

BRANŻOWY ZAKŁAD DOŚWIADCZALNY  
BUDOWNICTWA DROGOWEGO I MOSTOWEGO Sp. z o.o.

OGÓLNE SPECYFIKACJE TECHNICZNE

**D - 02.01.01a**

**WZMOCNIENIE SKARPY LUB ZBOCZA  
KONSTRUKCJĄ OPOROWĄ  
Z GRUNTU GWOŹDZIOWANEGO**



Warszawa 2004

Jednostka autorska,  
opracowanie edytorskie i rozpowszechnienie:  
Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego  
i Mostowego Sp. z o.o.  
03-828 Warszawa, ul. Mińska 65, tel. (0-22) 331-79-45, 871-87-90, fax (0-22) 331-79-46  
www.bzdbdim.w.pl

Niniejsza ogólna specyfikacja techniczna służy jako podstawa sporządzania szczegółowej specyfikacji technicznej przy zlecaniu i realizacji robót na drogach, ulicach i placach.

Treść ogólnej specyfikacji technicznej jest aktualna na dzień 1 marca 2004 r.  
Przy sporządzaniu szczegółowej specyfikacji technicznej należy uaktualnić przepisy zawarte w wykorzystywanej niniejszej ogólnej specyfikacji technicznej.

---

## SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP</b>	.....
<b>2. MATERIAŁY</b>	.....
<b>3. SPRZĘT</b>	.....
<b>4. TRANSPORT</b>	.....
<b>5. WYKONANIE ROBÓT</b>	.....
<b>6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT</b>	.....
<b>7. OBMIAR ROBÓT</b>	.....
<b>8. ODBIÓR ROBÓT</b>	.....
<b>9. PODSTAWA PŁATNOŚCI</b>	.....
<b>10. PRZEPISY ZWIĄZANE</b>	.....
<b>11. ZAŁĄCZNIKI</b>	.....1
	2

---

## NAJWAŻNIEJSZE OZNACZENIA I SKRÓTY

OST	- ogólna specyfikacja techniczna
SST	- szczegółowa specyfikacja techniczna
IBDiM	- Instytut Badawczy Dróg i Mostów

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Przedmiot OST**

Przedmiotem niniejszej ogólnej specyfikacji technicznej (OST) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem konstrukcji z gruntu gwoździowanego.

### **1.2. Zakres stosowania OST**

Ogólna specyfikacja techniczna (OST) stanowi podstawę opracowania szczegółowej specyfikacji technicznej (SST) stosowanej jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót na drogach, ulicach i placach.

### **1.3. Zakres robót objętych OST**

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i odbiorem konstrukcji z gruntu gwoździowanego, powstającej w wyniku uzbrojenia gruntu rodzimego za pomocą prętów stalowych lub innych elementów.

Grunt gwoździowany można stosować do stabilizacji zboczy ścian wykopów, stromych skarp lub do wzmacniania podłoża. Metoda może służyć do formowania in situ ścian oporowych, zwłaszcza umożliwiających zastąpienie łagodnej skarpy - stromą lub pionową ścianą.

### **1.4. Określenia podstawowe**

**1.4.1.** Grunt gwoździowany - grunt rodzimy uzbrojony za pomocą prętów stalowych lub innych elementów w celu ustabilizowania zbocza, ściany wykopu, stromej skarpy, podłoża itp.

**1.4.2.** Ściana gwoździowana - konstrukcja z gruntu gwoździowanego, pionowa, pochylona pod różnymi kątami lub schodkowana, stanowiąca blok tworzywa zespolonego z gruntu i elementów zbrojenia, który zachowuje się jak konstrukcja masywna.

**1.4.3.** Zbocze (stok) - naturalna pochyła powierzchnia terenu przyległego do drogi.

**1.4.4.** Skarpa - zewnętrzna boczna powierzchnia nasypu lub wykopu, o kształcie i nachyleniu dostosowanym do właściwości gruntu i lokalnych uwarunkowań.

**1.4.5.** Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.4.

### **1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót**

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 1.5.

## **2. MATERIAŁY**

### **2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów**

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 2.

### **2.2. Materiały do wykonania**

#### **2.2.1. Zgodność materiałów z dokumentacją projektową**

Materiały do wykonania konstrukcji z gruntu gwoździowanego powinny być zgodne z ustaleniami dokumentacji projektowej lub SST.

W przypadku braku wystarczających danych, przy wyborze materiałów można korzystać z ustaleń podanych w załączniku 1 w zakresie ich rodzajów i charakterystyk technicznych.

W trwałych konstrukcjach gwoździowanych elementy metalowe powinny być zabezpieczone przed korozją przez dodatkową grubość elementu względnie powłoki ochronne (galwanizowane lub epoksydowe).

