

Projekt wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą technologii Compaction Grouting w ramach realizacji inwestycji: „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 421 z rozbiórką istniejącego mostu w km 5+307 i budową nowego mostu wraz z budową i przebudową niezbędnej infrastruktury technicznej w m. Dzielawy” w ramach zadania: „Przebudowa mostu w ciągu drogi wojewódzkiej nr 421 w km 5+307 w m. Dzielawy wraz z dojazdami.

1. Wzmocnienie podłoża na dojazdach

Mając na uwadze istniejące warunki gruntowe oraz projektowane obciążenia, przyjęto wykonanie wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą technologii iniekcji rozpychającej/ Compaction Grouting $\Phi 350\text{mm}$.

Kolumny Compaction Grouting

Compaction Grouting (iniekcja rozpychająca) polega na wprowadzeniu w podłoża gruntowe rury iniekccyjnej za pomocą techniki wiertniczej lub wibracyjnej. Następnie przygotowana w mieszalniku zaprawa iniekcyjna wprowadzana jest w podłoże pod ciśnieniem za pomocą specjalnej pompy iniekcyjnej. Podczas stopniowego podciągania lub zagłębiania rury iniekcyjnej tworzy się szereg pojedynczych, przylegających do siebie brył, które ostatecznie tworzą kolumnę iniekcijną. Wprowadzenie w taki sposób w podłoże gruntowe stabilnego materiału wypełniającego, doprowadza do zagęszczenia gruntów niespoistych lub wzmocnienia gruntów spoistych i organicznych. Zasadnicze znaczenie dla przebiegu i skuteczności tego typu iniekcji ma umiejętność właściwego doboru wszystkich parametrów procesu, w tym szczególnie składu, ilości i sposobu włączania wypełniacza.

1.1 Założenia ogólne

- a) Układ warstw geologicznych i poziomy wód gruntowych oraz parametry gruntów do obliczeń przyjęto na podstawie opracowanej dokumentacji geotechnicznej.
- b) Warstwy konstrukcyjne nawierzchni drogowej mają sumaryczną grubość: 87cm.
- c) Pod konstrukcją nawierzchni zaprojektowano warstwę nasypu z zmiennej miąższości od ok. 0,3÷0,8m, z materiału niespoistego (Ż, Po, Pr, Ps), o dobrej zagęszczalności, z udziałem mniejszym niż 10% frakcji o średnicy ziaren poniżej 0,05 m, o wskaźniku zagęszczenia $I_s \geq 1,0$,
- d) Poziom platformy roboczej w: -1,20m (do niwelety) poniżej poziomu projektowanej niwelety drogi.
- e) Założono wykonanie kolumn ze stabilnego poziomu roboczego, umożliwiającego pracę ciężkiego sprzętu budowlanego w każdych warunkach pogodowych (konieczne jest usunięcie przeszkód w podłożu w postaci uzbrojenia podziemnego, starych fundamentów, pali). Platformę roboczą należy wykonać jako warstwę materiału niespoistego zagęszczalnego (np. kruszywa łamanego naturalnego o miąższości dostosowanej do ciężaru maszyny wykonującej kolumny). Na obecnym etapie założono min. miąższość platformy roboczej min. 0,50m. Platformę należy układać na geowłókninie. Parametry odbiorcze platformy: $E_{v2} = 60\text{MPa}$ oraz $I_0 = E_{v2}/E_{v1} \leq 3,0$. Wykonawca robót wykonujących wzmocnienie za pomocą kolumn Compaction Grouting w projekcie technologicznym zaprojektuje odpowiednią platformę roboczą dostosowaną do własnego sprzętu wykonującego kolumny.
- f) Zaprojektowano kolumny Compaction Grouting średnicy 350mm w rozstawie 1,20m x 1,20m oraz długości dostosowanej do warunków gruntowych, $L=7,30\text{m}$. Zwraca się uwagę, że średnica kolumn Comaction Grouting może być zmienna i zależy od

podatności bocznej gruntu w którym jest wykonywana, tj. w gruntach słabych średnica może wynosić nawet 0,40m a w gruntach mocnych 0,25m.

