

Dariusz Sobala
Aarsleff Sp. z o.o.
Politechnika Rzeszowska

Wybrane zagadnienia posadowienia obiektów kolejowych

1. Wprowadzenie

W referacie przedstawiono wybrane zagadnienia posadowienia obiektów kolejowych, w tym różnego rodzaju uwarunkowania projektowe i wykonawcze z podkreśleniem istotnych różnic w stosunku do realizowanego programu budowy infrastruktury drogowej.

Rozwiązanie problemów posadowienia jest kluczem do sukcesu każdej inwestycji infrastrukturalnej. Tzw. „wyjście z ziemi” pozwala inżynierom prowadzić budowy wg znanych i wielokrotnie powtarzanych procedur, których realizacja zwykle nie zawiera elementów dużego ryzyka. Większe ryzyko związane jest zawsze z podłożem ze względu na niejednorodność ośrodka gruntowego, ograniczoną możliwość pełnego jego rozpoznania i (niestety) szerokie pole do różnego rodzaju nadużyć. Rozwiązywanie skomplikowanych problemów geotechnicznych wymaga z reguły sporo specjalistycznej wiedzy, jeszcze więcej doświadczenia i nieco innych sposobów dochodzenia do prawidłowych rozwiązań. Zwiększeniu ulega rola i zakres szeroko rozumianego nadzoru: obserwacji i kontroli w trakcie robót geotechnicznych.

W programie modernizacji linii kolejowych, prowadzonym z reguły przy utrzymaniu ciągłości ruchu na linii kolejowej, szczególnego znaczenia nabierają efektywne metody zabezpieczania terenu robót budowlanych i ruchu na użytkowanym torze. Znaczna część tych zabezpieczeń to tymczasowe konstrukcje geotechniczne. Na zakres potrzebnych zabezpieczeń, ich rozwiązania, koszty i stopień ryzyka związany z wykonawstwem wpływ mają przyjęte na etapie przygotowania inwestycji decyzje projektowe i technologiczne dotyczące budowanych lub przebudowywanych obiektów kolejowych. Trafne decyzje projektowe na początkowym etapie przygotowania inwestycji nabierają jeszcze większego znaczenia w kontraktach projektuj i buduj. W tego rodzaju kontraktach na projektowanie jest niezwykle mało czasu – większość czasu na przygotowanie inwestycji poświęca się na uzgodnienia.

W referacie przedstawiono kilka przykładów standardowych i alternatywnych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych i technologicznych wybranych problemów geotechnicznych związanych z przebudową/modernizacją lub budową obiektów kolejowych.

Prezentowane w referacie treści nie stanowią kompletnego opisu problemów geotechnicznych z jakimi spotykamy się w ramach realizacji inwestycji kolejowych. Stanowią raczej próbę **stworzenia kanwy do dyskusji w ramach seminarium na temat uwarunkowań projektowania i wykonawstwa oraz efektywnych sposobów posadowienia obiektów kolejowych.**

2. Uwarunkowania projektowania i wykonawstwa posadowień obiektów kolejowych

Trudno dziś dyskutować o zagadnieniach posadowienia budowanych lub przebudowywanych obiektów kolejowych w ramach realizowanego programu modernizacji infrastruktury kolejowej bez odnoszenia się do licznych doświadczeń wynikających z dotychczas zrealizowanych etapów programu budowy infrastruktury drogowej. Ich bezpośrednie przenoszenie na projekty kolejowe ma jednak **liczne ograniczenia.** Aby efektywnie korzystać ze zgromadzonych doświadczeń warto na początku podkreślić istotne różnice z jakimi mamy do czynienia w przypadku inwestycji realizowanych w ramach tych programów.

2.1. Zarządca infrastruktury i główny inwestor

Od inwestora tak naprawdę oczekuje się niewiele, m.in. żeby:

- wiedział czego chce - cele;
- miał teren, pieniądze, ludzi i czas niezbędny na realizację inwestycji - zasoby;
- miał plan realizacji inwestycji;
- w trakcie realizacji kontrolował jej przebieg i wyciągał wnioski.

Jednoznaczna identyfikacja celu dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego, świadomość **zasobów** jakimi się dysponuje, jasne określenie **sposobów osiągnięcia celu** i ciągła **kontrola** efektywności przyjętej strategii to klasyczne **zasady skutecznego działania**. Jednak, to co z pozoru wydaje się proste i jasne, rzadko udaje się w praktyce zrealizować. Przykładem, może być tutaj realizacja programu budowy infrastruktury drogowej, gdzie cele nadal nie są jasno sformułowane (każdy uczestnik inwestycji dba wyłącznie o własne interesy i wydaje się, że nikt już nie pamięta o co tak naprawdę w budowaniu chodzi), procedury nie funkcjonują prawidłowo, a wniosków jak nie było tak nie ma.

