



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

Budownictwo ziemne Nasypy

Jerzy Flisiak, Michał Kowalski

Nazwa wydziału: Górnictwa i Geoinżynierii

**Nazwa katedry: Geomechaniki, Budownictwa
i Geotechniki**

Nasypy

- 1. Typy i rodzaje nasypów, metody wykonywania**
- 2. Przygotowanie podłoża i ogólne zasady wykonywania nasypów**
- 3. Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu**
- 4. Kontrola wykonania**
 - Kontrola wymiarów
 - Tolerancje rzędnych i wymiarów
 - Kontrola jakości wbudowanego materiału
- 5. Wymagania dotyczące jakości robót ziemnych**

Nasypy



Wały i groble stawowe



Zapory ziemne



Nasypy drogowe

Nasypy kolejowe

Nasypy



Składowiska odpadów przemysłowych



Składowiska odpadów komunalnych



AGH

Przygotowanie podłoża

usunięcie darniny i ziemi roślinnej oraz usunięcie i wymianę gruntów słabych, np. torfy, namuły organiczne itp. zgodnie z projektem. Kształt podłoża powinien uwzględnić przewidywane projektem budowle umieszczone w nasypie, np. drenaże itp.,

zagęszczenie wierzchniej warstwy podłoża do osiągnięcia wymagań jak dla nasypu a następnie powierzchniowe (5-10 cm) spulchnienie (np. zbronowanie) w celu lepszego związania z nasypem,

jeśli podłoża znajduje się na zboczu o nachyleniu większym niż 1:5, wykonanie stopni o szerokości 1÷3 m nachylonych zgodnie z kierunkiem nachylenia zbocza; stopnie powinny być połączone ze sobą skarpami o nachyleniu min. 1:1.5 (wykonanie stopni nie jest konieczne przy zboczach piaszczystych),



AGH

Przygotowanie podłoża

jeśli w podłożu występują grunty wysadzinowe, które mogą przemarzać a projekt nie przewiduje pokrycia ich warstwą zabezpieczającą należy je usunąć na głębokość przemarzania,

w przypadku przejść nasypu przez starorzecze szczegółowy sposób przygotowania podłoża powinien określać projekt.

Ogólne zasady wykonywania nasypów

Nasypy powinny być wykonywane warstwami o stałej grubości. Dla zapewnienia dobrych warunków odwodnienia powierzchniowego od wód opadowych warstwy powinny posiadać nachylenie:

- **do ok. 10% w kierunku podłużnym,**
- **do ok. 5% w kierunku poprzecznym do osi nasypu.**

Ogólne zasady wykonywania nasypów

Grunty w Nasypie powinny być rozmieszczone zgodnie z projektem. Wykonanie nasypu z różnych gruntów, gdy projekt nie określa miejsca ich wbudowania, dopuszczalne jest tylko dla obiektów klasy III i IV, przy czym należy przestrzegać następujących warunków:

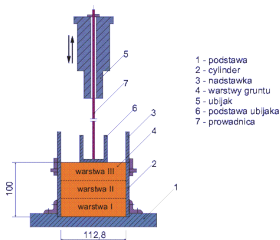
- **grunty mniej przepuszczalne powinny być układane w środkowej części nasypu, a grunty bardziej przepuszczalne bliżej skarp,**
- **grunty w nasypie nie powinny tworzyć soczewek lub warstw ułatwiających filtrację lub poślizg,**
- **w sąsiadujących ze sobą częściach nasypu grunty powinny mieć takie uziarnienie, aby na skutek działania filtracji nie powstały odkształcenia w postaci kawern czy też rozmyć.**

Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu

Grunt wbudowany i rozłożony równomiernie w warstwie przygotowanej do zagęszczenia powinien posiadać wilgotność naturalną w_n zbliżoną do optymalnej w_{opt} określonej według normalnej metody Proctora.

Zaleca się, aby:

- dla gruntów spoistych, z wyjątkiem pospółek, żwirów i rumoszy gliniastych, wilgotność gruntu była w granicach $w_n = w_{opt}$
- dla pospółek, żwirów i rumoszy gliniastych $w_n \geq 0.7w_{opt}$, przy czym górna granica wilgotności zależy od rodzaju maszyn zagęszczających,
- dla gruntów niespoistych, z wyjątkiem piasków drobnych i pylastych, grunt należy polewać możliwie dużą ilością wody.



Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu

W przypadku, gdy grunt spoisty ma **wilgotność znacznie wyższą od optymalnej** przed wbudowaniem należy go przesuszyć na odkładzie.

Przy **wilgotnościach niewiele przekraczających optymalne** (do 2%), można go wbudować w warstwę i pozostawić w stanie nie zagęszczonym do czasu obniżenia wilgotności.

Jeśli grunt posiada **wilgotność naturalną niższą od optymalnej** należy go nawilżyć przez polewanie wodą; na odkładzie lub przy urabianiu w złożu, jeśli ta wilgotność jest znacznie niższa lub w warstwie jeżeli jest bliska dopuszczalnej.

Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu

Zagęszczenie gruntu o wilgotnościach naturalnych wykraczających poza granice podane wyżej możliwe jest w przypadkach

- **Zastosowania odpowiedniego sprzętu, który umożliwi zagęszczenie zgodnie z przyjętym w projekcie**
- **Gdy objętość nie odpowiadającego wymaganiom gruntu jest niewielka, mniejsza od objętości pojedynczej warstwy, a wyniki zagęszczenia będą zgodne z wymaganiami projektu**
- **Gdy projekt przewiduje specjalne wymagania co do zagęszczenia gruntu**

Grunt spoisty w warstwie do zagęszczenia nie powinien zawierać brył i kamieni o wymiarach większych od ok. 15 cm, nie przekraczających jednakże połowy grubości warstwy. W rumoszach gliniastych, ilastych lub fliszowych wymiary odłamów skalnych nie powinny przekraczać połowy grubości warstwy.

Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu

Nie nadają się do wbudowania w nasypy grunty posiadające zanieczyszczenia (odpadki, gruz, części roślinne, karcze drzew itp.), grunty, których jakości nie można skontrolować oraz grunty zamarznęte. Nie nadają się również do wbudowania w nasyp, bez zastosowania specjalnych środków lub zabiegów, grunty:

- o zawartości części organicznych większej niż 3%
- o zawartości frakcji ilastej większej niż 30%
- o zawartości gipsu i soli rozpuszczalnych większej od 5%
- spoiste w stanie płynnym, miękkoplastycznym, zwartym
- skażone chemicznie

Wbudowywanie i zagęszczanie gruntu

- **Podczas opadów atmosferycznych wykonywanie nasypów z gruntów spoistych powinno być przerwane a powierzchnię warstwy należy zawałować walcem gładkim, aby możliwy był łatwy spływ wody opadowej. Dla ochrony przed opadami można też stosować przykrywanie zagęszczonego pasa gruntu folią lub plandekami.**
- **Podczas mrozów nasypy z gruntów spoistych powinny być zabezpieczone przed przemarzaniem.**

