TECHNOLOGIA ROBÓT KOLEJOWYCH

5. Wzmacnianie podtorza

1. Wzmocnienia podtorza
2. Naprawy uszkodzeń, osuwisk

dr inż. Jarosław Zwolski

Literatura

1. Esveld C., Modern railway track, MRT Productions, 2001
2. Grulkowski S., Kędra Z., Koc W.: Drogi szynowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2013.
3. „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id - 3” (D-4). Dyrekcja Generalna PKP. Załącznik do Zarządzenia nr 76 Zarządu PKP z 4 listopada 1996 r. (Biul. PKP nr 25 z 1996 r., poz. 75), ze zmianami wprowadzonymi zarządzeniem nr 122 Zarządu PKP z 29 sierpnia 2000 r. oraz w 2003 r. i 2004 r. przez Biuro Dróg Kolejowych PLK.
4. Wytyczne projektowania wzmocnień torowisk wykonywanych maszyną AHM 800R PL. Praca CNTK, temat nr 4108/11, Warszawa 2005
5. Kiszka P.: Kompleksowe badania stanu technicznego podtorza i podłoża kolejowego. wykorzystanie profilowania georadarowego w korelacji z klasycznymi badaniami geotechnicznymi. Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Problemy modernizacji i naprawy podtorza kolejowego”, Żmigród, 2008
6. www.geo-radar.pl
7. www.geospectrum.pl
8. http://railwaysubstructure.org/
9. Edel R.; Odwodnienie dróg kolejowych w Niemczech. Forum Odwodnienie 2014
10. Materiały firm: Dolkom, Keller, Menard, Maccaferri, Soley, Soletanche, Geobud, Geotim, Maccaferri, Drocomplex
11. Bogdaniuk B., Towpik K., Budowa, modernizacja i naprawy dróg kolejowych, Warszawa, 2010
12. Skrzyński E. Podtorze kolejowe, skrypt WAT.

Naprawy główne

Naprawa główna oprócz konserwacji i napraw bieżących obejmuje:

- Wzmocnienie i odwodnienie skarp i torowisk,
- Wymianę gruntu podtorza i podłoża,
- Zabudowę w podtorzu pokryć ochronnych,
- Obudowanie rowów i koryt,
- Uszczelnianie ław przypór, skarp i torowisk pokryciami szczelnymi oraz zabudowanie na nich pokryć filtracyjnych,
- Remont drenaży (przebudowę lub wymianę elementów, w tym również materiałów filtracyjnych, zmianę pochyleń, odsadzek,
- Podwyższenie lub obniżenie torowiska,
- Budowę zabezpieczeń stałych, tam przeciwśniegowych,
- Wzmocnienie podtorza przez iniektowanie w nie środków wiążących, termowzmocnienie, elektroosmozę itp.,
- Naprawę w większym zakresie murów oporowych, podporowych, okładzin, wykonanie przedłużeń murów itp.
- Likwidację innych wad podtorza, podłoża, terenu przyległego.

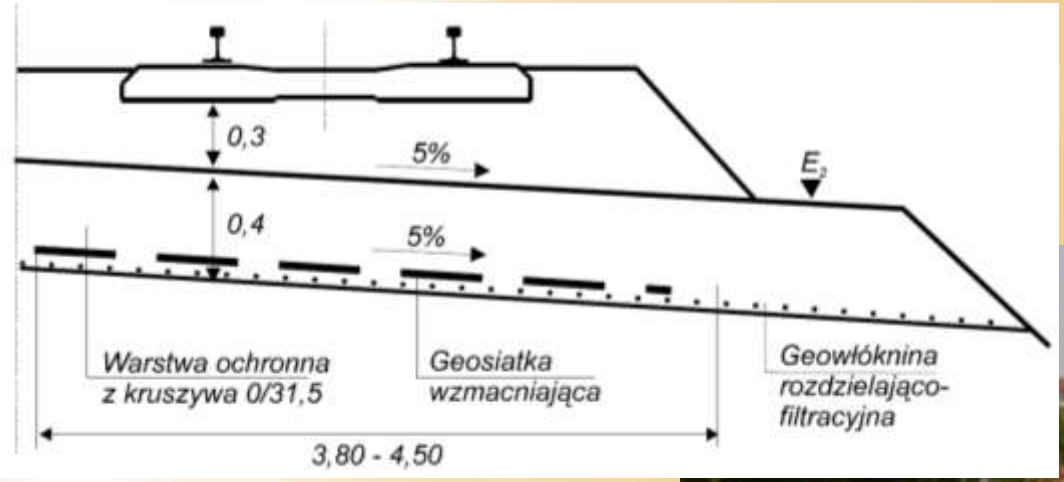
Źródło: [3]

Metody napraw

Najczęściej stosowane metody usuwania uszkodzeń:

3. Wzmocnienie podtorza i podłoża
   - zabudowa warstwy ochronnej,
   - zabudowa geosyntetyków w podtorzu,
   - wymiana gruntu,
   - gwoździowanie skarpy,
   - kotwy gruntowe z pokryciem powierzchni,
   - kolumny żwirowe, piaskowe, gruntowo-betonowe,
   - konsolidacja nasypem przeciążeniowym,
   - wibroflotacja,
   - dogęszczenie nasypu (nasyp przeciążeniowy),
   - Iniekcje cementowe,
   - stabilizacja cementem, wapnem gaszonym, popiołami.

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą





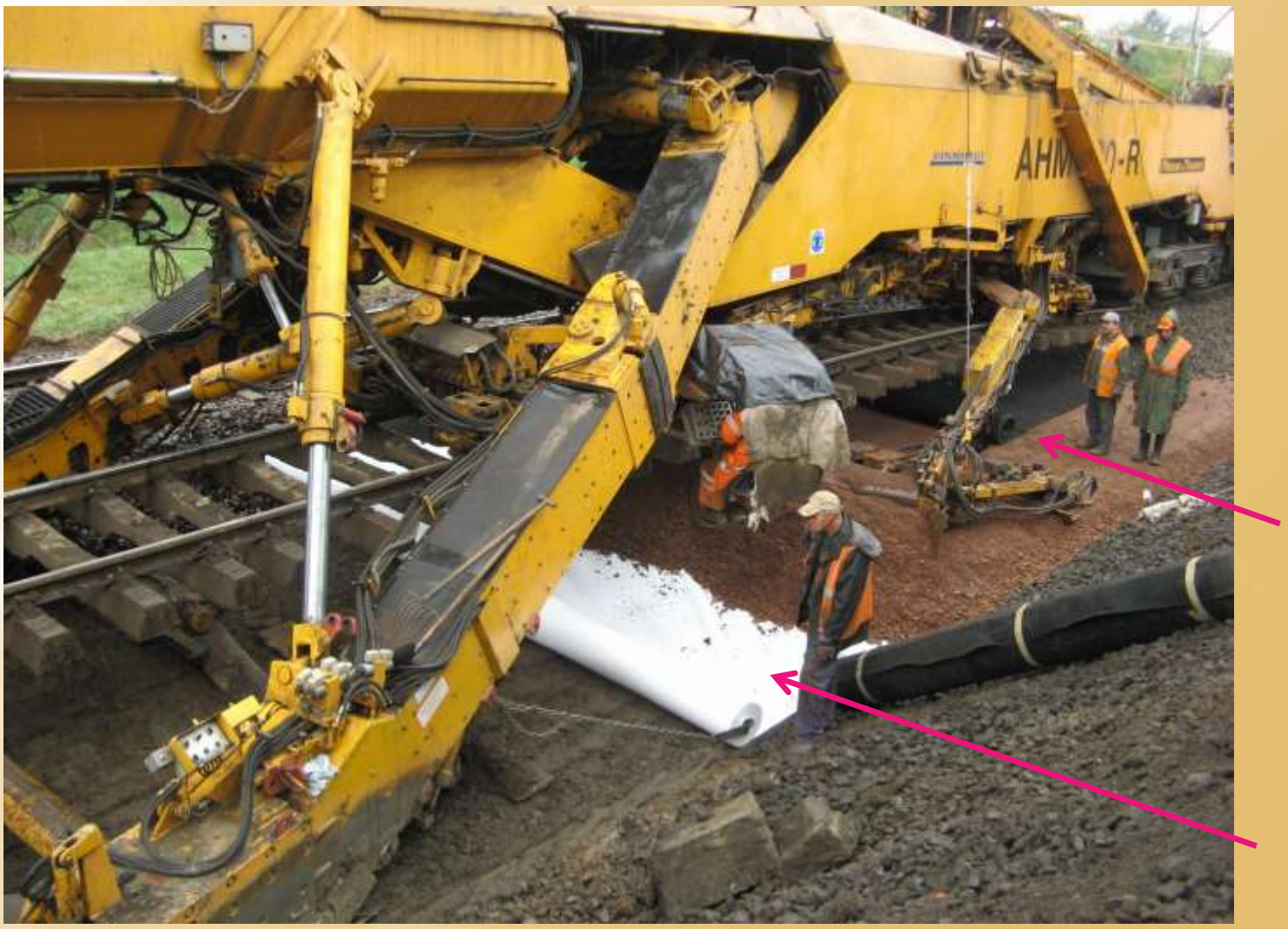
Zabudowa warstwy ochronnej i geowłókniny separacyjnej może zostać wykonana metodą tradycyjną po zdjęciu nawierzchni. Powyżej przykład konstrukcji.

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą

Kolejność czynności jest następująca:

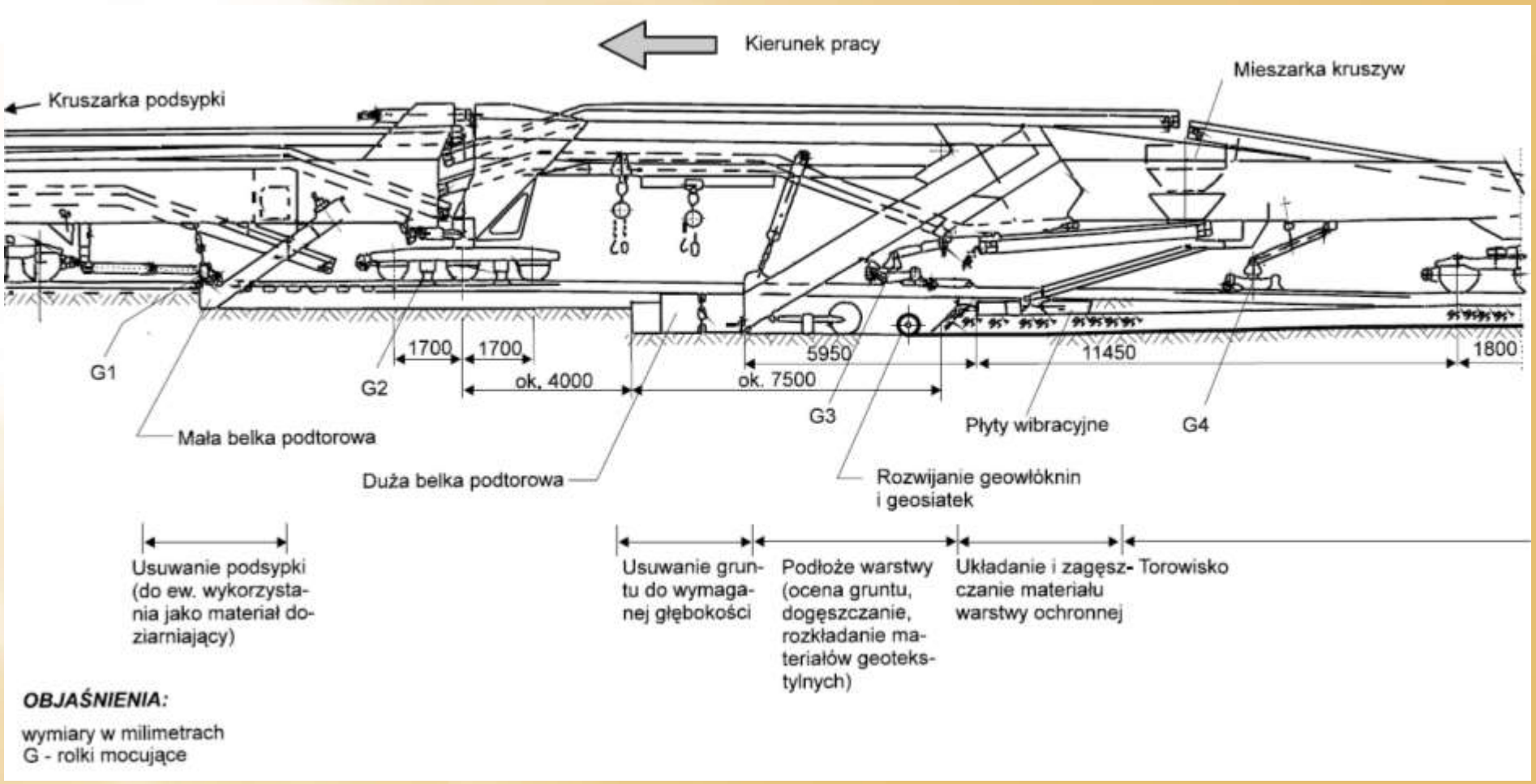
1. Demontaż nawierzchni.
2. Usunięcie starego tłucznia i warstwy ochronnej.
3. Usunięcie worków tłuczniowych i naprawa innych wad podtorza. Po naprawie wsp. pewności F (dot. stateczności skarp) musi być co najmniej równy 1,3).
4. Doprowadzenie podtorza do rzędnej torowiska przez dobudowę i reprofilację. Warstwy muszą zostać zagęszczone do I_s = 1,0. Powierzchnia torowiska po ukształtowaniu spadków poprzecznych musi zostać wyrównana.
5. Badanie modułów płytą VSS (wymagania podane w §9, tabeli 9 w ID3).
6. Ułożenie geowłókniny separacyjnej lub separacyjno-drenującej (§10, p. 8 w ID3).
7. Jeżeli wymaga tego sytuacja (słabe grunty w podłożu, naprawa wad) zamiast grubej warstwy ochronnej (powyżej 0,45 m) można zastosować geosiatkę (§10, p. 9 w ID3).
8. Ułożenie warstwy ochronnej z gruntów spełniających warunki podane w §10 w ID3.
9. Ponowny montaż nawierzchni.