Na liniach kolejowych nie występuje, charakterystyczne dla sieci drogowej, rozdrobnienie inwestorów/zarządców, a tym samym zasad realizacji inwestycji. Ogólne zasady prowadzenia inwestycji infrastrukturalnych na kolei powinny być zatem jednolite. Główny inwestor i jednocześnie „zarządca narodowej sieci linii kolejowych” (www.plk-sa.pl) PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., działa jako spółka akcyjna. PKP PLK S.A. różni się więc zasadniczo od klasycznej administracji rządowej lub samorządowej inwestującej i zarządzającej infrastrukturą drogową (z wyjątkiem odcinków autostrad zarządzanych przez prywatne konsorcja). Z działalnością w formie spółki związana jest (lub powinna być) większa efektywność i elastyczność w dążeniu do wyznaczonych celów biznesowych. PKP PLK, oprócz realizacji elementów strategii polityki transportowej państwa, działa jak zwykle komercyjne przedsiębiorstwo, dla którego dobra infrastruktura stanowi podstawę przyszłej efektywnej działalności ekonomicznej. Jednolita struktura przedsiębiorstwa powinna znakomicie ułatwiać zarządzanie, szczególnie w sytuacji kryzysowej, a taką jest niewątpliwie realizacja zakrojonego na szeroką skalę programu modernizacji.

Z doświadczeń autora wynika, że kluczem jest dobór odpowiednich ludzi posiadających wiedzę i doświadczenie, nie unikających odpowiedzialności i podejmowania decyzji. W przypadku inwestycji infrastrukturalnych sztuką jest oddzielenie uzgodnień technicznych, które zawsze powinny prowadzić do najbardziej optymalnego (technicznie, technologicznie i ekonomicznie) rozwiązania, od kontraktowych uzgodnień formalno-prawnych, które mają charakter pomocniczy. Poza tym wystarczy:

- wyznaczać realne terminy realizacji inwestycji zapewniające możliwość dochowania zasad technologicznych na każdym etapie robót;
- dbać o właściwą komunikację na kontrakcie, m.in. uświadomić wspólny cel działania projektanta, wykonawcy i nadzoru;
- płacić bez zwłoki za wykonana prawidłowo robotę;
- obserwować przebieg inwestycji, wyciągać wnioski i wprowadzać niezbędne zmiany;
- stosować w przetargach zasadę najniższej ceny dla porównywalnych ofert, co wymaga dużo bardziej precyzyjnego określenia warunków przetargu i kar za ich złamanie oraz
- przestrzegać podstawowych zasad etyki zawodowej i etyki w ogóle.

Projekty infrastrukturalne realizowane są wg schematu „projektuj”, „buduj” i „projektuj i buduj”. Kilka inwestycji infrastrukturalnych zostało zrealizowanych w schemacie „projektuj, buduj i utrzymuj”. Wybór sposobu realizacji inwestycji zależy od wielu czynników które tutaj nie będą omawiane. Jednak analizując nawet pobieżnie przebieg tych inwestycji nasuwa się jedna refleksja: im bardziej kompleksowa usługa tym lepiej i sprawniej inwestycja została przeprowadzona. Za tą refleksją nasuwa się kolejna: im bardziej kompleksowa usługa tym większe wymagania w stosunku do służb inwestora w zakresie ochrony jego interesów – przede wszystkim w zakresie formułowania wymagań użytkowych, technicznych i jakościowych, ich oceny na etapie projektowania i egzekwowania na etapie realizacji. Zleceniu dokumentacji projektowej w przypadku realizacji inwestycji w schemacie „projektuj”, a potem „buduj” towarzyszyć powinny również bardzo wysokie wymagania. Warto pamiętać, że w schemacie

„buduj” wykonawca zobowiązany jest jedynie do wykonania roboty zgodnie z dokumentacją, nawet jeśli nie jest ona najwyższej jakości i nie zawiera optymalnych rozwiązań, co szczególnie często dotyczy zagadnień geotechnicznych.