- g) Na głowicach kolumn Compaction Grouting należy wykonać czapki żwirowe (kolumny żwirowe) średnicy 60cm oraz min. wysokości 0,50m pod platformą roboczą.
- h) Na głowicach kolumn żwirowych należy ułożyć materac geosyntetyczny o wysokości 0,30m, oraz wytrzymałości obliczeniowej na rozciąganie $F_d \geq 200/25$ kN/m układany w dwóch kierunkach.

1.2 Zakres robót

Zaprojektowano:

- Kolumny Compaction Grouting $\Phi 350$ mm, długości $L=7,30$ m w rozstawie $1,20$ m x $1,20$ m oraz wytrzymałości obliczeniowej dla pasty betonowej $R=7$ MPa,
- Głowice żwirowe $\Phi 600$ mm, długości $L=0,50$ m wykonane na kolumnach Compaction Grouting. Głowice kolumn żwirowych należy zagęścić do uzyskania $E_{v2} \geq 80$ MPa, $I_o \leq 2,2$.
- Materac geosyntetyczny o wysokości 0,30m, oraz wytrzymałości obliczeniowej na rozciąganie $F_d \geq 200/25$ kN/m układany w dwóch kierunkach, układany na głowicach żwirowych.

Zakłada się wykonanie wzmocnienia podłoża pod drogą na dojazdach do mostu, na odcinku o łącznej długości ok. 115 mb. W przekroju w poprzek drogi zastosowano 11 kolumn o długości 7,3m (+0,5m czapka żwirowa) w rozstawie 1,2m. Przy rozstawie podłużnym rzędów kolumn wynoszącym 1,2m, sumaryczna ilość kolumn to 1056 szt.

Na etapie realizacji inwestycji konieczne jest wykonanie projektu technologicznego przez firmę wykonującą wzmocnienie. Projekt powinien zawierać w szczególności układ kolumn w rzucie z uwzględnieniem sieci podziemnych oraz innych przeszkód / kolizji oraz technologię realizacji prac w tym odwodnienie wykopów. Dodatkowo konieczne jest wykonanie Projektu Organizacji Robót uwzględniającego wykonanie etapowania robót oraz innych technologii np.: grodzic stalowych itd., w tym skoordynowanie prac z robotami fundamentowymi przy mości.

Zwraca się uwagę, że technologia wykonania kolumn Compaction Grouting jest technologią rozpychającą grunt na boki, co może powodować wystąpienia dodatkowych naprężeń w gruncie, efektem czego może być przemieszczanie gruntu na boki/ do góry. Powyższe należy uwzględnić w Projekcie Technologicznym oraz Projekcie Organizacji Robót, szczególnie ważne przy wykonywaniu kolumn w pobliżu sieci podziemnych oraz w pobliżu mostu oraz grodzic stalowych. W przypadku uzasadnionych obaw zakłada się możliwość wykonania podwiertów w miejscu wykonania kolumn Compaction Grouting. W związku z powyższym, zaleca się geodezyjny pomiar przemieszczeń obiektu/grodzic stalowych lub sieci podziemnych i w przypadku wystąpienia przemieszczeń, konieczne jest wykonanie podwiertów.

Z uwagi na konieczność częściowego połówkowego prowadzenia ruchu w czasie budowy, część prac na odcinkach dojazdowych do mostu wymaga ich prowadzenie również w sposób "połówkowy". Prace te dotyczą w szczególności wzmocnienia podłoża gruntowego, przebudowy sieci, wykonania konstrukcji drogi. Należy uwzględnić konieczność ułożenia poprzecznych (względem osi drogi) siatek materaca geosyntetycznego bez łączenia ich na zakłady, przez wywiniecie odpowiedniego ich zapasu. Zapasy siatek pozostawione do ułożenia na późniejszym etapie prac należy odpowiednio zabezpieczyć przed uszkodzeniem oraz przed promieniami UV. W celu prawidłowej pracy geosyntetyku, konieczne jest jego odpowiednie naciągnięcie. Nie dopuszcza się „pofałdowań” geosyntetyku.

Wykonawca uwzględni powyższe w wycenie, harmonogramie realizacji robót oraz w zakresie koniecznych do opracowania projektów technologicznych.

