

ĆWICZENIE NR 1

PROJEKT ZABEZPIECZENIA USKOKU NAZIOMU ZA POMOCĄ ŚCIANKI SZCZELNEJ KOTWIONEJ

Zalecana literatura:

1. Dembicki E., ... - praca zbiorowa; *Fundamenty*. Arkady, W-wa 1976.
2. Jarominiak A., *Lekkie konstrukcje oporowe*. WKiŁ, Warszawa 1999, Wyd. 3.
3. Grabowski Z., Pisarczyk S., Obrycki M. - *Fundamentowanie*, Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej, wyd. 5, 2005

Cel pracy:

Zaprojektować stalową konstrukcję ścianki szczelnej dla danych przedstawionych poniżej.

Dane do projektu

$H = 5.8$ m

$q_n = 12$ kPa

Warunki geotechniczne		
Rzędne warstwy [m]	Rodzaj gruntu	I_L/I_D
0 ÷ -1.8	G π	0.30
-1.8 ÷ -7.0	Ps	0.60
-7.0 ÷ -20.0	Pr	0.75
Poziom wody gruntowej: 6.00 [m ppt]		

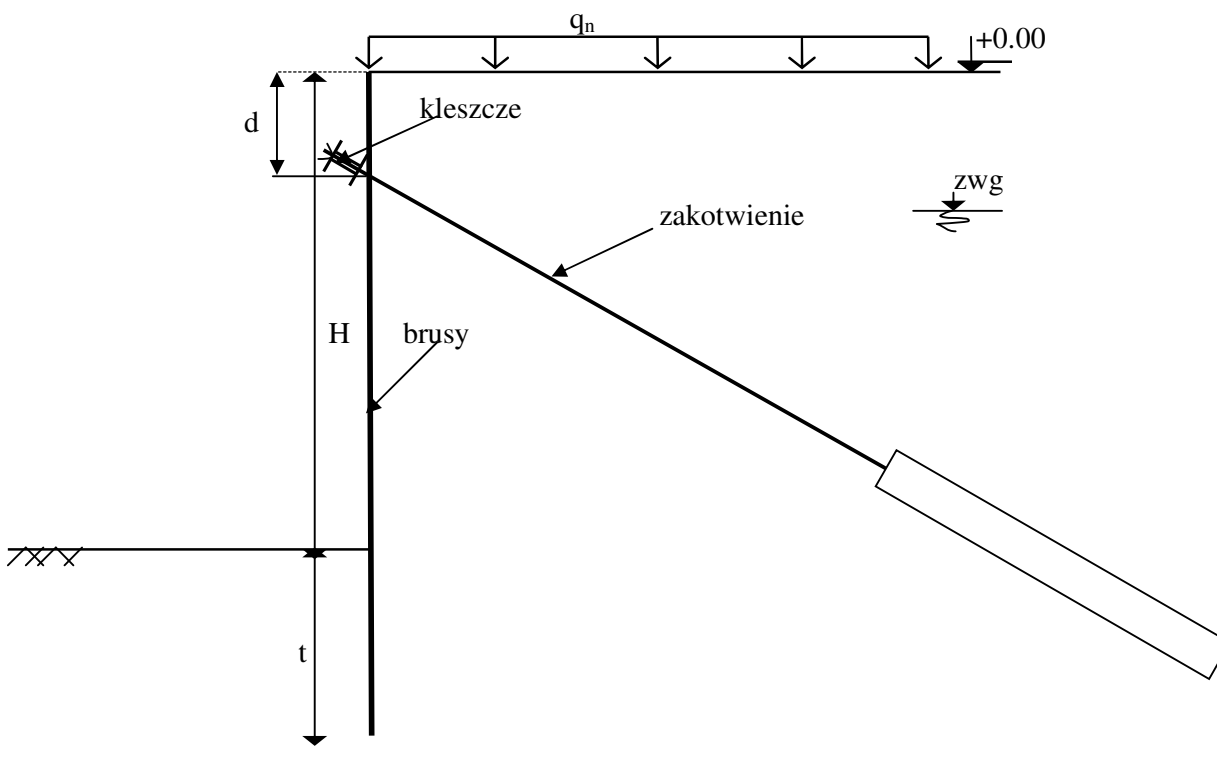
Projekt powinien zawierać:

1. Opis techniczny.
2. Obliczenia statyczno - wytrzymałościowe
 - a) obliczenie parcia i oporu gruntu
 - b) obliczenie zagłębienia ścianki t
 - c) obliczenie siły w zakotwieniu S i momentu zginającego w brusach M_{max}
 - d) zwymiarowanie elementów konstrukcyjnych: brusów, kleszczy, kotwy iniekcyjnej.
3. Rysunki

Rys. 1 Przekrój pionowy ścianki z opisem elementów, wymiarami i rzędnymi (1:50)
Rys. 2 Przekrój poziomy przez ściankę (1:10 lub 1:20)
Rys. 3 Szczegół połączenia kleszczy i kotwy z brusami.

Rysunki pomocnicze do obliczeń!

Termin oddania projektu: 17 - 12 - 2017 r.



Ze względu na sposób zabezpieczenia uskoku naziomu dzieli się je na:

- ◆ bez zabezpieczenia ścian;
- ◆ rozparte;
- ◆ podparte;
- ◆ zakotwione.

Ściankami szczelnymi nazywa się ściany złożone z podłużnych elementów drewnianych, stalowych lub żelbetowych, zagłębionych w grunt, ściśle jeden obok drugiego. Ścianki szczelne pracują jako płyty pionowe, obciążone głównie siłami poziomymi.

Zadaniem ścianek szczelnych jest odgrodzenie wykopu fundamentowego lub podtrzymaniu uskoku naziomu. Zapobiegają również przenikaniu wody gruntowej i samego gruntu do wykopu stanowiąc pionową szczelną przesłonę.

Ścianki szczelne mogą wchodzić w skład budowli trwałych jako ich część lub główny element konstrukcyjny bądź stanowić konstrukcję tymczasową.

