjny:

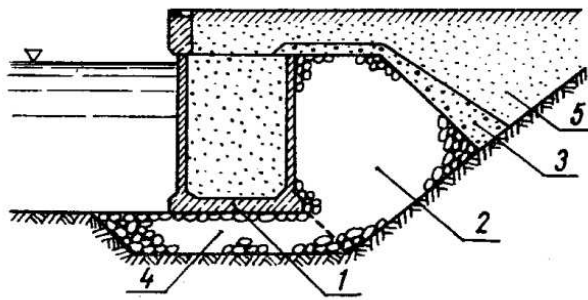
- oporowe (przenoszące parcie gruntu nadbrzeżnego):
 - **masywne** z betonowych lub żelbetowych elementów prefabrykowanych albo wykonywane na miejscu konstrukcje monolityczne,
 - **kątowe** składane z reguły prefabrykowanych elementów o kształcie litery L,
 - **oczepowe** ze stosunkowo cienkiej ścianki szczelnej, zagłębionej w gruncie poniżej dna i uchwycona ponad poziomem wody oczepem,
 - **na palach** – konstrukcja złożona ze ścianki szczelnej oraz z muru posadowionego na systemie pali (równocześnie kotwiącym ścianę), odmiana: nabrzeże płytowe z płytą, położoną na palach, odciążającą ścianę szczelną,
 - **powłokowo – gruntowe**: „skorupa” stalowa lub betonowa wypełniona gruntem,
- pomostowe (estakadowe) o charakterze pomostów przykrywających skarpę brzegu (konstrukcja przejmująca część parcia gruntu – pośrednia między nabrzeżem a pomostem),

Nabrzeża oporowe masywne:

- stawiane (grawitacyjne) – postawione na wyrównanym dnie lub niewysokiej podsypce: przeciwstawiają siłom poziomym swój ciężar poprzez siłę tarcia,
- zapuszczane - przeniesienie obciążeń na głębsze warstwy gruntu i zabezpieczenie przed podmyciem.

Nabrzeża stawiane stosuje się tam gdzie grunt jest twardy i wytrzymały (a wbicie ścianek i pali niemożliwe), po wykonaniu prac pogłębiarskich, wyrównaniu dna i ułożeniu podsypki. Składają się

z **podsyпки** kamiennej lub piaskowo – kamiennej (zwykle podsyпка zagłębiona jest w dno, aby nie zmniejszać głębokości akwenu), **części podwodnej – konstrukcyjnej** (monolitycznej lub prefabrykowanej), **części nadwodnej**.



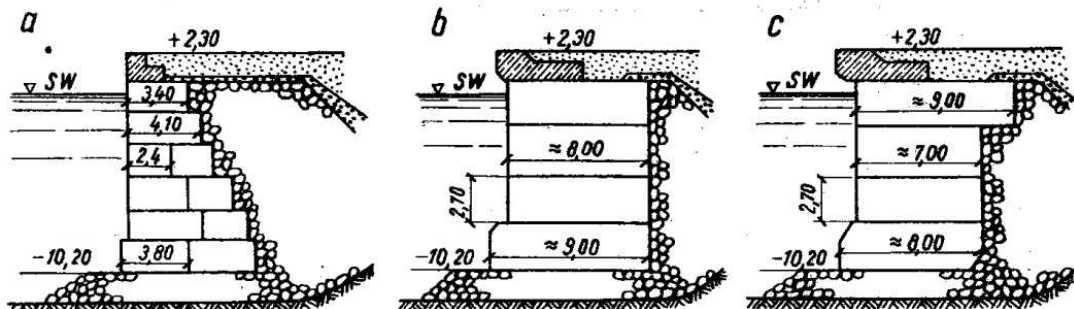
Rys. 5.1. Przekrój pionowy poprzeczny nabrzeża stawianego na skrzyniach z zasypem odciażającym trapezowym z kamienia

1 – nabrzeże, 2 – zasyp odciażający, kamienny, 3 – filtr odwrotny, 4 – podsyпка, 5 – zasyp naturalny

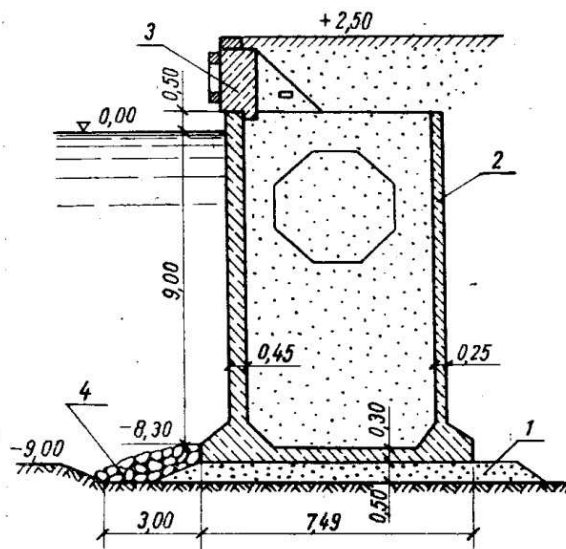
Nabrzeża stawiane z reguły po wykonaniu są zasypywane – materiałem wydobytym

z dna lub tzw. **zasypem odciażającym** (z piasku, gruzu lub kamienia), co pozwala na zmniejszenie ciśnienia i zapobiega wypłukiwaniu gruntu z za nabrzeża.

Część konstrukcyjna może być wykonywana z bloków (najczęściej prostopadłościennych – w układzie klasycznym daje nadmierne obciążenie obsypki, w układzie odwróconym położenie linii ciśnienia jest korzystniejsze – blisko środka podstawy) lub z zatapiających skrzyń pływających (ściana przednia, odbojowa jest często grubsza). Z reguły po wykonaniu zasypywane od tyłu materiałem wydobytym z dna, albo jako zasyp odciażający materiałem o większym kącie tarcia wewnętrznego (piasek, gruz, kamień). Nabrzeża budowane są w lepszych warunkach niż falochrony dlatego szerokość podsyпки może być mniejsza, a część podwodna częściej wykonywana jako monolityczna

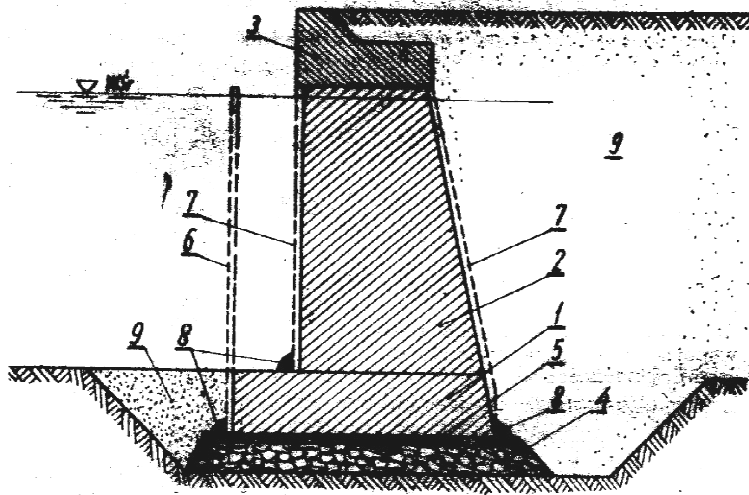


Rys. 5.4. Charakterystyczne przekroje pionowe poprzeczne nabrzeży na blokach
a – układ klasyczny, b – z bloków cyklopowych, c – odwrócony