2.2. Przepisy prawa i przepisy wewnętrzne Inwestora

Pewien zakres przepisów dotyczących inwestycji infrastrukturalnych jest wspólny dla inwestycji drogowych i kolejowych (m.in. Prawo Budowlane i Prawo Zamówień Publicznych oraz różnego rodzaju ustawy towarzyszące, np. dotyczące ochrony środowiska). Jedyną przewagą formalno-prawną w przypadku drogowych inwestycji infrastrukturalnych tkwi w tzw. specustawie. Wprowadzenie podobnych mechanizmów w przypadku linii kolejowych wydaje się niezbędne.

Zasadnicze różnice dotyczą natomiast zakresu i formy rozporządzeń wykonawczych [22] i [23] do ustawy Prawo Budowlane oraz sposobu wprowadzania i zakresu oddziaływania przepisów wewnętrznych zarządcy sieci, które obowiązują praktycznie na całej sieci w przypadku kolei, a nie na jej niewielkim fragmencie, jak to ma miejsce w przypadku dróg.

Najistotniejsze dla projektowania i wykonawstwa geotechnicznego uwarunkowania formalno-prawne wynikają chronologicznie z następujących aktów prawa i przepisów wewnętrznych PKP PLK S.A.:

- rozporządzenia [22], które ma zupełnie inny charakter niż późniejsze, niepotrzebnie bardzo szczegółowe, a przez to nie nadążające za zmieniającą się rzeczywistością rozporządzenie drogowe [23]. Ogólny charakter rozporządzenia kolejowego [22], przejawiający się m.in. ogólnym odwołaniem do aktualnego katalogu Polskich Norm, pozwala na automatyczne wdrażanie wszystkich ich zmian. W oparciu o postanowienia tego rozporządzenia 1 kwietnia 2010 roku, niejako automatycznie wraz ze zmianami wprowadzonymi przez Polski Komitet Normalizacyjny w katalogu Polskich Norm, zostały na liniach kolejowych wprowadzone Eurokody. Taka forma rozporządzenia umożliwia inżynierom prowadzenie ich podstawowej działalności w oparciu o aktualny stan wiedzy technicznej i naukowej, który jest na bieżąco kodyfikowany w normach PN-EN.
- warunków [1], które w zakresie merytorycznym odnoszącym się do posadowienia zatrzymały się na wytycznych dotyczących pali wielkośrednicowych i ścian szczelinowych oraz z reguły nieaktualnych normach – niestety wciąż obowiązują na sieci PKP PLK S.A.
- standardów [5] wprowadzonych uchwałą Zarządu PKP PLK S.A w czerwcu 2010 roku. Standardy te w postanowieniach ogólnych (p. 1.1.3c) wprowadzają (ponownie!!!) do stosowania Eurokody 0-6, a w p. 1.4.1 Eurokod 7 w zakresie projektowania geotechnicznego i rozpoznania podłoża. Z praktycznego punktu widzenia standardy [5] stanowią zapewne potrzebne uszczegółowienie wymagań rozporządzenia [22] dokonane przez zarządcę infrastruktury kolejowej na własnej sieci. Jednak w zakresie zagadnień dotyczących projektowania geotechnicznego i wykonawstwa specjalnych robót geotechnicznych wprowadzają zbędne zamieszanie przez liczne odwołania do starego systemu norm PN, co czyni je wysoce niespójnymi.
- rozporządzenia [24] z 25 kwietnia 2012 roku, które dotyczy wszystkich obiektów budowlanych. Rozporządzenie to w istotny sposób zmienia zakres rozpoznania podłoża gruntowego i projektowania geotechnicznego, które powinno być prowadzone zgodnie z wymaganiami PN-EN 1997.

2.3. Normy

Współczesne normy z serii PN-EN kodyfikują aktualny stan wiedzy i najlepsze, uzgodnione w całej Europie zasady projektowania, produkcji materiałów i wyrobów budowlanych oraz wykonawstwa. Tworzenie norm europejskich jest domeną inżynierów przy współudziale naukowców. Poszczególne środowiska inżynierów chcące zmienić jakieś reguły techniczne powinny skupić się na zmianie norm, która jest dużo łatwiejsza od zmiany aktów prawa, w tym rozporządzeń. System ten mógłby być skuteczny pod warunkiem, że rozporządzenia zachowywałyby charakter aktów prawa, a normy kodeksów zasad i reguł technicznych. Normy europejskie, w odróżnieniu od norm serii PN, podlegają systematycznym przeglądom, a więc informacje w nich zawarte są z reguły aktualne. Normy te nie są obowiązkowe, dopóki nie

zostaną wprowadzone do obowiązkowego stosowania w aktach prawnych, np. tak jak w rozporządzeniu [22]. Mogą zostać wprowadzone do obowiązkowego stosowania również przepisami wewnętrznymi inwestora (patrz [5]) lub w umowie na projektowanie/wykonawstwo obiektów budowlanych. W przypadku obiektów kolejowych Eurokody zostały wprowadzone do obowiązkowego stosowania wielokrotnie. Pytanie jakie wydaje się w tym kontekście uzasadnione – czy skutecznie?

