



65-034 Zielona Góra, ul. Boh. Westerplatte 11; tel. (068) 47-84-500; fax (068) 47-84-502; e-mail: promost@promost.zgora.pl

Konto: BZ WBK S.A. I O/Zielona Góra 23 1090 1535 0000 0000 5301 9330

# EKSPERTYZA TECHNICZNA

*Temat:*

**Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465**

*Zleceniodawca:*

**Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad  
Odział w Zielonej Górze  
65-950 Zielona Góra, ul. Westerplatte 31**

*Opracowali:*

**dr inż. Józef Włosek, rzecz. bud. nr centr. rej. 43/09/R/C**

**dr inż. Piotr Dziadziuszko**

**mgr inż. Emilia Słotwińska**

**mgr inż. Paweł Słotwiński**

**mgr inż. Robert Brukowski**

Zielona Góra, czerwiec 2010

## Spis treści

### I CZĘŚĆ OPISOWA

1. Wstęp.....	5
1.1 Podstawa opracowania.....	5
1.2 Cel i zakres pracy.....	5
2. Określenie stanu obiektu drogowego .....	6
2.1 Wizualna ocena uszkodzeń.....	6
3. Przyczyny powstałych uszkodzeń.....	8
4. Analiza stateczności skarp nasypu drogowego.....	11
5. Zalecenia wzmocnienia nasypu drogowego.....	14
6. Literatura i wykorzystane materiały archiwalne.....	16

### II CZĘŚĆ RYSUNKOWA

Rys. nr 1 – Plan orientacyjny	skala 1:250 000
Rys. nr 2 – Plan sytuacyjny	skala 1:500
Rys. nr 3 – Rozmieszczenie pali	skala 1:150
Rys. nr 4 – Przekrój poprzeczny	skala 1:100

### III SPECYFIKACJA TECHNICZNA WYKONANIA KOLUMN CEM. – GRUNT. DSM

1. Wstęp.....	23
1.1. Przedmiot ST.....	23
1.2. Zakres robót objętych ST.....	23
1.3. Określenia podstawowe.....	23
2. Materiały.....	23
2.1. Zaczyn cementowy.....	23
2.2. Cementogrunt.....	24
3. Sprzęt.....	24
3.1. Uwagi ogólne.....	24
3.2. Maszyna wiertnicza.....	24
3.3. Węzeł mieszająco-tłoczący.....	25
3.4. Układy sterujący wiertnicy.....	25
	2

EKSPERTYZA TECHNICZNA  
*Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465*

---

4. Transport.....	25
5. Wykonanie robót.....	25
5.1. Przygotowanie terenu robót.....	25
5.2. Wykonanie kolumn DSM.....	26
5.3. Przygotowanie wzmocnionego podłoża do dalszych robót.....	27
6. Kontrola jakości.....	27
6.1. Projekt Wykonawczy DSM.....	27
6.2. Kontrola gęstości zaczynu cementowego.....	27
6.3. Kontrola wykonania kolumn DSM .....	27
7. Obmiar robót.....	28
8. Odbiór robót.....	28
9. Podstawa płatności.....	28
10. Przepisy związane.....	29

## **1. Wstęp.**

### **1.1 Podstawa opracowania.**

- ✓ Umowa nr P2/59/2010 zawarta w dniu 21.04.2010 r. pomiędzy Generalną Dyрекcją Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Zielonej Górze z siedzibą:  
65-950 Zielona Góra, ul. Bohaterów Westerplatte 31 zwanej „Zleceniodawcą” a  
Pracownią Projektową „Promost” Sp. z o.o. z siedzibą:  
65-034 Zielona Góra, ul. Bohaterów Westerplatte 11 zwanym „Wykonawcą”.
- ✓ Własne pomiary geodezyjne
- ✓ Własne badania geotechniczne
- ✓ Obliczenia geotechniczne stateczności oraz wzmocnienia skarp nasypu

### **1.2 Cel i zakres pracy.**

Celem pracy jest opracowanie ekspertyzy technicznej w stadium użytkowania, która pozwoli na ustalenie niezbędnych napraw oraz wzmocnienie konstrukcji korpusu drogi poprzez zabezpieczenie nasypu drogowego przed utratą stateczności skarp w ciągu drogi krajowej nr 29 od km 2+395 do km 2+465 rejon skrzyżowania drogi krajowej nr 29 i drogi wojewódzkiej nr 137 w Słubicach.

Ekspertyza obejmuje określenie stanu technicznego korpusu drogi, zakresu niezbędnych napraw i wzmocnienia nasypu wraz analizą ekonomiczną tych działań. W ramach opracowania sporządzono dokumentację geodezyjną i geotechniczną dla oceny przyczyn powstałych uszkodzeń nasypu drogowego.

Na podstawie dokonanych badań i przeprowadzonej analizy przedstawiono sposób naprawy powstałych uszkodzeń.

Ekspertyza jest podstawą do opracowania projektu wykonawczego przez wykonawcę robót.

## **2. Określenie stanu obiektu drogowego.**

Analizowany obszar usytuowany jest w południowej części Słubic na skrzyżowaniu ul. Transportowej z Szosą Rzepińską, tj. na skrzyżowaniu drogi krajowej nr 29 oraz drogi wojewódzkiej nr 137 w dolinie rzeki Odry. Na dnie doliny o rzędnych ok. 23 m npm został wykonany nasyp drogowy do rzędnych 25 – 27 m.

Od strony zachodniej w odległości ok. 12 m od jezdni zlokalizowany jest staw rybny. Poziom wody w stawie w okresie badań znajdował się na rzędnej 21,2 m npm, tj. ok. 5 m poniżej poziomu jezdni. W skarpie przebiegającej wzdłuż ul. Transportowej od strony zachodniej przebiega sieć kanalizacyjna. Wzdłuż górnej części skarpy przebiega ciąg pieszy. U podnóża skarpy rozciąga się ogrodzenie w postaci ogrodzenia metalowego na podmurówce betonowej wykonanym w miejscu prawdopodobnie zawalonego odcinka 26 m masywnego ogrodzenia murowanego.