#### **2.2.2. Gwoździe**

Materiał, z którego wykonane są gwoździe, ich wymiary i cechy techniczne powinny odpowiadać wymaganiom określonym w dokumentacji projektowej.

Można rozpatrywać stosowanie gwoździ z:

- prętów stalowych, np. średnicy 20 do 30 mm, żebrowanych ze stali AIII lub AII, wg wymagań OST D-03.01.01 [4],
- rur, kątowników i innych elementów stalowych, wg wymagań OST D-07.06.01 [6],
- prętów, cięgien, taśm z tworzyw sztucznych lub włókna szklanego, wg wymagań producentów,
- mikropali „Titan”, wg załącznika 2.

#### **2.2.3. Materiał do wypełnienia otworu w gruncie, w którym osadzono gwoździe**

Osadzenie gwoździa (pręta) w otworze wykonanym metodą wiertniczą wymaga wypełnienia otworu płynnym materiałem cementowym, tworzącym po stwardnieniu buławę wokół rdzenia.

Zależnie od sposobu wprowadzenia wypełnienia otworu (grawitacyjnie lub pod ciśnieniem), uwzględniając wymagania producenta sprzętu pompującego i ustalenia dokumentacji projektowej można przyjąć jako materiał wypełniający otwór w gruncie: zaczyn cementowy, zaprawę cementową lub zawiesinę cementową z ewentualnym środkiem przeciwskurczowym, pod warunkiem zaakceptowania materiału przez Inżyniera.

#### **2.2.4. Materiały do wykonania osłony ściany**

Osłona zewnętrzna ściany z gruntu gwoździowanego powinna być zgodna z ustaleniami dokumentacji projektowej.

Materiały do wykonania osłony powinny spełniać wymagania dokumentacji projektowej, aprobat technicznych i ustaleń producentów, jak np.:

- geosyntetyki, siatki lub ruszty metalowe, maty komórkowe, ewentualnie z osłoną przeciwoerozyjną i z okrywą roślinną (można korzystać z ustaleń OST D-06.01.01 [5]),
- żelbetowe lub betonowe, również formowane metodą natryskową, w deskowaniu lub montowane z prefabrykatów, z elementami odwodnienia (można korzystać z ustaleń OST D-10.01.01 [7]).

#### 2.2.5. Inne materiały

Inne materiały, które dokumentacja projektowa może przewidywać do budowy ścian gwoździowanych powinny być trwałe, odporne na kontakty z gruntem oraz zgodne z wymaganiami dokumentacji projektowej, producentów i ew. aprobat technicznych. Do nich mogą należeć:

- elementy stalowe, jak płyty dociskowe prętów, nakrętki, osłonki pręta (np. faliste rurki osłonowe), łączniki pręta,
- dystansery (np. plastikowe elementy dystansowe), utrzymujące odstęp pręta od ścian otworu gruntowego,
- elementy betonowe (np. ławy), które powinny mieć klasę co najmniej B35, stopień mrozoodporności F75 i stopień wodoszczelności W4,
- materiały odwodnieniowe, np. taśmy i płyty drenujące, porowaty beton, rurki drenarskie, dreny skarpowe, itp.,
- zasyпка gruntowa, odpowiadająca wymaganiom OST D-02.00.00 [3].

### 3. SPRZĘT

#### 3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 3.

#### 3.2. Sprzęt stosowany do wykonania robót

Wykonawca przystępujący do wykonania robót, w zależności od sposobu ich wykonania, powinien wykazać się możliwością korzystania ze sprzętu lekkiego, pracującego na ograniczonej przestrzeni do:

- wprowadzenia prętów udarowo, wibracyjnie lub strzałowo, względnie
- wiercenia otworów w gruncie, w tym np. metodą wiercenia obrotowo-udarowego z jednoczesnym wtlaczaniem zawiesziny cementowej przy wykonywaniu mikropali „Titan”,
- wykonania okładziny ściany z gruntu gwoździowanego, przy użyciu np. betoniarki, zagęszczarki, torkretnicy, sprzętu do układania geosyntetyków lub mat komórkowych itp.

## **4. TRANSPORT**

### **4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu**

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 4.

### **4.2. Transport materiałów**

Transport materiałów może być dokonany dowolnym środkiem transportu, w warunkach zabezpieczających je przed przemieszczeniem, zanieczyszczeniem oraz zmieszaniem z innymi materiałami.

Materiały metalowe powinno się przewozić w warunkach zabezpieczających je przed korozją.

## **5. WYKONANIE ROBÓT**

### **5.1. Ogólne zasady wykonania robót**

Ogólne zasady wykonania robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 5.