Modele obciążeń kolejowych (wg PN-EN 1991-2) podlegają ewolucji, a nie kolejnym rewolucjom, jak w przypadku modeli obciążeń drogowych. Unifikacja modeli obciążeń kolejowych, wynikająca z naturalnych potrzeb tego rodzaju infrastruktury transportu, nastąpiła wiele lat temu za sprawą UIC. Drogowcy mogą jedynie pomarzyć o tak sprawnie działającej, międzynarodowej i opiniotwórczej organizacji. Wprowadzenie Eurokodów nie zmienia zatem wiele w zakresie obciążeń kolejowych, szczególnie w kontekście wstrzymania planów budowy szybkiej kolei.

W projektowaniu geotechnicznym w oparciu o Eurokod 7 zmiany są dużo większe i bardziej istotne. Zmieniła(y) się:

- klasyfikacja gruntów,
- oznaczenia często używanych wielkości/wartości;
- zasady wyznaczania wartości parametrów geotechnicznych (inny poziom prawdopodobieństwa)
- wartości współczynników bezpieczeństwa oraz
- sposób klasyfikacji oddziaływań geotechnicznych.

Z nazwy w normie PN-EN 1997-1 wymieniono wiele stanów granicznych, które wymagają sprawdzenia. Norma wymaga również, aby sprawdzenia były udokumentowane odpowiednimi obliczeniami w projekcie. Rozporządzenie [24] i Eurokod 7 wprowadzają:

- kategorie geotechniczne, które określają zakres wymaganych badań podłoża i projektowania,
- opinię geotechniczną oraz projekt geotechniczny jako elementy projektu budowlanego.

Obiekty kolejowe z zasady kwalifikują się do 2 kategorii geotechnicznej. W przypadku bardzo trudnych warunków geotechnicznych mogą zostać zakwalifikowane do kategorii 3 (osuwiska, szkody górnicze lub inne skomplikowane warunki geotechniczne). To oznacza zwiększenie zakresu badań podłoża gruntowego oraz projektowania geotechnicznego w stosunku do wymagań z okresu przed wprowadzeniem rozporządzenia [24]. Eurokod 7 w zakresie projektowania jest klasyczną normą bezpieczeństwa, określa zasady ale nie podaje metod projektowania geotechnicznego, zatem możliwe jest wykorzystywanie dotychczas stosowanych metod projektowania przy zachowaniu poziomu bezpieczeństwa, zasad i zakresu projektowania wg Eurokodu 7.

Wykonawstwo od wielu lat funkcjonuje w oparciu o normy z serii PN-EN więc tutaj zmiany nie są ani wymagane, ani konieczne. Podobnie sytuacja wygląda w produkcji wyrobów i materiałów budowlanych. Te segmenty budownictwa dawno zorientowały się, że lepiej konkurować na rynku w oparciu o jakiegokolwiek zbiór zasad niż przy ich braku. W projektowaniu posługiwano się tymi samymi zasadami również wprowadza zdrową konkurencję i eliminuje hochsztaplerów. **Dla inwestora oparcie się o zasady podane w normach jest absolutnie kluczowe.**

Podsumowując: projektowanie geotechniczne (i konstrukcyjne) obiektów kolejowych powinno odbywać się w oparciu o zasady podane w rozporządzeniu [24] i w Eurokodzie 7. Na sieci drogowej w oparciu o te przepisy nie powstał do tej pory prawdopodobnie żaden obiekt.

Warto byłoby więc uporządkować zapisy standardów [5] oraz warunków [1] usuwając z nich (co najmniej) w zakresie projektowania geotechnicznego odwołania do konkretnych norm (przede wszystkim zaś odwołania do norm starego systemu PN), które w kontekście rozporządzenia [24] i [22] stanowią zbędne dublowanie istniejących przepisów, są niespójne, a w przypadku literalnego stosowania wprowadzają zupełnie zbędne rozszerzenie zakresu wymagań dokumentacyjnych w stosunku do zawartych w [24] i Eurokodzie 7.