### **2.1 Ocena stanu uszkodzeń.**

W trakcie wizji lokalnej i wywiadu stwierdzono:

W granicach od km 2+404 do km 2+430 ogrodzenie w postaci muru w okresie jesiennym 2008 r. w skutek osunięcia uległo zniszczeniu.

- ✓ Ogrodzenie zostało zastąpione lekkim płotem o konstrukcji metalowej i nadal jest obserwowany proces osuwiska (odchylenie od pionu, wyboczenia podmurówki w kierunku stawu) – **(Fot. 1,2)**
- ✓ Pozostała część ogrodzenia (w strefie południowej) w postaci muru wykazuje znaczne spękania. **(Fot. 3)**

W górnej części skarpy stwierdzono:

- ✓ Spękania nawierzchni jezdni wzdłuż krawędzi chodnika **(Fot. 4)**
- ✓ Spękania nawierzchni wzdłuż osi jezdni **(Fot. 5)**
- ✓ Nieregularne spękania jezdni **(Fot. 6)**
- ✓ Deformacja ogrodzenia łańcuchowego wzdłuż chodnika **(Fot. 7)**
- ✓ Miejscowe osiadanie chodnika i utrata równości poprzecznej **(Fot. 8)**
- ✓ Odspojenie obrzeża betonowego od chodnika **(Fot. 8)**
- ✓ Uszkodzenie krawężnika **(Fot. 9)**

### 3. Przyczyny powstałych uszkodzeń

Przyczyny powstałych uszkodzeń nasypu drogowego zostały określone w oparciu o szczegółowe wyniki badań zawarte w opracowaniach archiwalnych (pkt. 6.1, 6.3, 6.4):

- a) W podłożu nasypu drogowego rozpatrywanego odcinka drogi zalegają piasaki średnie ze żwirem, nawodnione w stanie luźnym. Na warstwie piasków zalegają grunty spoiste wykształcone w postaci pyłów piaszczystych, gliny piaszczystej w stanie twardoplastycznym lub plastycznym. Lokalnie występuje piasek pylasty z wkładkami pyłów.
- b) Nasyp drogowy zalegający na gruntach rodzimych wykonano głównie z piasków średnich lub drobnych z dodatkiem humusu lokalnie piasku gliniastego oraz gruzu. Grunty występują w stanie luźnym lub lokalnie średnio zagęszczonym. Miąższość nasypu wynosi 1,7 – 2,4 m.
- c) Badania wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  wykazały, że poniżej konstrukcji nawierzchni drogi wartość parametru zmienia się w zakresie 0,89 – 0,92 i nie spełnia wymogów normy PN-S-02205 nawet dla drogi o ruchu lekkim.
- d) Ukształtowanie skarp nasypu drogowego należy rozpatrywać wspólnie z ukształtowaniem dna zbiornika wodnego sąsiadującego z nasypem. W oparciu o przeprowadzone pomiary geodezyjne, uzasadniona jest analiza stateczności nasypu drogowego mierzona do dna zbiornika. Deformacje ogrodzenia mogą wynikać z regulacji dna zbiornika.
- e) Poziom wody gruntowej nawiercono (04.07.2009) na rzędnych od 19,3 m npm do 21,3 m npm.
- f) W stawie rybnym poziom wody kształtował się na rzędnej 21,2 m npm i zalegał ok. 5 m poniżej powierzchni jezdni. Głębokość stawu w strefie brzegowej 2 – 3 m.
- g) W skarpie wzdłuż ul. Transportowej od strony zachodniej przebiega sieć kanalizacyjna. W trakcie wizji lokalnej stwierdzono, że kolektor kanalizacji sanitarnej Ks. 200 usytuowany w korpusie nasypu, w okresie letnim 2009r. był niedrożny. Świadczyły o tym wypełnione fekaliami studnie rewizyjne (**Fot. 10**). W maju 2010 roku kanalizacja była oczyszczona (**Fot. 11,12**), jednak nie wyjaśniono przyczyn gromadzenia się ścieków w przewodach rurowych w okresie wcześniejszym. W przypadku potwierdzenia

uszkodzenia przewodów kanalizacji powinny one być usunięte podczas robót naprawczych. Niedrożna kanalizacja mogłaby być źródłem nawodnienia skarpy i pogorszenia jej stateczności. Ponadto istnieje zagrożenie przedostania się fekaliów z niedrożnej kanalizacji do stawu hodowlanego usytuowanego u podnóża skarpy.

h) Okresowe kontrolne badania geodezyjne wykonane w latach 2007 – 2009 wykazały osiadanie (archw. Pkt. 6.4):

- ✓ Jezdni – 2 cm,
- ✓ Zachodniej krawędzi chodnika – 18 cm,
- ✓ Podstawy nasypu – 34 cm.

Postępujący ruch osuwiska potwierdzono w maju 2010 w postaci fałd gruntu na skarpie w sąsiedztwie ogrodzenia (**Fot.2**)

Intensywna dynamika osiadania podstawy nasypu w porównaniu z krawędzią jezdni i chodnika, może oznaczać stały wzrost zagrożenia osuwiskiem dla korpusu drogowego.

i) Wyliczony dla stanu istniejącego współczynnik stateczności skarp jest niższy od wartości 1,5 tj. nie spełnia wymogów Rozporządzenia Ministra Transportu z dnia 02.03.1999 r. (arch..)

W związku z powyższymi badaniami i obserwacjami za główne przyczyny osiadania nasypu należy uznać:

- ✓ *Niedostateczne zagęszczenie zarówno gruntów nasypowych jak i rodzimych,*
- ✓ *Brak stateczności skarpy – współczynniki stateczności zbliżone do 1, nie spełniają wymogów Rozporządzenia Ministra Transportu z dnia 02.03.1999, które wymaga aby minimalny współczynnik stateczności przekraczał wartość 1,5.*

#### **4. Analiza stateczności skarp nasypu drogowego.**

Analizę stateczności skarpy nasypu drogowego wykonano w przekroju, w którym stwierdzono najintensywniejsze odkształcenia nasypu drogowego (przekrój w km 2+421) Obliczenia przeprowadzono przy użyciu programu „Keeler” metodą Bishopa.