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą



Zabudowa warstwy ochronnej i geowłókniny separacyjnej może zostać wykonana metodą zautomatyzowaną za pomocą maszyny do naprawy podtorza i wymiany warstw ochronnych AHM 800R

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą



Źródło: [3]

podsypka usuwana do kruszarki

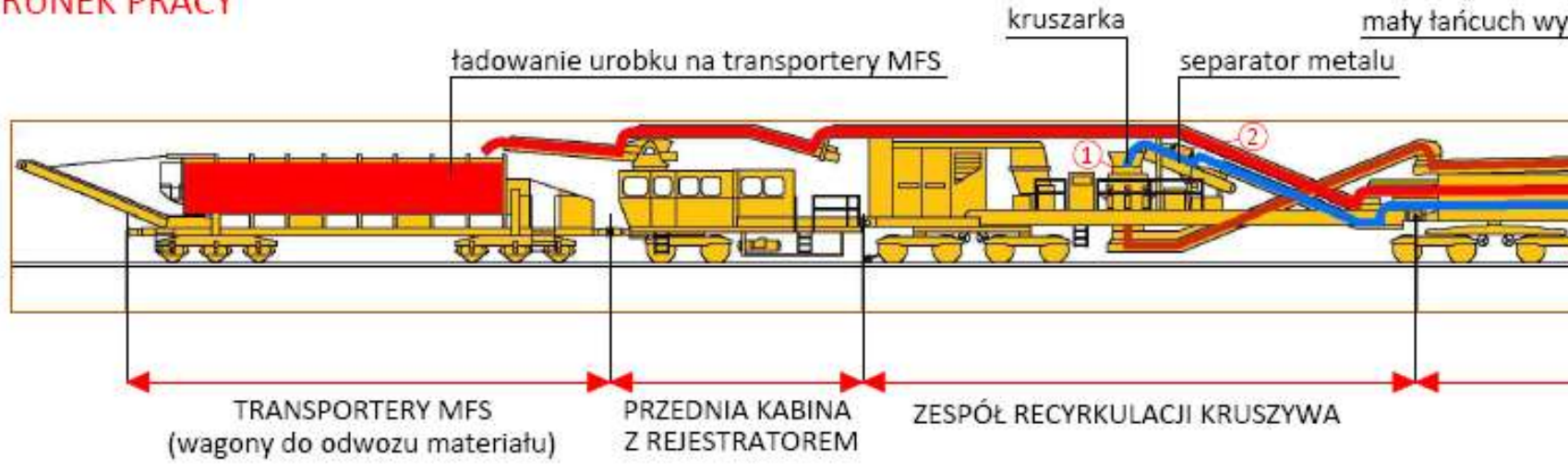
urobek

podsypka rozkruszona do wykorzystania jako składnik warstwy ochronnej

kruszywo przeznaczone do wbudowania

wbudowane kruszywo

KIERUNEK PRACY





⑥ *Suwnica bramowa służy do transportu nowego kruszywa do wagonu zasypowego.*



⑦ *Do załadunku nowego materiału na transportery wykorzystywana jest ładowarka kołowa.*

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą

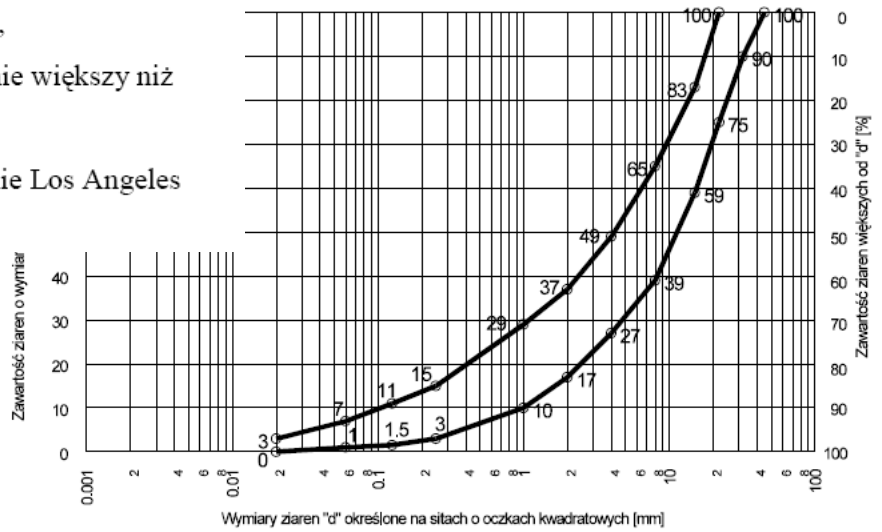
Komentarz do filmu o AHM

- Pierwsza faza to rehabilitacja podtorza. Tutaj podsypka i stara warstwa ochronna zostaną usunięte całkowicie. Następnie układana jest geowłóknina żeby zoptymalizować odwodnienie. Następnie nowa warstwa ochronna i nowa podsypka są układane w torze.
- Tutaj AHM800R zademonstruje swoją elastyczność i wysoką wydajność. Maszyna wykonuje wszystkie czynności, od usunięcia starego materiału, przez recykling, aż do perfekcyjnego ułożenia nowej warstwy ochronnej, razem z geowłókniną. Dwa łańcuchy wybierakowe zaczynają działać. Pierwszy łańcuch wybiera dający się ponownie wykorzystać tłuczeń, drugi łańcuch wybiera pozostały materiał.
- Dający się ponownie wykorzystać tłuczeń jest zabierany przez przenośniki taśmowe do kruszarki w celu przetworzenia. Stąd materiał zabierany do miksera, gdzie jest mieszany z wodą i świeżym kruszywem w celu wyprodukowania mieszanki piaskowo-żwirowej (niesort) potrzebnej do budowy nowej warstwy ochronnej.
- Niezwłocznie po ukończeniu usuwania materiału podtorze jest wyrównywane, układana jest geowłóknina i warstwa ochronna. W celu zachowania najlepszej zagęszczalności wilgotność mieszanki jest sprawdzana i regulowana na bieżąco.
- Płyty wibracyjne wyrównują i zagęszczają warstwę ochronną do wymaganego poziomu. Wymiana warstwy ochronnej jest ukończona. Wszystkie wymagane parametry są spełnione bez konieczności usuwania toru i z ruchem kolejowym utrzymanym na sąsiednim torze.

Zabudowa warstwy ochronnej z geowłókniną separacyjno-drenującą

Na warstwy ochronne układane za pomocą maszyny AHM, ze względu na unifikację procesu technologicznego, utwardzenie ławy torowiska, jednorodność wzmocnienia oraz dobre współdziałanie ze wzmacniającymi geosiatkami, zaleca się stosować materiały spełniające następujące wymagania [11]:

- uziarnienie wg rys. 12.2,
- wskaźnik różnoziarnistości $U \geq 10$,
- wskaźnik wygięcia krzywej uziarnienia $C = 1 - 3$,
- zawartość ziaren całkowicie przekruszonych i łamanych oraz ziaren przekruszonych i łamanych równa co najmniej 90% (badanie wg PN-EN 933-5),
- zawartość ziaren węglanowych nie większa niż 20% masy (badanie wg PN EN 932-3:1999),
- nasiąkliwość nie większa niż 1,5% (badania wg PN-B-06714-18:1977),
- mrozoodporność - ubytek masy po cyklach zamrażania i rozmrażanie nie większy niż 2% (badanie wg PN-B-06714-19:1978),
- odporność na rozdrabnianie - ubytek masy nie większy niż 25% (badanie Los Angeles wg PN-EN 1097-2:2000).



Rys. 12.2. Graniczne krzywe uziarnienia materiału zalecanego do budowy warstw ochronnych przy użyciu maszyny AHM

Źródło: [12]

Zabudowa geosyntetyku ParaLink



Maksymalna nominalna wytrzymałość na rozciąganie standardowych siatek ParaLink® dochodzi do 1350 kN/m



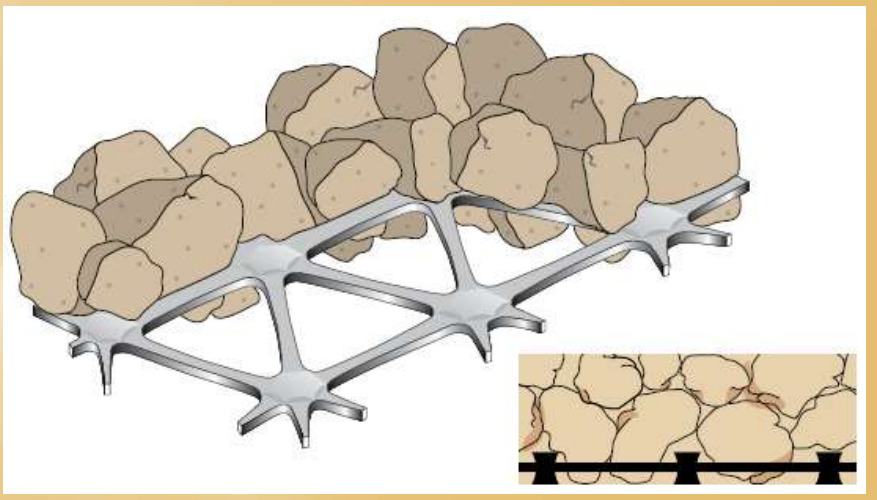
Geosiatki ParaLink (zgrzewane geosiatki wysokiej wytrzymałości) zbudowane są z włókien poliestrowych pokrytych polietylenową powłoką. Stosowane do zbrojenia jednokierunkowego lub dwukierunkowego, gdzie układane są dwie warstwy ParaLink prostopadle do siebie. Geosiatki ParaLink stosowane są do:

- zbrojenia wałów przeciwpowodziowych
- zbrojenia nasypów drogowych i kolejowych posadowionych na słabym podłożu
- zbrojenia nasypów posadowionych na palach lub kolumnach
- zbrojenia podłoża na terenach, gdzie mogą występować pustki
- zbrojenia nasypów na terenach szkód górniczych

http://www.railway-technology.com

Zabudowa geosyntetyku Tensar





Tensar SS to geosiatka dwukierunkowa stosowana do wzmacniania słabego podłoża gruntowego pod nawierzchniami drogowymi, przemysłowymi i wszelkimi innymi powierzchniami obciążonymi ruchem. Tensar AR występuje w dwóch odmianach:

- AR1 - polipropylenowa siatka o sztywnych węzłach
- AR-G - kompozyt powstały w wyniku jednostronnego, termicznego połączenia siatki AR1 oraz igłowanej geowłókniny

Tensar RE - geosiatka jednokierunkowa - stosowana przy budowie stromych skarp i ścian oporowych z gruntu zbrojonego oraz naprawie osuwisk.

http://www.railway-technology.com

Stabilizacja gruntu

Spoiwa do stabilizacji gruntów:

1. Cement portlandzki
2. Wapno palone, hydratyzowane, hydrauliczne, pokarbidowe
3. Popiół lotny z węgla brunatnego, kamiennego
4. Bitum (asfalty upłynnione, emulsje bitumiczne, asfaltobeton)
5. Gips
6. Hydrauliczne spoiwa drogowe (Lipidur, Silment, Solitex)
7. Dodatki do cementu/spoiw hydraulicznych (Geosta, Roadbond EN-1, UPD, STABI Drox)

W Polsce PKP nie opracowało instrukcji do stabilizacji gruntów za pomocą domieszek, w praktyce stosuje się przepisy drogowe.





Źródło: [12]

Stabilizacja gruntu cementem

Cement jako dodatek do stabilizacji:

1. Do stabilizacji cementem nadają się w zasadzie wszystkie grunty, jednak ze względu na ilość potrzebnego cementu i możliwości dobrego wymieszania, najlepsze są grunty o uziarnieniu mieszanek optymalnych.
2. Nie stosować do glin i iłów o dużej zawartości cząstek iłowych, do gruntów o dużej zawartości siarczanów ani do gruntów o znacznej kwasowości (pH < 5).
3. Dodatek cementu powinien wynosić 3 - 5% w przypadku gruntów o uziarnieniu optymalnym oraz do 10% w przypadku gruntów innych oraz cementogruntów o znacznej wytrzymałości. Zbyt duża wytrzymałość podbudowy powoduje wzrost sztywności podtorza, szybsze zużycie podsypki tłuczniowej i niebezpieczeństwo spękań skurczowych stabilizowanej warstwy.
4. Do przeprowadzenia prac stabilizacyjnych używa się specjalistycznych maszyn tzw. recyklerów (frezarko-mieszarki), rozścielaczy spoiw (maszyny dawkujące odpowiednia ilość spoiwa), cystern-polewaczek, oraz standardowych maszyn – równiarek i walców.





