

mgr inż. Cezary STERNICKI  
SUSPA-DSI Polska sp. z o.o.

## **SYSTEMY GEOTECHNICZNE SUSPA-DSI (DYWIDAG-Systems International)**

### **1. Wprowadzenie**

Gwałtowny rozwój budownictwa infrastrukturalnego związanego z nowopowstającymi sieciami dróg, autostrad i mostów, pociąga za sobą rozwój innych dziedzin budownictwa i gospodarki, w tym również produktów geotechnicznych.

Niniejszy referat ma na celu zaprezentowanie produktów służących do stabilizacji i wzmacniania ośrodka gruntowego oraz wykorzystywanych przy realizacji budowy dróg i mostów jak i również w budownictwie przemysłowym, kubaturowym i pokrewnych.

### **2. Kotwy gruntowe**

Kotwy gruntowe służą do zabezpieczenia ścian wysokich wykopów, stabilizacji skarp i osuwisk lub generalnie ujmując, zapewniają równowagę konstrukcji oporowych włączając je aktywnie do współpracy z masywem gruntowym poprzez naciąg elementu nośnego (sprężenie). Kotwy gruntowe stosowane są jako tymczasowe oraz jako stałe. W tym drugim przypadku, szczególnie ważnym elementem jest podwójna ochrona antykorozyjna (Double Corrosion Protection) zapewniająca odpowiednią trwałość i możliwość stosowania kotew w ośrodkach agresywnych, np. takich jak woda morską.

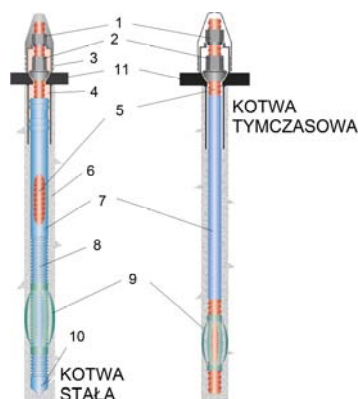
Kotwy prętowe stanowią ekonomiczną alternatywę dla kotew samowiercących, szczególnie w zakresie niższych nośności. Wygoda w montażu dzięki zastosowaniu gwintowanego zakotwienia i pręta umożliwiającego cięcie w dowolnym miejscu, wysoka przyczepność gwintu do zaczynu cementowego oraz duży asortyment dodatkowy decydują o coraz większej popularności wśród wykonawców i konstruktorów.

Do istotnych zalet kotew linowych można zaliczyć uzyskanie dużych nośności przy zachowaniu ekonomicznej ceny, możliwość montażu w ograniczonych warunkach przestrzennych, wygoda transportu (w zwojach lub na bębnach) oraz brak konieczności stosowania łączników i dostępność dowolnych długości handlowych.

#### **2.1. Kotwy prętowe DYWIDAG i GEWI®.**

Kotwa prętowa firmy SUSPA-DSI składa się z (rys. 1):

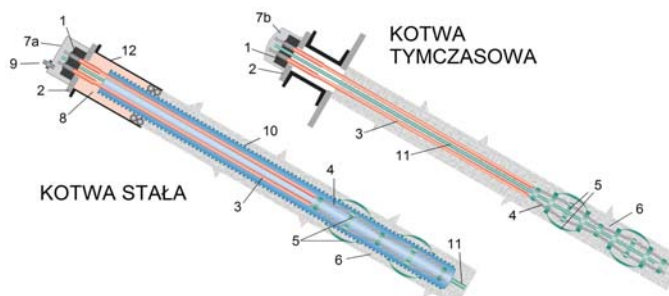
Jeśli kotwa będzie widocznym elementem konstrukcji, można zastosować dodatkową czapkę ochronną ze stali szlachetnej. Spełnia ona podwójne zadanie: estetyczne oraz chroni smar przed wypłynięciem, jeśli głowica jest narażona na zmienne działanie temperatur.