## EKSPERTYZA TECHNICZNA

*Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465*

Parametry do obliczeń stateczności przyjęto z badań własnych wyznaczonych metodą „B” wg. normy PN-81/B-03020 na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych. Wybrane parametry zweryfikowano badaniami laboratoryjnymi metodą „A” (**Tab. 1**).

Obliczenia skarpy nasypu w omawianym przekroju wykazały, że minimalny współczynnik stateczności wynosi 0,96, co świadczy, że skarpy znajdują się w stanie granicznym i nie posiadają zapasu bezpieczeństwa (**Rys. 1**).

Konsekwencją niskich wartości współczynnika stateczności jest wysokie prawdopodobieństwo powstawania zsuwów powierzchniowych oraz osuwisk o głębszym zasięgu powodujących uszkodzenia skarp nasypu drogi.

W związku z powyższym zostały przeprowadzone obliczenia stateczności nasypu drogowego z uwzględnieniem wzmocnienia korpusu drogi, kolumnami DSM o średnicy 80 cm i 60 cm, które wykazały, że minimalny współczynnik stateczności ( $F_s = 1,66$ ) spełnia wymogi Rozporządzenia Ministra Transportu z dnia 02.03.1999r. (**Rys. 3**)

Limix Calc

Version 1.7

Hercules Grundläggning AB, Innovation & Design

[Back to content](#)

CC. Dry Deep Mix Properties for Stability Calculations

Column Properties

$c_{u, col}$	150	kPa
$\phi'_{col}$	35	deg
$c'_{col}$	50	kPa


Note!

The program assumes the same column properties in all layers.

Soil Properties

Layer 1			Layer 2			Layer 3			Layer 4		
$c_{u, soil}$	2	kPa	$c_{u, soil}$	28	kPa	$c_{u, soil}$	24.8	kPa	$c_{u, soil}$	0	kPa
$\phi'_{soil}$	30	deg	$\phi'_{soil}$	16.4	deg	$\phi'_{soil}$	14.5	deg	$\phi'_{soil}$	32	deg
$c'_{soil}$		kPa	$c'_{soil}$		kPa	$c'_{soil}$		kPa	$c'_{soil}$		kPa
$a$	30	%	$a$	30	%	$a$	30	%	$a$	30	%

Results



1	$c_{u, Limix}$	46.4	kPa
	$\phi'_{Limix}$	31.6	deg
	$c'_{Limix}$	15	kPa
2	$c_{u, Limix}$	64.6	kPa
	$\phi'_{Limix}$	22.6	deg
	$c'_{Limix}$	15	kPa
3	$c_{u, Limix}$	62.36	kPa
	$\phi'_{Limix}$	21.4	deg
	$c'_{Limix}$	15	kPa
4	$c_{u, Limix}$	45	kPa
	$\phi'_{Limix}$	32.9	deg
	$c'_{Limix}$	15	kPa

Formulas used

$$c_u = a \cdot c_{u, col} + (1-a) \cdot c_{u, soil}$$

$$\tan \phi' = a \cdot \tan \phi'_{col} + (1-a) \cdot \tan \phi'_{soil}$$

$$c' = a \cdot c'_{col} + (1-a) \cdot c'_{soil}$$

The results are used as input in a slope stability program.