Wykonywanie nasypów w warunkach nietypowych i wymagania specjalne

- 1. Nasypy w wodzie powinny być wykonywane z gruntów niespoistych metodą czołową, polegającą na sypaniu gruntu warstwą sięgającą od dna na wysokość w granicach $0,5 \div 1,0$ m powyżej poziomu zwierciadła wody.**
- 2. Wysokość nasypów w wodzie wykonywanych bez zagęszczenia nie powinna przekraczać 2 m w przypadku gruntów spoistych i 5 m w przypadku gruntów niespoistych. Skarpy nasypu nie powinny mieć nachylenia większego niż $1:3 \div 1:5$, w zależności od rodzaju gruntu.**
- 3. Nasypy z gruntów spoistych mogą być wykonywane w wodzie pod warunkiem przestrzegania specjalnych warunków technicznych, które powinien określać projekt. Część podwodna nasypów z gruntów niespoistych (do miąższości 2,0 m) może być zagęszczona ciężkimi walcami wibracyjnymi, a także ciężkimi ubijakami lub przy pomocy wibroflotacji. Sposób zagęszczenia powinien być określony w projekcie.**

Wykonywanie nasypów w warunkach nietypowych i wymagania specjalne

- 4. W przypadku wbudowywania gruntów o bardzo zróżnicowanym uziarnieniu (np. aluwia rzek górskich) należy zapobiegać rozsegregowywaniu się ich podczas wyładowywania ze środków transportowych. Rozsegregowywany materiał nie może być wbudowany w strefy stykowe z innymi gruntami, z podłożem oraz budowlami betonowymi.**

Kontrola wykonania

Kontrola jakości materiałów i robót

Kontroli podlegają rodzaje i stany gruntów oraz poziomy wód gruntowych w podłożu, rodzaje i stany gruntu w złożu lub na odkładzie i po ich wbudowaniu w nasyp oraz wymiary budowli ziemnych.

Kontrola wymiarów nasypów

Wymiary nasypów należy kontrolować geodezyjnie w przekrojach poprzecznych rozmieszczonych nie rzadziej niż co 50 m, oraz dodatkowo w przekrojach charakterystycznych podanych w projekcie, przy czym powinno być nie mniej niż dwa przekroje na kontrolowanym odcinku. Kontroli podlegają:

- **rzędne stóp skarp oraz rzędne korony i ławek**
- **usytuowanie i długość osi**
- **wymiary przekroju poprzecznego (końcowe i okresowo w trakcie sypania)**
- **nachylenie skarp**

Kontrola wymiarów nasypów

Dopuszczalne odchylenia od projektu wymiarów nasypów z uwzględnieniem poprawek na osiadanie (wg projektu) są następujące:

- rzędne korony i ławek od 0 do +10 cm
- szerokość korony i ławek od 0 do +25 cm
- szerokość podstawy od 0 do +100 cm

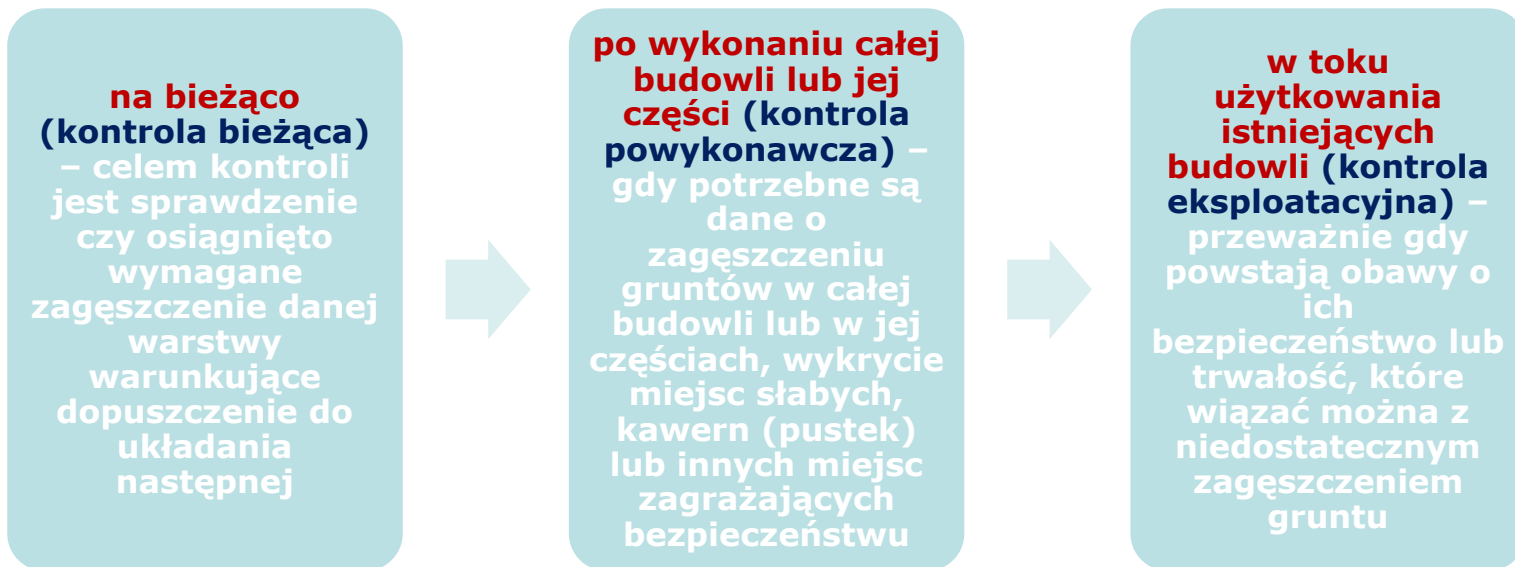
Dopuszczalne odchylenia nachyleń skarp i spadków korony oraz ławek powinny odpowiadać wymaganiom wymiarów liniowych, nie powinny jednak przekraczać 10% projektowanego nachylenia.

Kontroli podlegają także wymiary wewnętrznych elementów nasypów, np. rdzeni, warstw ochronnych, drenaży.

Dopuszczalne odchylenia od projektowanych rzędnych i wymiarów tych elementów, oraz wymagania dotyczące kontroli, powinny być określone w projekcie.

Kontrola zagęszczenia nasypów

Badania zagęszczenia prowadzi się:



Kontrola zagęszczenia nasypów z gruntów mineralnych drobnoziarnistych

Zagęszczenie gruntów drobnoziarnistych w nasypach ocenia się wskaźnikiem (I_s) lub stopniem (I_D) zagęszczenia. Kontrolę powykonawczą oraz stan zagęszczenia budowli istniejących (kontrola eksploatacyjna) zaleca się przeprowadzić metodą sondowań (badania podstawowe) oraz wykopów badawczych z pobieraniem w dnie próbek o nienaruszonej strukturze gruntu do badań laboratoryjnych (badania uzupełniające).