Najczęściej stosowane są trzy podstawowe rozwiązania konstrukcji ze ścianek szczelnych:

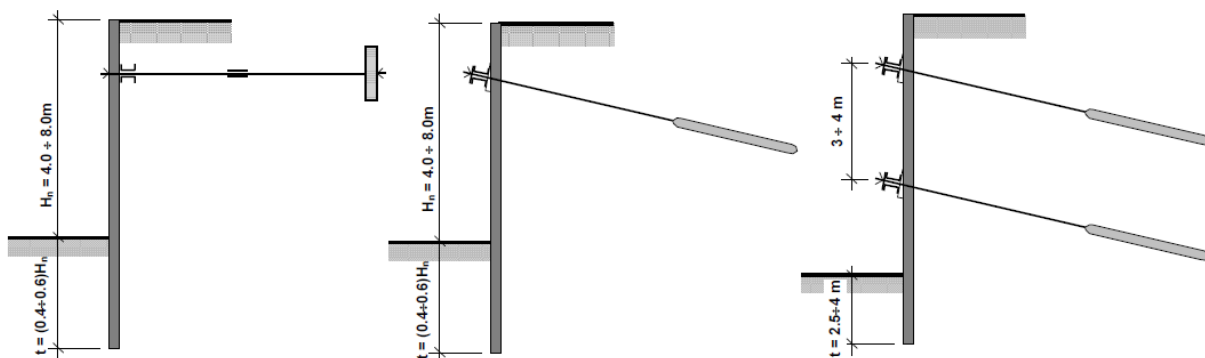
- ściany wspornikowe, przenoszące parcie gruntu dzięki zamocowaniu dolnych części grodzic w podłożu,
- z płytami odciążającymi,
- ścianki podparte jedno lub wielokrotnie.

Ścianki wspornikowe: o wys. do 3m (wyjątkowo do 5 m); prostota rozwiązania, stosowane w przypadku, gdy podłoże stawia duże opory wbijania. (ich stateczność zapewnia odpowiednio duża głębokość wbicia poniżej dna wykopu)

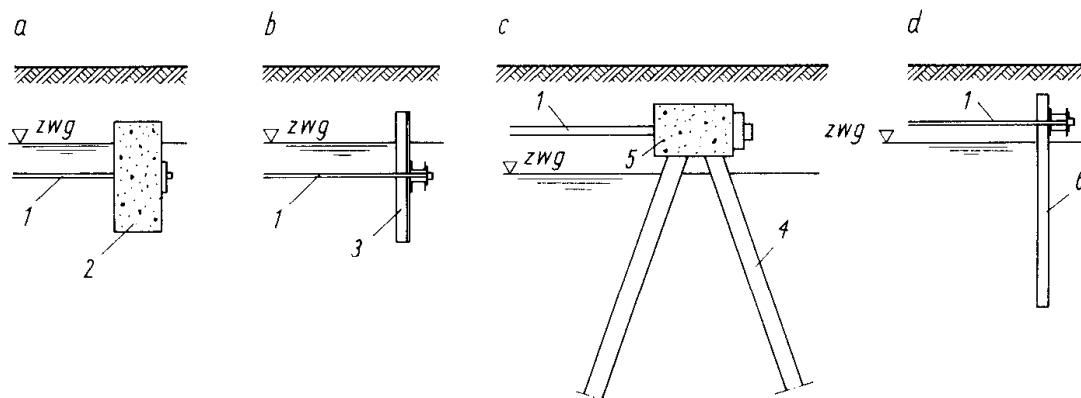
Zaleca się je stosować w konstrukcjach tymczasowych, niebezpieczeństwo dużego przyrostu sił wewnętrznych, poziomych przemieszczeń i ugięć ścianek.

Głębokość wbicia ścianek podpartych może być zróżnicowana, zazwyczaj rozpatruje się dwa przypadki:

- wbicie na minimalną głębokość wynikającą z warunku stateczności – zapewniającą tzw. „przegubowe podparcie w gruncie”,
- wbicie na głębokość zapewniającą jej „utwierdzenie w gruncie”.



Największy zakres przydatności mają ścianki szczelne, zakotwione w górnej części i z zamocowaną w podłożu częścią dolną.



Rys. 8.6. Przykłady urządzeń kotwiących:

a — blok betonowy, *b* — płyta z odcinków grodzic stalowych, *c* — pale koźłowe, *d* — ścianka szczelna wspornikowa;

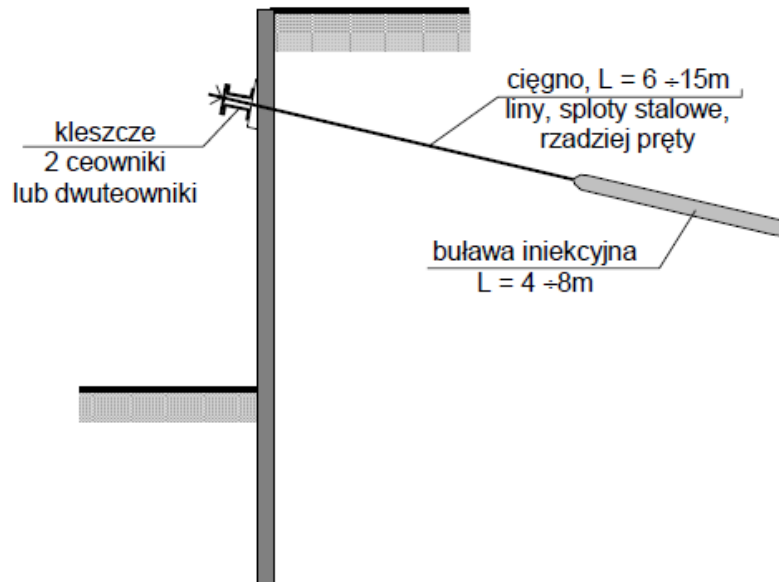
1 — cięgno łączące urządzenie kotwiące ze ścianką szczelną, *2* — blok betonowy, *3* — płyta z grodzic, *4* — pal ukośny, *5* — zwińczenie pali, *6* — ścianka wspornikowa

Zakotwienie ścianki zawiera urządzenie kotwiące oraz cięgno łączące z nim ściankę szczelną. Urządzenie kotwiące przekazuje siłę z cięgna na grunt.