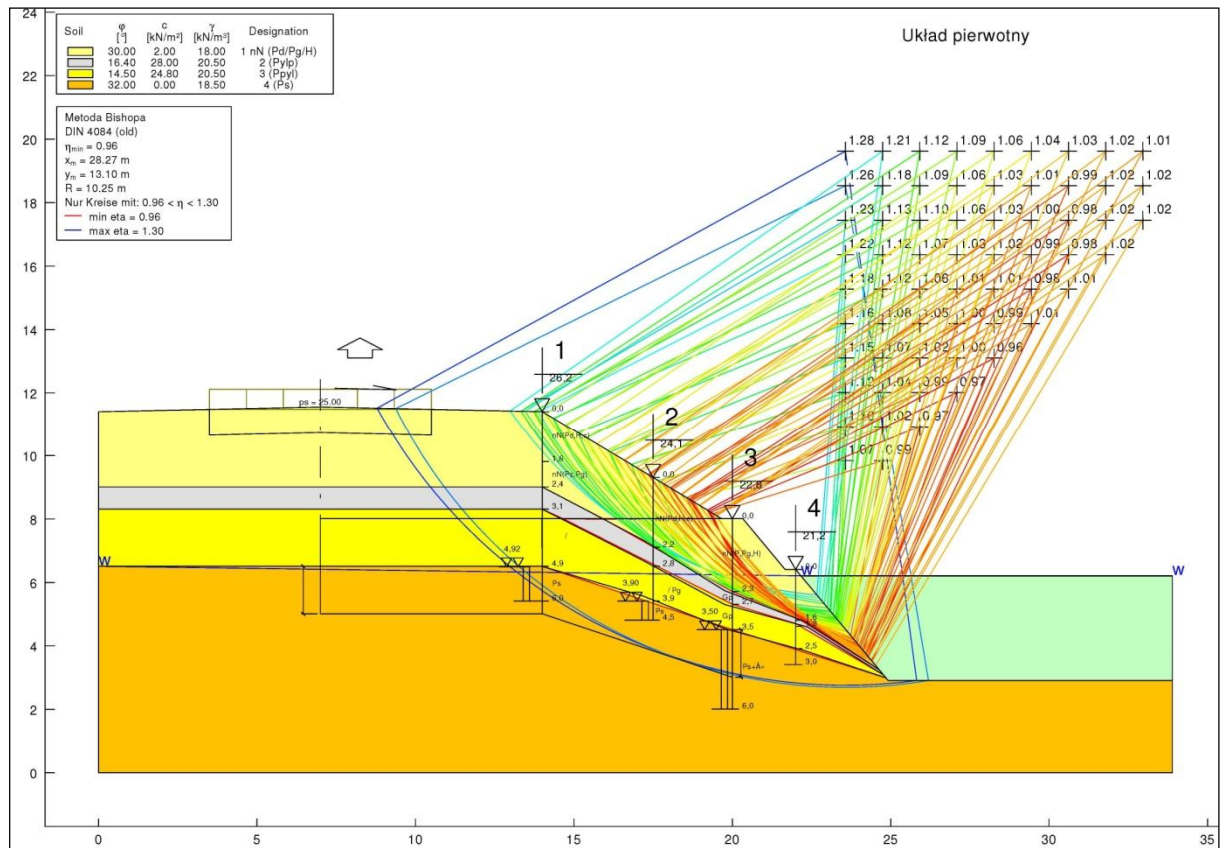
Example SLOPE/W

Tab. 1 Parametry geotechniczne poszczególnych warstw przekroju w km 2+421



# EKSPERTYZA TECHNICZNA

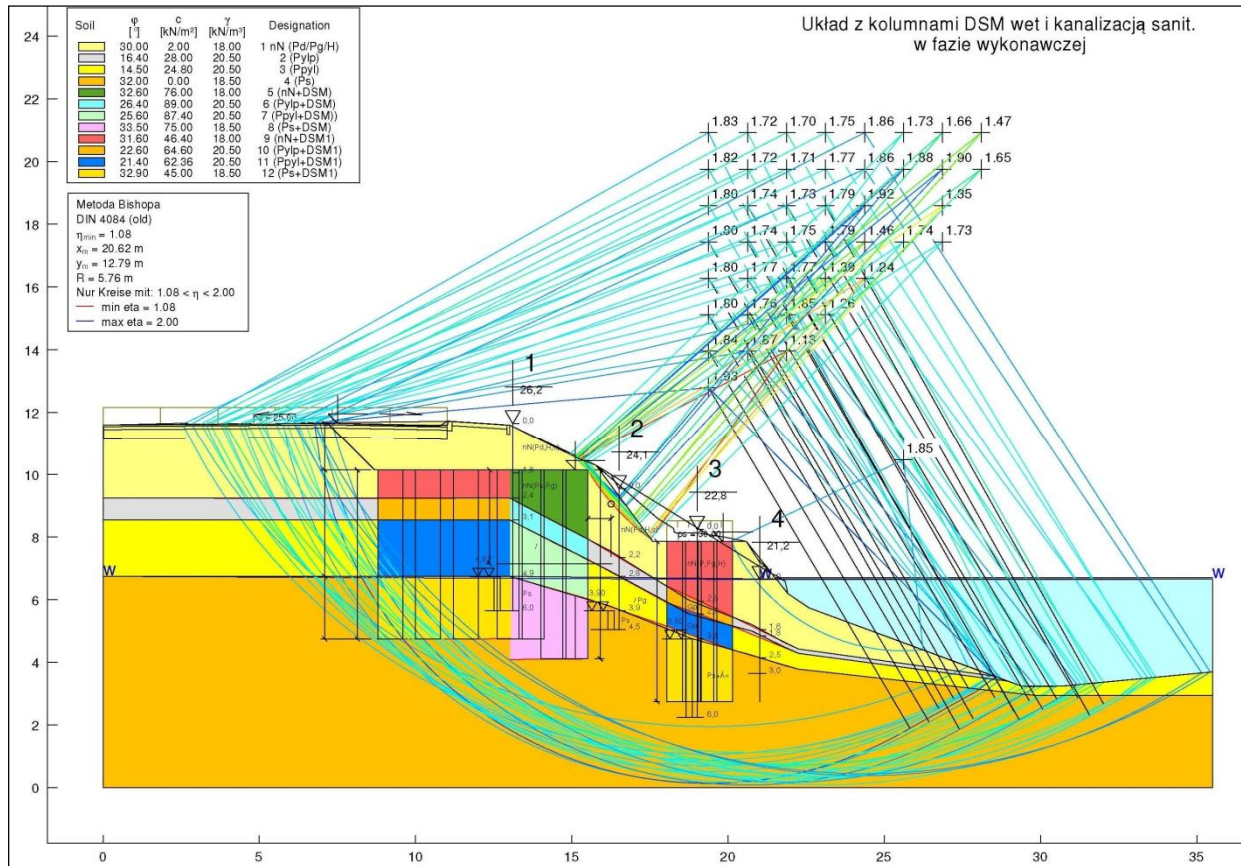
*Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465*