Źródło: [12]

Stabilizacja gruntu wapnem

Wapno jako dodatek do stabilizacji:

1. Wapno palone, hydratyzowane, hydrauliczne lub pokarbidowe, jest szczególnie przydatne do stabilizacji gruntów bardzo spoistych, w tym żwirów i pospółek gliniastych oraz piasków gliniastych.
2. Ilość dodawanego spoiwa wynosi zwykle 4 - 8%, przy czym najlepsze efekty uzyskuje się przy użyciu wapna palonego (wapno to jest żrące i wymaga stosowania specjalnych zabezpieczeń).
3. Natomiast do stabilizacji wapnem nie nadają się piaski równoziarniste, grunty bagienne oraz grunty zawierające więcej niż 10% wagowo części humusowych.
4. Wapno palone (CaO) umożliwia zmniejszenie wilgotności gruntów, ułatwia ich rozdrabnianie, mieszanie i zagęszczanie. Ilość dodawanego wapna zależy od wilgotności gruntu. Przykładowo dla glin pylastych i piaszczystych można przyjąć, że każdy procent dodanego wapna powoduje zmniejszenie wilgotności gruntu o około 2% (od 1 do 5%). Tak więc grunt o wilgotności 24%, dla którego wilgotność optymalna wynosi 12%, wymaga zastosowania 6% wagowo wapna, co stanowi około 80 kg wapna na 1 m^3 gruntu.
5. W momencie reakcji wapna ze znajdującą się w gruncie wodą zachodzi reakcja hydratacji. Wydziela się ciepło pohydratacyjne, które dodatkowo osusza grunt. Dlatego należy pilnować ustalonej dawki, aby nie przesuszyć zbytnio gruntów, bo utrudni to zagęszczanie.
6. Po zakończeniu procesu hydratacji następuje proces wymiany jonowej ze znajdującymi się w gruncie minerałami ilastymi. Ta wymiana jonowa jest decydującym czynnikiem wpływającym na poprawę zagęszczalności stabilizowanych gruntów spoistych. Dlatego nie powinno się zagęszczać mieszanki wapienno-gruntowej od razu po wymieszaniu.
7. Oprócz wapna można stosować również dostępne na rynku mieszanki popiołowo-wapienno-cementowe, których wodożądność przekracza 50%. Technologia wykonania robót jest identyczna jak w przypadku stabilizacji podłoża. Problemem może być jedynie wjazd ciężkim sprzętem oraz dozowanie spoiwa do całkowicie pozbawionego nośności i bardzo plastycznego gruntu.

Źródło: [12]

SKYSCRAPERCITY.COM

Stabilizacja gruntu wapnem - osuszanie



Dozowanie wapna i mieszanie z gruntem za pomocą recyklera ciągniętego za ciągnikiem

W procesie hydratacji wytwarza się ciepło przyspieszające osuszanie





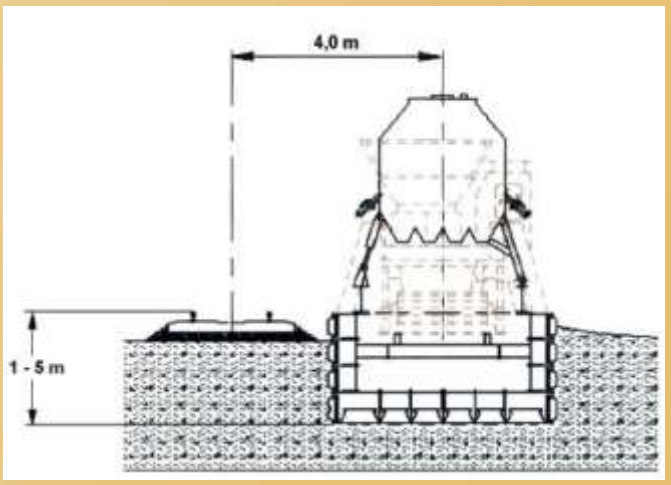
Wyrównywanie i zagęszczanie powierzchni

Źródło: Materiały firmy DROCOMPLEX

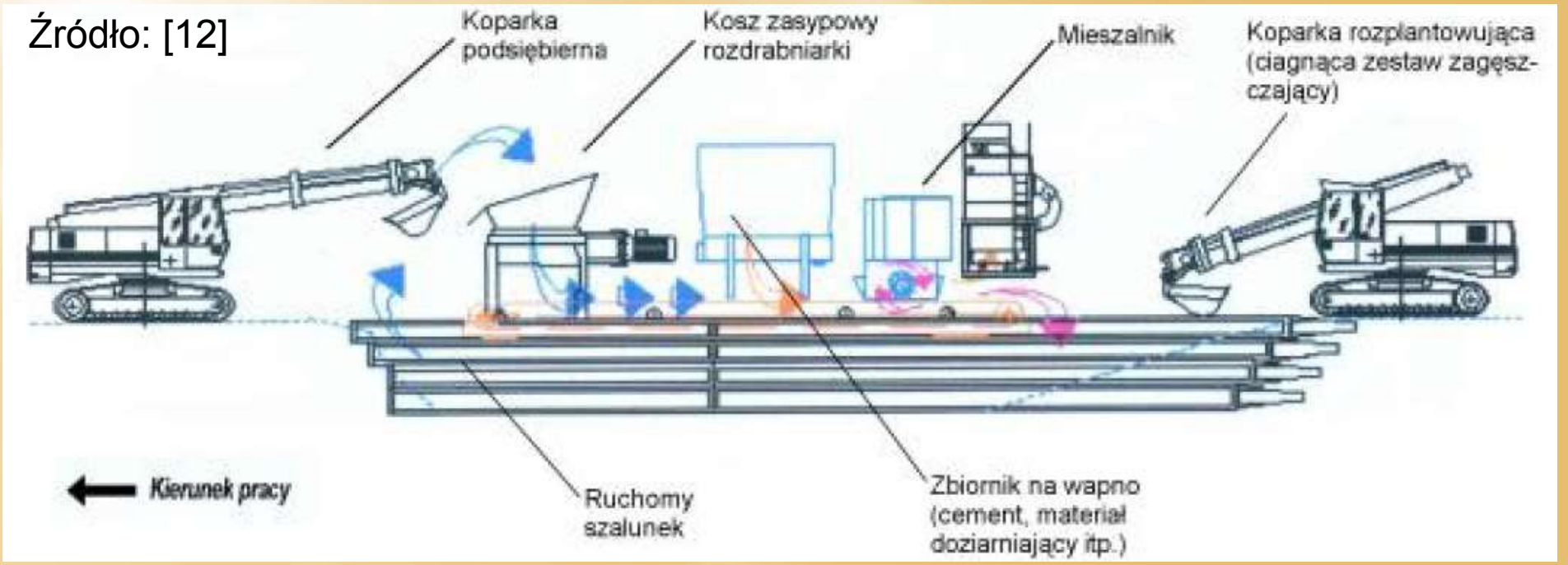
Technologia WARAN

WARAN (Leonhard Weiss System) - szalunek kroczący ze zintegrowanym stabilizatorem do głębokiej stabilizacji gruntu podtorza (1-5 m poniżej główki szyny). Parametry:

1. Minimalny promień łuku toru – 250 m
2. Szerokość robocza zestawu – 4.5 m
3. Wydajność zestawu do – 100 m/dobę
4. Zysk w porównaniu do wymiany gruntów – 30-50%
5. Ma możliwość omijania przeszkód (przepusty, mosty etc.)



Źródło: [12]



Naprawa osuwiska przyporą z geokraty



1. Widok osuwiska



2. Zebranie koluwium

Źródło: Materiały firmy DOLKOM

Naprawa osuwiska przyporą z geokraty



3. Wyrównanie podłoża, zagęszczenie do wymaganego modułu i rozciąganie pierwszej warstwy geokraty



4. Geokrata rozciągnięta i zaszpilkowana. Napełnianie geokraty materiałem przepuszczalnym (niesort)

Źródło: Materiały firmy DOLKOM

Naprawa osuwiska przyporą z geokraty



5. Ręczne rozprowadzanie niesortu i napełnianie komórek geokraty



6. Kolejne warstwy geokraty są układane, napełniane i zagęszczane. Widać krawędź torowiska wzmocnionego wcześniej geokratą i podtorze z palami z cementogruntu.

Źródło: Materiały firmy DOLKOM

Naprawa osuwiska przyporą z geokraty



7. Kolejna warstwa geokraty.



8. Zasięg naprawianego osuwiska.

Źródło: Materiały firmy DOLKOM

Naprawa osuwiska przyporą z geokraty



9. W ostatniej fazie zasypka geokraty była prowadzona z toru przez koparkę dwudrogową. Ukończone zabezpieczenie zasypano materiałem przepuszczalną w celu wyprofilowania skarpy.

10. Naprawione osuwisko.



Źródło: Materiały firmy DOLKOM

Naprawa osuwiska przyporą z kaszyc

Linia E30. W miejscu występowania osuwiska przy torze nr 1:

- wzmocnienie korony korpusu nasypu (trzonu) kolumnami KSS (kolumny żwirowe) i FSS (kolumny betonowe) oraz KSS/FSS (kolumny żwirowo-betonowe) w siatce 1,5 x 1,4 do 2,0 x 1,5 m o średnicy nominalnej wynoszącej 60 cm i długości całkowitej od 6 do 7 m;
- wymiana słabonośnego gruntu budującego korpus nasypu pod torem nr 2 w zakresie od km 7.585 do km 7.625 ze schodkowaniem w części środkowej międzytorza na pospółkę z zawartością części gliniastych – 3% ze zbrojeniem geosiatką co drugą warstwę; w podstawie uformowanie korka z chudego betonu grubości 20 cm;
- wzmocnienie na całej długości konstrukcji podbudowy nawierzchni torowej bezpośrednio nad głowicami kolumn KSS i KSS/FSS poprzez ułożenie geowłókniny, następnie geomaty AB z wypełnieniem klińcem średnicy 4–20 mm i przykryciem geowłókniną impregnowaną asfaltem AUG;
- formowanie i profilowanie skarp korpusu nasypu w trakcie modernizacji poprzez usunięcie drzew i krzewów oraz karpiny z konstrukcji korpusu nasypu, a następnie ścięcie skarp do projektowanego pochylenia (brak schodkowania);
- wykonanie zintegrowanego systemu odwodnienia liniowego w postaci żelbetowych korytek krakowskich oraz drenokolektorów o średnicy 0,35 m z perforacją na α120° obwodu w obsypce tłuczniowej i warstwie separacyjnej z geowłókniny.