Kontrola zagęszczenia nasypów z gruntów gruboziarnistych i kamienistych

Radioizotopowa – polega na kontroli gęstości (ρ) i wilgotności (w_n) zagęszczonej warstwy gruntu za pomocą radioizotopowych sond powierzchniowych

Próbnych obciążeń statycznych i dynamicznych – wykorzystuje się zależność pomiędzy wskaźnikiem zagęszczenia (I_s) i stosunkiem modułów odkształcenia E/E_0

Kontrola osiadania nasypu

- **W uzasadnionych przypadkach celowe jest prowadzenie obserwacji osiadania nasypu i jego podłoża w trakcie budowy i w okresie eksploatacji**
- **Konieczne jest przed rozpoczęciem budowy zainstalowanie reperów**
- **Repery robocze należy rozmieścić na trasie nasypu w linii przebiegającej wzdłuż krawędzi korony, w odległościach do 500 m lub w miejscach szczególnie narażonych na osiadanie**
- **Repery robocze zakłada się na styku nasypu z podłożem**

Wymagania dotyczące nasypów

Proces technologiczny budowy nasypu

- **Budowa dróg dojazdowych**
- **Ewentualne odwodnienie trasy nasypu i terenu złoża**
- **Przygotowanie trasy nasypu, terenu złoża i odkładu**
- **Pobór gruntu ze złoża i przemieszczenie go na odkład w celu przesuszenia**
- **Budowa nasypu**
- **Przykrycie nasypu obsypką mineralną**
- **Wykonanie zabezpieczenia skarp i korony**

Wymagania dotyczące nasypów Przygotowanie terenu wyrobiska

- **Należy unikać lokalizowania wyrobiska w bezpośrednim sąsiedztwie nasypu, szczególnie w postaci rowów usytuowanych do trasy nasypu**
- **Odległość krawędzi wyrobiska od podłoża skarpy nasypu nie powinna być mniejsza od 15 m, kubatura złoża powinna być od 1,5 do 3,0 razy większa od kubatury nasypu**
- **Przed rozpoczęciem eksploatacji złoża należy usunąć darninę, która nie może być wbudowana na korpus nasypu**

Wymagania dotyczące nasypów

Przygotowanie trasy nasypu

- **Trasę nasypu należy oczyścić z krzaków, drzew i darniny**
- **Doły po wykarczowanych drzewach i krzakach powinny być wypełnione zagęszczonym gruntem**
- **Starorzecza, rowy i doły potorfowe należy wykosić jeśli są suche i oczyścić z krzaków, a następnie wypełnić gruntem przeznaczonym do budowy nasypu zagęszczonym zgodnie z zasadami ustalonymi dla nasypu, z ewentualnym wzmocnieniem geowłókniną**
- **Geowłókniną wykłada się dno wyrobiska, po usunięciu z dna i skarp roślinności lub po usunięciu płynnych osadów, aż do naturalnego podłoża**
- **Po zasypaniu wyrobisk gruntem miejscowym zaleca się ułożenie drugiej warstwy geowłókniny, na której wykonany zostanie właściwy korpus nasypu**

Wymagania dotyczące nasypów Przygotowanie terenu odkładu

- **Należy zlokalizować w pobliżu trasy nasypu, najlepiej w bezpośrednim sąsiedztwie**
- **Teren odkładu należy oczyścić z krzaków, drzew, głazów itp.**
- **W przypadku występowania w podłożu odkładu bardzo słabych gruntów można zostawić warstwę darniny, która zwiększa jego nośność**

Wymagania dotyczące nasypów Przygotowanie gruntu na nasyp

- **Do budowy należy stosować materiał w miarę jednorodny, o zbliżonym uziarnieniu, popielności, stopniu rozkładu, bez korzeni, darniny, domieszek innych gruntów**
- **Przed wbudowaniem grunt należy rozdrobnić i wymieszać, gdy złożę jest niejednorodne**
- **Do budowy nasypu stosuje się grunt wstępnie przesuszony (proces suszenia na ogół wynosi 3 miesiące w sezonie letnim i 6 miesięcy w sezonie zimowym)**

Wymagania dotyczące nasypów

Wykonanie nasypu

- **Grunt w korpus należy wbudowywać warstwami o miąższości 0,3÷0,5 m, zagęszczając każdą warstwę odpowiednią liczbą przejazdów maszyn zagęszczających**
- **Zaleca się pierwsze wbudowane warstwy nasypu traktować jako próbne i na nich ustalić miąższość zagęszczanej warstwy oraz liczbę przejazdów maszyn zagęszczających**



AGH

Ogólne zasady wykonywania nasypów

Orientacyjne grubości zagęszczanych warstw (h) i liczba przejazdów (n) maszyny zagęszczające

Rodzaj maszyn zagęszczających	Rodzaj gruntu					
	niespoiste		spoiste		gruboziarniste i kamieniste	
	h [m]	n	h [m]	n	h [m]	n
Walce wibracyjne gładkie	0,4–0,7	4–8	—	—	0,3–0,6	4–8
Walce wibracyjne okółkowane	0,4–0,6	4–8	0,2–0,3	6–10	—	—
Walce ogumione	0,2–0,3	6–8	0,2–0,3	6–10	—	—
Zagęszczarki wibracyjne	0,3–0,6	4–8	—	—	0,3–0,6	4–8
Zgarbiarki i ciężkie samochody*	0,3–0,5	8–12	0,3–0,5	8–12	0,3–0,4	8–12
Spycharki gąsienicowe*	0,2–0,3	8–12	0,2–0,3	8–12	—	—
Ubijaki o masie 1–10 Mg opuszczane z wysokości 5–10 m	1–5	5–15	—	—	1–3	5–15

* możliwe do stosowania przy budowlach ziemnych III i IV klasy, przy dużej ilości przejazdów w czasie transportu lub przemieszczania gruntów.

Wymagania odnoszące się do oceny zagęszczenia

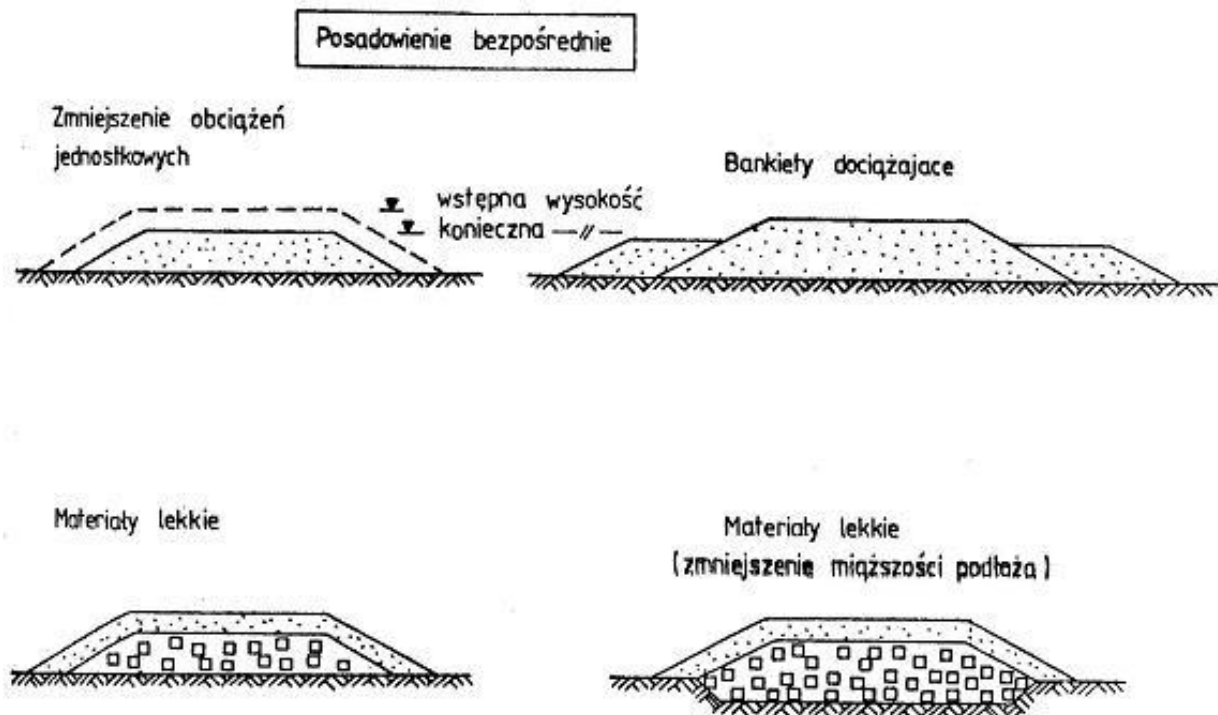
Jeśli projekt nie przewiduje inaczej to wymaganą wartość stopnia (I_{Dw}) lub wskaźnika (I_{Sw}) zagęszczenia można przyjąć w oparciu o podane niżej zależności:

Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji > 2 mm (%)	Wymagane zagęszczenie			
		Korpusy zapór ziemnych		Korpusy wałów nowych	
		Wysokość $h < 15$ m	Wysokość $h > 15$ m	I, II klasa	III, IV klasa
Grunty spoiste	0–10	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,98$	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,92$
	10–50	$I_{Sw} \geq 0,92$	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,92$	
Grunty niespoiste	piaski drobne	$I_{Dw} \geq 0,75$		$I_{Dw} \geq 0,70$	$I_{Dw} \geq 0,55$
	piaski średnie	$I_{Dw} \geq 0,70$			
	piaski grube i grunty gruboziarniste	$I_{Dw} \geq 0,65$		$I_{Dw} \geq 0,65$	

Metody budowy nasypów na gruntach słabych

Wykonanie nasypu na podłożu słabonośnym jest możliwe poprzez:

1. Dostosowanie obciążenia do nośności podłoża





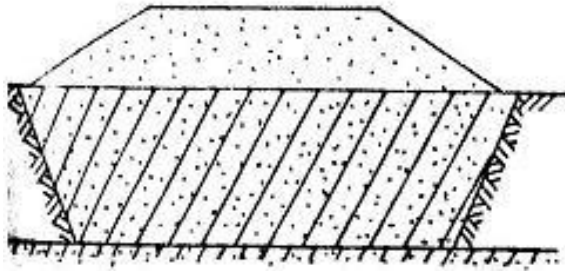
AGH

Metody budowy nasypów na gruntach słabych

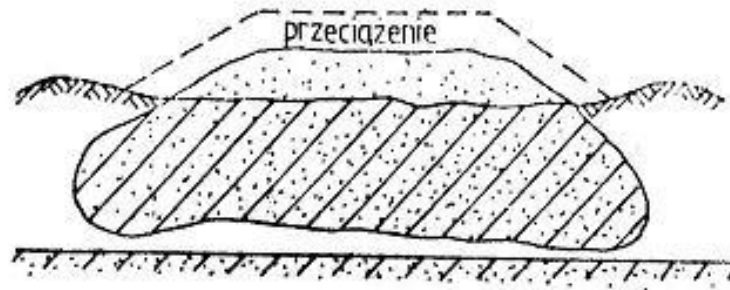
2. Wymianę gruntu w podłożu

Wymiana gruntu w podłożu

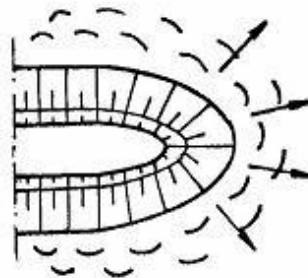
Wybranie gruntu
(mała miąższość gr. organicznych)



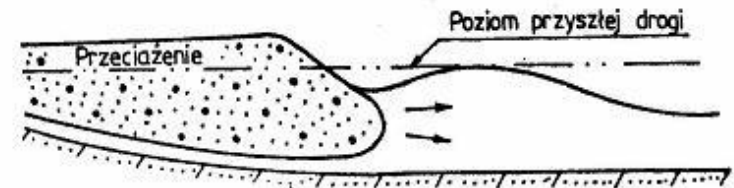
Wyparcie gruntu
(z przeciążeniem podłoża)



Widok z góry



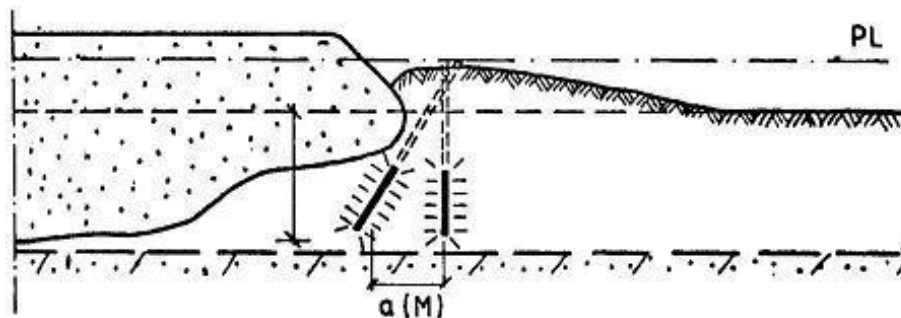
Przekrój podłużny



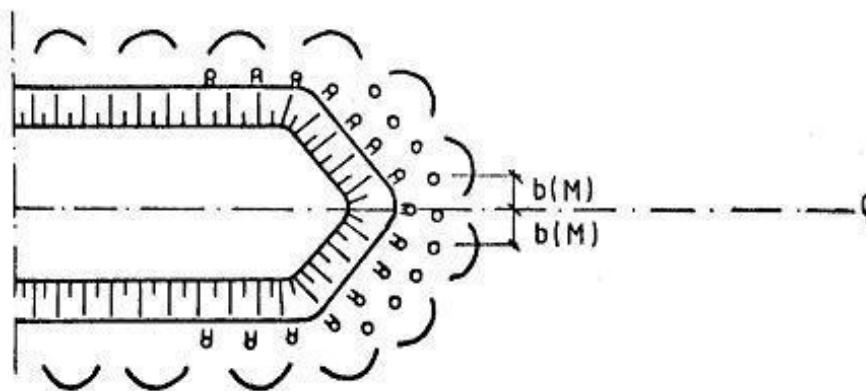
Metody budowy nasypów na gruntach słabych

3. Technika wybuchów

Przekrój poprzeczny

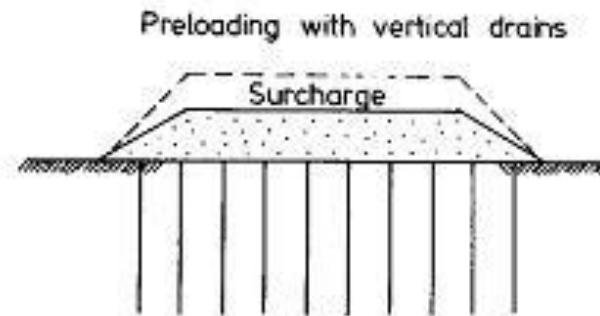
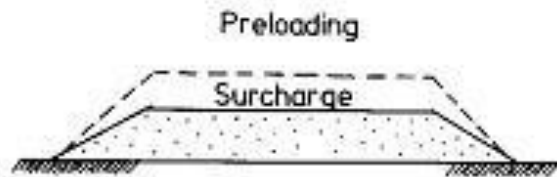