Rys.1 Kotwa prętowa stała i tymczasowa. 1-nakrętka z tworzywa sztucznego, 2-nakrętka sferyczna, 3-czapka ochronna, 4-smar antykorozyjny, 5-pręt gwintowany GEWI, 6-zaczyn cementowy, 7-osłona PE, gładka, 8-osłona PE, karbowana, 9-dystans, 10-czapka iniecyjna, 11-płyta oporowa

## 2.2. Kotwy linowe SUSPA-DSI.

Budowa kotwy linowej jest analogiczna do kotew prętowych, zasadnicza różnica polega na zastosowaniu innego elementu rozciąganego. Szczegóły budowy przedstawiono na rys. 2.



Rys.2. Kotwa linowa stała i tymczasowa. 1-tuleja kotwiąca, 2 – płyta oporowa, 3 – splot w PE w strefie swobodnej, 4 – splot stalowy w strefie buławy, 5 – dystansery, 6 – zaczyn cementowy, 7a – czapka ochronna ze stali szlachetnej, 7b – czapka ochronna z PE, 8 – masa antykorozyjna, 9 – otwór do iniekcji, 10, karbowana rura osłonowa, 11 – rurka iniecyjna, 12 – rura przejściowa pomiędzy strefą zakotwienia a strefą swobodną.

## 2.3. Zalecenia wykonawcze dla kotew gruntowych wg [5] i [6].

Wykonanie kotew gruntowych prętowych i linowych można podzielić na 4 etapy:

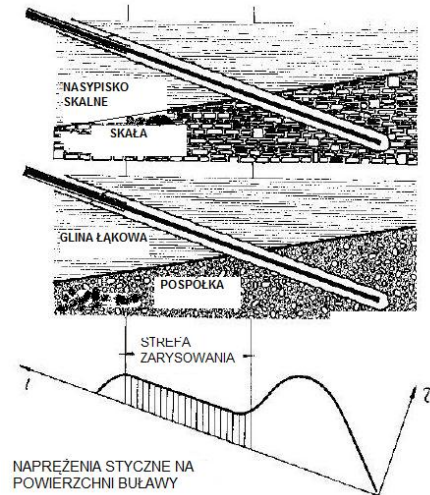
### I. Wiercenie otworu

Zaleca się wykonanie otworu w rurze obsadowej, dopuszczalne jest wykonanie otworu bez rury obsadowej w gruntach spoistych.



Rys. 3. Wiercenie i montaż kotew linowych SUSPA-DSI na budowie drogi ekspresowej S8 trasa Armii Krajowej .

W celu uniknięcia znacznych długości kotew, stosuje się kotwy ukośne, które okazują się być najbardziej ekonomiczne przy nachyleniach od 20 do 30 °. Realizując kotwy gruntowe pod kątem, należy zwrócić uwagę aby nie przecinały one warstw gruntów o silnie zróżnicowanych wytrzymałościach (rys. 4.). W przeciwnym przypadku, obciążenie zostanie nierównomiernie rozłożone na buławę i na część swobodną, prowadząc w dalszej konsekwencji do powstawania rys i zerwania ciągu [7].



Rys.4. Tarcie na poboczniczy buławy dla różnych warstwa gruntu [7].

II. Montaż kotwy w otworze:

W strefie buławy zaleca się umiejscowienie pierwszego dystansu 0,75m od końca buławy i następnie co 1,5- 2,0m. Wypełnienie otworu zaczynem może odbyć się przed lub po wprowadzeniu kotwy. W przypadku otworu orurowanego należy wraz ze zwiększaniem ciśnienia iniekcji, stopniowo wysuwać rurę z otworu.

III. Wytworzenie buławy kotwy.

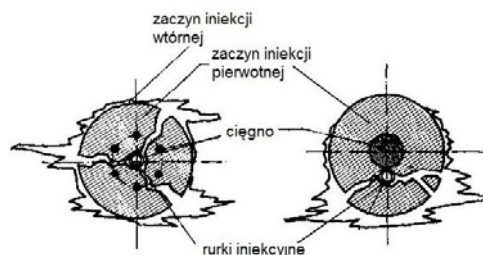
Badania oraz doświadczenia z budowy dowodzą, że najbardziej ekonomiczne stosowanie jest buław o długościach od 6 do 10m. Dalsze zwiększanie buławy powoduje bardzo nieznaczny przyrost nośności [7].