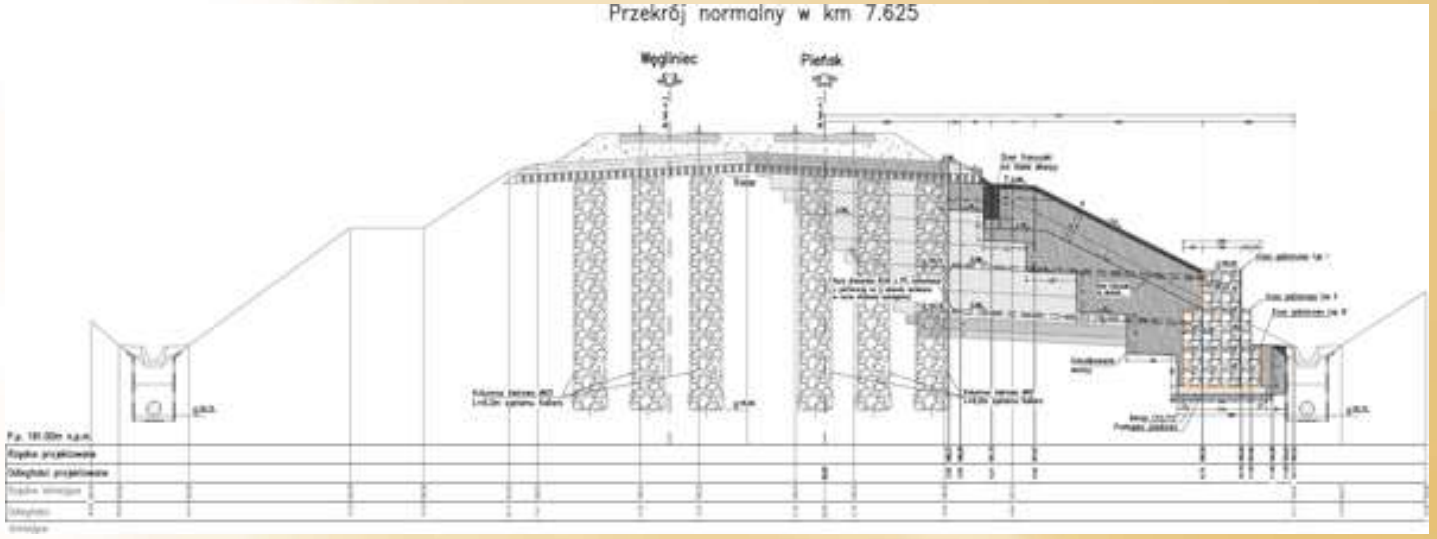
Naprawa osuwiska przyporą z kaszyc

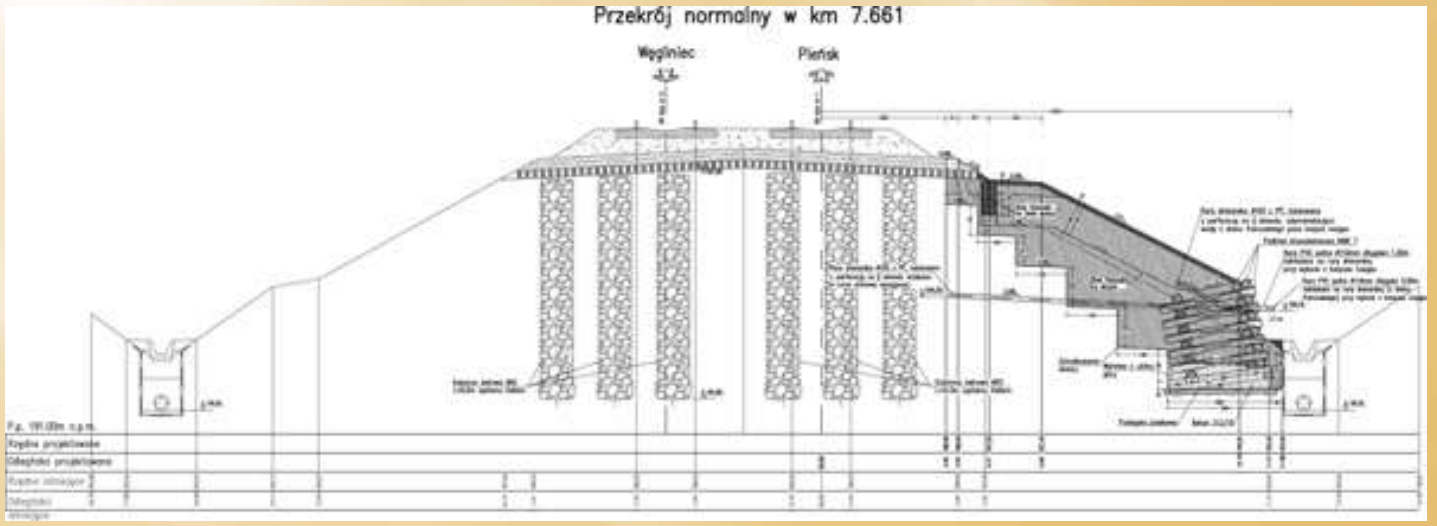




Izdebski M., Lewandowski G., Dorada P., Budka E., Niestabilność korpusu nasypu kolejowego i naprawa osuwiska

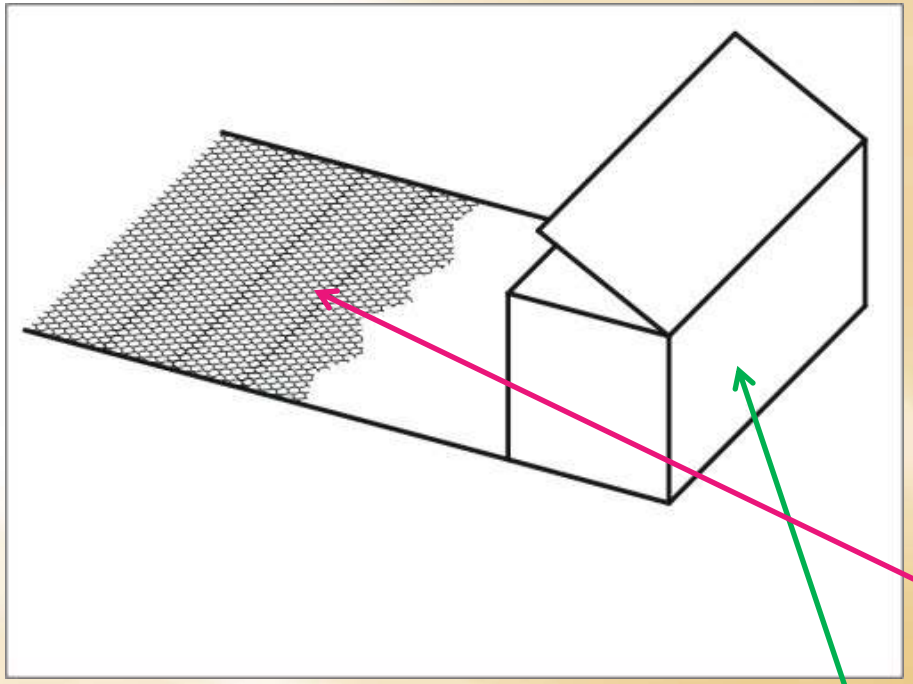
Naprawa osuwiska przyporą z kaszyc

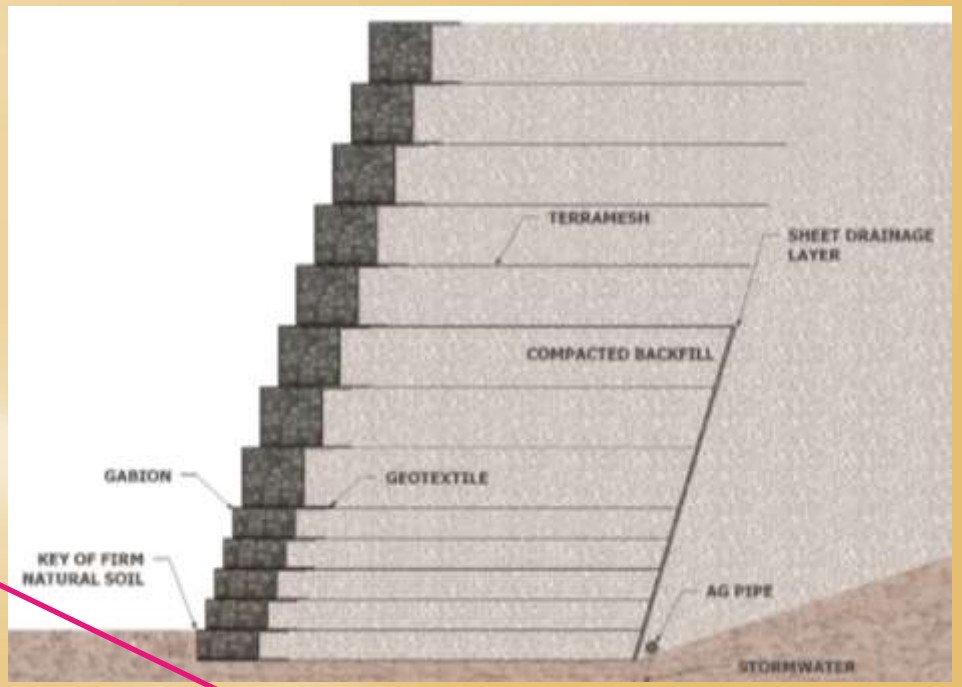




Izdebski M., Lewandowski G., Dorada P., Budka E., Niestabilność korpusu nasypu kolejowego i naprawa osuwiska

Wzmocnienie nasypu – system Terramesh System





Terramesh System to element w postaci kosza gabionowego i siatki kotwiącej będącej integralną częścią kosza. Siatka stalowa wykonana jest z drutu pokrytego stopem cynkowo-aluminiowym ZnAl i dodatkowo zabezpieczonego powłoką organiczną PCW lub PA6. Oblicowanie konstrukcji stanowi kosz wypełniony kamieniami a zbrojeniem gruntu jest siatka kotwiąca. Siatka kotwiąca posiada wytrzymałość na rozciąganie min. 50 kN/m. Elementy systemu Terramesh mają standardową długość i nie wymagają docinania na miejscu budowy. Do łączenia elementów używany jest drut do wiązania o średnicy 2.2/3.0 lub zszywki ze stali nierdzewnej.

Wzmocnienie nasypu – system Terramesh System

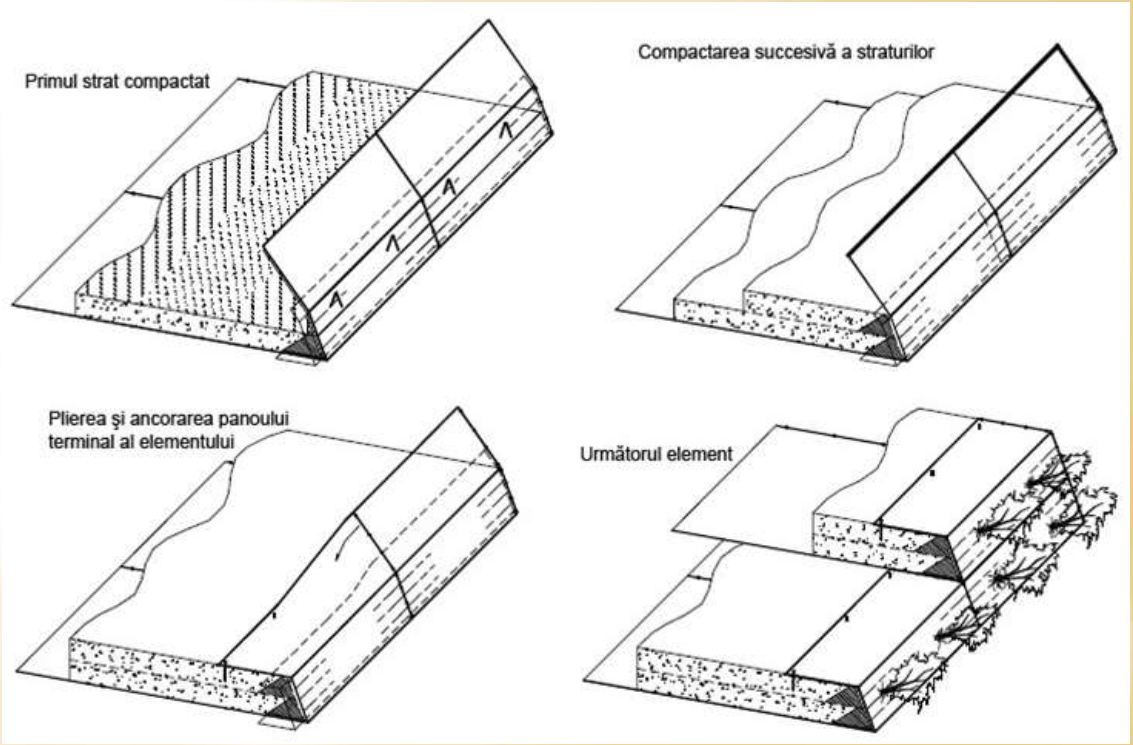


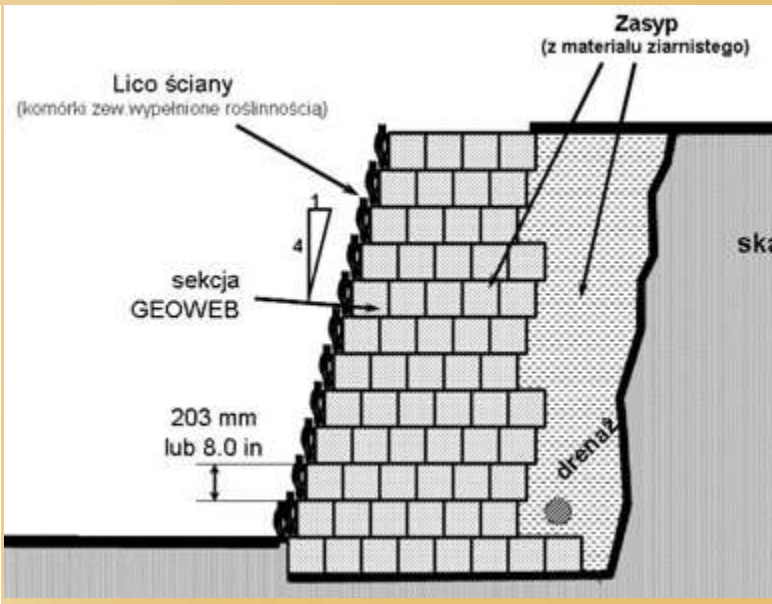




Terramesh System można zastosować do wzmocnienia i ustabilizowania skarpy nasypu/przekopu a także do budowy skarp o większym pochyleniu niż 1:1, np. 4:1.

Wzmocnienie nasypu – system Green Terramesh







Green Terramesh składa się z panelu podwójnie plecionej siatki, biomaty kokosowej ulegającej biodegradacji lub geomaty polipropylenowej, kraty z prętów spawanych, trójkątów z prętów oraz haków ułatwiających uzyskanie określonego nachylenia. Siatka stalowa w systemie **Green Terramesh** wykonana jest z drutu zabezpieczonego jednorodnym stopem cynkowo-aluminiowym ZnAl oraz dodatkową powłoką z polichlorku winylu PCW. Siatka kotwiąca posiada wytrzymałość na rozciąganie od 35 do 95 kN/m. Element Green Terramesh jest gotowym produktem do bezpośredniego użycia przy wznoszeniu nasypów zbrojonych o nachyleniu do 70 stopni nie wymagających dodatkowych elementów szalunkowych.