Rys. 5.16. Przekrój pionowy poprzeczny nabrzeża na skrzyniach typu gdyńskiego

1 – podsyпка, 2 – skrzynia, 3 – mur nadwodny, 4 – narzut ochronny



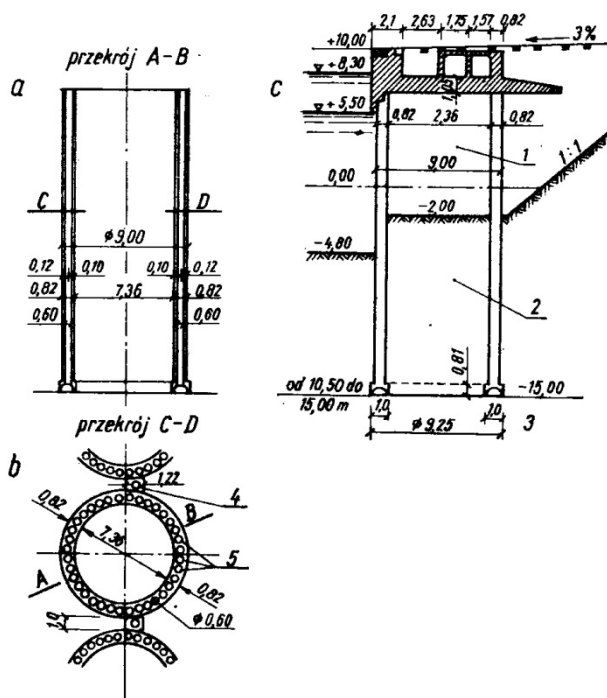
Rys. 5.65. Nabrzeże monolityczne wykonane pod wodą
 1 – fundament wykonany pod wodą, 2 – konstrukcja podwodna wykonana pod wodą, 3 – nadbudowa wykonana na sucho, 4 – podsyпка kamienna, 5 – warstwa wyrównująco uszczelniająca, 6 – deskowanie fundamentu (usunięte po jego wykonaniu), 7 – deskowania części podwodnej nabrzeża, 8 – uszczelnienia deskowań z worków z betonem, 9 – zasyp po wykonaniu nabrzeża

Nabrzeża **zapuszczane** zależnie od metody wykonania dzielimy na nabrzeża:

- na studniach (szereg studni, częściej o przekroju prostokątnym niż kołowym) lub skrzyniach,
- na kesonach,
- monolityczne wykonywane w grodach na sucho,
- monolityczne wykonywane pod wodą

Odległości pomiędzy studniami lub kesonami mogą wahać się od niewielkich odległości do kilkunastu metrów (wtedy nabrzeże staje się nabrzeżem pomostowym na filarach).

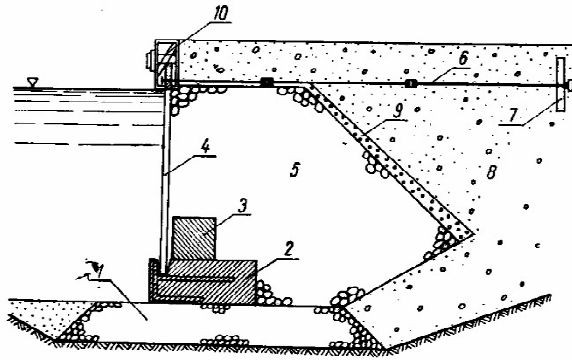
Przestrzeń pomiędzy studniami lub kesonami należy uszczelnić (za pomocą pali, worków z betonem, - z wypełnieniem betonem lub kamiennym - albo ścianek szczelnych).



Rys. 5.47. Nabrzeże H. du Pasquier na nietypowych studniach w porcie Hawr
 a, b – przekroje przez studnie, c – przekrój pionowy poprzeczny przez nabrzeże
 1 – nasyp, 2 – grunt naturalny, 3 – grunt nośny, 4 – pal uszczelniający wbity do rzędnej
 -6 m, 5 – 36 sztyków

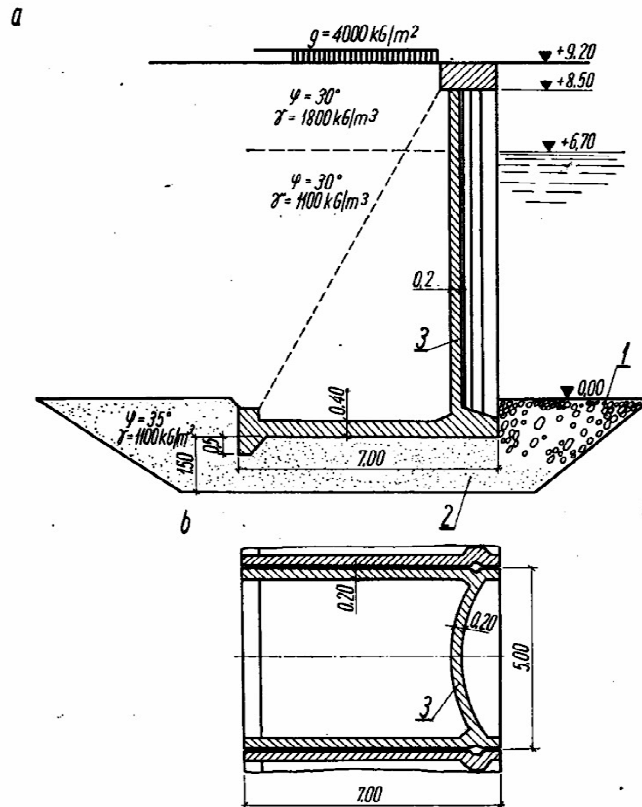
Nabrzeża kątowe:

- wspornikowe z prefabrykatów o pełnej wymaganej wysokości,
- tarczowe – złożone z kilku elementów.



Rys. 5.70. Nabrzeże tarczowe [12]

1 – podsypka, 2 – bloki podporowe, 3 – bloki montażowe, 4 – ścianka (tarcza) szczelna stalowa, 5 – zasyp odciążający, 6 – ściąg, 7 – zakotwienie, 8 – zasyp, 9 – filtr odwrotny, 10 – oczep



Rys. 5.67. Nabrzeże kątowe wspornikowe [12]

a – pionowy przekrój poprzeczny, b – przekrój poziomy
1 – kamicą, 2 – ława płaskowa, 3 – elementy o ścianie pionowej sklepionej

Nabrzeża kątowe są konstrukcjami typu lekkiego (w potach rybackich, jachtowych...).