Widok z góry

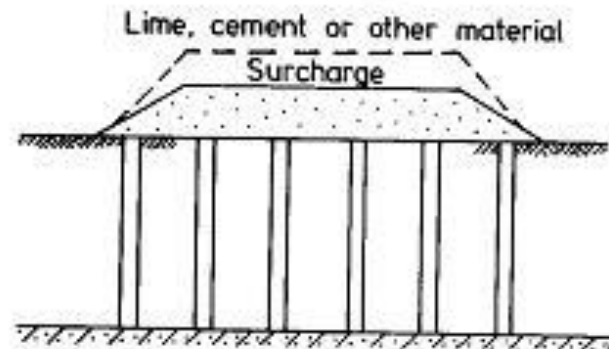


Wzmocnienie podłoża

Stage construction



Columns



Wzmocnienie podłoża

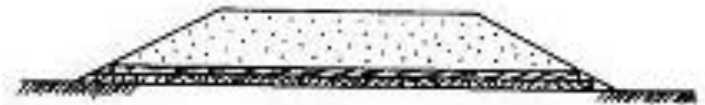
Other methods

Geotextile

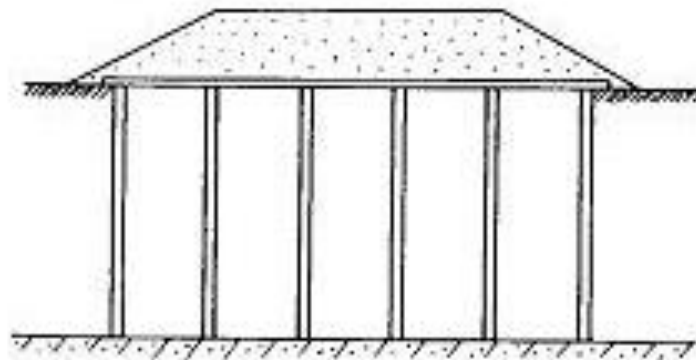


Reinforcement

Timber mat



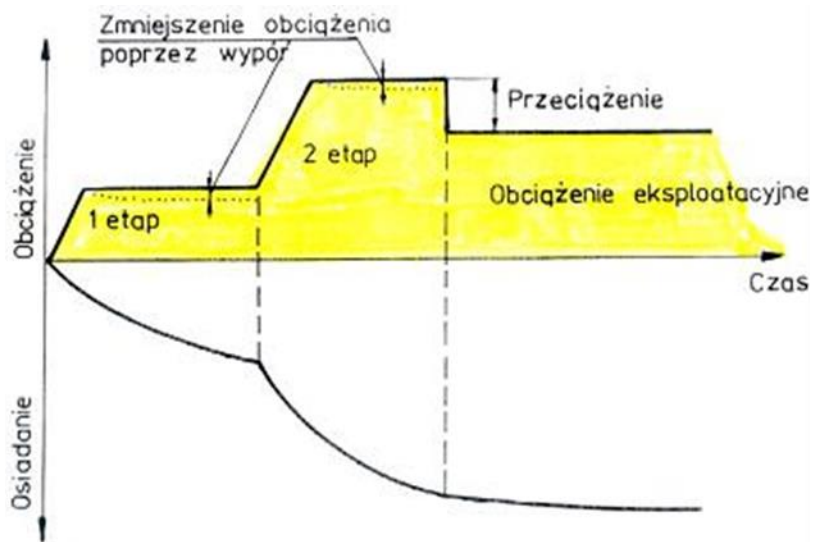
Piling with continuous concrete slab





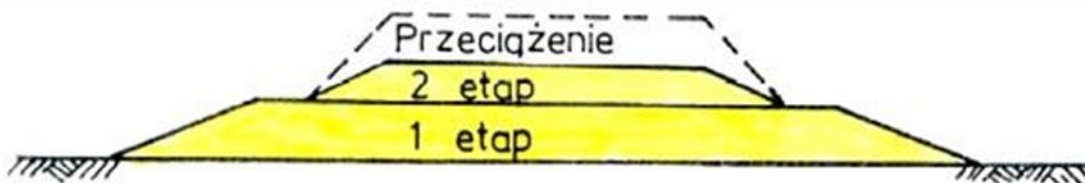
AGH

Wzmocnienie podłoża



← Schemat budowy etapowej

Przekrój poprzeczny
nasypu budowanego
etapowo



Budowa etapowa

Wstępne określenie bezpiecznej wysokości nasypu (wg Terzagiego):

Do określenia bezpiecznej wysokości nasypu posadawianego na jednorodnym podłożu, stosuje się równanie Terzagiego

$$H_s = (N_c \tau_{fu}) / (F \gamma_e)$$

gdzie:

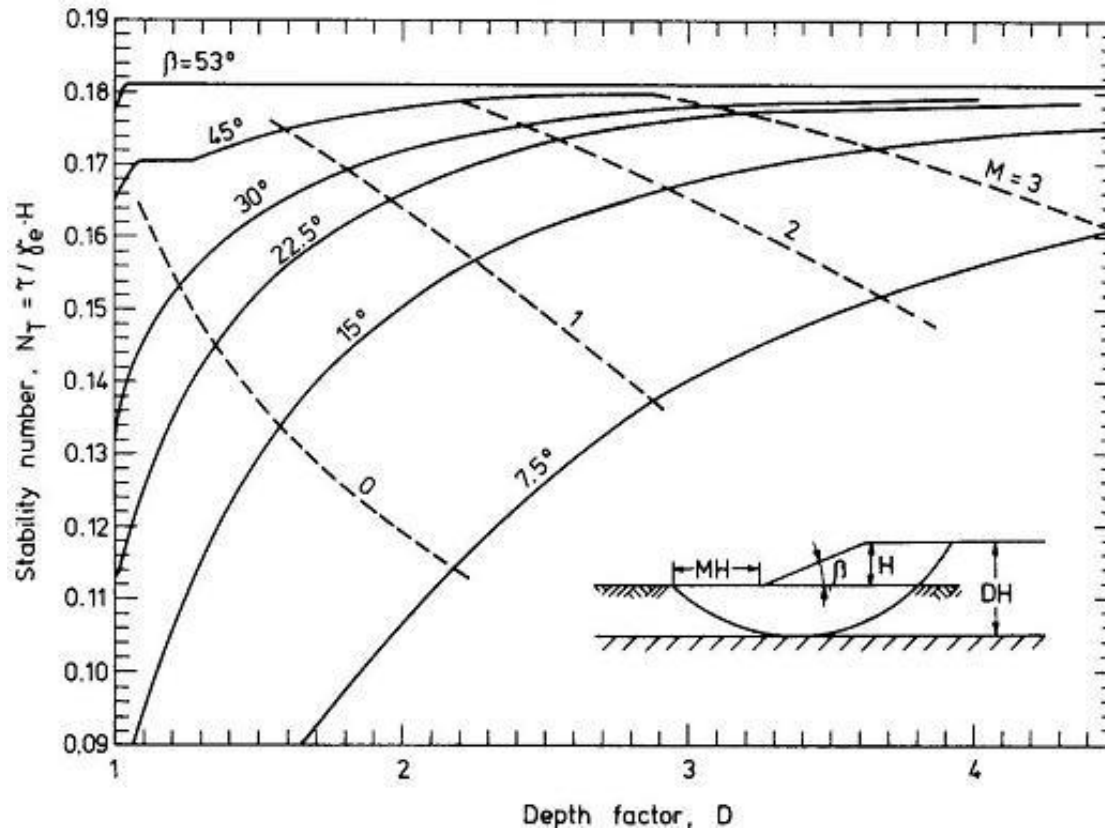
- H_s – wysokość, przy dopuszczalnym współczynniku F ,
- N_c – parametr stateczności,
- τ_{fu} – niedrenowana wytrzymałość na ścinanie podłoża,
- F – współczynnik stateczności,
- γ_e – ciężar objętościowy gruntu w nasypie.