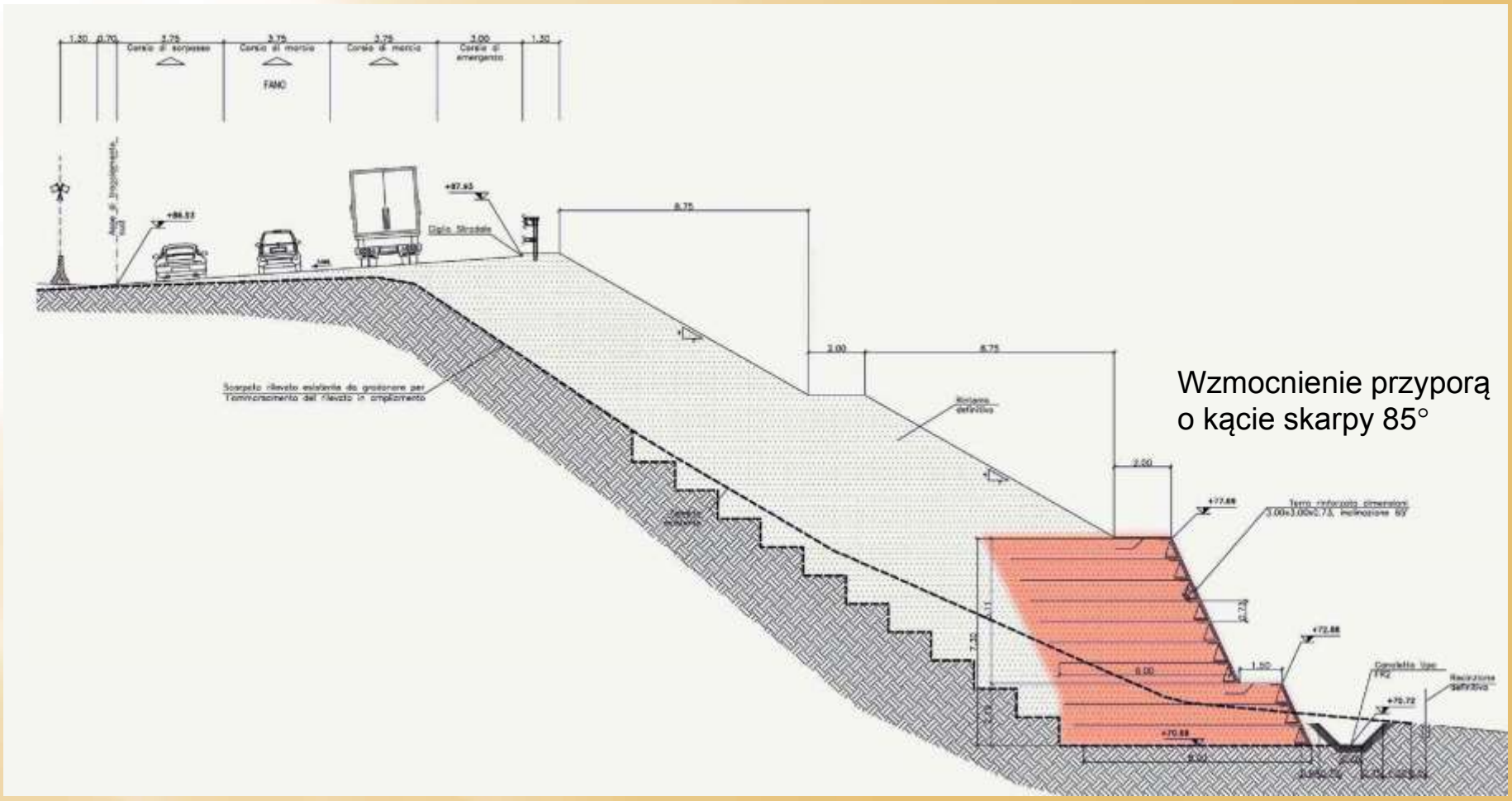
Wzmocnienie nasypu – system Green Terramesh







Wzmocnienie nasypu – system Green Terramesh

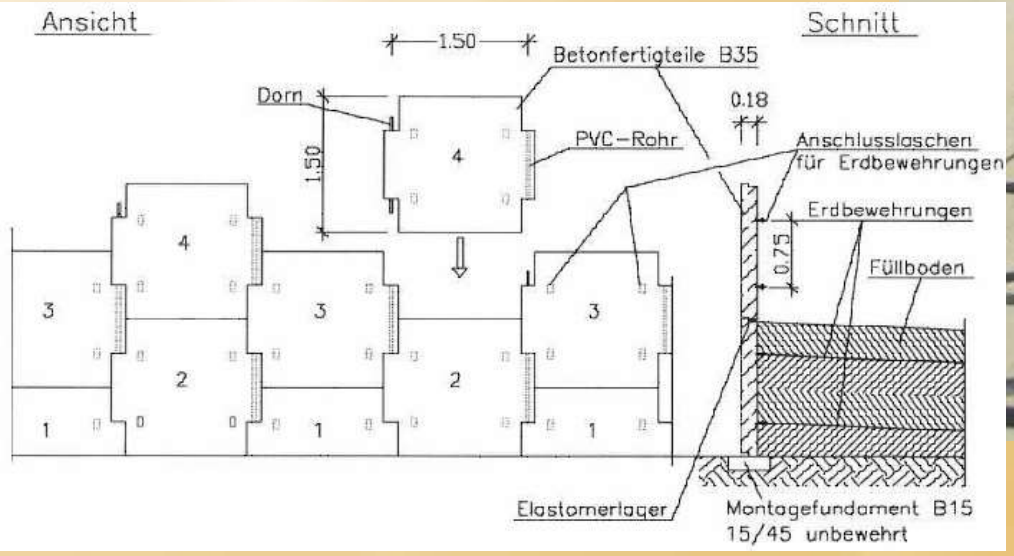


Wzmocnienie nasypu – system Freysisol



System Freysisol składa się z paneli żelbetowych (B35) z dyblami, z których ustawia się pionową ścianę oraz z zakotwienia w nasypie za pomocą taśm napiętych na drucie stalowym. W ten sposób powstaje samonośny nasyp o pionowych ścianach. Podobny jest system Maccaferi Rockfall.





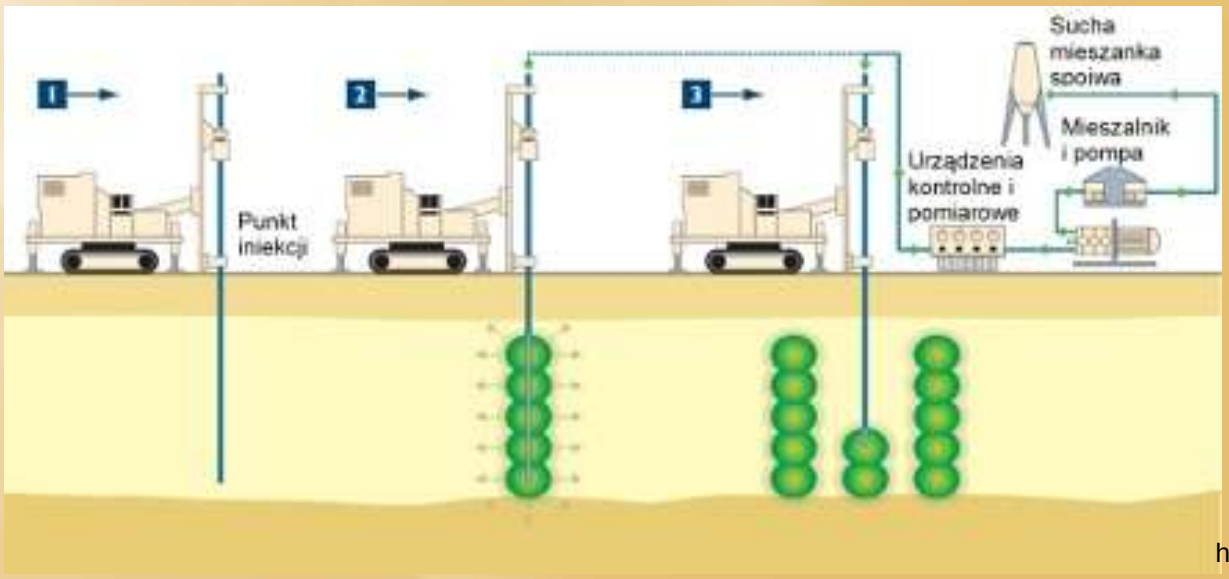
Iniekcja gruntu

Technologia iniekcji CG obejmuje następujące etapy robót:

1. Rura wiertnicy zakończona traconą koronką (ostrzem) zostaje wprowadzona do projektowanej głębokości za pomocą techniki wiertniczej lub wibracyjnej. Po osiągnięciu głębokości przewidzianej w projekcie formuje się podstawę kolumny iniekcyjnej przez wprowadzenie w podłoże założonej ilości stabilnego wypełniacza pod ciśnieniem zależnym od zagłębienia rury i rodzaju gruntów.
2. Następnie rurę podciąga się etapami do góry i wprowadza się pod ciśnieniem przygotowaną wcześniej w mieszalniku zaprawę iniekcyjną, przy czym ilość wtłaczanego materiału i ciśnienie robocze iniekcji podlegają stałej obserwacji i kontroli. Podczas stopniowego podciągania lub zagłębiania rury iniekcyjnej tworzy się szereg pojedynczych, przylegających do siebie brył, które ostatecznie tworzą kolumnę iniekcyjną.

Prędkość podciągania rury oraz czas i przerwy w iniekcji zależą od rodzaju gruntu oraz od wymaganego stopnia wzmocnienia podłoża.

3. Dla osiągnięcia równomiernego zagęszczenia gruntu iniekcja wykonywana jest początkowo w luźnej siatce (kolumny pierwotne), a następnie siatka punktów iniekcyjnych zostaje dogęszczona (kolumny wtórne).

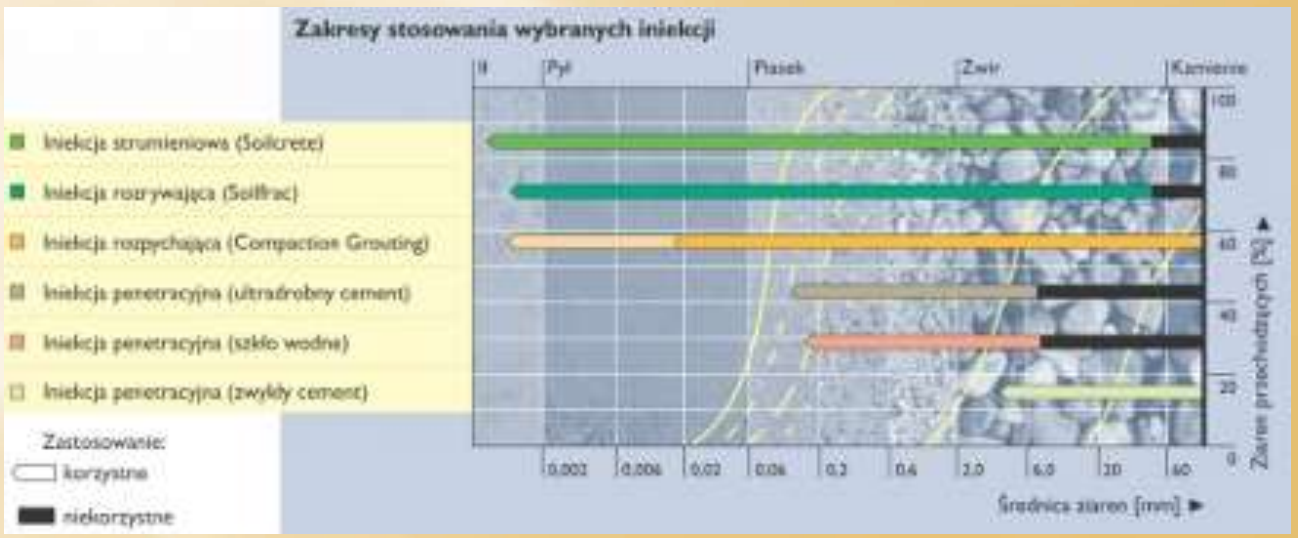


http://www.menard.pl

Iniekcja gruntu

Iniekcja rozpychająca może być wykonana w różnych rodzajach gruntu i dla różnych celów. Najczęstsze zastosowania obejmują między innymi:

- zagęszczanie luźnych gruntów niespoistych (iniekcja zagęszczająca), w przypadku gruntów sypkich i nieznacznie zapylonych wprowadzenie w podłoże pod ciśnieniem mineralnych wypełniaczy powoduje zmniejszenie porowatości gruntu a tym samym zwiększenie jego stopnia zagęszczenia,
- wzmacnianie gruntów spoistych, w przypadku gruntów spoistych i pylastych wprowadzany w podłoże pod ciśnieniem wypełniacz powoduje wyciskanie wody z porów gruntu oraz, w przypadku używania zaprawy, dodatkowo stabilizuje podłoże za pomocą siatki "kolumn".