*Rys. 1 Analiza stateczności korpusu drogi w układzie pierwotnym.*

# EKSPERTYZA TECHNICZNA

*Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465*

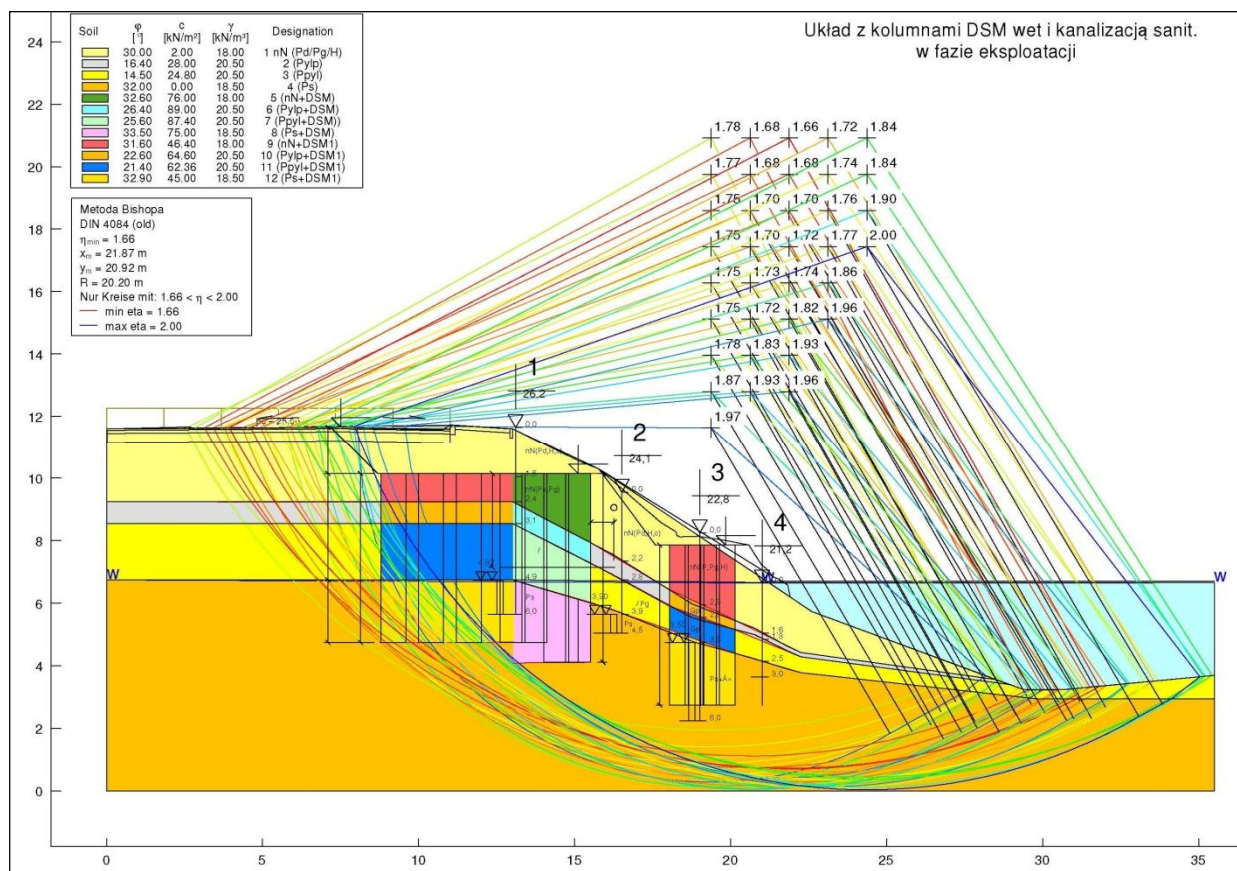


Rys. 2 Analiza stateczności korpusu drogi w układzie z kolumnami DSM wet i kanalizacją sanitarną w fazie wykonawczej.

Ze względu na fakt, iż w układzie przejściowym (faza wykonawcza) współczynnik stateczności jest niski ( $F_s = 1.08$ ) z uwagi na podciętą skarpe, należy przed przystąpieniem do robót konieczne zabezpieczyć przed uszkodzeniem instalacje znajdujące się w korpusie drogi. (Rys. 2)

## EKSPERTYZA TECHNICZNA

*Ekspertyza techniczna drogi krajowej nr 29 w rejonie skrzyżowania  
z drogą wojewódzką nr 137 od km 2+395 do km 2+465*



Rys. 3 Analiza stateczności korpusu drogi w układzie z kolumnami DSM wet i kanalizacją sanitarną w fazie eksploatacji.

### 5. Zalecenia wzmocnienia nasypu drogowego:

Uwzględniając dynamikę osiadań podstawy nasypu oraz utratę stateczności skarpy, zaleca się wzmocnienie korpusu drogi na odcinku od km 2+395 do km 2+465 poprzez wykonanie kolumn cementowo – gruntowych, DSM:

a) Górną część nasypu drogi należy wzmocnić za pomocą kolumn DSM 800:

- ✓ Kolumny pojedyncze DSM o średnicy 80 cm w siatce trójkątów równobocznych o wymiarach (1,4m x 1.4m i długości 5,4m) w ilości 135 szt. należy rozmieścić następujący sposób:

- Pierwszy rząd kolumn pojedynczych oddalony jest od osi jezdni o 1,70m, drugi rząd o 2,90, natomiast trzeci o 4,10m.

- ✓ Kolumny DSM o średnicy 80 cm w układzie paneli (pierwszy rząd kolumn oddalony od osi jezdni 5,5m):
  - 56 szt., dł. 5,4m
  - 56 szt., dł. 6,0m
  - 108 szt., dł. 3,0m

b) Dolną część nasypu drogi należy wzmocnić za pomocą kolumn DSM 600:

- ✓ Kolumny DSM o średnicy 60 cm w układzie paneli (pierwszy rząd kolumn oddalony od osi jezdni 10,8m):
  - 100 szt. dł. 5,1m

Układ pali uwzględnia usytuowanie kanalizacji sanitarnej, trzech linii energetycznych oraz linii telekomunikacyjnej. Zapewniony jest również, spływ wód podziemnych poprzez palisadę pali DSM.

Szczegółowe usytuowanie sieci podziemnych należy ustalić w projekcie wykonawczym.

W szczególności należy zwrócić uwagę na ewentualne sieci podziemne związane z infrastrukturą wojskową w strefie przygranicznej.

Zakres robót związanych z wykonaniem wzmocnienia nasypu drogowego obejmuje:

- ✓ Rozebranie chodnika na długości od km 2+395 do km 2+465, usunięcie nienośnego nasypu piaszczysto – humusowego ze skarpy.
- ✓ Rozebranie konstrukcji nawierzchni na pasie ruchu od strony zachodniej na odcinku od km 2+400 do km 2+463,5, usunięcie nasypu do podłoża przy osi nasypu.
- ✓ Na podstawie przeprowadzonej oceny stanu kanału po odkryciu, ewentualne oczyszczenie i remont kanalizacji sanitarnej przebiegającej w skarpie od strony zachodniej.
- ✓ Przebudowa trzech linii energetycznych i linii telekomunikacyjnej.
- ✓ Wzmocnienie korpusu drogi kolumnami DSM o średnicy 80 cm i 60 cm.
- ✓ Wykonanie podsypki z kruszywa gr. 20 cm.
- ✓ Wykonanie materaca z kruszywa 0/31,5 w geosiatce o szerokości 6,8m, gr. 0,4m.
- ✓ Wykonanie nowego nasypu z gruntów niespoistych połączonego z istniejącym nasypem metodą schodkową.
- ✓ Zabezpieczenie przeciwoerozyjne skarpy nasypu płytami ażurowymi, z wypełnieniem humusem i obsianiem trawą