Elementy to pozioma część dolna (**podwalina**), **ściana pionowa** (podparta żebrami lub zakotwiona) oraz mur nadwodny (**oczep**). Ściana pionowa z podwaliną może być połączona sztywno lub przegubowo.

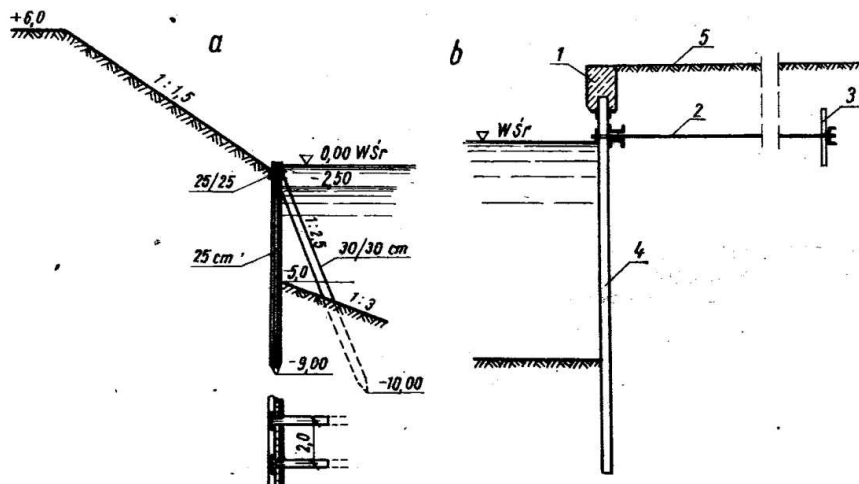
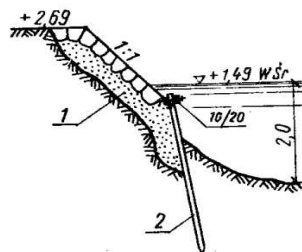
Nabrzeża oczepowe – stosowane tam gdzie mało zwarty grunt pozwala na wbicie ścianki, do małych głębokości (do 8 m):

- ścianki szczelne wolnostojące (małe budowle, o niewielkim znaczeniu),
- ścianki szczelne podparte z przodu (od wody) palami ukośnymi,
- ścianki szczelne zakotwione.

Wykorzystywane tam gdzie na nabrzeżu nie przewiduje się ciężkiego ruchu.

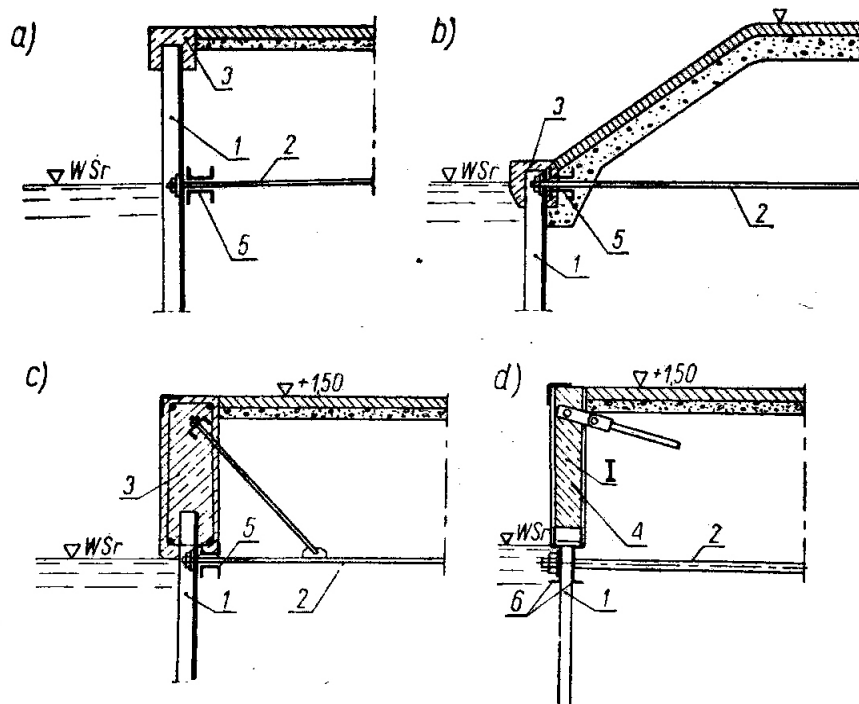
Można więc wyróżnić charakterystyczne elementy: **ścianka szczelna**, **oczep** z ewentualną nadbudową, **zakotwienie** lub **podparcie** i ewentualnie **urządzenia odciążające**.

Rys. 5.74. Przekrój podrzędny nabrzeża ze ścianką szczelną wolno stojącą
1 — żwir, 2 — ścianka szczelna drewniana z brusów 12/30 cm, 3,5 m dl.



Rys. 5.75. Nabrzeże oczepowe
a — podparte, b — zakotwione
1 — oczep, 2 — ściąg, 3 — płyta kotwiąca, 4 — ścianka szczelna, 5 — naziom

Ścianki szczelne w nabrzeżach oczepowych rozgraniczają grunt terenów lądowych od wody i utrzymują pionowy uskok naziomu między dnem basenu a powierzchnią terenu. Stosuje się ścianki stalowe, żelbetowe, żelbetowe wstępnie sprężone i drewniane. Oczepy mogą być drewniane, żelbetowe lub stalowe. Ściągi mogą być stalowe, żelbetowe lub z betonu sprężonego (lepszą ochroną przed mikropęknięciami prowadzącymi do korozji zbrojenia).



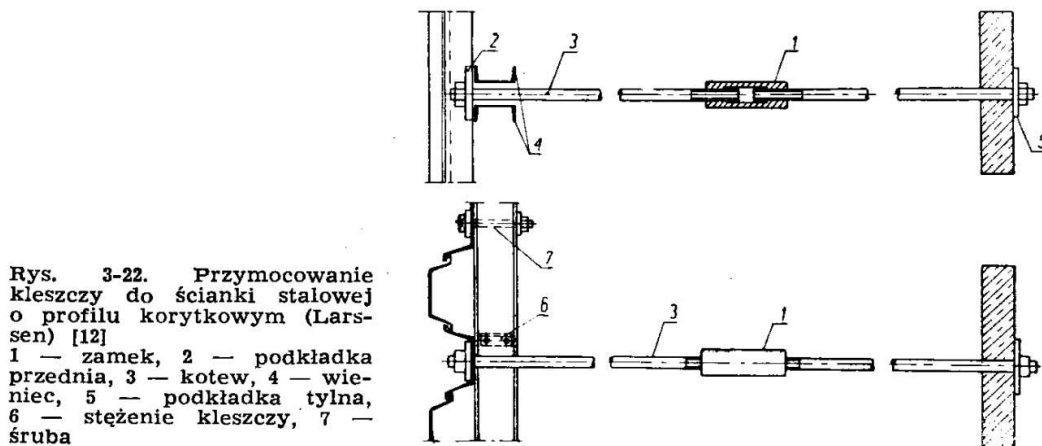
Rys. 3-18. Konstrukcja nadwodna nabrzeży oczepowych: a) ze ścianką wyprowadzoną do naziomu, b) z oczepem na poziomie WSr i skarpią, c) z oczepem wysokim (do naziomu), dodatkowo zakotwionym, d) z lekką konstrukcją ryglową
1 — ścianka szczelna, 2 — ściąg, 3 — oczep, 4 — płyta żelbetowa między dwuteownikami, 5 — wieniec, 6 — kleszcze