### **5.2. Zasady wykonywania**

Konstrukcja i sposób wykonania gruntu gwoździowanego powinny być zgodne z dokumentacją techniczną i SST. W przypadku braku wystarczających danych można korzystać z ustaleń podanych w zał. 1 i 2 niniejszej OST.

Podstawowe czynności przy wykonywaniu ściany gwoździowanej obejmują:

1. roboty przygotowawcze,
2. wykopy,
3. wykonanie powłoki na skarpie i umieszczenie w ścianie wykopu gwoździ,
4. roboty wykończeniowe.

### **5.2. Roboty przygotowawcze**

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy, na podstawie dokumentacji projektowej, SST lub wskazań Inżyniera:

- ustalić lokalizację robót,
- przeprowadzić obliczenia i pomiary geodezyjne niezbędne do szczegółowego wytyczenia robót oraz ustalenia punktów wysokościowych.

Zaleca się korzystanie z ustaleń OST D-01.00.00 [2] w zakresie niezbędnym do wykonania robót odtworzenia trasy i punktów wysokościowych.

### **5.3. Wykopy przy ścianie**

Wykopy przy ścianie należy wykonać w sposób zgodny z ustaleniami dokumentacji projektowej, SST lub wskazaniami Inżyniera przy korzystaniu z zaleceń OST D-02.00.00 [3] właściwych dla wykonywanych robót oraz ustaleń podanych w dalszej części niniejszej specyfikacji.

Zwykle wykop wykonuje się stopniami o wysokości  $1\div 1,5$  m i szerokości ograniczonej w zależności od rodzaju gruntu, na pierwszym stopniu ściany. Po wykonaniu dalszych czynności umacniających przechodzi się do wykonania wykopu kolejnego stopnia ściany i powtarza się tę czynność aż do pełnej wysokości ściany.

#### **5.4. Osłona ściany i umieszczenie gwoździ w ścianie**

Osłona ściany powinna być zgodna z dokumentacją projektową i SST.

Może być np. wykonana z powłoki z siatki stalowej i betonu narzutowego, niekiedy z elementów prefabrykowanych, na skarpach także z siatki geotekstylnej lub maty przeciwoerozyjnej.

Ściana wykopu powinna być stabilna do czasu obudowania, tzn. grunt powinien charakteryzować się niewielką, nawet krótkotrwałą spójnością, rzędu kilku kilopaskali. Może to być spójność pozorna wynikająca z wilgotności gruntu. Przy większej spójności można zmienić fazowanie robót, tj. najpierw wprowadzić gwoździe, a potem wykonać powłokę.

Konieczne jest zapewnienie odwodnienia ściany. Na skarpie powyżej ściany należy wykonać rów skarpowy, zbierający spływające wody opadowe i odprowadzający je do ścieków skarpowych lub studzienek i kolektorów. Należy wykonać drenaż gruntu za powłoką, zabezpieczający przed gromadzeniem się wody i parciem jej na powłokę, a także odwodnienie podłoża podstawy ściany. Drenaż wykonuje się w postaci pionowych taśm lub płyt drenujących z tworzywa sztucznego albo warstwy drenującej z porowatego betonu jednofrakcyjowego. Ściana może być też odwadniana przez osadzone w niej rurki o średnicy co najmniej 25 mm. Przewarstwienia wodonośne można odwadniać za pomocą drenów skarpowych, sięgających poza długość gwoździ, o pochyleniu co najmniej 10% w kierunku lica ściany i średnicy co najmniej 40 mm (co najmniej jeden na 25 m<sup>2</sup> ściany).

Rodzaj gwoździ powinien być zgodny z ustaleniami dokumentacji projektowej i punktu 2.2.2 niniejszej OST. Najczęściej są to pręty stalowe, żebrowane ze stali AIII lub AII, rur stalowych (np. specjalnych rur TITAN wg rys. 2.1) lub innych kształtowników. Stosuje się też cięgna z włókna szklanego lub tworzyw sztucznych. Najczęściej wykonuje się gwoździe z prętów stalowych o średnicy 20 do 30 mm, umieszczanych w otworach wypełnionych grawitacyjnie zaczynem lub zaprawą (przykład na rys. 1.2).

Jeżeli zachodzi konieczność zwiększenia nośności (uciągu) gwoździa, zaczyn lub zaprawę wtłacza się pod ciśnieniem. Wymagana jest otulina gwoździa o grubości co najmniej 20 mm. Zachowanie otuliny zapewniają najczęściej plastikowe elementy dystansowe. Po związaniu otuliny łączy się głowicę gwoździa z osłoną ściany, najczęściej za pomocą nakrętki śrubowej i płytki głowicowej.