Stan formalno-prawny i normalizacyjny dotyczący badań podłoża i projektowania geotechnicznego obiektów kolejowych jest inny niż w przypadku dotychczas prowadzonych inwestycji drogowych. Obecnie trudno ocenić jaki będzie wpływ tych różnic na praktykę

projektowania i wykonawstwa geotechnicznego obiektów kolejowych, ponieważ brak jest w kraju doświadczeń w tym zakresie. Jedno niewątpliwie warto podkreślić: oprócz litery prawa równie ważna jest praktyka jego stosowania. Od praktyki stosowania rozporządzenia [24], Eurokodu 7 i norm towarzyszących zależy szeroko rozumiana efektywność projektowania i wykonawstwa robót geotechnicznych w ramach inwestycji kolejowych. To zadanie dla inżynierów, a nie urzędników, których należy od tych zagadnień trzymać z daleka.

2.4. Szczegółowe Specyfikacje Techniczne

Podstawowym dokumentem na budowie wykorzystywanym przez wykonawcę i nadzór jest Szczegółowa Specyfikacja Techniczna (SST). Dokument ten powinien zostać opracowany lub dostosowany do każdej inwestycji indywidualnie przez projektanta na podstawie ogólnej specyfikacji technicznej lub właściwej normy. Jego opracowanie wymaga szerokiej wiedzy technologicznej i znajomości wielu norm. W przypadku większości specjalistycznych robót geotechnicznych takie normy zostały opracowane, przetłumaczone i są ogólnie dostępne. Jakość robót zależy głównie od jakości SST oraz kompetencji wykonawcy i nadzoru. Nikt nie jest w stanie ogarnąć specyfiki wszystkich wykorzystywanych na kontraktach technologii, tak więc dla prawidłowej realizacji robót kluczowa jest treść SST stanowiąca wytyczne materiałowe, technologiczne, badań i kontroli, nadzoru, obmiaru i zasad zapłaty za wykonaną robotę. SST powinny jasno precyzować kryteria oceny jakościowej elementu robót, stosować właściwe jednostki obmiarowe i zapewniać wykonawcy zapłatę za prawidłowo zrealizowane roboty. W jak największym zakresie **SST powinny odzwierciedlać treści zawarte w normach wykonawczych**, a nie prywatnych poglądów projektanta. Tak jest bezpieczniej dla wszystkich uczestników inwestycji. Jednak, pomimo jasnych zasad projektowanych technologii zapisanych w normach, jakość wielu SST budzi wątpliwości, co znakomicie utrudnia realizację robót budowlanych. Nie należy bezkrytycznie wykorzystywać SST stosowanych w projektach drogowych. Ze względu na wadliwe wymagania i interpretacje rozporządzenia drogowego [23] niektóre ich wymagania są wręcz szkodliwe. Jako przykłady często spotykanych błędów w dotychczas wykorzystywanych specyfikacjach technicznych dotyczących robót geotechnicznych podam:

- wymaganie stosowania jednego gatunku cementu do wszystkich betonów mostowych (w tym również betonu w palach),
- wymaganie stosowania kruszywa łamanego dla betonów klasy co najmniej C25/30, co w przypadku betonów wykorzystywanych do formowania pali wierconych jest zwykłym błędem, a w przypadku niektórych technologii palowych i rozwiązań konstrukcyjnych zbrojenia pali jest skrajną nieodpowiedzialnością (np. zbrojone na długich odcinkach pale CFA);
- stosowanie wymagań do jakości powierzchni betonu prefabrykatów palowych, choć norma takich wymagań specjalnie nie określa;
- stosowanie wysokich wymagań dotyczących mrozoodporności betonu w palach w przypadku, gdy są one zlokalizowane poniżej poziomu przemarzania;
- brak rozróżniania kotew gruntowych i mikropali pod względem technologicznym, wymagań i realizowanego bezpieczeństwa;
- wymaganie „zerowych” tolerancji;
- stosowanie nieadekwatnych jednostek rozliczeniowych, np.: ściany stalowe w m³ lub tonach, pale prefabrykowane w metrach bieżących,
- stosowanie nieadekwatnych metod badań kolumn metodami przeznaczonymi dla pali – ze względu na brak wysokiej powtarzalności sposobu wykonania i jednorodności trzonu (większości) kolumn charakterystycznej dla pali nie jest merytorycznie uzasadnione przeprowadzanie klasycznych próbnych obciążeń i do tego w liczbie jak dla pali. Obciążenia takie mogą być oczywiście przeprowadzane, ale jako odpowiednik poletek próbnych, badań przydatności, czy na potrzeby projektowania, a nie jako badania stanowiące podstawę jakościowego odbioru robót – zarówno wynik pozytywny jak i negatywny takiego badania niewiele oznacza.