IV. Iniekcja dodatkowa.

Aby zwiększyć uciąż kotwy, stosuje się iniekcje dodatkowe. Ma to szczególne znaczenie w przypadku gruntów spoiwych, gdzie tarcie na poboczniczy jest małe.

Zaleca się stosowanie zaczynów o w/c = 0,35 ÷ 0,7 [2], [3], [4]. Zastosowanie iniekcji dodatkowej pozwala zwiększyć nośność kotwy nawet o ok. 30%. [7].

Ułożenie rurek ma wpływ na jakość i sposób wytworzenia się buławy (rys.5).



Rys. 5. Przekrój przez kotwę po iniekcji dodatkowej.

## V. Sprężanie kotwy.

W przypadku kotew linowych istotne jest aby liny były prostopadłe do powierzchni płyty oporowej. Jeśli tak nie jest to powstałe odchyłki należy wyrównać poprzez zastosowanie podkładek, klinów systemowych lub innych rozwiązań.

### 2.4. Kotwy gruntowe a wymagania normy PN-EN 1537.

W maju 2002 roku została wprowadzona norma PN-EN1537 „Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe”, więc kotwy gruntowe powinny spełniać jego założenia jako prawnie obowiązującego dokumentu prawnego. Na przykładzie kotew prętowych, przedstawiono kilka cech świadczących o zgodności kotew SUSPA-DSI z wymogami [1]. Zgodność ta jest również zachowana dla kotew linowych.

#### 2.4.1. Ochrona antykorozyjna – kotwy stałe.

„Minimalna ochrona przeciwkorozyjna ciągła kotwy trwałej powinna się składać z ciągłej warstwy produktu przeciwkorozyjnego, który nie ulegnie zniszczeniu podczas okresu użytkowania” [1]. Zapis ten stawia pod znakiem zapytania stosowanie kotew, które podczas montażu pełnią również funkcję wiertła wprowadzającego w grunt i są zabezpieczone jedynie poprzez np. metalizację. [1] dopuszcza ochronę antykorozyjną jedynie przy wykorzystaniu rurek plastikowych lub stalowych wypełnionych substancją antykorozyjną.

#### 2.4.2. Rozwarcie rys pod obciążeniem użytkowym

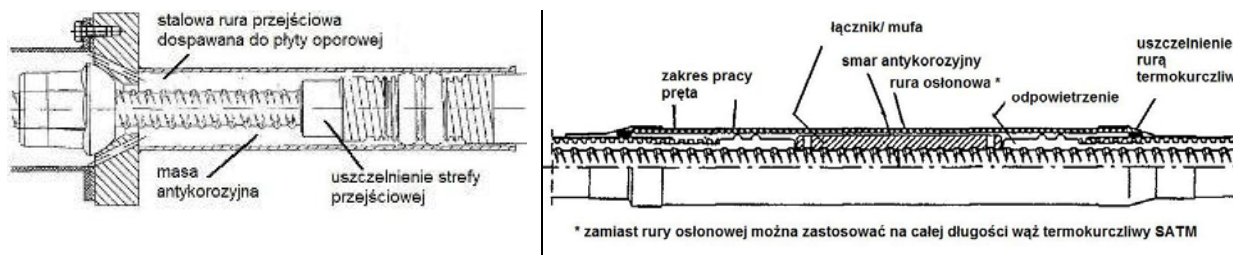
Normowy warunek rozwarcia rys pod obciążeniem użytkowym w strefie buławy dla kotew stałych wynosi 0,2mm [1]. SUSPA-DSI we współpracy z Uniwersytetem Technicznym w Monachium przeprowadziło badania zgodnie z [1] przy obciążeniu siłą  $P_{0}=0,60 P_{tk}$  (równą naciągu blokowania) i wykazano, że uzyskane rozwarcia rys spełniają założenia normowe:

Tablica 1. Rozwarcia rys pod obciążeniem użytkowym.