✓ Wykonanie konstrukcji jezdni i chodnika

## **6. Wykorzystane materiały archiwalne i literatura**

- 6.1    Opinia o geotechnicznych warunkach posadowienia do projektu budowlanego modernizacji skrzyżowania drogi krajowej nr 29 i drogi wojewódzkiej nr 137 w Słubicach, opr. „ArtGeo”, Szczecin, 2004r.
- 6.2    Projekt architektoniczno budowlany, Branża drogowa, opr. „Interprojekt”, Gorzów, 2005r.
- 6.3    Opinia techniczna dotycząca przyczyn osiadania nasypu drogowego w ciągu drogi krajowej nr 29, opr. „Interprojekt”, Gorzów, 2006r.
- 6.4    Opinia techniczna dotycząca osiadania nasypu drogowego w ciągu drogi krajowej nr 29 od km 2+380 do km 2+430 rejon skrzyżowania drogi krajowej nr 29 i drogi wojewódzkiej nr 137 w Słubicach, „Promost” Zielona Góra lipiec 2009
- 6.5    PN-S-02205 – Drogi samochodowe. Roboty ziemne.
- 6.6    PN-B-04481 – Grunty budowlane. Badania próbek gruntów.
- 6.7    PN-81/B03020 – Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli.
- 6.8    BN-77/8931-12 – Oznaczenie wskaźnika zagęszczenia gruntu.
- 6.9    Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Wyd. GDDP, Warszawa 1998 r.
- 6.10   Instrukcja ITB nr 304 – Posadowienie obiektów budowlanych w sąsiedztwie skarp i zboczy. Warszawa 1991.
- 6.11   Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 02.03.1999 (Dz.U. Nr 43 poz. 430 z 1999 r.).
- 6.12   Bartkiewicz P., Stasierski J. – Instrukcja Użytkowania programu do obliczeń stateczności skarp zboczy ziemnych na poślizg. Warszawa 1999.
- 6.13   Wiłun Z. – Zarys geotechniki. WKiŁ. Warszawa 2000.
- 6.14   Czyżewski K., Wolski W., Wójcik S., Żbikowski A. – Zapory ziemne. Wyd. Arkady, Warszawa 1973.

**III SPECYFIKACJA TECHNICZNA**  
**WYKONANIA KOLUMN**  
**CEMENTOWO – GRUNTOWYCH DSM**

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot ST**

Przedmiotem niniejszej ST są wymagania techniczne dotyczące wykonania i odbioru robót związanych ze wzmocnieniem podłoża gruntowego za pomocą kolumn DSM w rejonie skrzyżowania z drogą wojewódzką nr 137 w Słubicach, wykonywanych metodą głębokiego mieszania gruntu na mokro, obejmujące:

- a) sposób wykonania kolumn DSM,
- b) wymagania sprzętowe,
- c) kontrolę jakości kolumn prowadzoną w czasie ich wykonywania i po zakończeniu robót,
- d) sporządzenie dokumentacji powykonawczej.

### **1.2. Zakres robót objętych ST**

Ustalenia zawarte w niniejszej ST mają zastosowanie przy wykonaniu i odbiorze kolumn DSM i obejmują:

- prace pomiarowe i oznakowanie robót,
- opracowanie Projektu Wykonawczego wykonania kolumn,
- zakup i dostarczenie materiałów,
- ustalenie parametrów produkcyjnych i wykonanie kolumn DSM,
- wykonanie wymaganych w ST badań kontrolnych,
- inne niezbędne czynności, bezpośrednio związane z wykonaniem kolumn DSM.

### **1.3. Określenia podstawowe**

Stosowane określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami.

Kolumna DSM – kolumna z cementogruntu powstała przez wprowadzenie w podłoże zaczynu cementowego i jego wymieszanie z gruntem zalegającym „in situ” za pomocą specjalnego mieszadła. Średnica kolumny odpowiada maksymalnemu wymiarowi poprzecznemu końcówki mieszającej, obracanej w gruncie.

## **2. MATERIAŁY**

### **2.1. Zaczyn cementowy**

Zaczyn cementowy jest przygotowywany na budowie z wykorzystaniem cementu CEM II 32,5 R lub równoważnego. Ilość cementu wprowadzonego do gruntu musi zapewnić uzyskanie odpowiedniej, określonej w projekcie wytrzymałości  $R_p$  na ściskanie jednoosiowe gotowego cementogruntu.



## **2.2. Cementogrunt**

Cementogrunt powstały po zmieszaniu „in situ” gruntu z zaczynem cementowym powinien mieć wytrzymałość na ściskanie  $R_p \geq 3,0$  MPa. Współczynnik bezpieczeństwa (materiałowy) w stosunku do maksymalnych naprężeń obliczeniowych działających na pojedynczą kolumnę powinien wynosić, co najmniej  $\eta = 2,5$ .

Osiągnięcie wytrzymałości projektowej  $R_p$  należy potwierdzić na podstawie wyników badań jednoosiowego ściskania próbek cementogruntu wykonanych po upływie 28 dni. Badanie wytrzymałości cementogruntu należy wykonać na próbkach pobieranych z materiału świeżo wykonanej i losowo wybranej kolumny. Należy pobrać jedną serię próbek na około 500 mb wykonanych kolumn DSM (1 seria obejmuje 4 normowe kostki próbne, pobrane ze świeżo wykonanej kolumny). Próby na ściskanie należy wykonać w uprawnionym laboratorium badawczym, po upływie 28 dni od pobrania próbek.

Dla cementogruntu proces wiązania jest dużo wolniejszy niż dla betonu. Po 28 dniach dojrzewania cementogruntu osiąga, co najmniej 70% wytrzymałości docelowej po 56 dniach. Tym samym próbki cementogruntu badane po 28 dniach dojrzewania powinny uzyskać wytrzymałość:

$$R_p (28 \text{ dni}) = 0,7 * 3,0 = 2,1 \text{ MPa.}$$

## **3. SPRZĘT**

### **3.1. Uwagi ogólne**

Specjalistyczny sprzęt do mieszania wglębnego (DSM) powinien zapewnić wykonanie robót odpowiednio do warunków gruntowych i wymagań określonych w specyfikacji oraz w Projekcie. Wykonawca robót powinien dysponować odpowiednim parkiem maszynowym (części, zapasowe maszyny) dla zapewnienia ciągłości robót w przypadku awarii sprzętu.

### **3.2. Maszyna wiertnicza**

Zastosowane urządzenie musi zapewnić pogrążenie końcówki mieszającej na podaną głębokość. Kształt i umiejscowienie łopatek końcówki mieszającej powinno zapewnić należyte wymieszanie gruntu z zaczynem cementowym. Zaczyn cementowy, pompowany ze stacji mieszania, przechodzi przez wydrążoną żerdź wiertniczą i zostaje wtłoczony w grunt przez dyszę wylotową na spodzie końcówki mieszającej.