Stosowanie tych wymagań w budownictwie kolejowym byłoby wyłącznie powielaniem błędów z realizacji kontraktów drogowych. Kolejne przykłady błędnych, a czasem wręcz szkodliwych zapisów specyfikacji można mnożyć. W przypadku inwestycji kolejowych inwestor

powinien rozważyć zasadność opracowania co najmniej wzorcowych specyfikacji ogólnych i ich systematycznej aktualizacji. Takie specyfikacje w zakresie robót drogowych funkcjonują od wielu lat, a dla robót mostowych taką inicjatywę (niestety zbyt późno) podjął ostatnio największy inwestor drogowy, tj. GDDKiA. Znane są również przypadki inwestorów, którzy specyfikacje techniczne opracowują we własnym zakresie.

W zakresie specjalistycznych robót geotechnicznych wysiłki opracowania wzorcowych szczegółowych specyfikacji technicznych podjęło i kontynuuje Polskie Zrzeszenie Wykonawców Fundamentów Specjalnych, zrzeszające największe firmy specjalistyczne branży geotechnicznej w kraju. Specyfikacje te poddawane są wzajemnej, krzyżowej kontroli przez firmy na co dzień konkurujące ze sobą na rynku. Specyfikacje te są ogólnie dostępne na stronie <http://www.pzwfs.com.pl/>. Zachęcam do korzystania z tego wspólnego doświadczenia.

2.5. Charakter programu modernizacji infrastruktury kolejowej

Kolejna istotna różnica dotyczy **charakteru programu: budowy infrastruktury drogowej i modernizacji infrastruktury kolejowej**. O ile w pierwszym przypadku mieliśmy i mamy do czynienia głównie z budową zupełnie nowej infrastruktury, to w drugim przedmiotem programu jej przebudowa/modernizacja. Dodatkowym utrudnieniem w programie kolejowym jest konieczność utrzymania ruchu na przebudowywanych liniach kolejowych. Powoduje to dodatkowe problemy projektowe i wykonawcze.

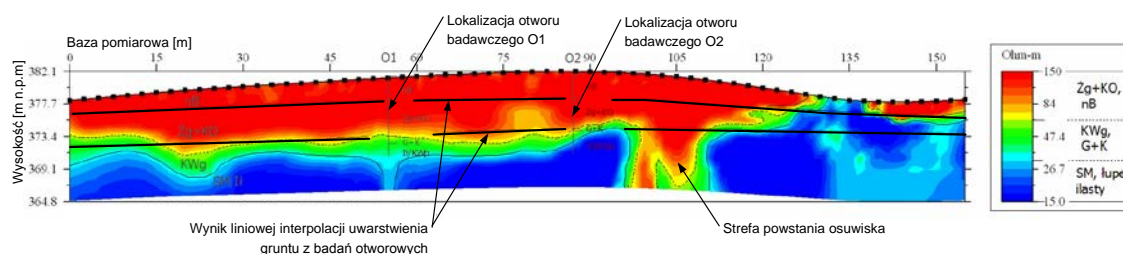
W zakresie projektowania dochodzą następujące problemy związane z zagadnieniami geotechnicznymi:

- ocena stanu technicznego istniejących obiektów i ich dalszej przydatności użytkowej po przebudowie - niewątpliwie najtrudniejsza w odniesieniu do istniejących fundamentów ze względu na trudny dostęp, z reguły zaawansowany wiek obiektów użytkowanych w ciągu linii kolejowych oraz brak kompletnej dokumentacji projektowej i powykonawczej - paradoksalnie często więcej informacji jest dostępnych na temat bardzo starych obiektów niż zbudowanych stosunkowo niedawno;
- inwentaryzacji istniejących fundamentów w przypadku konieczności wykonywania ich wzmocnień lub eliminacja ryzyka kolizji w przypadku wykonywania w ich obrębie nowych fundamentów;
- utrzymanie ciągłości ruchu kolejowego na sąsiednim torze wiąże się bardzo często z koniecznością projektowania i wykonania różnego rodzaju konstrukcji oporowych – konstrukcje tego rodzaju obciążone ruchem kolejowym są wyzwaniem samym w sobie, ale prawdziwą sztuką (projektową) jest takie połączenie zabezpieczeń i rozwiązań konstrukcyjno-technologicznych przebudowywanych obiektów, aby wykorzystując zasadę synergii otrzymywać kompleksowe, technologiczne i ekonomiczne rozwiązanie przebudowy jako całości, a nie składankę luźno ze sobą powiązanych rozwiązań poszczególnych, rozpoznanych problemów.