Na etapie przygotowawczym, przed przystąpieniem do realizacji robót należy wykonać uzupełniające rozpoznanie geotechniczne obejmujące wykonanie min. 3 węzłów badawczych (odwiert wraz z sondowaniem CPT), o długości i ostatecznym zakresie pozwalającym okonturować występowania gruntów słabonośnych. Zakres rozpoznania uzgodnić z Projektantem. Wyniki uzupełniającego rozpoznania geotechnicznego mogą być podstawą do weryfikacji rozwiązań w zakresie posadowienia obiektu.

1.3 Warunki kontroli wykonawstwa kolumn Compaction Grouting

Kontrola jakości wykonanych robót obejmuje:

- a) Wykonanie każdego punktu iniekcji musi być wykazane w zestawieniu zbiorczym, które obejmuje:
 - numer punktu,
 - datę i czas wykonania,
 - długość wiercenia poniżej poziomu roboczego,
 - ilość zużytego iniektu,
 - maksymalne ciśnienie robocze na każdym kroku iniekcji.
- b) Badanie wytrzymałości iniektu na podstawie próbek pobieranych regularnie z częstotliwością 1 seria (4 normowe kostki próbne) na 100 m³ zużytej mieszanki. Próby na ściskanie należy wykonać w uprawnionym laboratorium badawczym, po upływie 7 dni (1 próbka z każdej serii) oraz po upływie co najmniej 28 dni (pozostałe 3 próbki) od pobrania próbek.

Próbki iniektu badane po 28 dniach dojrzewania powinny uzyskać wytrzymałość minimum: $R_{bG}(28 \text{ dni}) = 7 \text{ MPa}$.
- c) Wykonanie robót powinno odbywać się na podstawie schematu i harmonogramu opracowanego przez Kierownika Robót Wzmacniających oraz Kierownika Budowy dostosowując wykonanie prac do etapowania wykonywania obiektu mostowego, grodzic stalowych itd.
- d) Kierownik robót upoważniony jest do wprowadzania na budowie wszystkich niezbędnych zmian w ogólnej procedurze iniekcji rozpierającej, biorąc pod uwagę obserwowany przebieg i skuteczność robót iniekcyjnych.
- e) Długość kolumn powinna odpowiadać założeniom projektowym. W przypadku stwierdzenia rozbieżności w odniesieniu do napotkanych warunków gruntowych decyzję o wydłużeniu lub skróceniu kolumn podejmuje Wykonawca w porozumieniu z autorami niniejszego opracowania.
- f) Głowice kolumn żwirowych należy zagęścić do uzyskania $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$, $I_o \leq 2,2$. Pomiar należy przeprowadzić na losowo wybranych głowicach kolumn w ilości około 5 pomiarów na 400m².
- g) W tabeli 4 przedstawiono sugerowane parametry iniekcji Compaction Grouting.

Tabl. 4. Zakładane parametry robocze oraz kryteria wykonawcze:

Parametr	Wartość
Krok podciągania rury iniekcyjnej:	0,50 m
Objętość wprowadzonego materiału iniekcyjnego:	min. 50 litrów/krok
Objętość wprowadzonego materiału iniekcyjnego:	min. 100 litrów/mb iniekcji
Orientacyjne maksymalne ciśnienie iniekcji:	3 atm., dla głębokości do 2m; 10 atm., dla głębokości od 2÷5m; 30atm., dla głębokości powyżej 5m.

Nie dotyczy obszaru w pobliżu obiektu, grodzic stalowych oraz wrażliwych sieci podziemnych. Należy ustalić indywidualnie.

1.1 Oszacowanie osiadań wzmocnionego podłoża gruntowego

Poniżej przedstawiono szacowane osiadania podłoża gruntowego dla przeprowadzonych badania geologicznych. Szczegółowe obliczenia przedstawiono dla badania CPTU-1 oraz CPTU-2.

- a) Szacowane osiadania podłoża gruntowego dla badania CPTU-1. Wzmocnienie za pomocą kolumn Compaction Grouting oraz głowicy żwirowej.