W ścianach trwałych gwoździe przed wbudowaniem, najczęściej w wytwórni, są zabezpieczane przed korozją. Zabezpieczenia obejmują: przyjęcie dodatkowej grubości zbrojenia, powłoki ochronne (galwanizowane lub epoksydowe), otulenie zaczynem cementowym, umieszczenie w falistej rurce osłonowej oraz wypełnienie przestrzeni pomiędzy osłoną i prętem zaczynem cementowym. Płytką głowicową pokrywana jest zbrojonym betonem natryskowym o grubości co najmniej 5 cm.

Gwoździe umieszcza się zwykle w ścianie poziomo lub nachylone pod kątem  $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$ .

Przy gwoździowaniu gruntu zaleca się korzystanie z projektu normy prEN 14490:2000 „Execution of special geotechnical works - Soil nailing. Final draft (Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Gwoździowanie gruntu. Projekt końcowy).

### 5.5. Roboty wykończeniowe

Roboty wykończeniowe powinny być zgodne z dokumentacją projektową i SST.

Do robót wykończeniowych mogą należeć:

- zasyпка gruntowa (np. przestrzeni pomiędzy skarpą a osłoną ściany lub ścianą oporową), dokonana z gruntu przydatnego do tego celu, zgodnego z OST D-02.00.00 [3],
- umocnienie powierzchniowe skarpy geosyntetykami (siatkami, rusztami, geomatami, geosiatkami komórkowymi itp.), wykonane zgodnie z wymaganiami OST D-06.01.01 [5],
- dostosowanie wykonywanej konstrukcji z gruntu gwoździowanego do istniejących warunków zabudowy, związane z wykonaniem np. nawierzchni, urządzeń bezpieczeństwa ruchu, chodnika, elementów odwodnienia powierzchniowego, zatrawienia itp., które powinny być ujęte w osobnych pozycjach kosztorysowych.

## 6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

### 6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 6.

### 6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (certyfikaty na znak bezpieczeństwa, aprobaty techniczne, certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.),
- sprawdzić cechy zewnętrzne gotowych materiałów z tworzyw i prefabrykowanych.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

### 6.3. Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów, które należy wykonać w czasie robót podaje tablica 1.



Tablica 1. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Lokalizacja robót	1 raz	Wg dokumentacji projektowej i pktu 5.2
2	Wykopy przy ścianie	Ocena ciągła	Wg pktu 5.3
3	Oslona ściany i umieszczenie gwoździ w ścianie	Ocena ciągła	Wg pktu 5.4
4	Roboty wykończeniowe	Ocena ciągła	Wg pktu 5.5

#### 6.4. Badania nośności gwoździ w czasie robót

W uzasadnionych przypadkach, na przykład przy rozstawie gwoździ większym niż 1,5 m oraz dla budowli o dużym znaczeniu, np. stabilizujących zbocza osuwiskowe i dla budowli trwałych, zaleca się przeprowadzenie badania nośności gwoździ. Sposób badań i ich zakres powinien być zawarty w dokumentacji projektowej konstrukcji. Zasady badań podane są w projekcie normy prEN 14490:2000 „Execution of special geotechnical works - Soil nailing. Final draft (Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych - Gwoździowanie gruntu. Projekt końcowy).

#### 6.5. Monitorowanie ścian gwoździowanych trwałych po zakończeniu robót

Ściany gwoździowane trwałe zaleca się monitorować po zakończeniu robót, zwłaszcza gdy:

- wysokość ich przekracza 10 m,
- podpierają zbocze osuwiskowe,
- obiekty podparte ścianą są wrażliwe na przemieszczenia.

Obserwacja dotyczy poziomych i pionowych przemieszczeń górnej i dolnej krawędzi powłoki, przemieszczenia masywu gwoździowanego (np. za pomocą inklinometru) w przypadku groźby osuwiska lub zagrożenia sąsiednich obiektów, obserwacji warunków wodnych (działania drenażu) oraz kontroli trwałości gwoździ. Kontrola trwałości gwoździ powinna być przeprowadzona na wykonanych specjalnie w tym celu gwoździach „świadkach” o małej długości (około 1,5 m) i powinna polegać na wizualnej kontroli postępu korozji. Należy ją przeprowadzać w przypadku podwyższonej korozyjności ośrodka gruntowego.

### 7. OBMIAR ROBÓT

#### 7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 7.

## 7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest  $\text{m}^3$  (metr sześcienny) wykonanej konstrukcji z gruntu gwoździowanego.

Jednostki obmiarowe innych robót związanych z dostosowaniem konstrukcji z gruntu gwoździowanego do istniejących warunków zabudowy są ustalone w osobnych pozycjach kosztorysowych.

## 8. ODBIÓR ROBÓT

### 8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 8.

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, SST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji wg pkt 6 dały wyniki pozytywne.

### 8.2. Odbiór robót zanikających i ulegających zakryciu

Odbiorowi robót zanikających i ulegających zakryciu podlegają:

- wykop przy ścianie,
- umieszczenie gwoździ w gruncie.