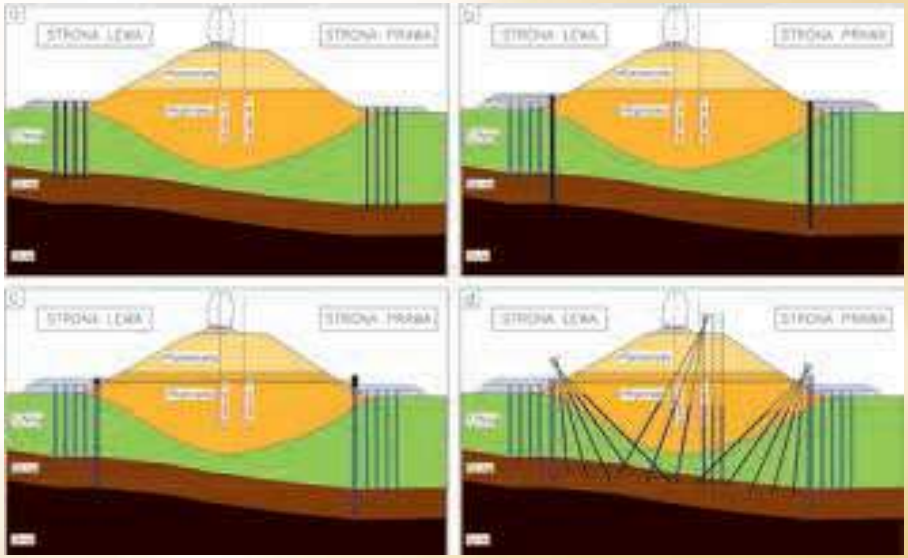


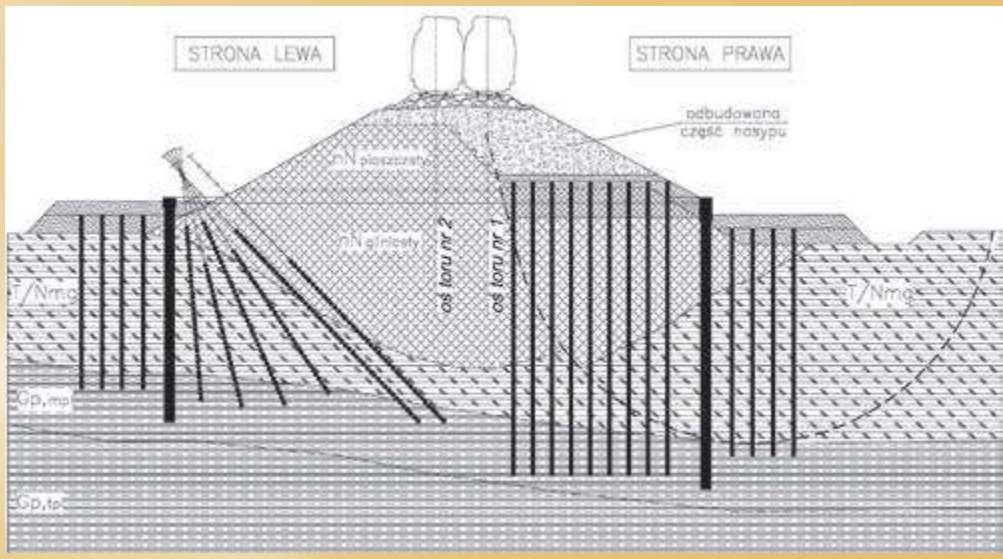
Do zalet tej nowoczesnej technologii wzmacniania gruntu można zaliczyć:

- trwałość osiąganego efektu wzmocnienia (zagęszczenia) gruntu, przy stosunkowo niskim koszcie wykonania w porównaniu do innych metod (m.in. Soilcrete, mikropale),
- wykorzystanie stosunkowo lekkich i małych maszyn (nie stosuje się wysokich ciśnień),
- łagodne wiercenie, bez wibracji i w większości przypadków bez udaru,
- niemal całkowity brak urobku,
- nie używa się wody do rozluźnienia gruntu.

Iniekcja gruntu

Wzmocnienie nasypu kolejowego w stanie awaryjnym w ciągu linii E65 w miejscowości Jurkowice





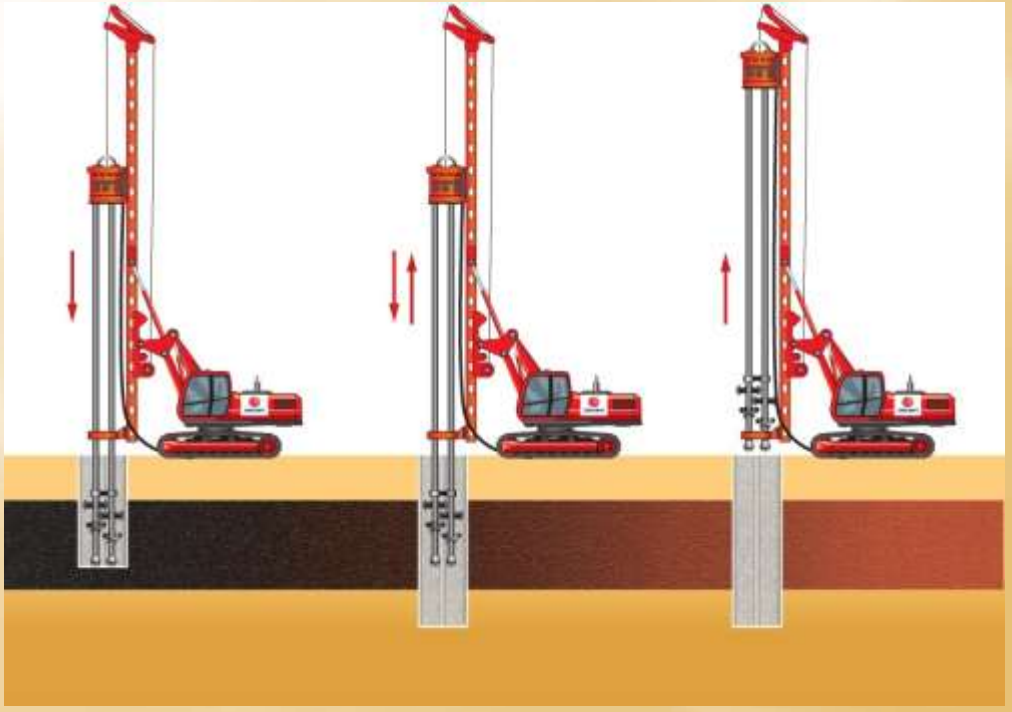
Kolejność robót naprawczych:

a) tymczasowe przypory gruntowe,
b) palisada z pali CFA średnicy 80 cm,
c) ściągi stalowe spinające palisady zwieńczone oczepami żelbetowymi,
d) iniekcja Compaction Grouting



Kolumny gruntowo-cementowe DSM

Idea Deep Soil Mixing oparta jest na koncepcji poprawienia właściwości wytrzymałościowych gruntów poprzez wymieszanie ich z medium wiążącym (np. zaczynem cementowym, cementowo popiołowym, bentonitowym). Powstający w ten sposób tzw. cementogrunt charakteryzuje się znacznie wyższymi parametrami mechanicznymi i odkształceniowymi (wytrzymałość do 6 MPa). W ten sposób dochodzi do wzmocnienia gruntu. Wgłębne mieszanie gruntu polega na wprowadzeniu w podłoże mieszadła o specjalnej konstrukcji, które niszczy strukturę gruntu oraz miesza go z wprowadzonym medium. Dla standardowych zastosowań stosuje się mieszadła składające się z żerdzi wiertniczej oraz belek poprzecznych. Cały proces od momentu pogrążania mieszadła do zakończenia formowania kolumny wspomagany jest wypływem zaczynu cementowego przez dysze znajdujące się na końcu żerdzi wiertniczej. Faza formowania kolumny następuje po osiągnięciu projektowanej głębokości i najczęściej przebiega w kilku etapach, w których mieszadło podciągane i pogrążane zapewnia równomierne wymieszanie zaczynu z gruntem i utworzenie kolumny o jednorodnej strukturze. W przypadku pracy kolumn na zginanie lub rozciąganie można je zbroić, najczęściej przez pogrążenie zbrojenia w świeżo wykonanej kolumnie.





http://www.menard.pl

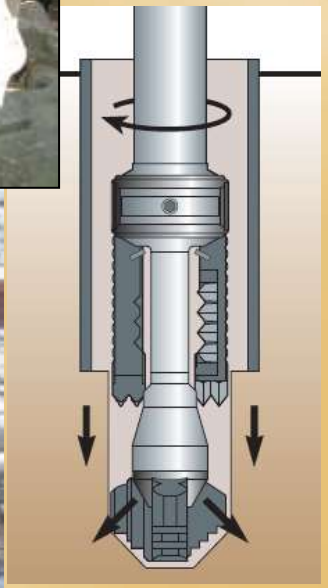
Kolumny gruntowo-cementowe

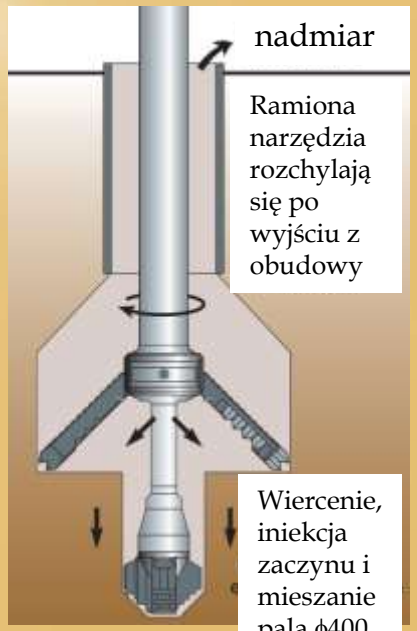












Technologia firmy Soletanche Bachy.

Zalety metody:

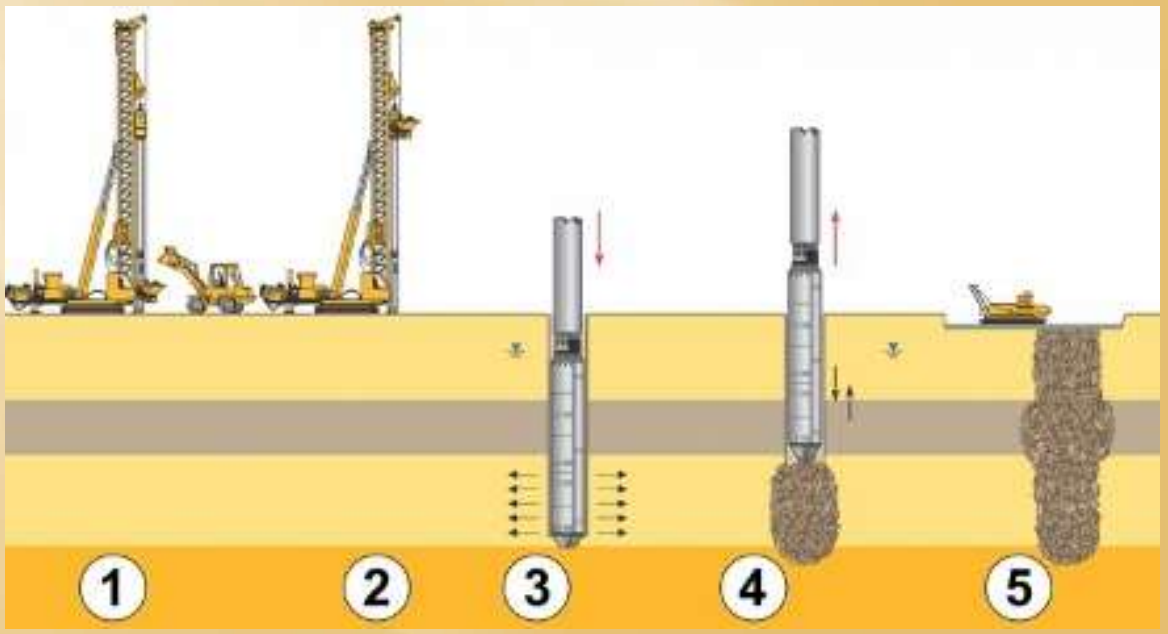
1. Poszerzona stopa zwiększa nośność kolumny.
2. Umożliwia wzmocnienie nasypu bez demontażu nawierzchni – wiercenie między podkładami.
3. Wiertnica jest niska – umożliwia pracę pod siecią trakcyjną.

Kolumny żwirowe SC lub KSS / wibrowymiana

Kolumny żwirowe wykonuje się za pomocą specjalnie zaprojektowanego wibratora wgłębnego, zamontowanego na jednostce sprzętowej. W zależności od głębokości kolumn jednostką sprzętową może być koparka (wtedy maksymalne długości kolumn to 7,0 m), palownica (wtedy maksymalne długości kolumn to 20,0 m), lub dźwig gąsienicowy (maksymalne wykonane kolumny o długości 40,0 m). Technologia wibrowymiany składa się z trzech podstawowych etapów, tj.:

- pogrążenie wibratora – następuje jego zagłębianie w grunt do głębokości projektowej, proces pogrążania często wspomagany jest podawaniem sprężonego powietrzem, wody lub mieszanki powietrzno - wodnej,
- zasyp kruszywa – powstała w pierwszym etapie przestrzeń jest wypełniana kruszywem,
- dogęszczenie – podanego kruszywa realizowane krokami najczęściej co 0,5 m.

Do formowania kolumn SC należy wykorzystywać różnoziarniste kruszywo naturalne tj. żwir, pospółka lub kruszywo łamane, dla którego zawartość frakcji pylastej jest mniejsza niż 5%. W zależności od wykorzystanej metody kruszywo podawane jest przez połączoną z wibratorem rurę zasypową (dry bottom feed) lub z poziomu platformy roboczej wzdłuż rury wibroflotu (wet top feed). Formowane za pomocą hydraulicznego lub elektrycznego wibratora kolumny żwirowe osiągają średnicę od 40 do 120 cm, przy średniej wydajności 200 mb na zmianę roboczą.



Kolumny żwirowe SC lub KSS / wibrowymiana

Technologia kolumn żwirowych SC dobrze sprawdza się w gruntach spoistych w stanie plastycznym i miękkoplastycznym (w pyłach, pyłach piaszczystych, glinach, gruntach niejednorodnych) oraz w gruntach niespoistych, gdy konieczne jest doziarnienie gruntu. Stosowanie technologii w „młodych" gruntach organicznych może wiązać się z ryzykiem rozmycia bądź wyboczenia kolumn, w związku z tym należy dobrać odpowiednią mieszankę, np. kruszywa i cementu.
Zastosowanie kolumn wibrowymiany prowadzi do globalnej poprawy parametrów gruntu, czego wynikiem jest znaczna redukcja osiadań całkowitych i różnicowych. Dodatkowo kolumny po zainstalowaniu mogą pełnić funkcję drenującą. Stosowane są z powodzeniem pod fundamenty obiektów takich jak: hale magazynowe, centra handlowe, budynki mieszkalne, terminale kontenerowe, nasypy drogowe i kolejowe i wiele innych.