- stosowane są zwykle następujące odmiany urządzeń:
- bloki betonowe;

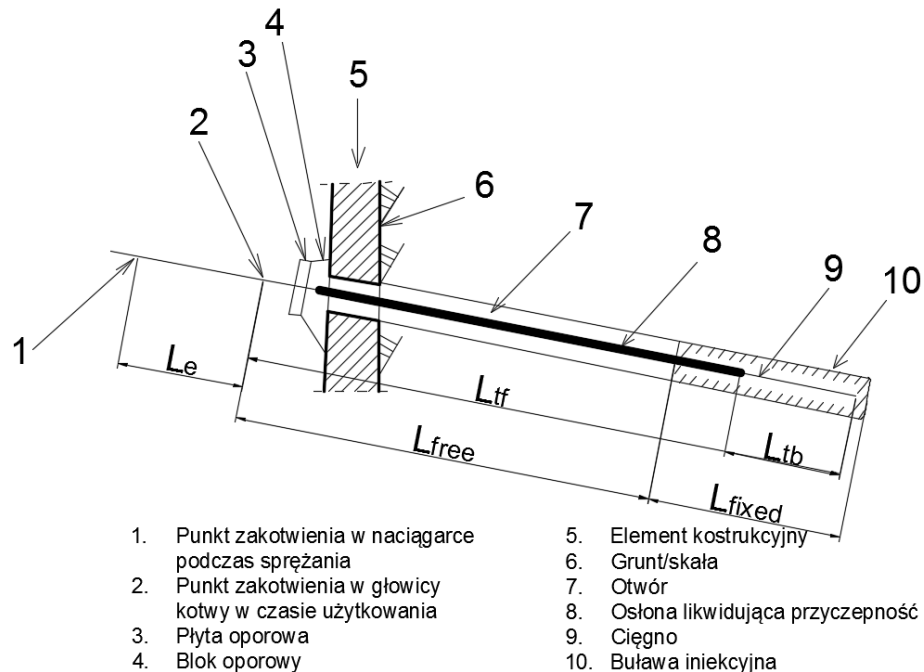
- pionowe płyty żelbetowe; lub z odcinków grodziec;
- pale kozłowe;
- buławy iniekcyjne (kotwy iniekcyjne).

Współcześnie stosuje się najczęściej **ścianki kotwione kotwami iniekcyjnymi**.



Iniekcyjna kotwa gruntowa to konstrukcja w postaci ciągu, umieszczona w odwierconym otworze w gruncie, następnie połączona zaczynem cementowym. Tworząc podział kotew, kryteriami mogą być:

- materiał:
 - a) kotwy prętowe,
 - b) kotwy linowe (splotowe),
- czas użytkowania:
 - a) kotwy stałe (o wymaganej trwałości ponad 2 lata),
 - b) kotwy tymczasowe (o wymaganej trwałości do 2 lat),
- kotwy z iniekcją pojedynczą,
- kotwy iniektowane wielokrotnie,
- kotwy do gruntów ziarnistych,
- kotwy skalne,
- kotwy bierne, gwoździe gruntowe,
- kotwy jednobuławowe,
- kotwy wielobuławowe.



W buławie powinno się stosować, na jej długości, pręty żebrowane lub profilowane, liny lub rury ściskane w celu zakotwienia ciężna.

Rodzaje ciężen stalowych:

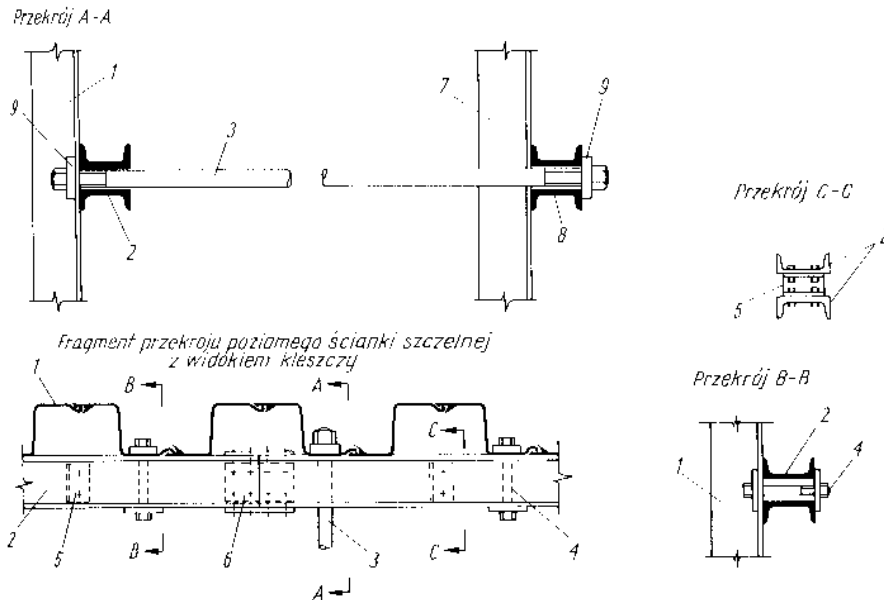
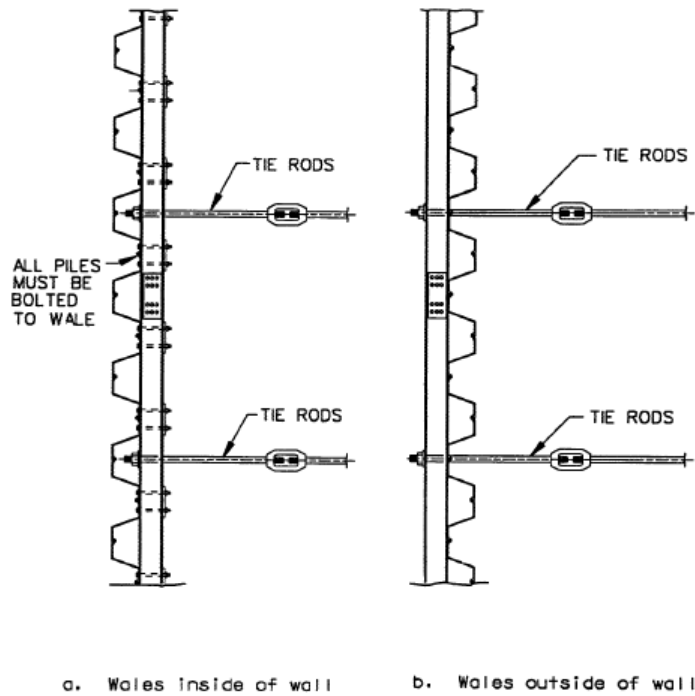
- druty hartowane i obrabiane cieplnie, żebrowane podczas walcowania na gorąco,
- druty ciągnięte na zimno, a następnie profilowane,
- liny splatane z siedmiu drutów,
- pręty żebrowane.