Średnicę kolumny DSM, wynikającą z rozmiaru końcówki mieszającej obracanej w gruncie, należy przyjąć zgodnie z Projektem, tj. **80 cm i 60 cm**.



### **3.3. Węzeł mieszająco-tłoczący**

Mieszalnik umożliwia przygotowanie na terenie budowy odpowiedniej ilości zaczynu cementowego. Pompa musi zapewnić ciągłe i kontrolowane podawanie zaczynu cementowego.

### **3.4. Układy sterujący wiertnicy**

Wiertnica powinna być wyposażona w automatyczny układ monitorujący umożliwiający rejestrowanie:

- 1) numeru kolumny,
- 2) daty oraz godziny rozpoczęcia i zakończenia kolumny,
- 3) czasu mieszania,
- 4) głębokości pograżenia końcówki mieszającej,
- 5) ilości wpompowanego zaczynu.

## **4. TRANSPORT**

Transport, rozładunek i montaż maszyn powinien odbywać się z zachowaniem wszystkich wymogów odnośnie przewozu maszyn budowlanych i zasad BHP.

Załadunek, transport, rozładunek, składowanie, mieszanie i podawanie zaczynu do wykonania kolumn DSM powinno odbywać się z zachowaniem odpowiednich przepisów BHP oraz zasad bezpieczeństwa ruchu drogowego.

## **5. WYKONANIE ROBÓT**

### **5.1. Przygotowanie terenu robót**

Przygotowanie terenu polega na sprawdzeniu i wytyczeniu miejsca prowadzenia robót oraz na wykonaniu niezbędnych robót ziemnych, usunięciu instalacji przewidzianych do likwidacji, drzew, krzewów i przygotowaniu stabilnej powierzchni dla wykonania kolumn DSM. Stan powierzchni roboczej musi pozwalać na bezpieczną pracę maszyny i transport spoiwa do miejsca robót w każdych warunkach pogodowych.

W przypadku uzasadnionych przesłanek napotkania nie zinwentaryzowanych instalacji podziemnych lub niewypałów należy przeprowadzić odpowiednie badania geofizyczne podłoża i wykonać odkrywki instalacji.

Miejsca wykonania kolumn DSM należy wyznaczyć geodezyjnie lub na podstawie domiaru taśmą pomiarową do bazowych punktów osnowy wyznaczonych geodezyjnie i odpowiednio oznaczyć w terenie za pomocą szpilki lub kołka drewnianego. Dokładność wytyczenia środka kolumny nie powinna przekraczać tolerancji  $\pm 10$  cm.

Przed przystąpieniem do robót konieczne jest zabezpieczenie przed uszkodzeniem instalacji znajdujących się w podłożu.

Dla potrzeb przeprowadzenia robót rozbiórkowych nawierzchni i podłoża wykonawca robót wykona projekt wykonawczy – uwzględniający zabezpieczenie głębokich wykopów wraz projektem tymczasowej organizacji ruchu.

Podczas prowadzenia prac naprawczych konieczny jest stały nadzór geotechniczny zdolny do podejmowania niezbędnych działań w przypadku wystąpienia nieprzewidzianych okoliczności.

## **5.2. Wykonanie kolumn DSM**

Wykonanie kolumn DSM obejmuje przygotowanie zaczynu w mieszalniku oraz formowanie kolumn w gruncie z poziomu platformy roboczej za pomocą wiertnicy z zamontowaną na niej końcówką mieszającą.

Zaczyn cementowy przygotowywany w mieszalniku powinien mieć odpowiednią gęstość objętościową (lub ekwiwalentnie stosunek W/C), którą optymalizuje na miejscu Inżynier budowy zależnie od obserwowanego przebiegu mieszania (typowe gęstości wynoszą 1,50 do 1,70 g/cm<sup>3</sup> lub mają W/C<1, do 0,65). Minimalna ilość cementu na 1 m<sup>3</sup> kolumny wynosi 320 kg. Przed rozpoczęciem pompowania operator stacji sprawdza gęstość każdej partii przygotowanego zaczynu za pomocą areometru i notuje wynik pomiaru.

Końcówkę mieszającą wiertnicy należy ustawić ponad oznakowanym punktem wyznaczającym oś kolumny. Następnie końcówkę mieszającą wkręca się w grunt pompując równocześnie zaczyn cementowy z ustaloną prędkością przepływu (w litrach/minutę). Otwór wylotowy zaczynu znajduje się na końcu świda, a wiertnica jest połączona z mieszalnikiem za pomocą węża.

Po osiągnięciu głębokości określonej w projekcie i nośnego gruntu następuje naprzemienne podnoszenie i opuszczanie obracanej końcówki mieszającej. Czynności te są powtarzane w celu dobrego wymieszania zaczynu z gruntem, co ma istotne znaczenie przy formowaniu kolumn w gruntach uwarstwionych i spoistych. Całkowita ilość zaczynu cementowego użytego do wykonania kolumny DSM powinna być mierzona za pomocą przepływomierza.

Kolumny DSM nie powinny być wykonywane przy temperaturze powietrza poniżej -3°C. Głowice kolumn DSM po wyrównaniu lub skuciu do wymaganego poziomu należy zabezpieczyć przed przemarzaniem. W przypadku pęknięcia lub rozkruszenia kolumny należy rozkuć głębiej i uzupełnić betonem klasy min. C8/10.

Po wykonaniu kolumn DSM należy odczekać ok. 3 dni (w tym czasie w obszarze wykonanych kolumn nie dopuszcza się ruchu ciężkiego sprzętu). Przystąpienie do dalszych prac oraz do ewentualnego skracania kolumn do wymaganego poziomu należy uzgodnić z Inżynierem budowy podwykonawcy odpowiedzialnego za wykonanie kolumn.