Odbiór tych robót powinien być zgodny z wymaganiami pktu 8.2 OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] oraz niniejszej OST.

## 9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

### 9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” [1] pkt 9.

### 9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena wykonania  $1 \text{ m}^3$  konstrukcji z gruntu gwoździowanego obejmuje:

- prace pomiarowe i roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- przygotowanie podłoża,
- dostarczenie materiałów i sprzętu,
- wykonanie wykopów przy ścianie,
- odwodnienie ściany,
- umieszczenie gwoździ w ścianie,
- ew. badanie nośności gwoździ,
- roboty wykończeniowe,
- przeprowadzenie pomiarów i badań wymaganych w specyfikacji technicznej,
- odwiezienie sprzętu,
- ew. monitorowanie ścian gwoździowanych trwałych.

Cena wykonania nie obejmuje dostosowania robót towarzyszących do istniejących warunków zabudowy, które powinny być ujęte w osobnych pozycjach kosztorysowych.

## **10. PRZEPISY ZWIĄZANE**

### **10.1. Ogólne specyfikacje techniczne (OST)**

1. D-M-00.00.00 Wymagania ogólne
2. D-01.00.00 Roboty przygotowawcze
3. D-02.00.00 Roboty ziemne
4. D-03.01.01 Przepusty pod koroną drogi
5. D-06.01.01 Umocnienie powierzchniowe skarp, rowów i ścieków
6. D-07.06.01 Ogrodzenia dróg
7. D-10.01.01 Mury oporowe

### **10.2. Inne dokumenty**

8. Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym.  
GDDP - IBDiM, Warszawa, 2002

**PODSTAWY STOSOWANIA KONSTRUKCJI  
Z GRUNTU GWOŹDZIOWANEGO (wg [8])**

Grunt gwoździowany powstaje w wyniku uzbrojenia gruntu rodzimego za pomocą prętów stalowych lub innych elementów, przez co uzyskuje wytrzymałość na rozciąganie i ścinanie. Wytwarza się blok z tworzywa zespolonego - gruntu i elementów zbrojenia (rys. 1.1), który zachowuje się jak konstrukcja masywna. Sposób ten, od dawna stosowany do budowy tuneli i stabilizacji skalnych zboczy, jest wykorzystywany również do stabilizacji ścian wykopów w gruntach spoistych oraz niespoistych charakteryzujących się chwilową spójnością. Gwoździowaniem można stabilizować zbocza, ściany wykopów, strome skarpy albo wzmacniać podłoże. Metoda ta służy do formowania in situ ścian oporowych, zwłaszcza umożliwiających zastąpienie łagodnych skarp lub zboczy stromą lub pionową ścianą w celu uzyskania miejsca na poszerzenie drogi itp.

Ściany gwoździowane można wykonywać lekkim sprzętem, na ograniczonej przestrzeni uniemożliwiającej użycie dużych maszyn, w przypadku skomplikowanej geometrii ścian. Zbrojenie jest z typowej stali budowlanej, dzięki czemu łatwiejsza jest ochrona przed korozją, w porównaniu z trwałymi kotwami sprężanymi. Spód ściany zwykle wykonuje się na poziomie dna wykopu. Ściany nie są wrażliwe na obciążenia dynamiczne ani na wstrząsy sejsmiczne, ponadto taka konstrukcja oporowa nie zawala się nagle, bez wcześniejszych dużych odkształceń. Budowa ścian nie jest uciążliwa dla otoczenia. W ścianach gwoździowanych mogą powstawać niewielkie odkształcenia rzędu 0,2% do 0,4% wysokości ściany.

Wykonuje się ściany gwoździowane o wysokości od 3 do 20 m i więcej. Ściany mogą być pionowe, pochylone pod różnymi kątami lub schodkowane. Ściana z gruntu gwoździowanego może być tymczasowa - przewidziana na określony czas (do 2-5 lat) potrzebny do wykonania głównych konstrukcji budowli (np. ściana zabezpieczająca wykop fundamentowy), albo trwała - zapewnia stateczność konstrukcji na dłuższy okres.

Przy projektowaniu powinno wykonywać się szczegółowe rozpoznanie geotechniczne zgodnie z wymaganiami norm. Ściany gwoździowane wymiaruje się podobnie jak ściany oporowe masywne lub z gruntu zbrojonego, sprawdzając:

- stateczność ogólną ściany (stateczność wzdłuż linii poślizgu przechodzących przez ścianę i poniżej niej),
- nośność podłoża bezpośrednio pod ścianą,
- stateczność na przesunięcie.