Ścianka szczelna może być:

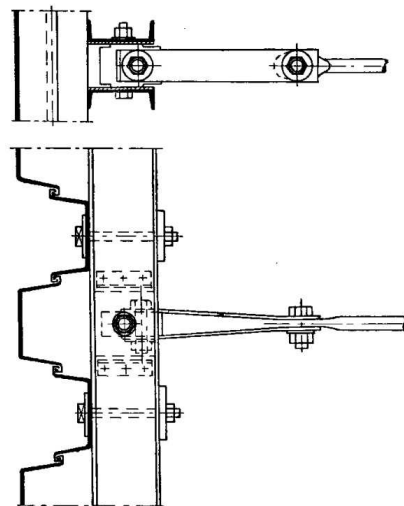
- wyprowadzona aż do poziomu terenu, wtedy na poziomie zwierciadła wody powinna być zakotwiona lub podparta, na wierzchu natomiast przykryta oczepem i ewentualnie ponownie zakotwiona lub
- sięgać w pobliże średniego zwierciadła wody - ścianka taka może być zakończona wieńcem, lekkim oczepem (ze skarpą o utrwalonej powierzchni), oczepem sięgającym naziomu lub lekką konstrukcją ryglową.

Ściąg układa się poziomo lub z lekkim ukosem w odstępach 1,5 do 3 m – jeden koniec przymocowany do ścianki szczelnej lub oczepu, drugi do konstrukcji kotwiącej. Najczęściej składa się z pojedynczego pręta stalowego o przekroju okrągłym i może być z obu stron gwintowany. Odcinki gwintowane przeprowadza się na wylot przez ściankę lub poza wieńiec i zakłada nakrętki na podkładkach. Ściąg mogą też być zakończone okami w celu połączenia przegubowego.

Ściąg stalowe mogą również być wykonywane ze stalowych lin plecionych (kabli).



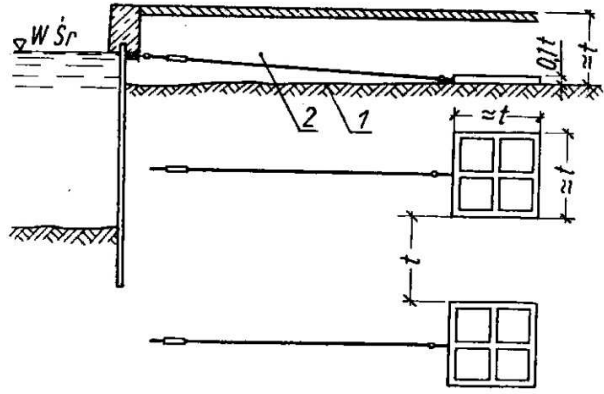
Rys. 3-22. Przymocowanie kleszczy do ścianki stalowej o profilu korytkowym (Larsen) [12]
 1 — zamek, 2 — podkładka przednia, 3 — kotew, 4 — wieńiec, 5 — podkładka tylna, 6 — stężenie kleszczy, 7 — śruba



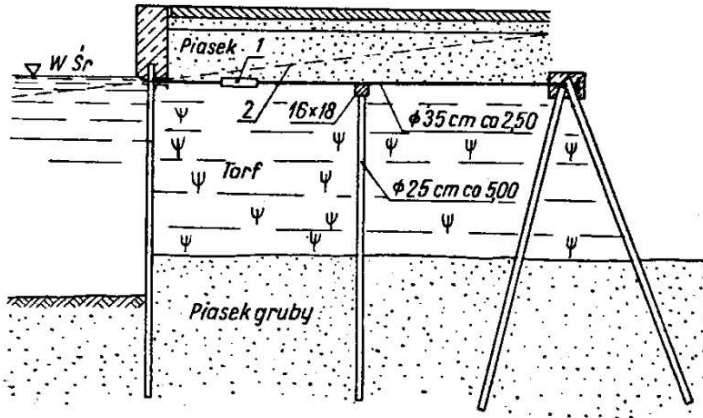
Rys. 3-23. Połączenie przegubowe ściału z wieńcem

Konstrukcje kotwiące:

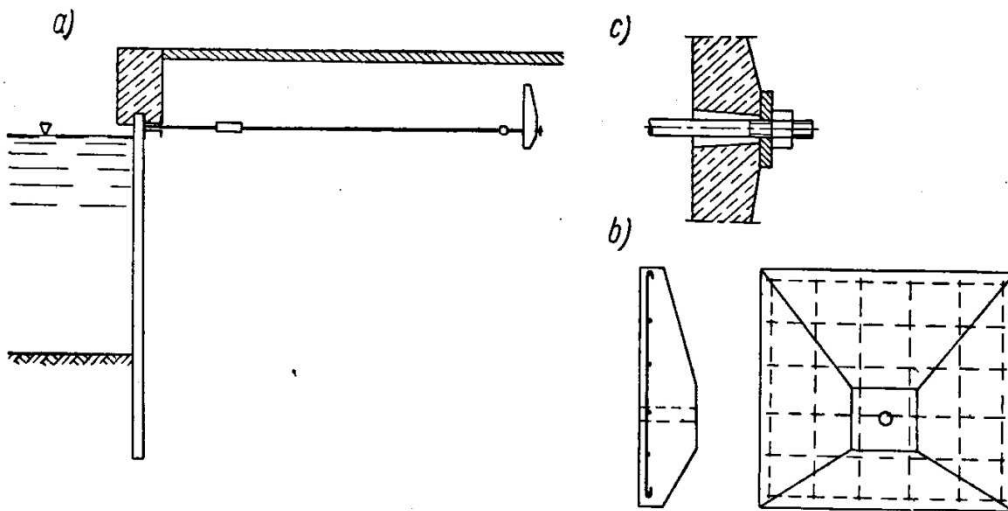
- płyty i ściany kotwiące pracujące przez wzbudzenie oporu w gruncie zalegającym między ścianką nabrzeża a konstrukcją kotwiącą,
- płyty i kraty poziome pracujące przez wzbudzenie tarcia (ciężar gruntu spoczywającego nad konstrukcją) w gruncie,
- pale i kozły palowe przenoszące siły poziome na głębsze warstwy gruntu.