### **5.3. Przygotowanie wzmocnionego podłoża do dalszych robót**

Przed wykonaniem fundamentów tunelu i murów oporowych platformę należy wyrównać i/lub ściąć uformowane kolumny do wymaganego poziomu projektowego za pomocą koparki z łyżką o gładkiej krawędzi (nie należy stosować łyżki z zębatą krawędzią) lub rozkuć kolumny. Odłamane fragmenty kolumn należy usunąć, a ewentualne ubytki w przekroju poprzecznym kolumn należy uzupełnić betonem klasy min. C8/10.

Grunt dookoła kolumn i pomiędzy nimi należy wyrównać i powierzchniowo zagęścić zagęszczarką płytową w celu przygotowania powierzchni dla wykonania fundamentów.

Wszelkie wykopy w pobliżu kolumn sięgające poniżej poziomu posadowienia fundamentów, które mogłyby mieć niekorzystny wpływ na wykonane wzmocnienie podłoża, wymagają wnikliwej analizy i zgody Inżyniera.

## **6. KONTROLA JAKOŚCI**

### **6.1. Projekt Wykonawczy DSM**

Projekt Wykonawczy wykonania wzmocnienia podłoża w technologii DSM powinien być opracowany przez Wykonawcę i zaakceptowany przez Projektanta oraz niezależnego Inżyniera przed rozpoczęciem robót.

### **6.2. Kontrola gęstości zaczynu cementowego**

Gęstość zaczynu po wymieszaniu w zbiorniku należy sprawdzać za pomocą areometru i notować przed każdym rozpoczęciem tłoczenia.

### **6.3. Kontrola wykonania kolumn DSM**

Kontrola wykonanych kolumn DSM obejmuje:

- a) Wykonanie każdej kolumny należy udokumentować w zestawieniu zbiorczym, które musi obejmować: datę wykonania, numer kolumny (zgodny z oznaczeniem na rysunku powykonawczym), zagłębienie kolumny poniżej poziomu roboczego (długość kolumny), ilość zużytego zaczynu.
- b) Wykonanie, co najmniej 70% wszystkich kolumn powinno być udokumentowane zapisem z automatycznego rejestratora, kontrolującego parametry produkcyjne.
- c) Wytrzymałość na ściskanie jednoosiowe kolumn DSM należy sprawdzić po 28 dniach od wykonania na znormalizowanych próbkach sześciennych. Próbki należy uformować ze świeżego materiału pobranego podczas wykonywania kolumn i przechować do czasu wykonania badania w warunkach zbliżonych do warunków panujących na placu budowy. Badania na ściskanie należy wykonać w niezależnym laboratorium. Osiągnięta wytrzymałość na ściskanie musi być zgodna z wymaganiami Projektu i niniejszej Specyfikacji Technicznej.

- d) Usytuowanie kolumn DSM w planie powinno spełniać wymagania określone w Projekcie Wykonawczym. Liczba kolumn pod fundamentami powinna być zgodna z Projektem. Dopuszczalne odchylenie położenia kolumn względem punktu teoretycznego nie powinno przekraczać  $\pm 20$  cm. Nie wymaga się geodezyjnej inwentaryzacji powykonawczej kolumn, które stanowią elementy objętościowego wzmocnienia podłoża.

## **7. OBMIAR ROBÓT**

Jednostką obmiaru jest 1 mb wykonanej kolumny DSM. Długość każdej kolumny liczy się od poziomu roboczego do rzeczywistej głębokości penetracji miesadła w podłoże, biorąc pod uwagę zapis z automatycznego rejestratora lub długość podawaną przez operatora palownicy.

Za podstawę obmiaru przyjmuje się sumaryczną liczbę metrów bieżących (mb) wykonanych kolumn DSM, wykazaną w odpowiednim zestawieniu zbiorczym.

## **8. ODBIÓR ROBÓT**

Kolumny DSM należy uznać za wykonane zgodnie z wymaganiami Projektu, norm, niniejszej Specyfikacji i kontraktu, jeżeli wszystkie przewidziane badania kontrolne dały wynik pozytywny oraz jeżeli zostały dotrzymane warunki postanowień ogólnych.

Do odbioru końcowego robót Wykonawca musi przedstawić:

- a) Dokumentację powykonawczą z naniesionymi zmianami i uzupełnieniami dokonanymi w trakcie robót.
- b) Szkice geodezyjnego wytyczenia kolumn lub punktów bazowych.
- c) Zbiorcze zestawienie wszystkich wykonanych kolumn, obejmujące: datę wykonania, numer kolumny, długość kolumny i ilość zużytego zaczynu.
- d) Zapisy automatycznego urządzenia rejestrującego, obejmujące, co najmniej 70% wszystkich wykonanych kolumn (na nośniku magnetycznym).
- e) Pozytywne wyniki badań wytrzymałości cementogruntu na ściskanie.
- f) Deklaracje zgodności lub atesty na cement.

## **9. PODSTAWA PŁATNOŚCI**

Cena wykonania 1 mb kolumn DSM obejmuje:

- sporządzenie Projektu Wykonawczego,
- transport sprzętu i organizację placu budowy dla potrzeb wykonania kolumn DSM,
- zakup i dostarczenie materiałów oraz pozostałych niezbędnych składników produkcji,
- wytyczenie w terenie kolumn DSM,
- wykonanie kolumn DSM,
- przeprowadzenie wymaganych w ST kontrolnych badań próbek cementogruntu,

- sporządzenie Dokumentacji powykonawczej,
- demontaż sprzętu i zwinięcie placu budowy dla potrzeb wykonania kolumn DSM,
- inne niezbędne czynności, bezpośrednio związane z wykonaniem kolumn.

Podstawą końcowej płatności jest sporządzenie i przekazanie dokumentacji powykonawczej zawierającej plan rozmieszczenia kolumn DSM z podaniem ich długości, zgodnie z niniejszą Specyfikacją Techniczną i Dokumentacją Techniczną.

## **10. PRZEPISY ZWIĄZANE**

- a) PN-EN 14679: 2005 - Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Wgłębne mieszanie gruntu.
- b) PN-B-02481: 1998 - Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar.
- c) PN-B-06050: 1999 - Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- d) PN-B-04452: 2002 - Geotechnika. Badania polowe.
- e) PN-88/B-04481 - Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- f) Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym: GDDP, Opracowanie IBDiM, Warszawa 2002.