DANE WEJŚCIOWE DO OBLICZEŃ PRIEBE

OBCIĄŻENIE

Obciążenie powierzchniowe

Stałe	25,00	kN/m ²
Suma	25,00	kN/m ²

OPCJE

Zakończenie obl. przy stos. naprężenia dod. do pierw. 20 %

GEOMETRIA

Poziom posadowienia	0,00	m	Wysokość fundamentu	0,20	m
Głowica kolumny	0,87	m	Stopa kolumny	9,00	m
Poziom ZWG	2,20	m			
Głębokość obliczeń	19,00	m			
Szer. fundamentu	7,50	m			
Rozstaw kolumn	1,20	m			

PARAMETRY GRUNTU

Poziom góry	Rodzaj	Es	γ	γ'	φ	c	v
m		kN/m ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	-

Poziom góry		Rodzaj	Es	γ	γ'	ϕ	c	v
m			kN/m ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	-
0,00		Warstwy konstrukcyjne	90000	17,50	10,00	37,00	0,00	0,25
0,87		nIIa Gp+Ż	8578	20,50	10,50	15,00	17,00	0,33
1,20		IIb Gp	1957	21,00	11,00	13,00	13,00	0,33
1,67		IIb Gp	1957	21,00	11,00	13,00	13,00	0,33
2,20		IIb Gp	1957	21,00	11,00	13,00	13,00	0,33
2,90		III Nm	2230	13,50	10,00	5,00	5,00	0,33
3,70		III T	2315	13,50	10,00	5,00	5,00	0,33
5,80		IIa Gpyl+H	6489	21,00	11,00	14,00	16,00	0,33
7,60		IIb Pyl	3975	20,00	10,00	13,00	13,00	0,33
8,10		Ib Ps	11981	20,00	10,00	33,00	0,00	0,25
9,00		Ib Ps	11981	20,00	10,00	33,00	0,00	0,25
11,40		Ia Pd	47349	19,00	10,00	31,00	0,00	0,25
12,90		Ic Pd	58012	20,00	10,00	33,00	0,00	0,25

PARAMETRY KOLUMNY

Poziom góry		Średnica	Es	γ	γ'	ϕ	c	Rodzaj kolumny
m		m	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	
0,87		0,60	90000	20,00	10,00	35,00	0,00	żwir
1,20		0,60	90000	20,00	10,00	35,00	0,00	żwir
1,67		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywna
2,20		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywna
2,90		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywna
3,70		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywna
5,80		0,35	120000	21,00	11,00	37,00	0,00	Sztywna
7,60		0,35	120000	21,00	11,00	37,00	0,00	Sztywna
8,10		0,35	120000	21,00	11,00	37,00	0,00	Sztywna

Poziom góry		Wsp. parcia gruntu	Wsp. zastąpienia	1/Wsp. zastąpienia	Es,kol/Es,gr
m		-	-	-	-
0,87		1,00	0,1885	5,3052	10,49
1,20		1,00	0,1885	5,3052	45,99
1,67		1,00	0,0641	15,5907	61,32
2,20		1,00	0,0641	15,5907	61,32
2,90		1,00	0,0641	15,5907	53,81
3,70		1,00	0,0641	15,5907	51,84
5,80		1,00	0,0641	15,5907	18,49
7,60		1,00	0,0641	15,5907	30,19
8,10		1,00	0,0641	15,5907	10,02

WSP. CZĘŚCIOWE BEZPIECZEŃSTWA DLA OBLICZEŃ BEZPIECZEŃSTWA

Trwała

γ_R 1,40 -

γ_G 1,35 - γ_Q 1,50 -

$\alpha_{cc,pl}$ 0,80 - γ_C 1,50 -

WYNIKI PRIEBE

WSPÓŁCZYNNIK POPRAWY

(Miarodajny dla kolumn żwirowych lub sztywnych po uplastycznieniu)
Nieograniczona siatka uwzględnia wzajemne podparcie kolumn do 92 %

Poziom góry	n0,0	n0,1	n0	d(A/Ac)	n1,0	n1,1	n1	n1'	ft	ft'	n2	n2'
m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,87	1,85	1,24	1,80	0,39	1,78	1,22	1,73	1,73	2,53	1,94	3,35	2,79
1,20	1,85	1,24	1,80	0,08	1,83	1,23	1,78	1,78	6,90	6,90	12,28	9,48
1,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

bez/ze wsp. głębokości:

Poziom góry	m1	$\phi 1$	c1	Eoed1	m2	$\phi 2$	c2	Eoed2
m	-	°	kN/m ²	kN/m ²	-	°	kN/m ²	kN/m ²
0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
0,87	0,53	26,45	7,98	14838	0,71	29,87	4,95	23926
1,20	0,54	25,93	5,92	3485	0,91	33,43	1,11	18553
1,67	-	-	-	-	-	-	-	-
2,20	-	-	-	-	-	-	-	-
2,90	-	-	-	-	-	-	-	-
3,70	-	-	-	-	-	-	-	-
5,80	-	-	-	-	-	-	-	-
7,60	-	-	-	-	-	-	-	-
8,10	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda

- n0 Wsp. wzmocnienia (n0,0: nieograniczona siatka; n0,1: pojedyncza kolumna)
d(A/Ac) dodatek pola przekroju (z uwagi na ściśliwość kolumny)
n1 Wsp. wzmocnienia ze ściśliwością (n1' po redukcji)
ft Wsp. głębokości z uwagi na naprężenie dodatkowe (fd' po redukcji)
n2 ft' x n1'
m1/2 udział obciążenia przypadającego na kolumny
 $\phi 1/2$ Kąt tarcia dla całego układu (z kroków n1' lub n2')
c1/2 Spójność dla całego układu
Eoed1/2 moduł odkształcenia dla całego układu

OSIADANIE

Głęb.	Osiadania ze wzmoc.	Typ deformacji	Wskaźnik wykorz.	Napr. dod.	Naprężenie pod fundamentem	Wsp. naprężenia
m	mm	-	-	kN/m ²	kN/m ²	-
0,00	0,1			0,0	25,0	0,00
0,50	0,1			8,8	25,0	2,85
0,87	0,3	plastyczny		15,2	24,9	1,63

Głęb.		Osiadania ze wzmoc.	Typ deformacji	Wskaźnik wykorz.	Napr. dod.	Naprężenie pod fundamentem	Wsp. naprężenia
m		mm	-	-	kN/m ²	kN/m ²	-
1,20		0,6	plastyczny		22,0	24,7	1,12
1,67		0,0	sprężysty	5,40 %	31,9	24,2	0,76
2,17		0,0	sprężysty	5,40 %	42,4	24,2	0,57
2,20		0,0	sprężysty	5,40 %	43,0	24,2	0,56
2,70		0,0	sprężysty	5,40 %	48,5	24,2	0,50
2,90		0,0	sprężysty	5,40 %	50,7	24,2	0,48
3,40		0,0	sprężysty	5,40 %	55,7	24,2	0,44
3,70		0,0	sprężysty	5,40 %	58,7	24,2	0,41
4,20		0,0	sprężysty	5,40 %	63,7	24,2	0,38
4,70		0,0	sprężysty	5,40 %	68,7	24,2	0,35
5,20		0,0	sprężysty	5,40 %	73,7	24,2	0,33
5,70		0,0	sprężysty	5,40 %	78,7	24,2	0,31
5,80		0,0	sprężysty	5,40 %	79,7	24,2	0,30
6,30		0,0	sprężysty	5,40 %	85,2	24,2	0,28
6,80		0,0	sprężysty	5,40 %	90,7	24,2	0,27
7,30		0,0	sprężysty	5,40 %	96,2	24,2	0,25
7,60		0,0	sprężysty	5,40 %	99,5	24,2	0,24
8,10		0,0	sprężysty	5,40 %	104,5	24,2	0,23
8,60		0,0	sprężysty	5,40 %	109,5	24,2	0,22
9,00		1,0			113,5	24,2	0,21
Suma:		2,4					

Przebiecie w głowicy kolumny 0,0 mm
 Przebiecie w podstawie kolumny 5,3 mm
 Osiadanie całkowite 7,6 mm

b) Szacowane osiadania podłoża gruntowego dla badania CPTU-2. Wzmocnienie za pomocą kolumn Compaction Grouting oraz głowicy żwirowej.