Rys. 3-32. Zakotwienie za pomocą kraty poziomej
1 — dno pierwotne, 2 — zasyp z grubego piasku



Rys. 3-25. Nabrzeże oczepowe ze ściągami podpieranymi palami
1 — śruba rzymska, 2 — dawna powierzchnia terenu



Rys. 3-30. Płyta kotwiąca żelbetowa: a) przekrój nabrzeża, b) płyta kotwiąca, c) połączenie ściągu z płytą

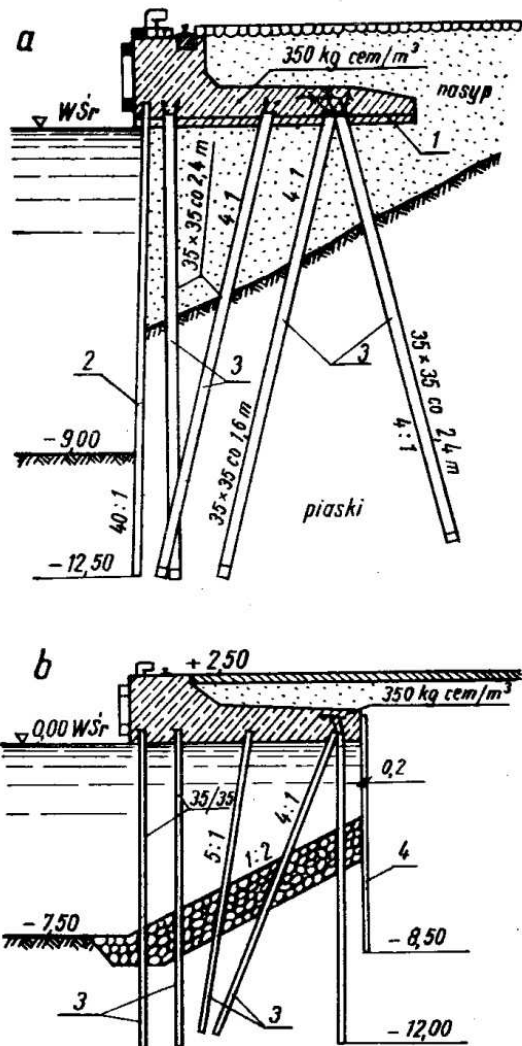
Nabrzeża na palach (w warunkach podobnych jak w przypadku nabrzeży oczepowych), ale pozwalają na przenoszenie większych sił więc mogą być znacznie wyższe:

- z ścianką szczelną z przodu,
- z ścianką szczelną z tyłu.

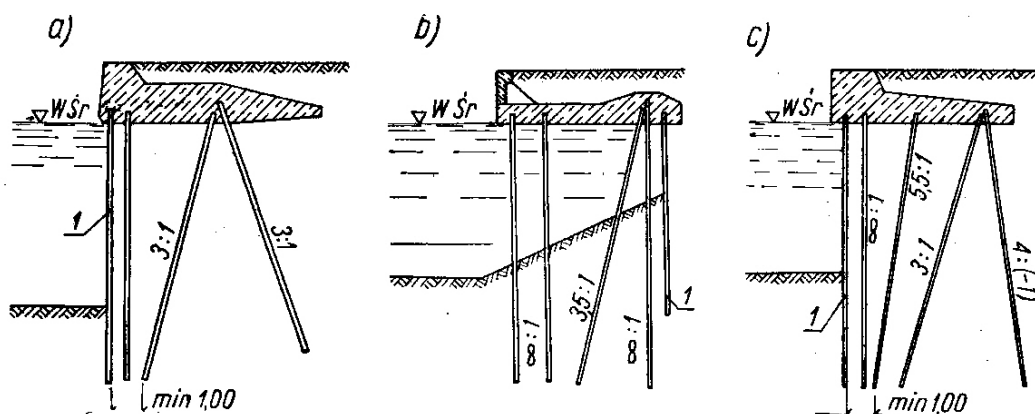
Charakterystyczne elementy: **ścianka szczelna**, **układ pali**, **konstrukcja nadwodna** (mur posadowiony na palach za pośrednictwem płyty, rusztu lub bezpośrednio), ewentualnie **narzut utrwalający** powierzchnię skarpy podwodnej.

W nabrzeżach palowych pale nie tylko przenoszą obciążenie pionowe, ale również współpracują w przenoszeniu sił poziomych (pełną więc rolę zakotwienia i poparcia ścianki szczelnej).

Rys. 5.142. Przekrój nabrzeża płytowego
 a — ze ścianką szczelną z przodu, b — ze ścianką szczelną z tyłu
 1 — ściąg lub główne uzbrojenie płyty, 2 — ścianka szczelna stalowa (np. Larssen IV), 3 — pale żelbetowe, 4 — ścianka szczelna żelbetowa lub stalowa



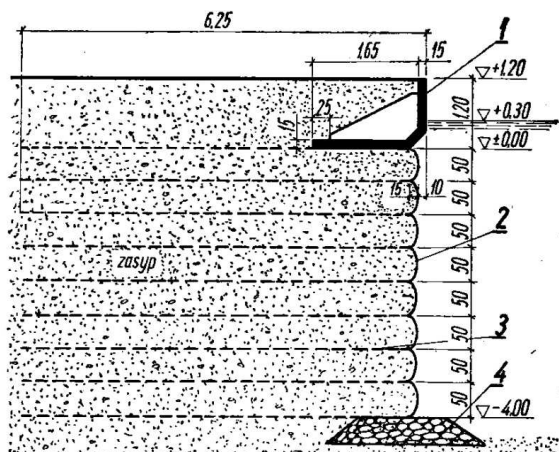
Połączenie ścianki z konstrukcją nadwodną może być przegubowe (ścianka nie jest wpuszczona w konstrukcję, a tylko do niej dotyka lub jako przegub ukształtowany stosowany w konstrukcjach stalowych) lub sztywne (głowica pala musi być wpuszczona na głębokość zapewniającą przeniesienie momentów). Stosowane są przede wszystkim pale żelbetowe prefabrykowane oraz sprężane. Najczęściej stosuje się trzy rzędy pali (pionowy i dwa skośne). Pale skośne mają za zadanie przeniesienie sił poziomych działających na nabrzeże – pale pochylone w kierunku akwenu pracują jako wyciągane, pochylone w stronę ładu jako wciskane. Pale łączy się (najczęściej pośrednio przez płytę) w koźły.



Rys. 3-43. Układ pali w nabrzeżu [8]: a) o trzech kierunkach, b) o dwu kierunkach, c) o czterech kierunkach
 1 — ścianka szczelna

Nabrzeże powłokowo – gruntowe:

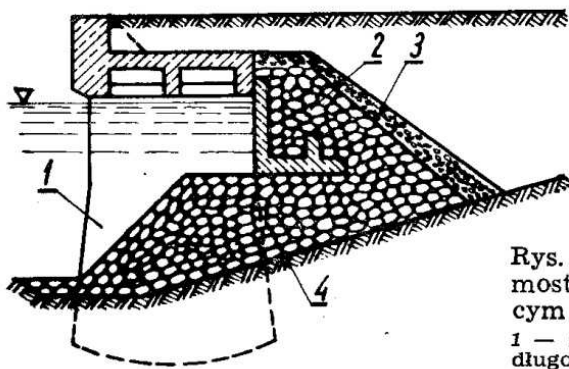
- nabrzeża grodze,
- nabrzeża z zasypem zbrojonym tj. z gruntów ziarnistych zbrojonych taśmami, kratami lub matami z dowolnego materiału nierozciągliwego i nieulegającego korozji.