Powierzchnia względna f_r prętów żebrowanych lub profilowanych oraz drutów powinna być zgodna z *Eurokodem 2*.

W kotwach tymczasowych można stosować stal sprężającą gładką, ze specjalnymi elementami kotwiącymi lub bez nich, tylko jeśli przedstawiciel techniczny inwestora wyrazi na to zgodę.

Nośność zakotwienia iniektowanego zależy od rodzaju i parametrów gruntu w jakim umieszczona jest buława, od ciśnienia iniekcji i technologii wykonania. Mniejszy wpływ ma średnica i długość buławy. Zwiększanie długości buławy ponad $6 \div 8$ m jest nieopłacalne, gdyż nie zwiększa to już jej nośności kotwiącej. Średnice buław wahają się od 15 cm do 20 cm. Najczęściej w projekcie podaje się potrzebną nośność zakotwienia, a wykonawca – specjalistyczna firma – dobiera odpowiednie parametry zakotwienia na podstawie własnych doświadczeń i własnych metod obliczeniowych. Oprócz tego nośność zakotwień zawsze weryfikuje się na miejscu budowy za pomocą próbnych obciążeń.

Kleszcze



Rys. 8.9. Przykład konstrukcji kleszczy
 1 – ścianka szczelna oporowa, 2 – kleszcze ścianki oporowej, 3 – ciągnio, 4 – krótka śruba łącząca kleszcze ze ścianką oporową, 5 – przekładka z ceownika, 6 – połączenie odcinków kleszczy, 7 – ścianka kotwiąca, 8 – kleszcze ścianki kotwiącej, 9 – podkładka nakrętki ciągną [8.4]

2.0. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe.

Parametry geotechniczne

[PN-81/B-03020 Grunty budowlane Posadowienie bezpośrednie budowli Obliczenia statyczne i projektowanie]

Rzędne warstwy [m]	Rodzaj gruntu	I _L /I _D	γ [kN/m ³]	γ _s [kN/m ³]	w [%]	n	γ' [kN/m ³]	φ'	c' [kPa]	K _a [kPa]	K _p [kPa]
0 ÷ -1.8	Gp (A)	0.30	20,6	26,18	15	0,32	11,2	16,0	28	0,568	1,761
-1.8 ÷ -7.0	Ps	0.60	19,6	25,98	22	0,38	10,0	33,0	-	0,295	3,392
-7.0 ÷ -20.0	Pr	0.75	20,1	25,98	18	0,36	10,3	35,0	-	0,271	3,690
Poziom wody gruntowej: 6.00 [m ppt]											

Gęstość objętościowa gruntu z uwzględnieniem wyporu wody

$$\gamma' = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w) = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} = \frac{e}{1 + e} = \frac{w_{sat} \cdot \rho_d}{\rho_w} = \frac{\rho_s(1 + w) - \rho}{\rho_s(1 + w)}$$

Obliczenie parcia i odporu:

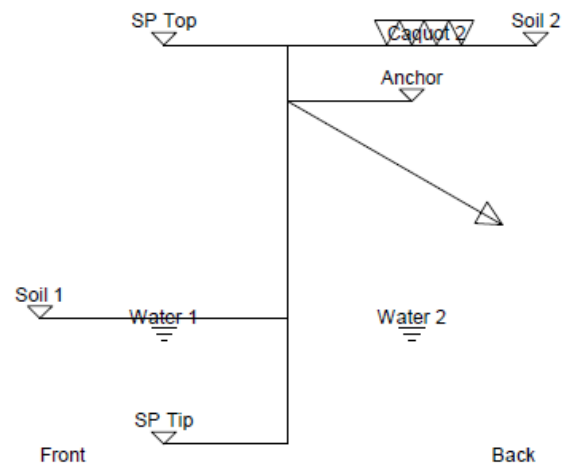
$$\text{Dla parcia: } K_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) \quad (\delta = \beta = \varepsilon = 0)$$

Obliczenia statyczne w ProSheet 2.2

[<http://sheetpiling.arcelormittal.com/page/index/name/software>]:

Geodata

	Unit
Sheet Pile Top Level [m]	0.000
Sheet Pile Tip Level [m]	8.470
Soil Level in Front [m]	5.800
Soil Level behind [m]	0.000
Anchor level [m]	1.200
Water Level in Front [m]	6.000
Water Level behind [m]	6.000
Soil Surface Inclination in Front [Deg]	0.000
Soil Surface Inclination behind [Deg]	0.000
Caquot Surcharge in Front [kN/m ²]	0.000
Caquot Surcharge behind [kN/m ²]	12.000
Anchor Inclination [Deg]	30.000
Earth Support	Free