Data badania	Klasa stali	Średnica	Rozwarcie rys
01.08.2005	St 950/1050 (Y1050H wg prEN 10138-4)	Ø 26,5 mm	0,071 mm
01.08.2005		Ø 32 mm	0,077 mm
18.11.2002		Ø 36 mm	0,075 mm
18.11.2002		Ø 40 mm	0,073 mm
01.08.2005		Ø 47 mm	0,092 mm

#### 2.4.3. Połączenie swobodnej długości cięgna i głowicy kotwy

Połączenie swobodnej długości cięgna z zakotwieniem jest realizowane zgodnie z [1] tab. 3, pkt. 3, czyli spawana tuleja metalowa, szczelnie połączona z osłoną lub rurą części swobodnej cięgna i wypełniona produktem zapewniającym ochronę antykorozyjną.



Rys. 6. Połączenie strefy swobodnej z zakotwieniem (lewy) oraz łączenie kotwy w strefie swobodnej (prawy).

#### 2.4.4. Zastosowanie łączników w strefie swobodnej i w strefie buławy.

Ważną cechą kotew gruntowych jest możliwość łączenia (kotwy prętowe) ich za pomocą łączników zarówno w strefie swobodnej, jak i w strefie buławy. W przypadku kotew trwałych jest to szczególnie ważne aby nie przerwać ciągłości ochrony antykorozyjnej oraz umożliwić nieskrępowany ruch pręta w strefie swobodnej (rys. 6.). Prawidłowe wykonanie przejścia ze strefy swobodnej do buławy dla kotwy tymczasowej ukazano na rys. 7.



Rys. 7. Przykład zabezpieczenia strefy przejściowej za pomocą taśmy termokurczliwej.

### 3. Mikropale GEWI®.

Budowa mikropali *GEWI*® jest analogiczna jak w przypadku kotew gruntowych z zasadniczą różnicą pominięcia strefy swobodnej oraz konieczności dozbrojenia strefy ściskanej/ rozciąganej w okolicy głowicy pala.

Stale *GEWI*® oraz wysokowytrzymałe *GEWI*®-Plus umożliwiają już przy odwiercie  $\text{Ø}12\div15$  cm uzyskać nośności pala wysoko ponad 1000 kN. *GEWI*®-Plus ze stali S670/800 posiada o 34% wyższą granicę plastyczności i o 45% wyższą wytrzymałość na rozciąganie, aniżeli konwencjonalna stal BSt 500 S. Konsekwencją tego jest zmniejszenie ciężaru prętów do 50% w stosunku do konwencjonalnej stali S355. Pomimo swojej wysokiej granicy plastyczności nie jest wrażliwa na korozję naprężeniową czy kruchość wodorową stali.

Stale *GEWI*® są oferowane w średnicach od 12 do 63,5 mm a stal *GEWI*®-Plus nawet  $\text{Ø}75\text{mm}$  z wartością obciążenia uplastyczniającego osiągającą 3000 kN, która znajduje zastosowanie przy realizacji pali wg PN-EN 14199 oraz zakotwień ciężkich ścianek szczelnych w budownictwie morskim. Pierwsze zastosowania tak dużych średnic miały miejsce w Niemczech latem 2007 r. na terenie Airbus GmbH w Hamburg- Finkerwalder, gdzie ze względu na ograniczone pole manewru w hali oraz wymóg minimalizacji drgań, zastosowano technologię mikropali *GEWI*®.

#### 4. Pręty gwintowane GEWI® w budownictwie hydrotechnicznym.

Stal gwintowana GEWI® dzięki swoim właściwościom, pełnej spawalności i bogatej gamie asortymentu dodatkowego, doskonale nadaje się jako materiał konstrukcyjny dla budownictwa hydrotechnicznego. Straty grubości stali GEWI® w skali roku wynoszą dla wody morskiej 0,03 mm/rok i 0,01 mm/rok dla ośrodka gruntowego. Poza wysoką odpornością na środowisko agresywne stali GEWI® dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne można uzyskać poprzez podwójną ochronę antykorozyjną (DCP), cynkowanie ogniowe wg ISO 1461, warstwa ochronną na bazie żywic lub bitumów lub naddatek stali.