Dla kołowej powierzchni zniszczenia przyjmuje się zwykle $N_c = 5.52$.

Wstępne określenie wysokości nasypu (wg Taylora)

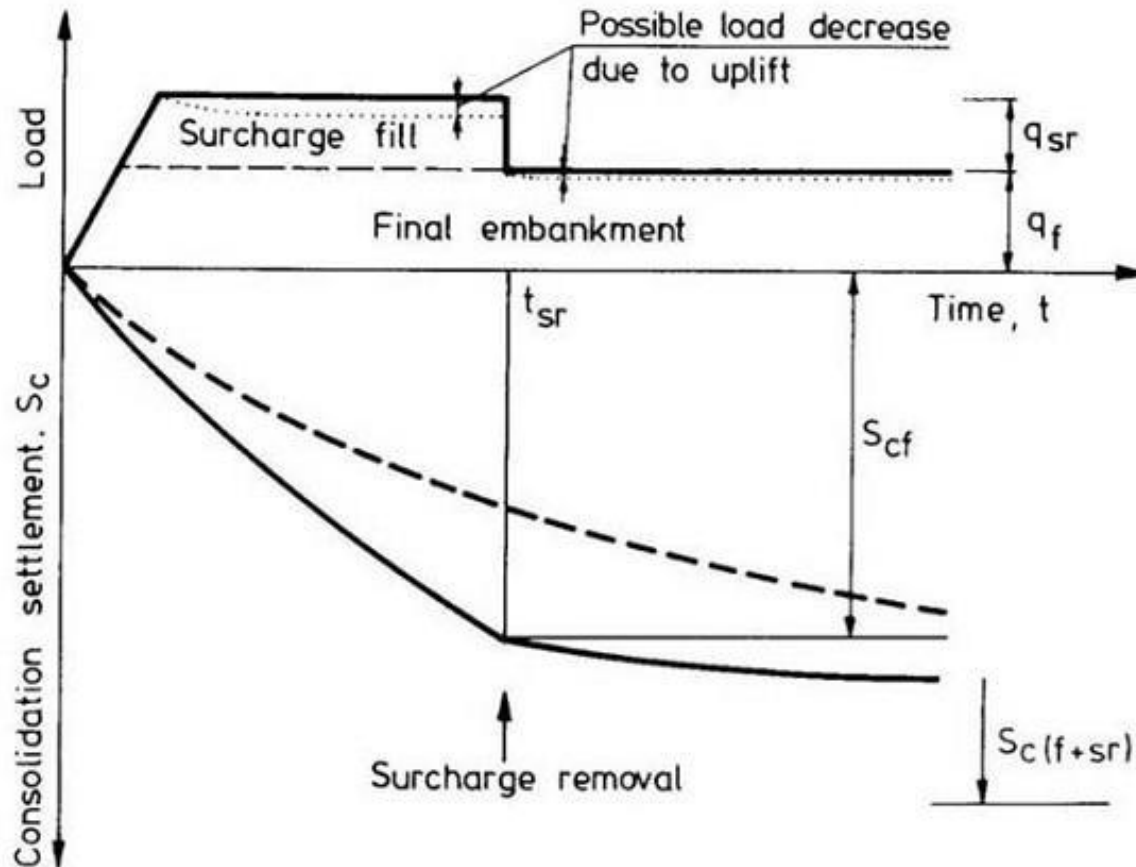
Bezpieczna wysokość nasypu równa jest:

$$H_s = \tau_{fu} / (FN_t \gamma_c)$$

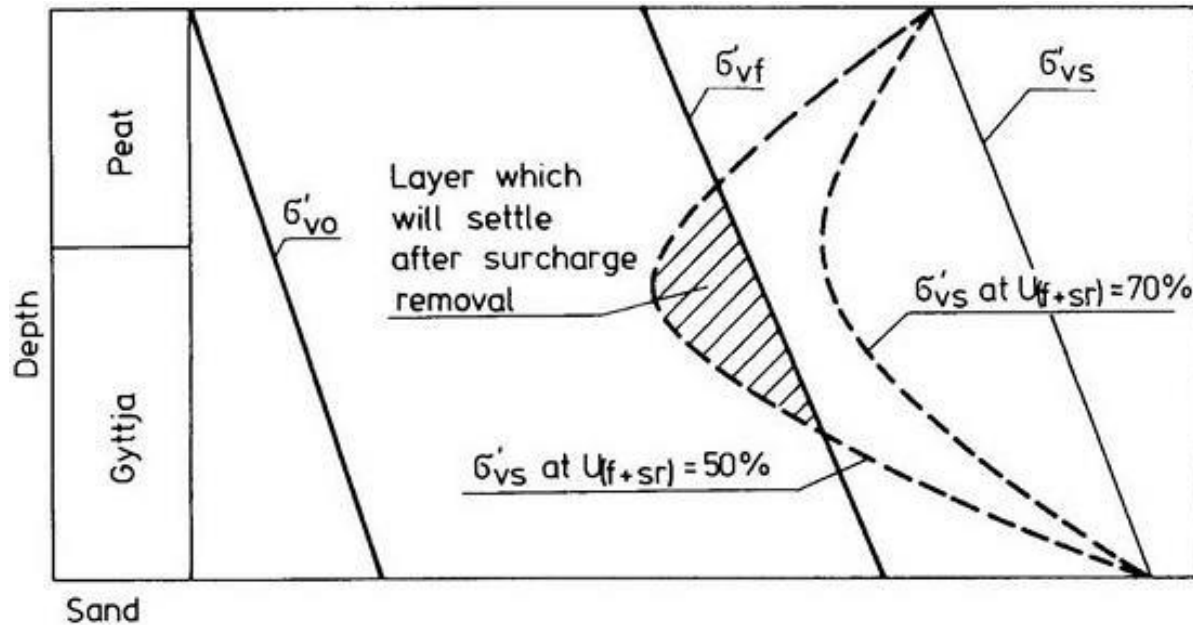


Stosowanie przeciążenia w celu wyeliminowania osiadań spowodowanych pierwotną konsolidacją