DANE WEJŚCIOWE DO OBLICZEŃ PRIEBE

OBCIĄŻENIE

Obciążenie powierzchniowe

Stałe 25,00 kN/m²
 Suma 25,00 kN/m²

OPCJE

Zakończenie obl. przy stos. naprężenia dod. do pierw. 20 %

GEOMETRIA

Poziom posadowienia 0,00 m Wysokość fundamentu 0,20 m
 Głowica kolumny 0,87 m Stopa kolumny 9,00 m
 Poziom ZWG 2,00 m
 Głębokość obliczeń 19,00 m
 Szer. fundamentu 7,50 m
 Rozstaw kolumn 1,20 m

PARAMETRY GRUNTU

Poziom góry		Rodzaj	Es	γ	γ'	ϕ	c	v
m			kN/m ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	-
0,00		Warstwy konstrukcyjne	90000	17,50	10,00	38,00	0,00	0,25
0,87		nIlb Pg	3844	21,00	11,00	13,00	13,00	0,33
1,67		nIlb Pg	3844	21,00	11,00	13,00	13,00	0,33
1,80		Ila Gp	6515	22,00	12,00	15,00	17,00	0,33
2,00		Ila Gp	6515	22,00	12,00	15,00	17,00	0,33
2,70		III T	1966	13,50	10,00	5,00	5,00	0,33
5,10		IIb Gpyl+H	1813	20,00	10,00	13,00	13,00	0,33
5,60		Ila Gpyl	6118	20,00	10,00	14,00	16,00	0,33
6,20		Ila Gpyl+H	3466	20,00	10,00	14,00	16,00	0,33
6,60		Ila Pylp+H	6631	21,00	11,00	14,00	16,00	0,33
7,10		IIb Pylp	4231	20,50	10,50	12,00	11,00	0,33
8,00		Ib Ps	58235	20,00	10,00	30,00	0,00	0,25
9,00		Ib Ps	58235	20,00	10,00	30,00	0,00	0,25
10,40		Ic Pd	60140	20,00	10,00	33,00	0,00	0,25

PARAMETRY KOLUMNY

Poziom góry		Średnica	Es	γ	γ'	ϕ	c	Rodzaj kolumny
m		m	kN/m ²	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	
0,87		0,60	90000	20,00	10,00	35,00	0,00	żwir
1,67		0,35	90000	20,00	10,00	37,00	0,00	Sztywne
1,80		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
2,00		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
2,70		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
5,10		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
5,60		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
6,20		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
6,60		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
7,10		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne
8,00		0,35	120000	21,00	12,00	37,00	0,00	Sztywne

Poziom góry		Wsp. parcia gruntu	Wsp. zastąpienia	1/Wsp. zastąpienia	Es,kol/Es,gr
m		-	-	-	-
0,87		1,00	0,1571	6,3662	23,41
1,67		1,00	0,0535	18,7088	23,41
1,80		1,00	0,0535	18,7088	18,42
2,00		1,00	0,0535	18,7088	18,42
2,70		1,00	0,0535	18,7088	61,04
5,10		1,00	0,0535	18,7088	66,19
5,60		1,00	0,0535	18,7088	19,61
6,20		1,00	0,0535	18,7088	34,62
6,60		1,00	0,0535	18,7088	18,10

Poziom góry		Wsp. parcia gruntu	Wsp. zastąpienia	1/Wsp. zastąpienia	Es,kol/Es,gr
m		-	-	-	-
7,10		1,00	0,0535	18,7088	28,36
8,00		1,00	0,0535	18,7088	2,06

WSP. CZĘŚCIOWE BEZPIECZEŃSTWA DLA OBLICZEŃ BEZPIECZEŃSTWA

Trwała

γ_R 1,40 -

γ_G 1,35 - γ_Q 1,50 -

$\alpha_{cc,pl}$ 0,80 - γ_C 1,50 -

WYNIKI PRIEBE

WSPÓŁCZYNNIK POPRAWY

(Miarodajny dla kolumn żwirowych lub sztywnych po uplastycznieniu)