Soil Layers

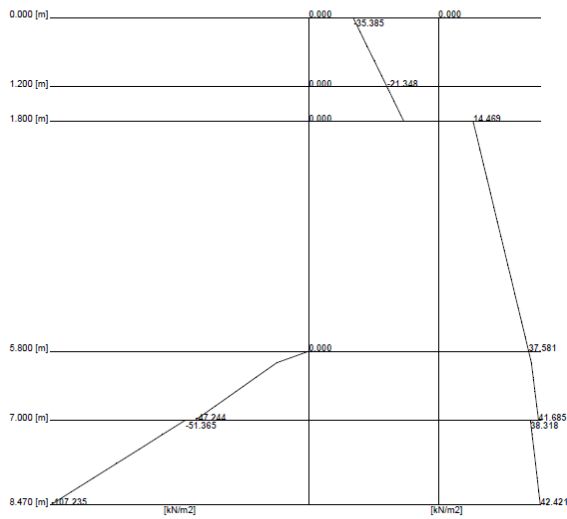
Layers in Front

	Layer Tip [m]	Density Moist [kN/m ³]	Density Submerged [kN/m ³]	Kph	Phi [Deg]	Delta [Deg]	Cohesion [kN/m ²]
Layer 1	7.000	19.600	10.000	3.394	33.000	0.000	0.000
Layer 2	30.000	20.100	10.300	3.690	35.000	0.000	0.000

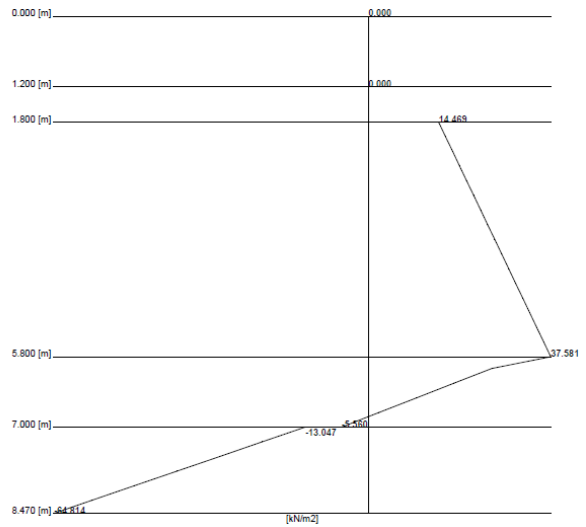
Layers behind

	Layer Tip [m]	Density Moist [kN/m ³]	Density Submerged [kN/m ³]	Kph	Phi [Deg]	Delta [Deg]	Cohesion [kN/m ²]
Layer 1	1.800	20.600	11.200	0.568	16.000	0.000	28.000
Layer 2	7.000	19.600	10.000	0.295	33.000	0.000	0.000
Layer 3	30.000	20.100	10.300	0.271	35.000	0.000	0.000