Kolumny formowane metodą wibrowymiany mają następujące zakresy przydatności:

- żwirowe (KSS) – nadają się do wzmocnienia słabych gruntów, ale których odpór (boczny), wraz z tarciem wewnętrznym materiału kolumny, wystarczają do zapewnienia jej stabilności; im gruntu otaczający kolumnę jest słabszy, tym mniejsza jest jej zdolność do przenoszenia przez nią obciążenia osiowego;
- betonowe (FSS) – są przydatne w słabych gruntach, zwłaszcza organicznych, mających znaczną miąższość; spoiwo w materiale trzonu kolumny uniezależnia ją od odporu otaczającego gruntu;
- kombinowane (TVSS), mające trzony z odcinkami żwirowymi i betonowymi – nadają się w nasypach i podłożach uwarstwionych; odcinki żwirowe wykonuje się w warstwach generujących wystarczająco duży boczny odpór gruntu, a odcinki betonowe – w warstwach, które go nie generują.

Kolumny żwirowo-betonowe

Wzmocnienie podłoża na linii E 65 było jednym z elementów modernizacji w/w linii na trasie Gdynia–Warszawa. Prace przeprowadzono w km 326,150- 326,250 w technologii kolumn formowanych przy pomocy wibratora wgłębnego z rdzeniowym podawaniem kruszywa. Metoda ta umożliwiła wykonanie efektywnego wzmocnienia podłoża pod nowo wykonywaną linią kolejową oraz pozwoliła zapobiec nadmiernym i nierównomiernym osiadaniom podłoża.
Bezpośrednio pod nasypem kolejowym o wysokości 1 m znajdowały się niekontrolowane nasypy o miąższości ok. 2 m o bardzo zróżnicowanych parametrach geotechnicznych. Poniżej zalegały grunty organiczne w postaci torfu, namułu w stanie plastycznym oraz piasku przewarstwionego namułem. Miąższość gruntów organicznych wahała się od 2 do 3 m. Poniżej zalegały nośne grunty piaszczyste w postaci średnio zagęszczonych oraz zagęszczonych piasków średnich oraz drobnych.
Firma Menard na budowie LSC Gdańsk Etap I wykonała ok. 1100 kolumn betonowych (średnica min. 600 mm) z poszerzoną stopą żwirową. Do wykonania kolumn została wykorzystana specjalnie zaprojektowana mieszanka betonowa oraz dobrze zagęszczalne kruszywo. Zastosowana technologia zagwarantowała uzyskanie małych osiadań resztkowych oraz wysokich współczynników stateczności globalnej.





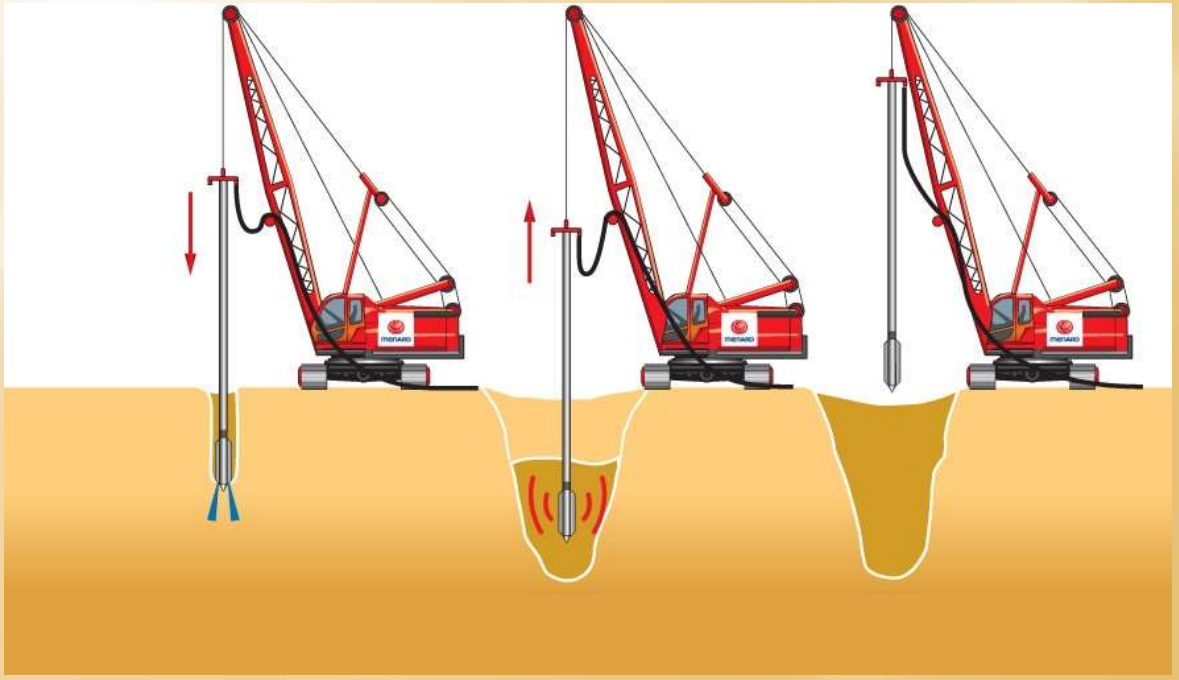
http://www.menard.pl

Wibroflotacja

Wibroflotacja (wibrozagęszczanie) jest metodą wzmacniania gruntu niespoistego, polegającą na wywołaniu zmiany układu ziaren pod wpływem drgań cyklicznych, które powodują upłynnienie gruntu ziarnistego. Efektem jest uzyskanie gęstszego ułożenia ziaren gruntowych i zmniejszenia objętości porów i wzmocnienie gruntu. Podstawowym sprzętem są ciężkie wibratory wgłębne zwane wibroflotami.

Wibrofloty o cylindrycznym kształcie i średnicy 30 do 50 cm, w dolnej części mają zamontowaną jednostkę napędową, wywołującą drgania poprzeczne o amplitudzie od 5 do 20 mm. Często na końcówce wibroflotu umieszczone są dysze, którymi może być tłoczona woda lub powietrze wpływające na skuteczność zagęszczenia gruntu. Wibroflot zagłębiany jest wraz z rurą prowadzącą w grunt pod własnym ciężarem, lub - w przypadku wibroflota umieszczonego na konstrukcji samonośnej - z udziałem siły wciskającej, z jednoczesnym działaniem wibracji.

Zagęszczanie odbywa się podczas podciągania wibroflotu ruchem posuwisto – zwrotnym. W luźnym gruncie powstaje zagęszczony słup zwykle o średnicy od 1,5 do 2,5 m, zależnie od siatki punktów zagęszczenia oraz rodzaju gruntu. Przy zagęszczaniu luźnego podłoża powierzchnia terenu ulega obniżeniu. Wielkość obniżenia zależy od grubości warstwy zagęszczanej i od stopnia rozluźnienia wzmacnianego gruntu.

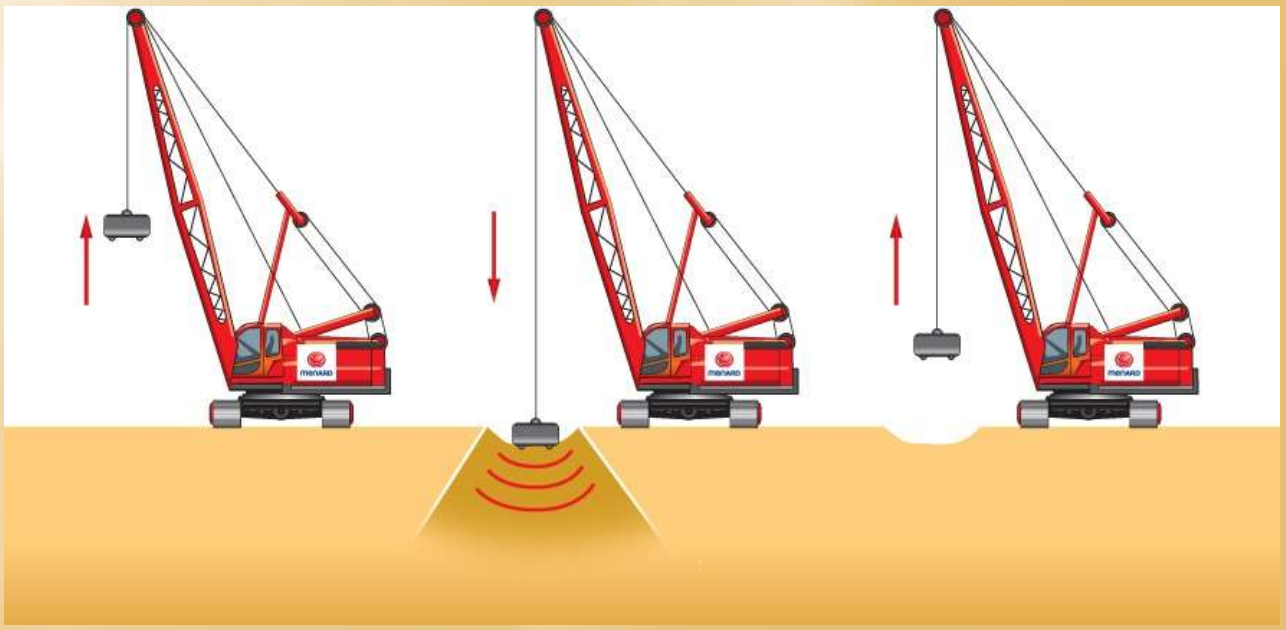


W każdym przypadku konieczne jest dogęszczenie warstwy powierzchniowej 0,5 do 1 m, rozluźnionej w wyniku technologii wibroflotacji. W tym celu stosuje się sprzęt konwencjonalny np. ciężkie walce wibracyjne.

http://www.menard.pl

Konsolidacja dynamiczna

Wyjątkowo prosta idea metody zakłada ulepszenie słabego podłoża za pomocą uderzeń o dużej energii. W wyniku działania fali uderzeniowej grunt ulega zagęszczeniu, zróżnicowanemu w zależności od jego stanu, struktury i głębokości zalegania. Energia przekazywana jest na podłoże za pomocą wielokrotnych uderzeń odpowiednio ukształtowanego ciężaru (stalowy ubijak) o masie od 10 do 40 ton spadającego z wysokości od 5 do 40 m.
W celu przeprowadzenia skutecznej konsolidacji dynamicznej stosuje się dźwigi kratowe, które umożliwiają uzyskanie odpowiednio wysokiej energii uderzenia.
Metoda konsolidacji dynamicznej składa się z dwóch faz ubijania z tym, że w pierwszej fazie zagęszczane są punkty w siatce podstawowej, a w drugiej punkty środkowe. Po zakończeniu właściwego ubijania na całym wzmacnianym obszarze następuje ubijanie powierzchniowe (tzw. ironing). Zagęszczenie dynamiczne zwykle poprzedza się wykonaniem poletka próbnego, na którym określa się rozstaw siatki punktów roboczych oraz potrzebną energię uderzenia do uzyskania wymaganego zagęszczenia, tj. masę oraz kształt ubijaka oraz wysokość jego zrzucania.



http://www.menard.pl

Kotwy gruntowe

Kotwy gruntowe - kotwy są elementami przenoszącymi siły rozciągające na nośną warstwę gruntu. Kotew gruntowa składa się z głowicy, swobodnego odcinka cięgna oraz buławy. Buława jest częścią kotwy zlokalizowaną w gruncie nośnym i zespoloną z nim stwardniałą zawiesiną cementową.

Kotwy znajdują zastosowanie przy:

- wykonywaniu głębokich wykopów,
- konstrukcjach odciągów masztów i pylonów,
- stabilizacji skarp i zboczy w budownictwie infrastrukturalnym.

Podział kotew:

a) z uwagi na trwałość wyróżnia się:

- kotwy tymczasowe (eksploatacja do 2 lat),
- kotwy trwałe (eksploatacja dłuższa niż 2 lata),

b) z uwagi na rodzaj materiału wyróżnia się:

- kotwy linowe,
- kotwy prętowe (stalowe lub z tworzyw sztucznych),

c) ze względu na ilość buław wyróżnia się:

- kotwy tradycyjne jednobuławowe,
- kotwy wielobuławowe (SBMA),

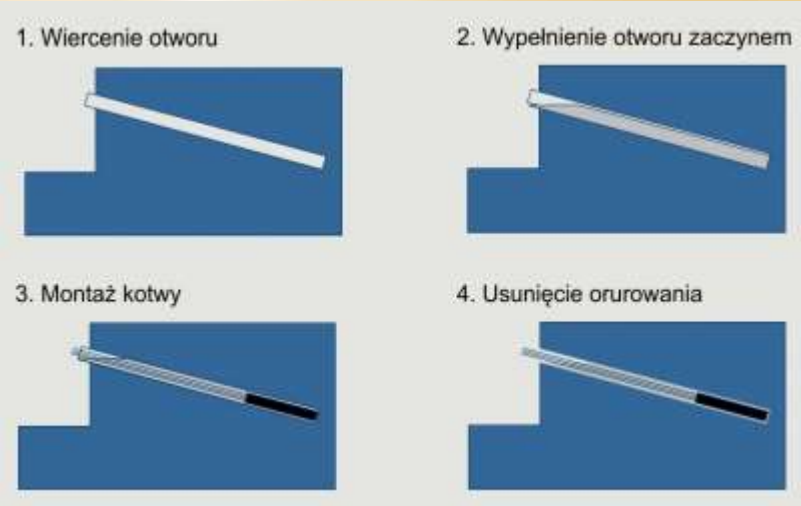
d) z uwagi na możliwość demontażu po zakończeniu eksploatacji wyróżnia się:

- kotwy nie demontowane,
- kotwy z demontowanymi linami (WGL).



