

mgr inż. Natalia Maca

# Innowacyjna geoinżynieria szansą na sprawną modernizację infrastruktury kolejowej

**W** Polsce wraz z opracowaniem Wieloletniego Programu Inwestycji Kolejowych infrastruktura kolejowa staje się realnym studium projektowym, a w dalszej perspektywie olbrzymim zadaniem wykonawczym. Obszar działań obejmuje budowę nowych linii kolejowych oraz remont i modernizację istniejących w celu podwyższenie standardów techniczno-eksploatacyjnych.

Wyzwań stojących przed inżynierami jest więc co niemiara. Jednym z nich są bez wątpienia zagadnienia geotechniczne związane ze statecznością nasypów i skarp przekopów, zabezpieczeniem istniejących linii kolejowych i obiektów sąsiadujących na czas robót, posadowieniem nowych elementów infrastruktury kolejowej, jak również problemami osuwiskowymi. Projektowanie obiektów kolejowych wymaga podejścia indywidualnego, wykraczającego poza przyjęte schematy, a przede wszystkim zastosowania rozwiązań kompleksowych uwzględniających szczególne ograniczenia projektów kolejowych.

Doświadczenia krajów, w których prace nad rozwojem kolei są dużo bardziej zaawansowane, pokazują, że doskonale sprawdzają się rozwiązania znane i sprawdzone w drogownictwie, bazujące m.in. na **technologii TITAN** służącej do wykonywania iniekcyjnych mikropali, kotew i gwoździ gruntowych. Technologia ta oparta jest na idei wiercenia z jednoczesną iniekcją przy użyciu zestawu traconych elementów pełniących funkcję zbrojenia konstrukcyjnego (kotwy, gwoździa gruntowego czy mikropala). Spełnia wymagania dotyczące technologii stosowanych w budownictwie kolejowym.

## Wymagania dotyczące projektów kolejowych

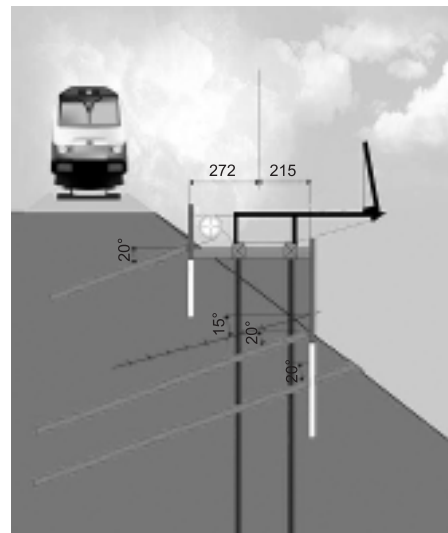
Projekty rozbudowy i przebudowy infrastruktury kolejowej muszą uwzględniać specyficzne wymagania. Do głów-

nych z nich należy ograniczony czas realizacji projektów, który jak nigdzie indziej przekłada się na koszty, zwłaszcza w przypadku prowadzenia prac budowlanych kosztem czasowego zamknięcia funkcjonującego połączenia. Znacznie ograniczony jest również teren inwestycji, co wyklucza rozwiązania wymagające szerokiego zakresu prac ziemnych i dużego zaplecza budowy czy dróg technologicznych. Ze względu na ograniczony teren budowy, trudności z pozyskaniem dodatkowych gruntów, sąsiedztwo terenów zurbanizowanych, tradycyjne rozwiązania stosowane w projektach kolejowych polegające jedynie na zapewnieniu poprawności konstrukcji nasypu czy skarp wykopu przez odpowiednie kształtowanie stoków (w tym poszerzanie nasypów) wielokrotnie są niemożliwe. Ponadto linie kolejowe często przebiegają przez obszary ochrony flory i fauny, gdzie roboty ziemne ingerujące w krajobraz są wykluczone ze względu na warunki środowiskowe.

Prace budowlane przy liniach kolejowych rozprzestrzenionych na terenie całego kraju, często będących jedynymi drogami komunikacyjnymi na ubogich infrastrukturalnie terenach, stanowią nie lada wyzwanie logistyczne. Doprowadzenie niezbędnych mediów do stacjonarnych, ale szybko przemieszczających się wraz z frontem robót, placów budowy jest trudne i kosztowne, a niejednokrotnie niemożliwe. Rozsądne jest więc uniezależnienie się od tego typu baz roboczych. Modernizacja istniejącej infrastruktury kolejowej stawia jeszcze jeden warunek projektantom – prace budowlane na kluczowych liniach muszą być prowadzone przy czynnych połączeniach. Zastosowane rozwiązania muszą zatem zapewnić bezawaryjny ruch pociągów, a jednocześnie bezpieczeństwo ekip budowlanych, co wiąże się z minimalną ingerencją w istniejącą konstrukcję i zabezpieczeniem przed oddziaływaniami dynamicznymi.

## Przykłady rozwiązań geotechnicznych

Jednym z zadań modernizacji jest poszerzanie linii kolejowych o dodatkowy pas. W przypadku linii zlokalizowanych na nasypach, zamiast klasycznego poszerzania korpusu – co wiąże się ze znacznym nakładem robót ziemnych – **korzystniejsze jest wykonanie geotechnicznej konstrukcji hybrydowej** (rysunek 1), niewymaga-



Rys. 1. Schemat poszerzenia torowiska na nasypie

jącej poszerzenia nasypu ani zatrzymania ruchu kolejowej, a zapewniającej wymagane parametry linii kolejowej. Konstrukcję taką uzyskuje się przez wykonanie kotwionych ścianek berlińskich, pomiędzy którymi tworzy się platformę roboczą, z której instalowane są gwoździe gruntowe zapewniające zachowanie stateczności pod zwiększonym obciążeniem. Po połączeniu ścian oporowych i wykonaniu fundamentów mikropalowych montowany jest prefabrykowany wspornik stanowiący docelową nawierzchnię torowiska. **Zastosowanie mikropali do posadowienia torów gwarantuje, że podłoże cechować się będzie dużą**

stabilnością i sztywnością, eliminując odkształcenia (osiadania) torowiska. Mikropale stanowią też uzieszczenie konstrukcji torowiska.