Rys. 5.183. Projekt nabrzeża powłokowego 4 m głębokości z zasypem zbrojonym [45]
1 – mur nadwodny, żelbetowy kątowy z przyporami co 2,5 m, 2 – elementy eliptyczne z blachy aluminiowo-magnezowej, 3 – zbrojenie z płaskowników aluminiowych 200×30 mm, 4 – podsypka

Nabrzeża na palach ze ścianką szczelną z tyłu (omówione wcześniej), stanowią typ przejściowy do **nabrzeży pomostowych**. Jeżeli zachowane jest nachylenie skarpy mniejsze niż kąt stoku naturalnego to skarpa będzie się utrzymywać w równowadze i w zasadzie niepotrzebna jest ścianka szczelna.

Nabrzeża pomostowe są również budowane jako uzupełnienie (poszerzenie) nabrzeży oporowych. Konstrukcja oporowa podtrzymuje grunt, równoległe do tej konstrukcji (lub oparte na niej) nabrzeże służy celom eksploatacyjnym. Takie rozwiązanie często jest wykorzystywane do odbudowy zniszczonych nabrzeży lub ich powiększenia ze względu na zmiany eksploatacyjne.



Rys. 6.19. Przekrój poprzeczny nabrzeża pomostowego na studniach z murem maskującym kątowym

1 – studnia co 12 m, 2 – kątowy mur maskujący długości 14 m, 3 – żwirowy filtr odwrotny, 4 – kamień

Nabrzeża pomostowe i pomosty wykonywane na filarach dość gęsto rozstawionych (8-12 m) z betonu, posadowionych na studniach, kesonach, na fundamentach wykonywanych pod wodą lub w grodzie, na skrzyniach pływających, blokach lub zgrupowaniach pali. Filary mogą być stawiane lub zapuszczane.

Pomiędzy filarami nabrzeża kształtuje się skarpe, która powinna być dość stroma, z uwagi na szerokość nabrzeża – dlatego umacniana jest narzutem kamiennym lub faszyną.

Nabrzeża pomostowe nie przenoszą naporu gruntu, a ich konstrukcja ma charakter mostu. Jeśli taka konstrukcja jest oddalona od brzegu lub skierowana do niego ukośnie lub prostopadłe to jest to **pomost**.

Zarówno nabrzeża pomostowe jak i pomosty wykonuje się ze **stali, drewna, żelbetu** lub jako **konstrukcje mieszane**.

Podpory pomostów są narażone na duże siły poziome pochodzące od jednostek pływających.

Pomosty służą tym samym celom co nabrzeża (postój statków, przeładunek, komunikacja...), ale nie stanowią obudowy brzegów. Ze względu na przeznaczenie pomosty dzielimy na:

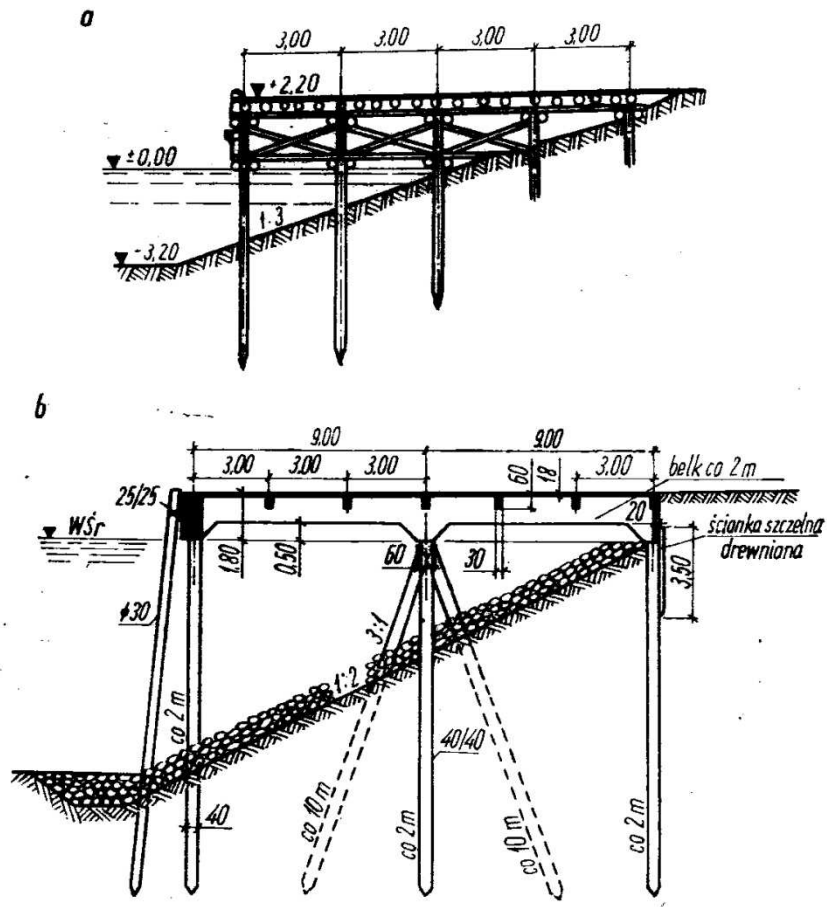
- przeładunkowe, do postoju i obsługi statków,
- komunikacyjne – szlaki komunikacyjne pełniące rolę mostów,
- specjalne, o innym przeznaczeniu (pomosty spacerowe, mareografów, kładki cumownicze...)

Nabrzeża pomostowe i pomosty mogą być posadowione:

- **na filarach** (masywnych lub palowych),
- **na palach** (ruszcie palowym)
- na konstrukcji mieszanej.

Na filarach:

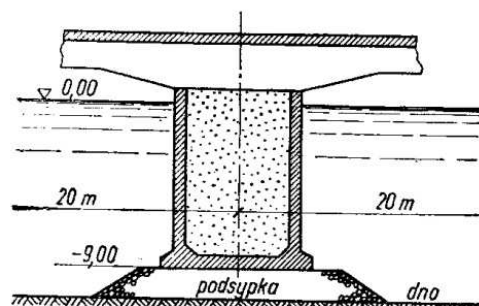
- stawiane (na skrzyniach, blokach) – z elementów prefabrykowanych,
- zapuszczane (na kesonach lub studniach),
- na zgrupowaniach pali,
- z kolumn (zapuszczane lub stawiane) – pali pustakowych lub słupów



Rys. 6.60. Przekrój poprzeczny:

a – drewnianego nabrzeża pomostowego na palach, **b** – żelbetowego nabrzeża pomostowego na palach

Rys. 6.1. Filar pomostu ze skrzyni



Urządzenia cumownicze stanowią wyposażenie nabrzeży, pomostów, ostróg i czasem falochronów:

- **pachoły** (polery) – słupy żelwne, kamienne, żelbetowe lub drewniane mocno zakotwione w budowli, w pobliżu krawędzi odwodnej lub na ścianie odwodnej,
- **pierscienie cumownicze,**
- **haki cumownicze samozwalniające**

Urządzenia cumownicze instaluje się wzdłuż nabrzeża co 20 – 25 m, dla małych jednostek co 8 – 12 m. Urządzenia przy dużym ruchu ulegają szybkiemu zużyciu dlatego powinna istnieć możliwość ich wymiany. Duże siły przenoszone na konstrukcję przez śruby kotwiące zwykle wymagają wzmocnienia nabrzeża w miejscu ich zamontowania.