Długość gwoździ, zależnie od rodzaju gruntu, przyjmuje się od 0,5 do 0,8 wysokości ściany. Maksymalny ich rozstaw poziomy i pionowy wynosi 1,5 m, zwykle jeden gwoździe przypada na 0,5 do 2 m<sup>2</sup> powierzchni ściany. Dokładną liczbę i długość gwoździ określa się przy wymiarowaniu ściany. Gwoździe sprawdza się na siły wyciągające występujące poza powierzchnią ścienia, w stanie końcowym i w stanach chwilowych podczas wykonywania poszczególnych stopni ściany gwoździowanej.

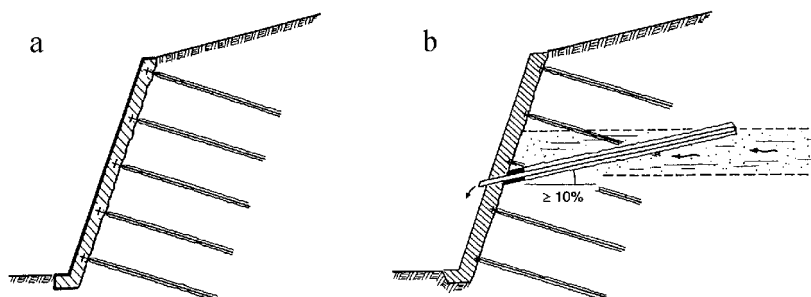
Gwoździe gruntowy jest elementem zbrojenia, najczęściej w postaci pręta stalowego, rzadziej rury, kątownika lub pręta albo taśmy z tworzywa sztucznego. Gwoździe zwykle jest zakończony płytką dociskową, łączącą go z powłoką i przenoszącą obciążenia na gwoździe. Gwoździe z prętów stalowych zwykle mają średnicę 20 do 30 mm i są umieszczone w otworach wypełnionych zaprawą (rys. 1.2).

Gwoździowanie odbywa się jedną z następujących metod:

- bezpośrednią - przez wprowadzenie w grunt pręta udarowo, wibracyjnie lub strzałowo,
- wiertniczą - przez osadzenie pręta w wykonanym wcześniej otworze, a następnie wypełnienie otworu zaczynem cementowym, wprowadzonym grawitacyjnie lub pod ciśnieniem.

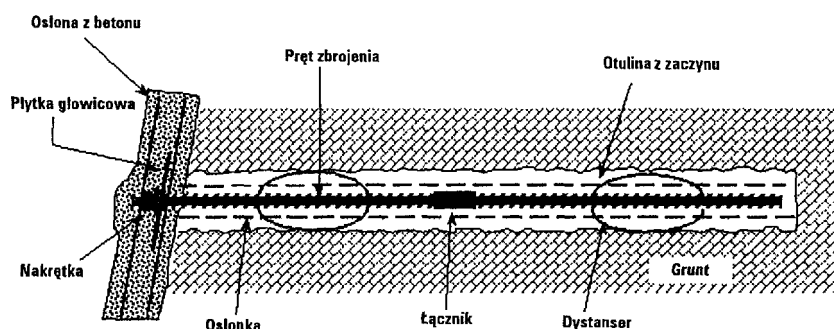
Ściana z gruntu gwoździowanego wymaga zabezpieczenia powłoką (opinką) pokrywającą powierzchnię gruntu, spełniającą funkcję stabilizacyjną, ochrony przed erozją oraz estetyczną. Stosowane są powłoki:

- wiotkie - z siatki metalowej, geosyntetyków, mat komórkowych itp., ewentualnie z podłożoną osłoną przeciwoerozyjną i z okrywą roślinną,
- podatne - zwykle z siatki lub rusztu stalowego, umożliwiające przeniesienie sił osiowych i ścinających, ewentualnie z osłoną przeciwoerozyjną i z okrywą roślinną,
- sztywne - żelbetonowe formowane metodą natryskową, w deskowaniu lub montowane z prefabrykatów; grubość powłoki betonowej wynosi około 10 cm w ścianach tymczasowych i około 20 cm w trwałych.



Rys. 1.1. Konstrukcja ścian z gruntu gwoździowanego

a - ściana z osłoną betonową, b - ściana z odwodnieniem drenem skarpowym



Rys. 1.2. Konstrukcja gwoździa z pręta stalowego

**UWAGI UZUPEŁNIAJĄCE** (wg D. Petyniak i P. Głowacki: Wzmocnienie skarp konstrukcjami oporowymi z gruntu zbrojonego i gwoździowanego, Drogownictwo nr 6/1995)

Pierwsza konstrukcja gwoździowana powstała we Francji w 1973 roku. Obecnie metoda ta jest stosowana w całym świecie jako oszczędny sposób budowy konstrukcji oporowych.