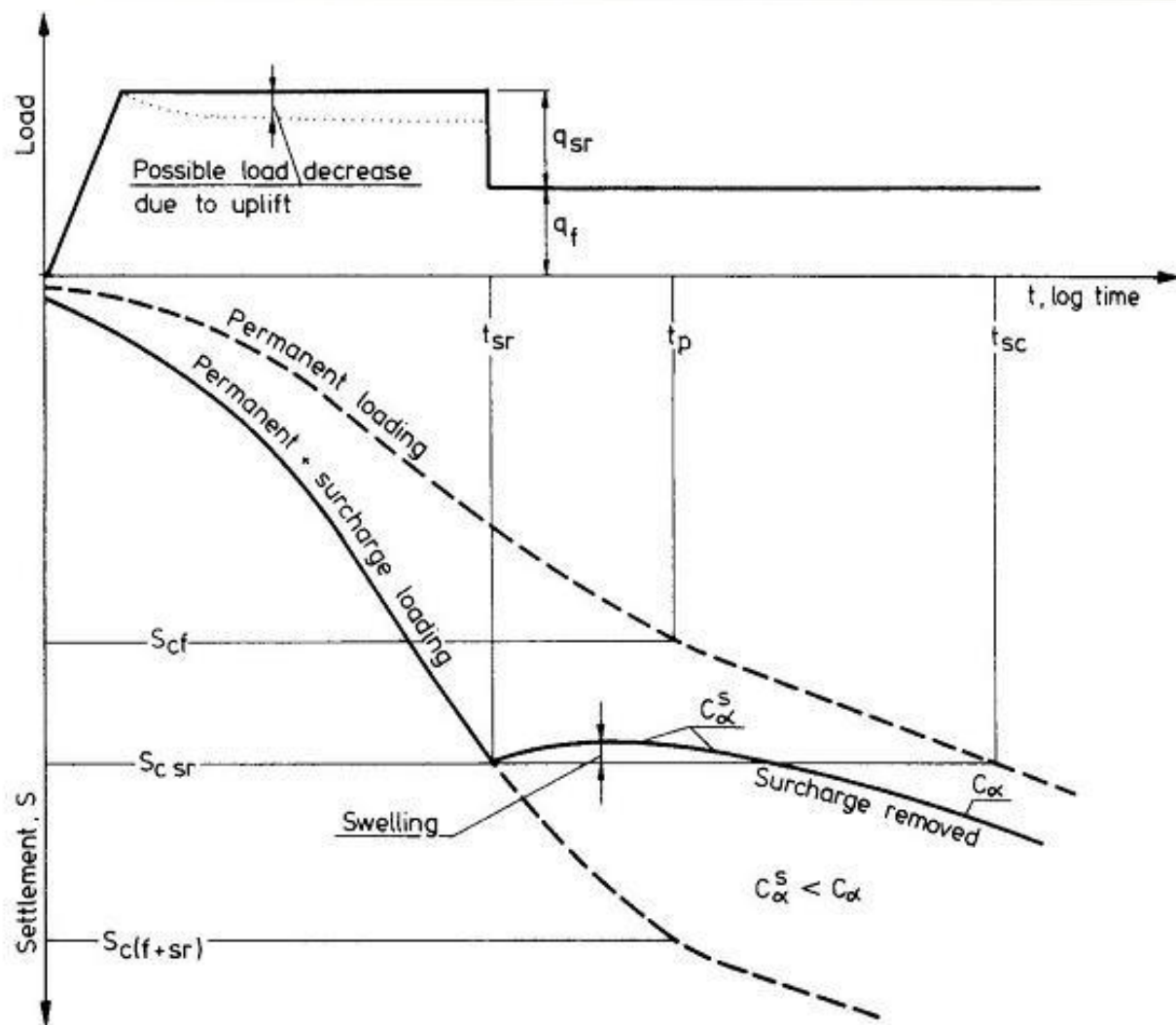
$$U_p = S_{cf} / S_{c(f+sr)}$$



Stosowanie przeciążenia w celu wyeliminowania osiadań spowodowanych pierwotną konsolidacją



Dla celów bardziej szczegółowej analizy można stosować metodę podaną przez Johnsona



**Kompensacja
wtórnej ścisłości
czasowym
przeciążaniem**

Dla celów bardziej szczegółowej analizy można stosować metodę podaną przez Johnsona

Stopień konsolidacji, wymagany do uzyskania pierwotnej konsolidacji oraz pożądanej ściśliwości wtórnej, można przedstawić następująco:

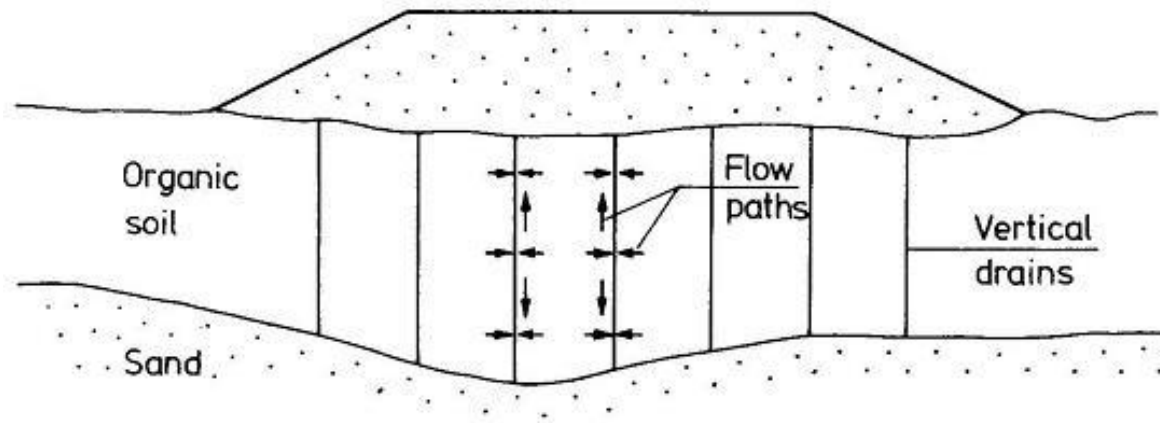
$$U_{(f+sr)} = U_p \left(1 + \frac{C_\alpha}{\varepsilon} \log \frac{t_{sc}}{t_p} \right)$$

gdzie:

- U_p – stopień konsolidacji wymagany do uzyskania osiadań równych pierwotnej konsolidacji,**
- C_α – współczynnik ściśliwości wtórnej,**
- ε – odkształcenie w środku warstwy ściśliwej, wywołane pierwotną konsolidacją pod stałym obciążeniem,**
- t_{sc} – czas określony eksploatacją nasypu lub ilością wtórnej ściśliwości, dla której szukana jest kompensacja,**
- t_p – czas odpowiadający pierwotnej konsolidacji pod stałym obciążeniem.**

Dreny pionowe

Celem przyspieszenia procesu konsolidacji pod nasypem, stosuje się pionowe dreny, skracając drogę drenażu wody porowej.