Nieograniczona siatka uwzględnia wzajemne podparcie kolumn do 92 %

Poziom góry		n0,0	n0,1	n0	d(A/Ac)	n1,0	n1,1	n1	n1'	ft	ft'	n2	n2'
m		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,87		1,68	1,24	1,64	0,16	1,66	1,23	1,62	1,62	3,65	3,65	5,92	4,52
1,67		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,80		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,70		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,60		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,20		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,60		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

bez/ze wsp. głębokości:

Poziom góry		m1	ϕ_1	c1	Eoed1	m2	ϕ_2	c2	Eoed2
m		-	°	kN/m²	kN/m²	-	°	kN/m²	kN/m²
0,00		-	-	-	-	-	-	-	-
0,87		0,48	24,51	6,77	6225	0,81	31,50	2,42	17377
1,67		-	-	-	-	-	-	-	-
1,80		-	-	-	-	-	-	-	-
2,00		-	-	-	-	-	-	-	-
2,70		-	-	-	-	-	-	-	-
5,10		-	-	-	-	-	-	-	-
5,60		-	-	-	-	-	-	-	-
6,20		-	-	-	-	-	-	-	-
6,60		-	-	-	-	-	-	-	-
7,10		-	-	-	-	-	-	-	-
8,00		-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda

n0 Wsp. wzmocnienia (n0,0: nieograniczona siatka; n0,1: pojedyncza kolumna)

d(A/Ac) dodatek pola przekroju (z uwagi na ściśliwość kolumny)
 n1 Wsp. wzmocnienia ze ściśliwością (n1' po redukcji)
 ft Wsp. głębokości z uwagi na naprężenie dodatkowe (fd' po redukcji)
 n2 ft' x n1'
 m1/2 udział obciążenia przypadającego na kolumny
 φ1/2 Kąt tarcia dla całego układu (z kroków n1' lub n2')
 c1/2 Spójność dla całego układu
 Eoed1/2 moduł odkształcenia dla całego układu

OSIADANIE

Głęb.		Osiadania ze wzmoc.	Typ deformacji	Wskaźnik wykorz.	Napr. dod.	Naprężenie pod fundamentem	Wsp. naprężenia
m		mm	-	-	kN/m ²	kN/m ²	-
0,00		0,1			0,0	25,0	0,00
0,50		0,1			8,8	25,0	2,85
0,87		0,8	plastyczny		15,2	24,9	1,63
1,37		0,4	plastyczny		25,7	24,6	0,95
1,67		0,0	sprężysty	6,48 %	32,0	24,2	0,76
1,80		0,0	sprężysty	6,48 %	34,8	24,2	0,70
2,00		0,0	sprężysty	6,48 %	39,2	24,2	0,62
2,50		0,0	sprężysty	6,48 %	45,2	24,2	0,54
2,70		0,0	sprężysty	6,48 %	47,6	24,2	0,51
3,20		0,0	sprężysty	6,48 %	52,6	24,2	0,46
3,70		0,0	sprężysty	6,48 %	57,6	24,2	0,42
4,20		0,0	sprężysty	6,48 %	62,6	24,2	0,39
4,70		0,0	sprężysty	6,48 %	67,6	24,2	0,36
5,10		0,0	sprężysty	6,48 %	71,6	24,2	0,34
5,60		0,0	sprężysty	6,48 %	76,6	24,2	0,32
6,10		0,0	sprężysty	6,48 %	81,6	24,2	0,30
6,20		0,0	sprężysty	6,48 %	82,6	24,2	0,29
6,60		0,0	sprężysty	6,48 %	86,6	24,2	0,28
7,10		0,0	sprężysty	6,48 %	92,1	24,2	0,26
7,60		0,0	sprężysty	6,48 %	97,3	24,2	0,25
8,00		0,0	sprężysty	6,48 %	101,5	24,2	0,24
8,50		0,0	sprężysty	6,48 %	106,5	24,2	0,23
9,00		0,2			111,5	24,2	0,22
9,50		0,2			116,5	23,6	0,20
Suma:		2,0					

Przebiecie w głowicy kolumny 0,0 mm
 Przebiecie w podstawie kolumny 1,5 mm
 Osiadanie całkowite 3,5 mm