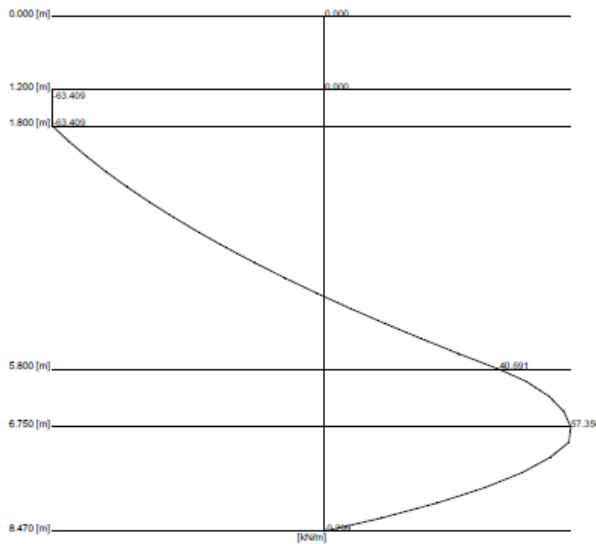
Earth Pressure Diagram



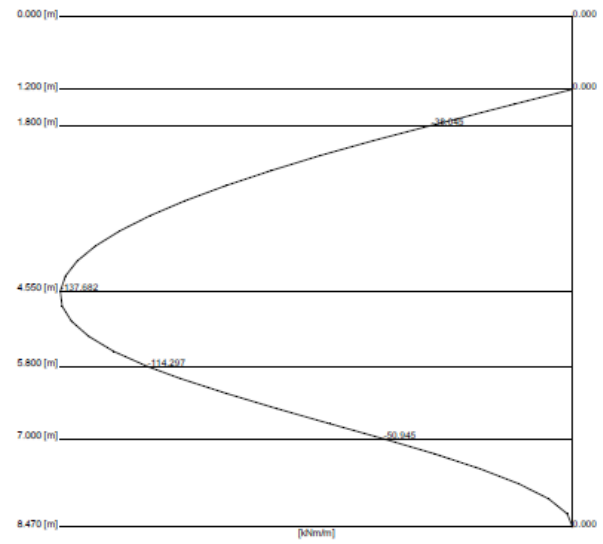
Total Pressure Diagram



Cross Force Diagram

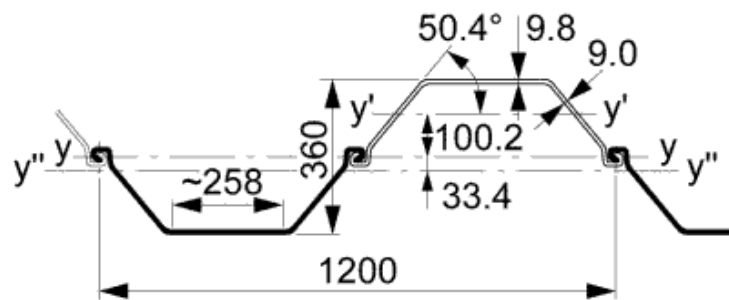


Moment Diagram

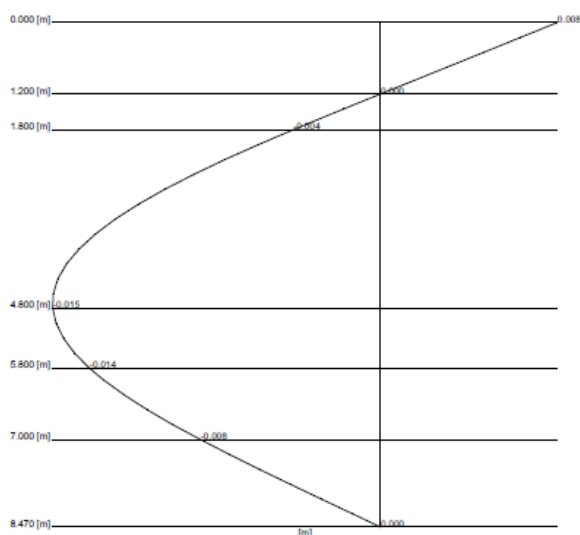


File Section

Name	PU12
Inertia [cm ⁴ /m]	21600.000
Modulus [cm ³ /m]	1200.000
Area [cm ² /m]	140.000
Mass [kg/m ²]	110.100
Steel Grade [N/mm ²]	240.000
Requested Safety	1.500



Deflection Diagram



File Check

		Depth [m]
Name	PL12	
Inertia [cm4/m]	21600.000	
Modulus [cm3/m]	1200.000	
Area [cm2/m]	140.000	
Mass [kg/m2]	110.100	
Steel Grade [N/mm2]	240.000	
Minimal Moment [kNm/m]	-137.682	4.550
Maximal Moment [kNm/m]	0.000	8.470
Normal Forces at Max. Moment [kNm]	36.600	4.550
Normal Forces at Min. Moment [kNm]	36.600	8.470
Deflection at Min. Moment [m]	-0.015	4.550
Deflection at Max. Moment [m]	0.000	8.470
Min. Stress at Min. Moment [N/mm2]	-112.589	4.550
Max. Stress at Min. Moment [N/mm2]	117.819	4.550
Min. Stress at Max. Moment [N/mm2]	2.615	8.470
Max. Stress at Max. Moment [N/mm2]	2.615	8.470
Safety > Req. Safety = 1.500	2.037	
Sheet Pile Top Level [m]	0.000	
Sheet Pile Tip Level [m]	8.470	
Sheet Pile Length [m]	8.470	
Included OverLength [m]	0.000	
Vertical Equilibrium [kNm]	36.600	
Anchor Force (horiz.) [kNm]	-83.409	

Projektowanie iniekcyjnych kotew gruntowych

Z racji złożoności projektowania kotwy gruntowe zaliczane są do drugiej kategorii geotechnicznej. W praktyce często stosuje się metody półempiryczne, wykorzystując dane doświadczalne i uzyskane po weryfikacji wyników badań.

Zaleca się sporządzić pełen wykaz stanów granicznych, które powinny być sprawdzone. Zgodnie za zaleceniami *Eurokodów 1, 2 i 7*, a także normy PN-EN 1537:2002 należy rozważyć następujące stany graniczne:

- zniszczenie głowicy albo ciągną kotwy wywołane nadmiernymi naprężeniami, czyli zerwanie ciągną kotwy,
- zniszczenie głowicy w efekcie odkształcenia lub działania korozji,
- zniszczenie kotwy w obszarze styku zaczynu buławy z gruntem, przekroczenie wytrzymałości na ścianie gruntu,
- zniszczenie połączenia stalowego ciągną z zaczynem buławy, wyrwanie ciągną z buławy,
- utracenie siły kotwiącej na skutek nadmiernego przemieszczenia głowicy kotwy, albo na skutek pełzania oraz relaksacji,
- niszczenie albo nadmierne odkształcenie konstrukcji kotwy, spowodowane złożoną siłą kotwienia,
- utrata ogólnej stateczności podpieranego masywu gruntu oraz konstrukcji oporowej,
- wspólne oddziaływanie grupy kotew oraz podłoża gruntowego i przyległych budowli.

Podane wyżej kombinacje stanów granicznych w odniesieniu do całej konstrukcji powinny być sprawdzone we wszystkich rodzajach kotwionych konstrukcji.

W praktyce równa się to konieczności wykonania następujących obliczeń projektowych oraz sprawdzających:

- sprawdzenie wewnętrznej nośności kotwy, określenie długości zakotwienia cięgna w buławie ze względu na wytrzymałość cięgna oraz materiału buławy kotwiącej,
- sprawdzenie zewnętrznej nośności kotwy, określenie długości oraz średnicy buławy ze względu na wytrzymałość na ścinanie gruntu, w którym buława jest uformowana,
- sprawdzenie stanu użyteczności kotwy, wyznaczenie całkowitej długości kotwy i wolnej długości cięgna ze względu na stateczność bryły odłamu,
- obliczenie swobodnej długości kotwy L_{app} po wykonaniu badań,
- określenie naciągu blokowania kotwy.

Zewnętrzną nośność kotwy należy wyznaczać na podstawie wyników badań wstępnych albo kontrolnych, wyników badań geotechnicznych albo opierając się na doświadczeniach w podobnych warunkach gruntowych.

Najmniejsza swobodna długość kotwy oraz wartość naciągu blokowania są wyznaczane na podstawie projektu kotwionej konstrukcji.

Wyznaczona wartość naciągu blokowania P_0 powinna być taka, by naciąg kotwy P w czasie całego okresu użytkowania kotwionej konstrukcji był poniżej granicy:

$$P \leq 0,65P_{tk}$$

gdzie:

P_{tk} - charakterystyczna nośność cięgna.

Naciąg blokowania powinien spełniać nierówność:

$$P_0 \leq 0,60P_{tk}$$

Projektowanie w stanie granicznym nośności

Każda kotwiona konstrukcja powinna być sprawdzona w stanie granicznym nośności, uwzględniając oddziaływania oraz przyjęte sytuacje obliczeniowe. Wszystkie stany graniczne nośności odnoszące się do kotwionej konstrukcji powinny być rozpatrzone.