Gwoździe gruntowe (zwane też kotwami biernymi) są w istocie mikropalami o uproszczonej konstrukcji. Wykonuje się je poziomo lub ukośnie o nachyleniu do 45°. Mają one zwykle długość 4 do 8 m i są formowane w gruncie w otworach wierconych o średnicy  $\varnothing$  80 do 180 mm lub przez wbicie gotowych elementów. Zaczyn cementowy może być pompowany pod ciśnieniem lub wlewany do otworu grawitacyjnie. Rozstaw gwoździ gruntowych w poziomie i pionie waha się od 0,7 do 1,5 m. Powierzchnie czołowe konstrukcji gwoździowanej wykonuje się z betonu natryskowego lub elementów prefabrykowanych, połączonych z gwoździami. W wyniku zastosowania gwoździ otrzymuje się konstrukcję oporową z gruntu zbrojonego „in situ” (rys. 1.3). Warto dodać, że obliczanie ma charakter porządkujący, nie przenosi ono parcia gruntu jak kotwiona obudowa wykopu. Możliwe są więc słabsze połączenia obliczania z gwoździami (obliczane nie na pełną siłę w gwoździu).

O nośności gwoździ gruntowych decydują łącznie dwa czynniki:

- nośność „zewnątrzna” - siła, z którą gwoździe może być wyciągany z podłoża,
- nośność „wewnętrzna” - tj. wytrzymałość trzonu gwoźdź.

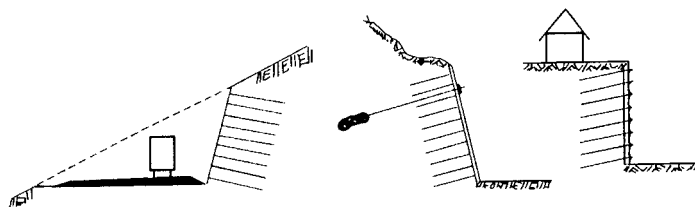
Liczne doświadczenia krajowe i zagraniczne w stosowaniu gwoździ gruntowych wykazują, że nawet stosunkowo niewielkie wymiary ich przekrojów poprzecznych zapewniają skuteczne współdziałanie gwoździ z podłożem. Dzięki stosunkowo szybkiemu wykonawstwu i małej średnicy otworów przy metodzie wiertniczej, naruszenie struktury otaczającego je gruntu (tj. rozluźnienie lub odprężenie) jest niewielkie. Stosując metodę wbijania, grunt wokół gwoździ zostaje dodatkowo zagęszczony, co istotnie wpływa na wzrost oporów tarcia podczas wrywania. Obciążenia gwoździ gruntowych przenoszone są przez pobocznice, dlatego znacznie większe nośności w tych samych warunkach gruntowych wykazują gwoździe formowane ciśnieniowo niż formowane grawitacyjnie.

O nośności wewnętrznej gwoździ gruntowych decyduje przekrój zastosowanego zbrojenia oraz jego materiał. Gwoździe nie kotwią obudowy, lecz zbroją masyw gruntu.

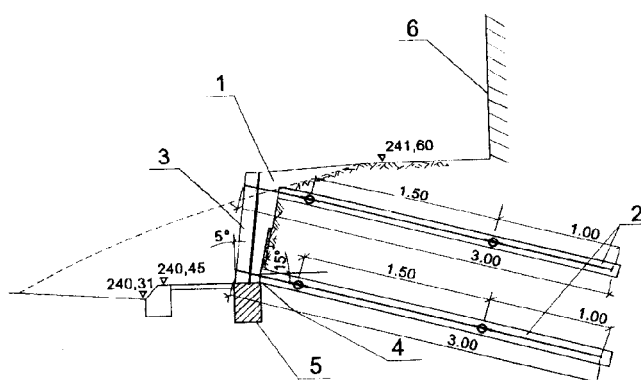
Gwoździe gruntowe znajdują zastosowanie w przypadku stabilizacji osuwisk, przy poszerzaniu dróg na zboczach, gdy wymagane jest podcięcie istniejącej skarpy, a zwłaszcza podczas formowania tzw. skarp zbrojonych, które pracują jak masywne ściany oporowe. Stosuje się je również do zabezpieczania wykopów o pionowych ścianach, wykonywanych w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącej zabudowy oraz do wzmacniania istniejących skarp nasypów drogowych bez zmiany ich geometrii.

W przypadku wykonywania wykopów o ścianach zbliżonych do pionu, prace postępują od góry stopniami o wysokości 1,0 do 1,5 m. W ściętej skarpie wykonuje się kotwy bierne w odpowiednim rozstawie poziomym. Na odsłoniętą powierzchnię gruntu nakłada się powłokę z torkretu zbrojoną siatką stalową, połączoną z końcami gwoździ lub prefabrykaty żelbetowe mocowane do końców gwoździ za pomocą uformowanych głowic. Konstrukcje takie mają charakter stały lub tymczasowy. Zaletą ich jest mała odkształcalność oraz łatwość dowolnego kształtowania ściany (profilowanie zakoli, załamania).