Urządzenia poddźwigowe.

Ruchome urządzenia przeładunkowe poruszają się po szynach, które osadzone są w specjalnych fundamentach tworzących całość z budowlą. Przy budowie należy przewidzieć wnęki w których będą zabetonowane zakotwienia szyn.

Urządzenia specjalne:

- balustrady (z rur stalowych, kątowników lub z drewna) – instalowane przy schodkach lub innych wnękach,
- krawężniki (z twardego kamienia np. granitu, stalowe z kątowników),
- kanały, wnęki, przepusty dla przewodów, hydranty nabrzeżowe, wyloty kanalizacji...

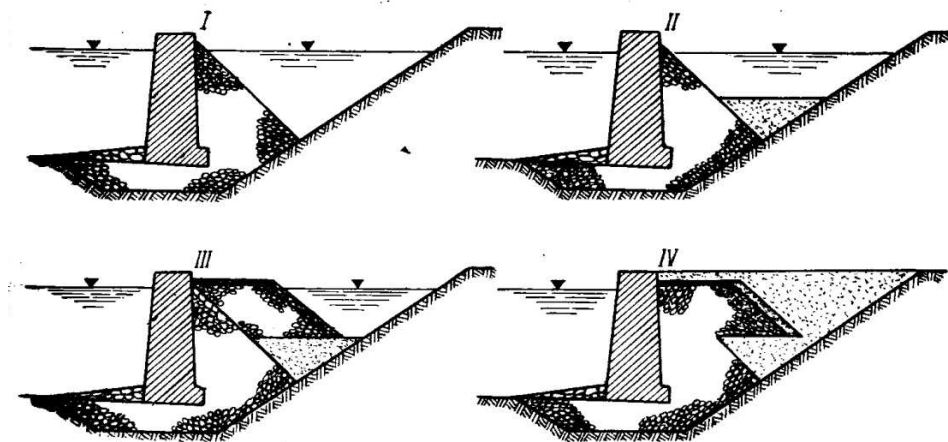
Odwodnienia

Nabrzeża stanowią przeszkodę dla wód gruntowych, dlatego w celu zmniejszenia ich oddziaływania wykonuje się za nabrzeżem odwodnienie w postaci sączków umieszczonych w rowie wypełnionym żwirem lub kamieniem lub samej warstwy żwirowej.

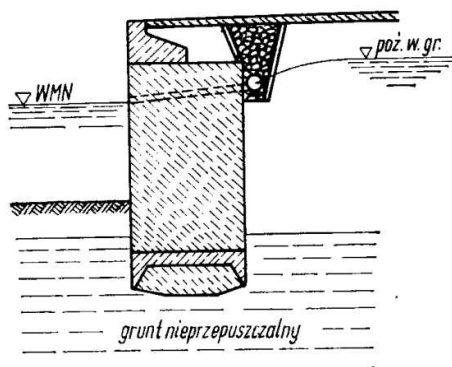
W celu zmniejszenia parcia gruntu na nabrzeże wykonuje się **zasypy odciążające** z gruntu gruboziarnistego o większym kącie tarcia wewnętrznego niż otaczającego gruntu. Czasem uzupełniony filtrem odwrotnym.

Kształty zasypów:

- o przekroju zbliżonym do trapezu,
- o odlądowej powierzchni zazębionej.



Rys. 7.66. Fazy wykonania zasypu zazębionego [4]



Rys. 7.55. Sączek wzdłuż nabrzeża masywnego

ZNAKI ŻEGLUGOWE

Znaki żeglugowe służą zapewnieniu bezpiecznej żeglugi w pobliżu lądu, wysp lub ławic podwodnych.

Wyróżniamy znaki **dzienne, nocne, mgłowe i radiowe**.

Pod względem konstrukcji nośnej znaki morskie dzielimy na **stawy (stałe) i pławy (pływające)**.

Stawy mogą być **lądowe i nawodne**.

Szczególnym rodzajem staw są **latarnie morskie**, które od innych staw różnią się tym, że wymagają stałego nadzoru i dlatego muszą być zaopatrzone w odpowiednie pomieszczenia.

Stawy lądowe buduje się zwykle w postaci wieżyczek – dawniej drewnianych, obecnie częściej stalowych. Zaopatrzone są w tarczę sygnałową lub wspornik podtrzymujący sygnał świetlny. Znaki, które mają być widoczne z dużej odległości muszą być odpowiednio duże – stąd do ich podtrzymania buduje się wielokątne wieżyczki, na których szczycie znajduje się galeryjka (jako stanowisko obserwacyjne). Światła portowe montuje się na słupach, masztach lub wieżyczkach drewnianych, stalowych lub żelbetowych (najczęściej ażurowych).

Stawy nawodne mogą stanowić tyki lub pale wbite pionowo w dno, dalby, wieżyczki (na płytkiej wodzie) zaopatrzone u góry w znak dzienny lub automatyczną latarkę. Takie stawy nie są odporne na działanie lodu i silnego falowania. Bardziej odporne są budowle w postaci słupów, masztów lub wieżyczek ustawionych na cokołach, które mają taką wysokość, aby znak nie był narażony na uszkodzenie przez fale lub lód. Kształt i rodzaj posadowienia cokołu uzależnia się od głębokości wody oraz narażenia na działanie lodu i falowania.

Najkorzystniejsze są cokoły o przekroju poziomym kołowym, ponieważ przeciwdziałają naporowi fal i lodu najmniejszą powierzchnią. Przy określonym dominującym kierunku falowania cokoły mogą być wydłużone o węższych bokach skierowanych pod prąd, podobnie jak filary mostowe. Niektóre stawy potrzebne są tylko w lecie wtedy na zimę zdejmuje się znak wraz z podstawą, a na działanie lodu narażony jest tylko cokół. Można go wtedy ukształtować w postaci ostrosłupa z umocnionymi narożami (szyny kolejowe) łamiącymi nachodzący na cokół lód.

Cokoły powinny być masywne, wykonane z ciosów granitowych lub betonowe obłożone ciosami lub płytami stalowymi. Cokół zaopatruje się w drabinkę, a jeśli możliwy jest kontakt z jednostkami pływającymi dodatkowo otocza belkami odbojowymi.