Pomocne w tym zakresie może być:

- kompleksowe podejście do rozwiązywania problemów projektowo-wykonawczych – rozwiązanie konstrukcyjno-technologiczne obiektu może w znaczący sposób ograniczyć zakres zabezpieczeń tymczasowych lub zabezpieczenia o charakterze tymczasowym można włączyć jako elementy rozwiązań trwałych – dopiero kompleksowa analiza kosztów daje prawdziwy obraz efektywności rozwiązania projektowo-wykonawczego;
- wdrażanie innowacyjnych rozwiązań opartych na wiedzy;
- unikanie mylenia wiedzy i doświadczenia i prymatu doświadczenia nad wiedzą – te obiekty i ich rozwiązania technologiczne, które udawało nam się z sukcesem budować w niezmienionej formie przez ostatnie, powiedzmy, 30 lat nie muszą być z definicji najlepszymi rozwiązaniami – z reguły nie są - są tylko rozwiązaniami sprawdzonymi (doświadczenie) ale najczęściej nie mają nic wspólnego z rozwiązaniami optymalnymi (wiedza),
- wykorzystywanie elastycznych rozwiązań projektowych, które w przypadku wystąpienia spodziewanych lub niespodziewanych problemów, które pozwalają na wprowadzenie przewidzianej na etapie projektowania zmiany na zasadzie: jeżeli to, a jeżeli nie to to

- wykorzystanie szerokiej gamy dostępnych metod badań podłoża dedykowanych dla rozwiązywania konkretnych problemów geotechnicznych, np.:
 - nowoczesnych sondowań CPT, CPTu, SCPT i innych umożliwiających projektowanie bezpośrednio różnych rozwiązań geotechnicznych;
 - badań geofizycznych (rys. 1) do rozpoznania rzeczywistego układu i zakresu występowania warstw podłoża (np. gruntów słabych lub poszczególnych warstw gruntów w rejonie osuwiskowym) i wody gruntowej;
 - badań georadarowych lub geofizycznych do określania lokalizacji przeszkód lub pustek w gruncie;
 - inklinometrów (w tym automatycznych) do badań przemieszczeń poziomych masywu gruntowego (osuwiska, ściany oporowe, fundamenty obciążone poziomo);
 - czujników parcia (np. w bardzo odpowiedzialnych konstrukcjach oporowych);
 - zautomatyzowane systemy pomiarowe nośności pali, mikropali lub kotew gruntowych (do badań statycznych/dynamicznych przy dużych odkształceniach);
 - inwentaryzację geometryczną fundamentu w zakresie liczby (obserwacja), lokalizacji (metody geodezyjne), średnicy (pomiaru bezpośrednie), długości (pomiaru pośrednie, np. metodą PIT) itd., itp.



Rys. 1. Przykład wyników badań geofizycznych gruntów

Mając na względzie problemy z dostępem do informacji na temat istniejących obiektów inwestor i późniejszy zarządca infrastruktury kolejowej powinien zwrócić szczególną uwagę na odpowiednie dokumentowanie i archiwizowanie prowadzonych inwestycji, aby możliwe było ich praktyczne wykorzystanie w przyszłości. I nie chodzi tu bynajmniej o zwykłe „zbieranie” dokumentacji powykonawczej, lecz budowanie usystematyzowanej bazy wiedzy o poszczególnych obiektach i technologiach umożliwiającej obiektywną ocenę ich stanu technicznego i trwałości oraz łatwy dostęp do potrzebnych danych w trakcie użytkowania (utrzymania) obiektu. Współczesna technologia umożliwia budowanie takich baz wiedzy, a zarządzający tak dużą i organizacyjnie jednolitą infrastrukturą powinni być żywotnie zainteresowani w ich budowaniu – to również inwestycja w przyszłość, która będzie przynosić zyski przez długie lata po zakończeniu obecnych programów modernizacyjnych. Tak jak w przypadku programu modernizacji można do tego celu wykorzystać środki europejskie, możliwe do pozyskania z różnorodnych funduszy, m.in. tych przeznaczonych na innowacje. Inna forma prawna funkcjonowania inwestora i zarządcy infrastruktury kolejowej znakomicie ułatwia pozyskiwanie środków na te cele. O ile inwestorzy i zarządcy dróg, jako instytucje rządowe lub samorządowe nie mogły z nich korzystać, o tyle spółki kolejowe mają taką możliwość również poza programami infrastrukturalnymi. Funkcjonujące systemy gospodarki mostowej warto poddać przeglądowi pod kątem możliwości pełnienia takiej właśnie funkcji.