W przypadku linii kolejowych w wykopie ich poszerzenia, a zatem wcięcie w istniejące zbocze, może być bezpiecznie zrealizowane (bez potrzeby wyłączania istniejącej linii) przy wykorzystaniu technologii gwoździowania z realizacją w systemie TOP-DOWN – stopniowe głębenie od góry do podstawy skarpy z zabezpieczeniem każdego poziomu, co daje pełną kontrolę nad zachowaniem skarpy i możliwość szybkiego reagowania na nieprzewidziane warunki gruntowe (rysunek 2).



Rys. 2. Schemat poszerzenia torowiska z wcięciem w istniejące zbocze

Gwoździowanie jako metoda wglębnego zbrojenia gruntu doskonale sprawdza się również w przypadku naprawy uszkodzonych skarp nasypów, które ulegają zniszczeniu w wyniku np. dużych obciążeń statycznych i dynamicznych oraz oddziaływania procesów erozyjnych i czynników atmosferycznych. Często stosowane z innymi zabiegami stabilizującymi zapewnia uzyskanie satysfakcjonującej stateczności bez ko-

nieczności reprofilowania stoków czy wykonywania przypór dociążających. W zależności od dostępności terenu może być wykonywane zarówno z korony, jak i u podstawy skarpy.

Budowa i przebudowa infrastruktury kolejowej to nie tylko torowiska, ale również elementy towarzyszące, niezbędne do prawidłowego jej działania. Jednym z nich są słupy trakcyjne czy ekrany akustyczne, które posadawiane są często w niepewnym ośrodku gruntowym, na ograniczonej przestrzeni, a czas realizacji jest skrócony do minimum. Doskonale poradzono sobie z tymi wyzwaniami podczas reelektrofikacji belgijskiej linii kolejowej 162, gdzie zdecydowano o posadowieniu słupów trakcyjnych na mikropalach TITAN (fotografia). Dodatkowo zastosowano prefabrykowane oczepy. Całe zaplecze budowy (w tym wiertnica) zlokalizowane zostało na platformie po-



Schemat posadowienia słupów trakcyjnych na mikropalach TITAN

Fot. Archiwum TITAN

ciągu roboczego przemieszczającego się wraz z frontem prac. Odpowiedni reżim roboczy pozwolił na uzyskanie wysokiej wydajności prac i zrealizowanie bardzo napiętego harmonogramu.

### Zalety technologii TITAN

Przedstawione przykłady rozwiązań projektowych są zaledwie namiastką możliwości zastosowania technologii TITAN w obszarze infrastruktury kolejowej, których granice zależą jedynie od wizji projektantów. Mają oni do dyspozycji narzędzie, które jest sprawdzone w różnych warunkach na całym świecie i weryfikowalne na każdym etapie prac, a w zależności od rzeczywistych warunków realizacji łatwe do ewentualnej bezpiecznej modyfikacji. Ich wysoka efektywność kosztowa wynika ze znacznej redukcji prac ziemnych, maksymalnego ograniczenia placu budowy i czasu operacji, a w efekcie również ewentualnych przerw w ruchu kolejowym. Ponadto, w projektach realizowanych na większą skalę, możliwe jest umieszczenie całego zaplecza na platformie pociągu roboczego, przez co wymienione korzyści są jeszcze wyraźniejsze. W przeciwieństwie do technologii tradycyjnych – opisane rozwiązania są trwałe i bezobsługowe w całym okresie eksploatacji. Pozostaje zatem wyrazić nadzieję, że artykuł stanie się źródłem pomysłów dla przyszłych projektów.

## Stropy z żebrowych płyt sprężonych TT

(dokończenie ze str. 16)

### Stosowanie płyt żebrowych jako tarcz stężających

Stropy z płyty TT mogą zachowywać się jak przepony przenoszące oddziaływania poziome na pionowe elementy stężające. Wówczas strop pracuje jako pozioma tarcza, nie można jednak dopuścić, aby poszczególne elementy tarczy uległy wzajemnemu przesunięciu. Zaleca się zastosowanie połączeń na krawędziach wzdłuż ich długości, np. złącze dyblowe lub połącze-

nia za pomocą marek (fotografia 3). Należy pamiętać także o wieńcach. Siły rozciągające wywołane giętą pracą



Fot. 3. Przykład połączenia podłużnego na krawędzi płyty TT za pomocą marek

tarczy stropowej przyjmowane są właśnie przez wieńce.

### Ognioodporność i klasa ekspozycji

PN-EN 13224 umożliwia zaprojektowanie płyt TT w klasie nośności ogniowej do R240. Mapy termiczne w zależności od czasu działania pożaru opisane są w załączniku D. W przypadku klas ekspozycji, grubości otulin żeber należy dobrać zgodnie z PN-EN 1992-1-1 oraz PN-EN 206-1.

mgr inż. Robert Nagrodzki

Wszystkie fotografie – Archiwum Consolis