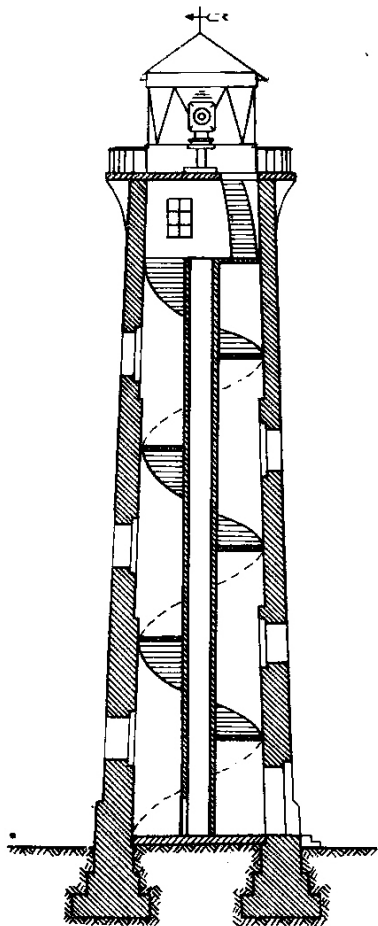
Stawy rzadko budowane są na dużych głębokościach (powyżej 6 m), jeśli jednak jest taka konieczność wówczas wykonuje się wcześniej podwodną wysepkę z narzutu kamiennego, na której wykonuje się cokół, zamiast bezpośrednio na dużej głębokości.

Fundamenty cokołów wykonuje się najczęściej w postaci kaszyc lub żelbetowych skrzyń, które po przyholowaniu na miejsce zatapia wypełniając kamieniami (kaszycy), piaskiem lub betonem na kamiennej podsypce. Fundamenty mogą również być wykonane monolitycznie (na płytkich wodach) lub na palach.

Wieże **latarni morskich** wykonuje się jako **masywne** (na wytrzymałych gruntach) lub **ażurowe** (na słabszych gruntach).

Wieże masywne są najczęściej w poziomym przekroju okrągłe. Dawniej wykonywano wielokątne, ale ich naroża ulegały zbyt szybkiej erozji. Ściany latarni masywnych są pionowe lub ukośnie zwężające się ku górze. Na wieżę prowadzą kręte schody przerywane spocznikami. Schody mogą obiegać filar środkowy, w którym może znajdować się wyciąg materiałowy. W górnej części mieści się pokój latarnika. Nad pokojem znajduje się strop wierzchni wieży na którym umieszczona jest laterna (kopułka), mieszcząca źródło światła.

Laterna najczęściej ma kształt oszklonego walca, przykrytego stożkowym lub kopulastym dachem. Oszklenie założone jest między szczeblinami, które powinny być skośne, aby nie powodowały, że do niektórych sektorów światło nie będzie docierało. Szyby o odpowiedniej grubości (5 mm) powinny być walcowe. Laterna powinna mieć dobrą wentylację lecz być zabezpieczona przed zanieczyszczeniami i owadami. Kopułka otoczona jest galeryjką, z której można czyścić szyby i obserwować morze. Ponieważ do kopułki wchodzi się z pokoju latarnika (na galeryjkę również), dlatego w naszych warunkach klimatycznych powinien pomiędzy tymi pomieszczeniami znajdować się przedsionek (zapobiega dostawaniu się ciepłego powietrza do kopułki chroniąc ją przed zaparowaniem).



Latarnie znajdujące się na morzach lub zatokach obecnie często nie mają stałej załogi i są automatyczne.

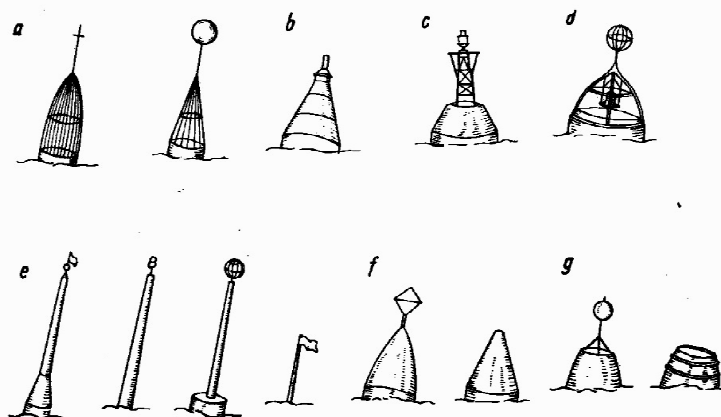
Wieże masywne wykonywane są jako murowane (z cegły klinkierowej lub kamienia), betonowe, żelbetowe i żeliwne. Czasem dwudzielne o górnej części żeliwnej. Ściany murowane mają znaczne grubości co nadaje im znaczną wytrzymałość na uderzenia wichru i fal. Żelbetowe są cienkie. Fundament musi zapewniać stateczność wieży z uwzględnieniem dużego naporu wiatru. Na gruncie wytrzymałym fundamenty bezpośrednie płytke (środek ciężkości wieży możliwie nisko, aby wypadkowa ciężaru i obciążenia wiatrem nie wychodziła z rdzenia podstawy). Na gruntach słabszych fundamenty głębokie – pale, studnie, kesony. Na wodzie najczęściej posadawia się latarnię na głęboko w grunt zapuszczonym kesonie.

Na zewnątrz wieżę pokrywa się wodoodporną farbą (olejną) w kilku warstwach nadając charakterystyczny jaskrawy deseń (pasy, służą bowiem jako znaki lądowe dzienne).

Wieże ażurowe jako latarnie morskie stosowane są rzadko, używa się ich przy większych stawach świetlnych nie wymagających stałego dozoru. wykonywane są ze stali lub żelbetu w postaci kratownicy przestrzennej.

Podstawową funkcją każdej latarni morskiej jest emisja światła o ściśle określonej charakterystyce, w czasie od zachodu do wschodu słońca. Zależnie od warunków lokalnych, przepisy administracji morskich ustalają ponadto -z jakim wyprzedzeniem w stosunku do zachodu światło ma być zapalane oraz z jakim opóźnieniem w odniesieniu do wschodu słońca wyłączone. Ponadto światło jest emitowane również w porze dziennej, w sytuacji pogorszenia się widoczności na morzu i w strefie przybrzeżnej.

Pławy (beczki, boje) to unoszące się na powierzchni wody szczelne zbiorniki stalowe (rzadziej żeliwne lub drewniane), jaskrawo pomalowane i ewentualnie unoszące konstrukcję podtrzymującą automatyczną latarnkę, dzwon lub tarczę znaku dziennego. Pławy muszą utrzymać również ciężar obsługującego je człowieka. Pława w pozycji pionowej utrzymuje się dzięki ciężarkom umieszczonym w dolnej części. Umocowane są za pomocą łańcucha do martwej kotwicy (z betonu, żelbetu lub nieco wklęsłej płyty żeliwnej).



Rys. 3.71. Różne odmiany pław
 a – wieżyczkowe; b – buczące; c – świetlne; d – dzwonowe; e – drążkowe;
 f – stożkowe; g – beczkowe