Jeżeli rozpatrywany jest graniczny stan równowagi statycznej albo graniczny stan dużych przemieszczeń konstrukcji, traktowanej jako sztywny blok, to powinno się sprawdzić:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

gdzie:

$E_{d,dst}$ - wartość obliczeniowa sił wywracających,

$E_{d,stab}$ - wartość obliczeniowa sił utrzymujących.

Jeżeli rozpatrywany jest stan graniczny zniszczenia albo stan graniczny dużych odkształceń w przekroju, albo w połączeniu kotwy iniekcyjnej, powinno się sprawdzić, czy:

$$E_d \leq R_d$$

gdzie:

E_d - wartość obliczeniowa oddziaływania kotwy,

R_d - odpowiednia nośność (wytrzymałość) obliczeniowa, łącząca wszystkie właściwości konstrukcyjne z ich wartościami obliczeniowymi.

Wyznaczając wartość obliczeniową sił utrzymujących $E_{d,stab}$ oraz wytrzymałość kotwionej konstrukcji R_d , powinno się zastosować wytrzymałość obliczeniową gruntu z *Eurokodu 7* i wytrzymałości obliczeniowe materiałów konstrukcyjnych podane w *Eurokodach 2 i 3*.

Jeżeli zaprojektowano różne materiały konstrukcyjne współdziałające ze sobą, to w wyznaczaniu wytrzymałości obliczeniowej powinno się uwzględnić zgodność ich zależności naprężenie-odkształcenie.

Przy wyznaczaniu wytrzymałości gruntu należy stosować najmniej korzystną wartość obliczeniową, górna lub dolna.

Nośność kotwy R_d zależna jest od sposobu jej obciążenia w rozpatrywanym stanie granicznym. Jeśli kotew jest rozciągana:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} \quad (5.5)$$

gdzie:

R_k - mniejsza z wartości nośności wewnętrznej i zewnętrznej kotwy,

γ_R - częściowy współczynnik bezpieczeństwa nośności kotwy.

Częściowy współczynnik γ_R uwzględnia:

- zmienność właściwości gruntu w danej strefie,
- zmienność wymiarów oraz parametrów części składowych kotwy,
- zmienność w wykonaniu kotwy.

Dla wszystkich kotew współczynnik γ_R powinien spełniać niżej wymienioną nierówność:

$$\gamma_R \geq 1,35$$

Jeżeli iniekcyjna kotew gruntowa jest nie tylko rozciągana, ale również poddana działaniu sił ścinających oraz zginaniu to:

$$R_d = \gamma_q P_0$$

gdzie:

γ_q - współczynnik zmienności naciągu kotwy.

Współczynnik zmienności naciągu kotwy γ_q uwzględnia straty naciągu kotwy iniekcyjnej między momentem początkowego zablokowania kotwy a wystąpieniem rozpatrywanego stanu granicznego, wywołane przez:

- relaksację w ciągnięciu,
- pełzanie buławy kotwy,
- przemieszczenia kotwionej konstrukcji w głowicy kotwy,
- przemieszczenia konstrukcji traktowanej jako element sztywny w rozpatrywanym stanie granicznym.

Często wartości współczynnika γ_q zawarte są w zakresie od 0,8 do 1,1, lecz mogą przyjmować wartości większe.

Charakterystyczna nośność wewnętrzna kotwy

Charakterystyczną wewnętrzną nośnością kotwy R_{ik} jest charakterystyczna siła zrywająca ciągną kotwy:

$$R_{ik} = P_{ik} = A_t f_{ik}$$

gdzie:

A_t - powierzchnia przekroju poprzecznego ciągną kotwy,

f_{ik} - charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie ciągną kotwy.

Projekt, konstrukcja oraz wykonanie kotwy powinny gwarantować, iż wytrzymałość na zerwanie głowicy kotwy i wytrzymałość na wyrwanie ciągną z buławy będą większe albo równe od P_{ik} .

Charakterystyczna nośność zewnętrzna kotwy

Nośnością zewnętrzną kotwy R_a nazywamy graniczny opór poboczniczy buławy w styku buławy z gruntem. Jest ona równa naciągowi powyżej, którego występuje pełzanie oraz po pewnym czasie wyrwanie buławy kotwy.

Nośność kotwy oceniana jest podczas badań, a we wstępnej fazie projektowania powinno się wyznaczyć parametry buławy. Korzysta się do tego z wielu wzorów empirycznych, sformułowanych na podstawie wyników badań kotew wykonanych w różnorodnych warunkach geotechnicznych.

W Polsce stosowane są wzory opracowane przez M. Bustamante:

$$R_a = \pi D_B L_{tb} q_s$$

gdzie:

D_B - projektowa średnica buławy kotwy,

L_{tb} - projektowa długość buławy kotwy,

q_s - jednostkowy opór poboczniczy buławy.

Średnica buławy zależy od sposobu przeprowadzania iniekcji i rodzaju gruntu oraz zaleca się przyjmować niżej wymienioną zależność:

$$D_B = \alpha D_w$$

gdzie:

D_w - średnica otworu wiertniczego,

α - współczynnik korekcyjny uwzględniający liczbę etapów iniekcji, rodzaj gruntu i objętość wtłoczonego zaczynu.

Projektowanie w stanie granicznym użyteczności

Sprawdzanie oraz projektowanie kotwionej konstrukcji w stanie granicznym użyteczności (SLS) należy przeprowadzać poprzez sprawdzenie sytuacji obliczeniowych, z zastosowaniem charakterystycznych wartości od oddziaływań, danych geometrycznych oraz parametrów gruntu. Wartości graniczne dopuszczalnych przemieszczeń oraz odkształceń kotwionej konstrukcji i przyległego terenu należy określać zgodnie z *Eurokodem 7* uwzględniając tolerancję na przemieszczenia oraz obrót podtrzymywanej konstrukcji.