Rodzaje pionowych drenów

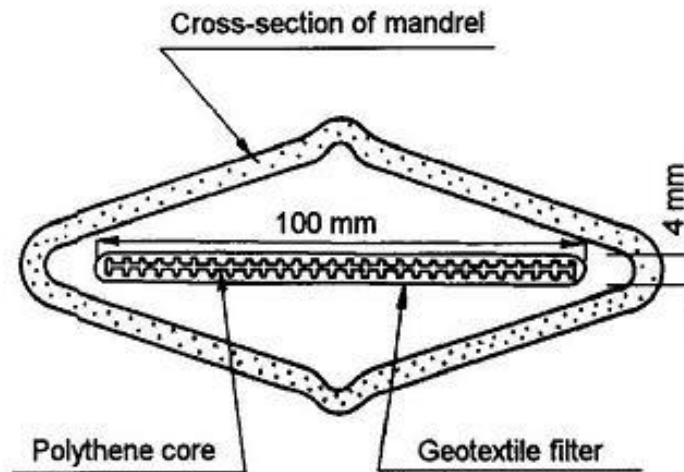
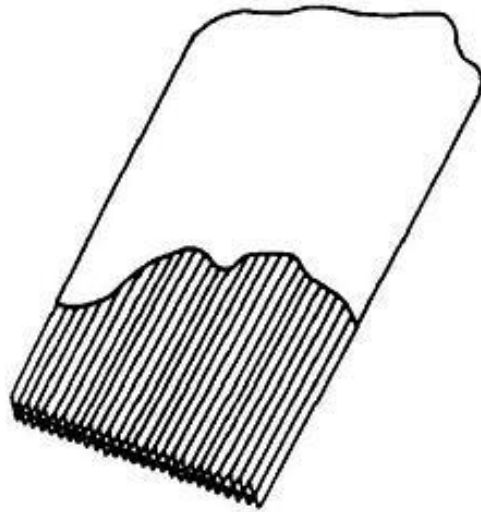
Dreny piaskowe – kolumny z piasku o średnicy 200÷500 mm instalowane w gruncie różnymi metodami przemieszczeniowymi, nieprzemieszczeniowymi lub przemieszczeniowymi o ograniczonym zakresie

Prefabrykowane dreny taśmowe – mają kształt taśmy, składającej się z plastikowego rdzenia, otulonego syntetyczną otuliną (geowłóknina)



AGH

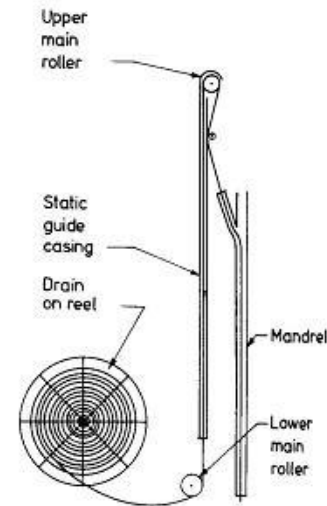
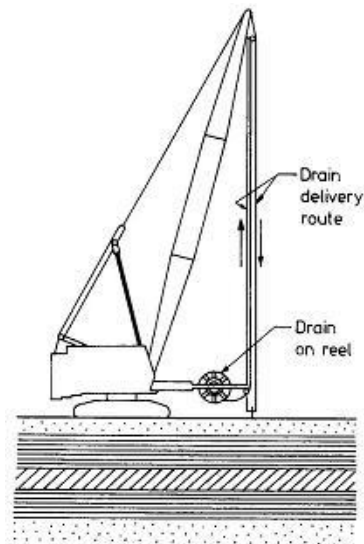
Prefabrykowany dren pionowy



Instalowanie drenów pionowych

Metody instalacji drenów

- **Statyczna** – trzpień jest zapuszczony w grunt pod swoim własnym ciężarem, w połączeniu z obciążaniem użytkowym i ciężarem urządzenia
- **Dynamiczna** – stosowane są wibratory lub konwencjonalne młoty spadowe





AGH

Prefabrykowane dreny pionowe



AGH

Prefabrykowane dreny pionowe

Założenia projektowe

Przy stosowaniu drenów pionowych, w gruncie zachodzi równolegle drenaż pionowy i poziomy (promieniowy). Stopień konsolidacji jest więc wynikiem połączonego przepływu pionowego i poziomego wody w gruncie.

$$U = 1 - (1 - U_v)(1 - U_h)$$

gdzie:

U - stopień konsolidacji

U_v, U_h - stopień konsolidacji wywołany odpowiednio, drenażem pionowym i poziomym.

Rozstaw drenów

Maksymalny rozstaw pomiędzy drenami, wymagany do uzyskania odpowiedniego stopnia konsolidacji, w jednym z etapów budowy, może być określony zgodnie z równaniem:

$$t = \frac{D^2 \mu}{8C_h} \ln \frac{1}{1 - U_h}$$

gdzie:

D – średnica walca gruntu, na który wywiera wpływ dren, wynosząca 1,05 rozstawu, gdy dreny umieszczone są w siatce trójkątów i 1,13 rozstawu, gdy dreny umieszczone są w siatce kwadratów,

μ - czynnik, uwzględniający wpływ rozstawy drenów = μ_1 ; wpływ naruszenia gruntu = μ_2 ; wpływ oporu drenów = μ_3

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3$$

C_h – współczynnik konsolidacji dla drenażu poziomego,

U_h – średni stopień konsolidacji, wywołanej drenażem poziomym.

Rozstaw drenów

Wpływ rozstawy między drenami μ można obliczyć z zależności:

$$\mu_1 = \ln\left(\frac{D}{d_w}\right) - 0.75$$

gdzie: d_w - średnica zastępcza drenu

Istnieją 3 główne powody, dla których stosowanie pionowych drenów taśmowych w gruntach organicznych może być ograniczone lub wręcz zbyteczne

Stosunkowo duża przepuszczalność, minimalizująca wpływ drenów pionowych

Wtórna ściśliwość dominująca w procesie deformacji, na skutek której znaczne odkształcenie podłoża nastąpi po zakończeniu pierwotnej konsolidacji, przyspieszanej przez pionowe dreny

Duże odkształcenia pod obciążeniem, mogące prowadzić do szkodliwych odkształceń osiowych – wyboczeń drenów

Ogólne zasady stosowania metod budowy w określonych typach słabego podłoża

Metoda budowy	Rodzaj gruntu	OD-odpowiednia M-możliwa NM-niemożliwa NOD-nieodpowied.	T O R F			Gytia	Gline z gytia	Słaba glina
			Włók-nisty	Średni	Amorfi-czny			
<u>dostosowanie obciążenia</u>								
1	- obniżenie wysokości	M	N	M	OD	OD	OD	
	- bankiety dociągające	M	M	M	OD	OD	OD	
	- lekkie materiały	NOD	NOD	NOD	M	M	OD	
<u>wymiana gruntu</u>								
2	- wybranie płytkich osadów →	OD	OD	OD	OD	OD	OD	
	- progresywne wyparcie	NOD	M	OD	OD	OD	OD	
<u>budowa etapowa</u>								
3	- obciążenie wstępne	OD	M	NOD	M	NOD	NOD	
	- obciążenie wstępne + drenaż pionowy →	M	M	M	M	OD	OD	
	<u>kolumny wapienne</u>	NM	NM	NM	NM	M	OD	
<u>inne metody</u>								
	- ruszty wzmacniające	N	M	M	M	M	M	
	- geowłókniny	M	M	M	M	M	M	
	- nasyp na palach	NOD	M	M	M	M	OD	

Wykres służący do oceny przeciążenia mogącego wyeliminować pierwotne osiadanie