Rys. 8. Zastosowanie prętów GEWI jako ściągi konstrukcyjne w budownictwie hydrotechnicznym.

#### 5. Podsumowanie.

Firma SUSPA-DSI wprowadza na rynek pełną gamę produktów geotechnicznych spełniających standardy europejskie i posiadających świadectwa dopuszczenia w postaci wymaganych aprobat i certyfikatów.

Gotowe produkty w postaci kotew, mikropali, gwoździ czy ściągow zgodny z normami i podlegający zewnętrznej kontroli jakości gwarantuje stabilność konstrukcji oraz jej trwałe użytkowanie.

#### Literatura

- [1] PN-EN 1537: „Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe.”
- [2] PN-EN 445:1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody badań.
- [3] PN-EN 446: 1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody iniekcji.
- [4] PN-EN 447: 1998 Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Wymagania dotyczące zaczynu zwykłego.
- [5] Aprobata Niemiecka Z-20.1-17 „DYWIDAG – stałe kotwy gruntowe i skalne“.
- [6] Aprobata Niemiecka Z-20.1-64 „SUSPA - kotwa kompaktowa skalna i gruntowa”
- [7] Wichert L., Meininger W. „Verankerungen und Vernagelungen im Grundbau”.
- [8] Jarominiak A., „Lekkie Konstrukcje Oporowe”, WKŁ Warszawa.
- [9] Aprobata Niemiecka Z-32.1-2 „DYWIDAG-GEWI Pal“.

DYWIDAG-Systems International Sp. z o.o.  
Post-Tensioning Systems  
ul. Przywidzka 4/68  
80-174 Gdańsk, Polska  
Phone +48 58 300 13 53  
Fax +48 58 300 13 54  
E-mail dsi-polska@dywidag-systems.com

DYWIDAG-Systems International Sp. z o.o.  
Geotechnical Systems  
ul. Bojowników o Wolność i  
Demokrację 38/121  
41-506 Chorzów, Polska  
Phone +48 32 241 09 98  
Fax +48 32 241 09 28  
E-mail dsi-polska@dywidag-systems.com

**Uwaga:**

Celem niniejszej broszury jest realizowanie tylko i wyłącznie celów informacyjnych. Wszelkie dane techniczne i informacje zawarte w niniejszym dokumencie nie mogą zostać uznane jako bezwzględnie wiążące i podlegają prawu do wprowadzenia zmian bez konieczności wcześniejszego powiadomienia ze strony podmiotu odpowiedzialnego. Oświadczamy, iż nie ponosimy jakiegokolwiek odpowiedzialności za szkody lub straty powstałe na skutek zastosowania zawartych w niniejszej broszurze danych technicznych, ani też za jakiegokolwiek przypadki zastosowania produktów przedstawionych w niniejszym dokumencie niezgodnie z celem ich przeznaczenia. W przypadku konieczności zasięgnięcia dodatkowych informacji dotyczących niniejszych produktów służymy pomocą.

AUSTRIA  
ARGENTINA  
AUSTRALIA  
BELGIUM  
BOSNIA AND HERZEGOVINA  
BRAZIL  
CANADA  
CHILE  
COLOMBIA  
COSTA RICA  
CROATIA  
CZECH REPUBLIC  
DENMARK  
EGYPT  
ESTONIA  
FINLAND  
FRANCE  
GERMANY  
GREECE  
GUATEMALA  
HONDURAS  
HONG KONG  
INDONESIA  
ITALY  
JAPAN  
KOREA  
LEBANON  
LUXEMBOURG  
MALAYSIA  
MEXICO  
NETHERLANDS  
NORWAY  
OMAN  
PANAMA  
PARAGUAY  
PERU  
POLAND  
PORTUGAL  
QATAR  
SAUDI ARABIA  
SINGAPORE  
SOUTH AFRICA  
SPAIN  
SWEDEN  
SWITZERLAND  
TAIWAN  
THAILAND  
TURKEY  
UNITED ARAB EMIRATES  
UNITED KINGDOM  
URUGUAY  
USA  
VENEZUELA