Przykład konstrukcji z gruntu gwoździowanego przedstawiono na rys. 1.4.



Rys. 1.3. Przykłady zastosowań gruntu gwoździowanego



Rys. 1.4. Schemat konstrukcji z gruntu gwoździowanego  
1- zasypka, 2- gwoździe gruntowe, 3- prefabrykaty, oblicowania, 4-  
geowłóknina filtracyjna, 5- ława podpierająca, 6- istniejąca zabudowa

## ZAŁĄCZNIK 2

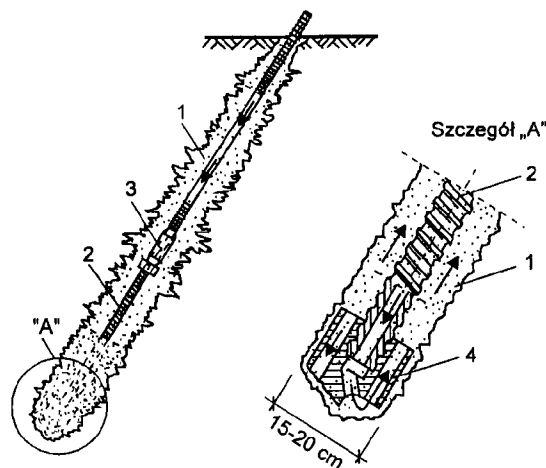
### MIKROPALE „TITAN”

(wg A. Jarominiak, L. Bichajło, L. Folta, K. Trojnar: Odbudowa drogi krajowej nr 4  
na odcinku ul. Krakowskiej w Przemyślu, zniszczonym wskutek osuwiska,  
Drogownictwo, nr 9/1999)

Mikropale Titan są wykonywane palownicą, metodą wiercenia obrotowo-udarowego, z jednoczesnym włączaniem zawiesziny cementowej przez wnętrze rury o średnicy 73 mm, która pozostaje w palu jako jego rdzeń stalowy. Konstrukcję mikropala Titan pokazano na rys. 2.1. Rurowy rdzeń zagłębia się w grunt wiertnicą do projektowej rzędnej stopy pala. Pierwszy odcinek rdzenia jest wyposażony w końcówkę skrawającą grunt, z otworem wypływu zawiesziny. W miarę zagłębienia, rdzeń jest przedłużany kolejnymi odcinkami łączonymi mufami. Zawieszina cementowa spełnia rolę płuczki wiertniczej i po stwardnieniu tworzy buławę wokół rdzenia. W celu przeciwdziałania skurczowi zawiesziny cementowej dodaje się do niej odpowiedni środek przeciwskurczowy. Zagłębianie rdzenia w otocze zawiesziny zapobiega powstawaniu wokół mikropala pustek w gruncie. Rdzeń zagłębia się wskutek działania momentu obrotowego i nacisku osiowego

wywieranego wiertnicą, przy zmniejszonych oporach gruntu przez zawieszinę cementową. W przypadku natrafienia rdzeniem na przeszkodę w gruncie pokonuje się ją uderzając osiowo w rdzeń bijakiem wiertnicy. W czasie zagłębiania rdzenia są kontrolowane i regulowane: ciśnienie pompowania zawiesziny cementowej, moment obrotowy i osiowa siła wciskająca rdzeń.

Rdzeń jest wkręcany ze stałą prędkością, dostosowywaną do miejscowych warunków gruntowych, odpowiednią do napotykanego oporu zagłębiania, wynikającego ze stopnia rozluźnienia gruntu, jego ściśliwości i możliwości zagęszczenia. W czasie zagłębiania mierzy się i zapisuje zmiany momentu obrotowego i czas wkręcania rdzenia. Pozwala to ocenić cechy przewiercanych warstw gruntu. Na podstawie charakterystyki przebiegu zagłębiania rdzenia można oszacować nośność mikropala. Analizując zmiany parametrów zagłębiania rdzenia zapisane w metrykach mikropali można też oceniać zgodność rzeczywistych warunków gruntowych z przyjętymi w projekcie.



Rys. 2.1. Konstrukcja mikropala TITAN

1- zawieszina cementowa spełniająca rolę płuczki w czasie zagłębiania w grunt  
stalowego rdzenia mikropala, 2- stalowy rurowy rdzeń mikropala  $\varnothing 73$  mm, 3-  
mufa łącząca odcinki rdzenia, 4- końcówka skrawająca grunt w czasie  
zagłębiania rdzenia w grunt, przymocowana do pierwszego odcinka rdzenia