Ewaluacja przemieszczeń oraz obrotu konstrukcji kotwionej i ich wpływu na podtrzymywane konstrukcje oraz na instalacje powinna być przeprowadzona zgodnie z doświadczeniami z podobnych obiektów. Należy uwzględnić wpływ wykonania kotwionej konstrukcji. Należy także sprawdzić, czy oszacowane przemieszczenia nie przekraczają wartości granicznych.

Jeżeli owe przemieszczenia są większe od granicznych to rozwiązanie należy uzasadnić poprzez bardziej szczegółową analizę obejmującą kalkulacje wartości tych przybliżeń.

Należy przeprowadzić szczegółową analizę przemieszczeń oraz obliczenia, gdy oszacowane ich przemieszczenia przekraczają wartości graniczne o więcej niż 50%. Wykonuje się to w następujących przypadkach:

- gdy sąsiadujące obiekty oraz instalacje miejskie są szczególnie wrażliwe na przemieszczenia,
- gdy konstrukcja kotwiona zagłębiona jest na całej swej wysokości w miękkoplastycznych gruntach spoistych albo na nich posadowiona,
- gdy nie ma innych, podobnych oraz porównywalnych doświadczeń.

Podczas obliczania przemieszczeń powinno się uwzględnić: podatność podłoża, sztywność kotew gruntowych oraz innych elementów konstrukcyjnych i kolejność wykonywania robót.

Długość całkowita kotwy

Długością całkowitą kotwy nazywamy swobodną długość kotwy L_{free} i długość buławy iniekcyjnej L_{fixed} umieszczona w strefie nośnej poza klinem odłamu albo poza strefą gruntów nienośnych. By zapewnić jak najlepsze osadzenie żerdzi, buławę iniekcyjną powinno się umieścić minimum 2 metry za powierzchnią odłamu

By zaprojektować długość wolną należy:

1. Wyznaczyć klin odłamu

$$\gamma = 45^\circ + \frac{\varphi}{2}$$

gdzie:

γ – kąt nachylenia powierzchni odłamu,

φ – kąt tarcia wewnętrznego gruntu.

2. Wyznaczyć głęboką powierzchnię poślizgu

$$\gamma_K = \frac{2}{3}\varphi$$

gdzie:

γ_K – kąt nachylenia głębokiej powierzchni poślizgu,

φ – kąt tarcia wewnętrznego gruntu.

3. Sporządzić rysunek, z zastosowaniem obliczonych we właściwej skali: klin odłamu oraz głęboką powierzchnię poślizgu i oznaczyć wyznaczony poziom kotwienia (punkt A).
4. Z punktu kotwienia A, narysować prostą pod odpowiednim kątem $\alpha = (10^\circ - 35^\circ)$, aż do przecięcia z linią wyznaczającą głęboką powierzchnię poślizgu. Miejsce przecięcia (punkt B) wyznacza środek projektowanej buławy iniekcyjnej.
5. Wyznaczyć długość L' (odcinek pomiędzy punktem A i B).
6. Ze wzoru obliczyć długość całkowitą kotwy:

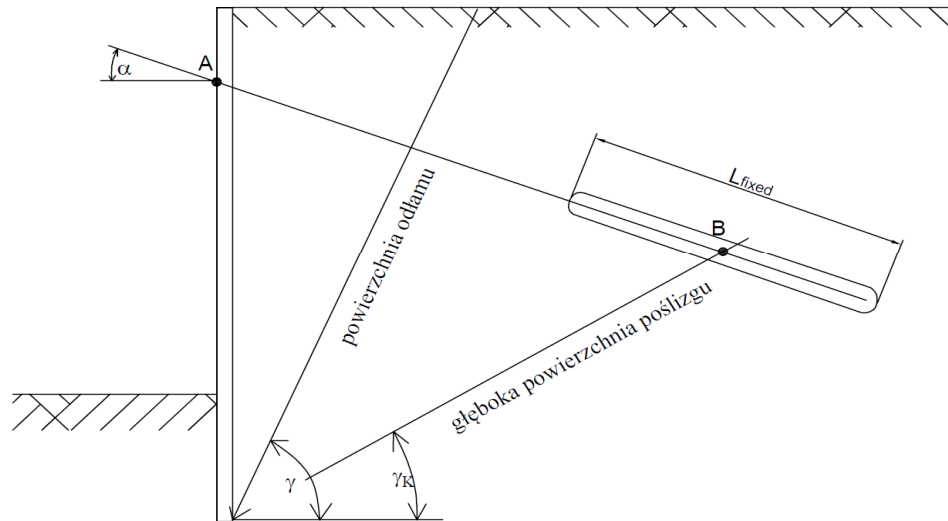
$$L_c = L' + \frac{L_{fixed}}{2} \quad (5.12)$$

gdzie:

L_c – całkowita długość kotwy,

L' – odległość między punktem kotwienia a środkiem buławy iniekcyjnej,

L_{fixed} – długość buławy iniekcyjnej



Rys. Schemat wyznaczenia długości całkowitej kotwy

Obliczenia urządzenia kotwiącego

$$S_{K1} = S \cdot l / \cos \alpha$$

$$S = 63,41 \text{ kN/m}$$

$$\text{Rozstaw kotew: } l = 2,4 \text{ m}$$

$$S_{K1} = 63,41 \cdot 2,4 / \cos 30 = 175,7 \text{ kN}$$

$$S_{d1} = S_{K1} \cdot 2,5 = 439,2 \text{ kN}$$

Kotwy prętowe SAS: <http://atm-tech.pl/kalkulatory/>

Dobór kleszczy:

$$\text{Belka ciągła: } M_{k,max} = 0,1 \cdot q \cdot l^2$$

$$q = S / \cos \alpha = 73,2 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = \frac{M_{d,max}}{W} \leq R_{e,min} = 240 \text{ MPa} \quad \rightarrow \quad W \geq \frac{M_{d,max}}{R_{e,min}}$$

$$M_{d,max} = M_{k,max} \cdot 1,5 =$$