Kotwy gruntowe

Kotwy gruntowe wiercone są z zastosowaniem medium umożliwiającego odprowadzenie poza otwór wiertniczy powstałego podczas procesu wiercenia urobku. Rolę taką może spełniać między innymi podawane pod dużym ciśnieniem powietrze, zaczyn cementowy lub woda.
W zależności od poziomu wody gruntowej oraz rodzaju zalegającego w podłożu gruntu, kotwy mogą być wykonywane z zastosowaniem rur obsadowych lub bez ich użycia. Wiercenie bez rur osłonowych pomimo iż znacznie przyspiesza proces wiercenia, możliwe jest jedynie w jednorodnych i bardzo spoistych gruntach, które umożliwiają stabilne utrzymywanie otworu na całej długości odwiertu po usunięciu świdra wiertniczego.
W większości przypadków dla umożliwienia wprowadzenia kotwy do otworu stosuje się podczas wiercenia obsadowe rury pomocnicze stabilizujące otwór w czasie iniekcji wstępnej oraz w czasie montażu kotwy.
Prawidłowa kolejność montażu kotwi powinna obejmować wykonanie otworu, wypełnienie otworu zaczynem cementowym, wprowadzenie kotwi do otworu i iniekcję doprężającą na długości buławy.
Minimalny okres „dojrzewania" kotwy powinien wynosić 7 – 14 dni, w zależności od materiału użytego dla iniekcji. Po tym okresie przeprowadza się badania odbiorcze (najczęściej przy obciążeniu równym 1,25 siły obliczeniowej) i blokuje się kotew przy naciągu ok. 0,8 – 0,9 siły obliczeniowej.



Kotwa z włókna węglowego CFRP



Gwoździowanie skarpy

Gwoździe gruntowe są to elementy wykorzystywane do zbrojenia i wzmacniania gruntu w celu poprawy jego stateczności oraz wytrzymałości na rozciąganie i ścinanie w procesie gwoździowania. Gwoździowanie jest metodą wgłębnego zbrojenia gruntu. Polega na wytworzeniu w obrębie górotworu (skarpy wykopu, nasypu, zbocza) geokompozytu o znacznie wyższych – w stosunku do pierwotnych – parametrach wytrzymałościowych wzmacnianego ośrodka. Wykorzystując grunt in-situ jako element konstrukcyjny uzyskuje się bezpieczne, eleganckie inżyniersko konstrukcje o dowolnej praktycznie geometrii. Możliwość sprawnego funkcjonowania gwoździ z elastycznym systemem zabezpieczenia powierzchniowego pozwala wtopić konstrukcję w otoczenie – uzyskać efekt wykończenia „zielonego", z pokrywą wegetacyjną, zaś konstrukcje oporowe formowane w technologii ścian gwoździowanych, z uwagi na odmienny charakter pracy, są znacznie bezpieczniejsze i łatwiejsze w użytkowaniu, niż tradycyjne konstrukcje oporowe z kotwami sprężanymi. Gwoździe należą do elementów, które są obciążone ciężarem i parciem gruntu, a ich długość jest projektowana tak, by eliminowała wpływy ewentualnej powierzchni poślizgu zbocza. Gwoździe nie należą do elementów wstępnie sprężanych i są uaktywniane pod wpływem deformacji gruntu, np. jeśli dojdzie do częściowej utraty stateczności zbocza. Do wykończenia, a jednocześnie zabezpieczenia gwoździowanych ścian, skarp i wykopów można zastosować szeroką paletę powłok: od ciężkich, sztywnych (np. żelbetowe, prefabrykaty) aż po lekkie i podatne (np. siatka stalowa, geosyntetyki).





Gwoździowanie i mikropale z oczepem żelbetowym

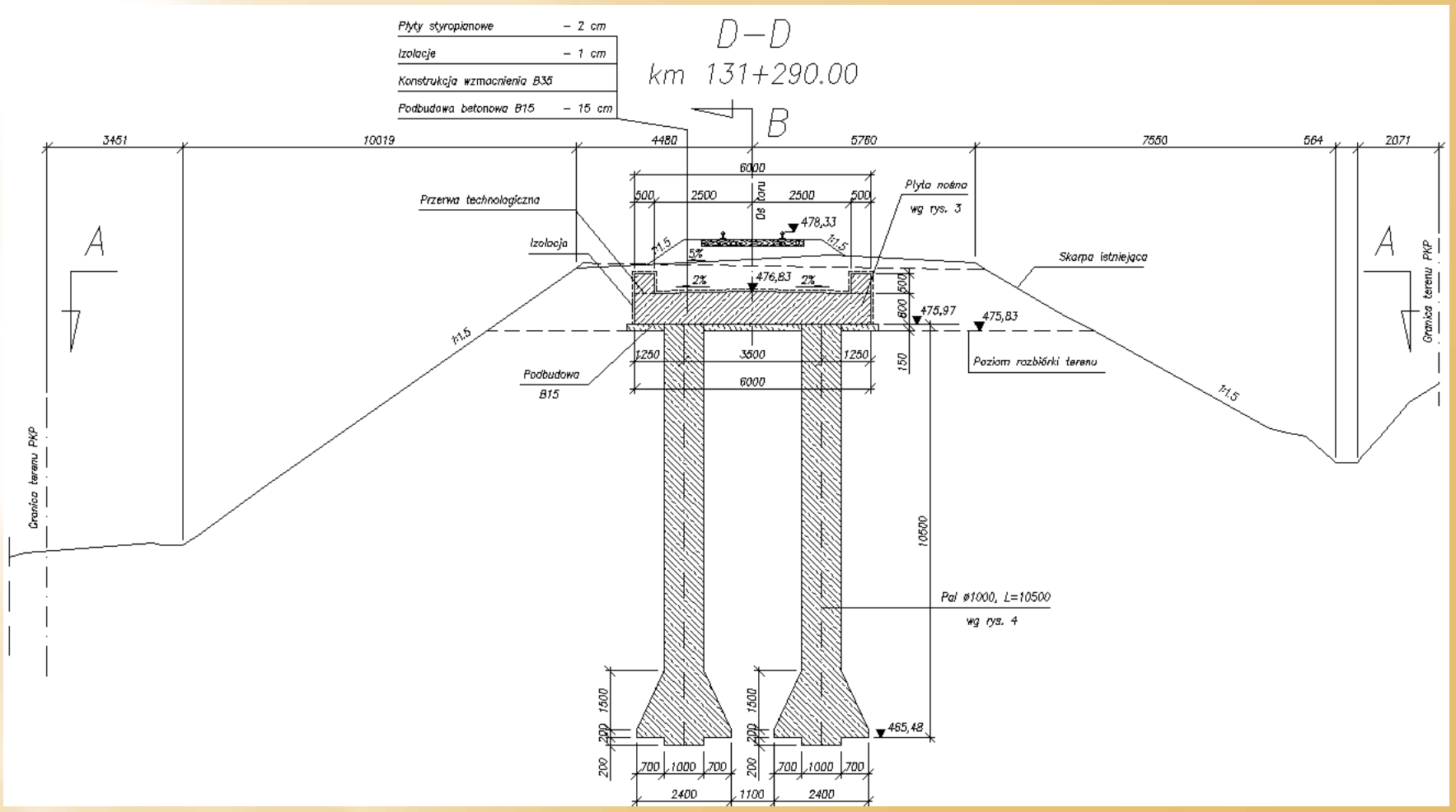
Zabezpieczenie osuwiska na linii E30
- mikropale iniekcyjne zbrojone rurą stalową Ø 76/6 szt. 34 o łącznej długości 408 m,
- oczep żelbetowy o kubaturze 29,6 m^3,
- drenokolektor PE Ø 200 o długości 40 mb,
- wykonanie i montaż kleszczy stalowych mocujących mikropale na długości ścianki z grodzic - 5,35 t.





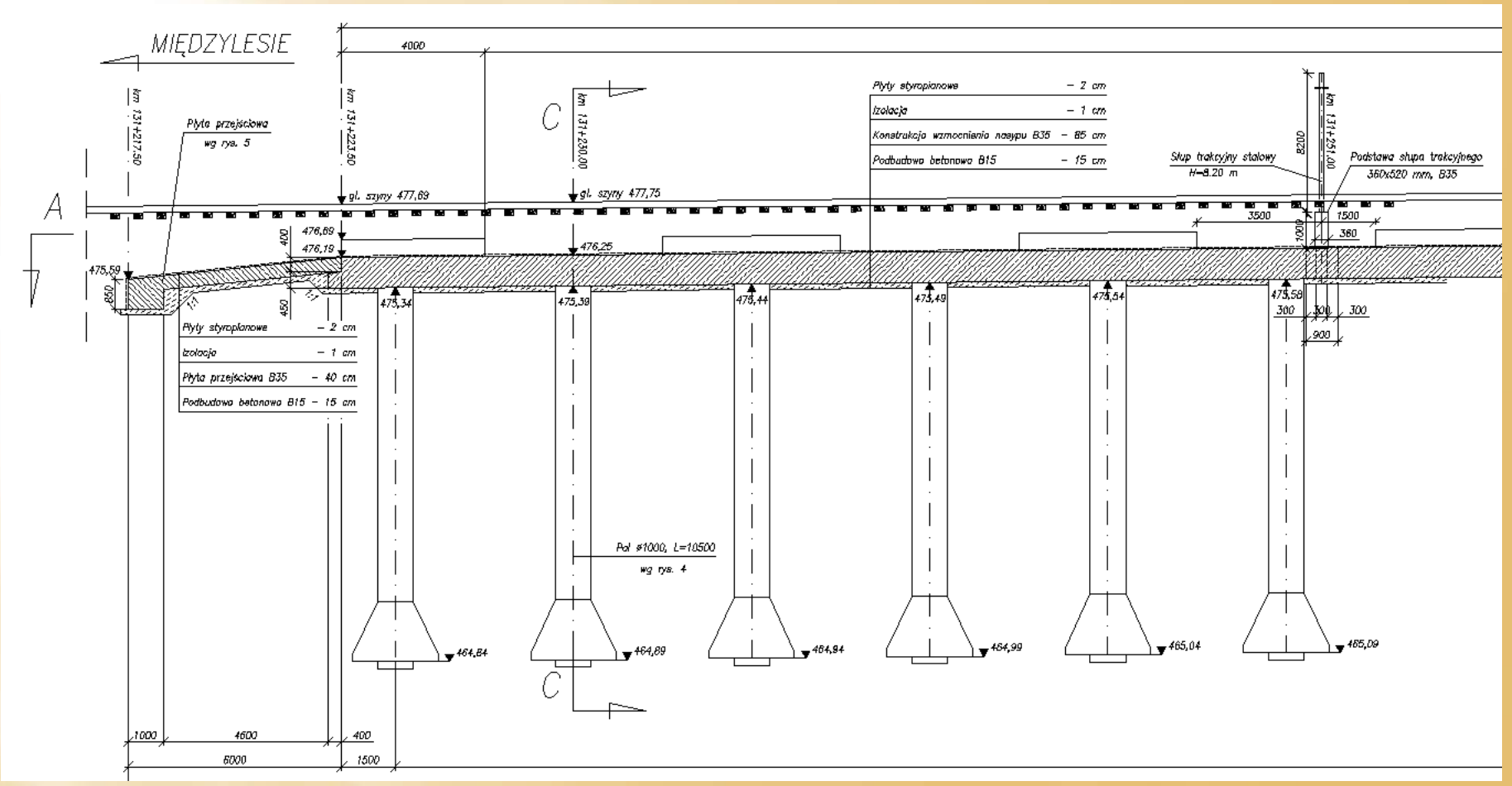


Zabezpieczenie osuwiska za pomocą estakady żelbetowej



Umocnienie nasypów od km 131+217,00 do km 131+302,00 linii Wrocław – Międzylesie. Konstrukcja żelbetowa (B35) na palach wierconych ϕ1000 z rozwierconą podstawą (pale-słupy) długości 10,5 m.

Zabezpieczenie osuwiska za pomocą estakady żelbetowej



Całą konstrukcja ma długość 73 m. Na końcach płyty oczepu zaprojektowano płyty przejściowe długości 6 m jak w konstrukcjach drogowych. W celu łatwego odprowadzenia wody z płyty co 4 m zaprojektowano przerwę w gzymsie płyty.

Zabezpieczenie osuwiska za pomocą estakady żelbetowej



Krawędź estakady zatopionej w nasypie, widoczna po niezamierzonym osunięciu się nasypu. Błąd został naprawiony przez wykonanie dodatkowego drenażu.

Umocnienie skarpy przy estakadzie za pomocą geokraty. Słaby grunt powinien być jednak wzmocniony nie tylko powierzchniowo.