3. Wybrane przykłady posadowień obiektów kolejowych

Poniżej przedstawiono typowe oraz rzadziej wykorzystywane rozwiązania fundamentów specjalnych, wzmocnień i zabezpieczeń technologicznych wykorzystywanych w obiektach kolejowych. Skupiono się na głównie na rozwiązaniach efektywnych technicznie i technologicznie nie pomijając szeroko rozumianego aspektu ekonomicznego.

3.1. Fundamenty palowe pod słupy sieci trakcyjnej, ekranów akustycznych i infrastruktury towarzyszącej

Fundamenty palowe pod słupy sieci trakcyjnej i ekranów akustycznych to prawdopodobnie najmniejsze fundamenty specjalne w budownictwie kolejowym. Liczba wykonywanych fundamentów powoduje jednak, że całkowity zakres robót palowych jest znaczny.

W tym niezwykle prostym i skutecznym rozwiązaniu konstrukcyjnym i technologicznym skupione jest jak w soczewce wiele istotnych aspektów poprawnego rozwiązania geotechnicznego realizowanego w ramach robót modernizacyjnych na kolei. Roboty modernizacyjne prowadzone są najczęściej jednym, a następnie drugim torem i mają charakter liniowy. Prowadzone są na długości modernizowanego odcinka linii kolejowej biegnącej w wykopach lub nasypach o różnej głębokości/wysokości. Często dostęp do linii kolejowej z terenu przyległego jest trudny (ze względu na brak dróg serwisowych lub brak ich ciągłości) lub wręcz niemożliwy (wysoki nasyp). Roboty modernizacyjne prowadzone są w zmechanizowanym ciągu technologicznym, który dla zachowania efektywności technicznej, ekonomicznej i organizacyjnej wymaga wykonania robót palowych w pierwszej kolejności i niezależnienia się w trakcie ich realizacji od warunków lokalizacyjnych i pogodowych. Roboty często wykonywane są w ściśle określonym miejscu i czasie związanym z organizacją ruchu na sąsiednim czynnym torze. Obecnie (od kilkunastu lat) standardowym rozwiązaniem fundamentu pod słupy sieci trakcyjnej jest pał prefabrykowany żelbetowy o długości od 2,5÷5,5m (po zastosowaniu złączy mechanicznych również dłuższy) o różnych wymiarach przekroju poprzecznego z układem śrub kotwiących przystosowanych do przymocowania prefabrykowanego sieci trakcyjnej. O doborze konkretnego przekroju i długości pała decydują rozwiązanie konstrukcyjne słupa, obciążenia i warunki gruntowe. Pale te są palami sztywnymi obciążonymi niewielką siłą pionową (z wyjątkiem słupów skrajnych z odciągami) i momentem. System uzupełniają pale kotwiące odciągi traktacji, które z kolei obciążone są jednocześnie siłą poziomą i wyciągającą. Pale wbijane są najczęściej z istniejącego toru przy użyciu kafarów torowych.

Praktycznie jedno przemyślane rozwiązanie konstrukcyjne i technologiczne pała rozwiązuje się w sposób kompleksowy problem posadowienia słupów sieci trakcyjnej. Sposób ten jest nieskuteczny praktycznie wyłącznie w przypadku płytko zalegających skał.



Fot. 1. Pał prefabrykowany w trakcie wbijania kafarem torowym z nieprzebudowanego toru



Fot. 2. Pale prefabrykowane jako fundamenty słupów sieci trakcyjnej i pale kotwiące odciągi na przebudowanym torze

Efektywne projektowanie tego typu pali wymaga dobrego rozpoznania geotechnicznego, doświadczenia w interpretacji wyników badań, użycia nowoczesnych metod projektowania uwzględniających różnego rodzaju ryzyka projektowe (np. gęstość badań geotechnicznych). Myli się ten, kto uważa, że to proste zagadnienie projektowe. Zaprojektowanie zbyt krótkiego pała w najlepszym razie skutkuje koniecznością kosztownej wymiany, a w najgorszym może spowodować katastrofę kolejową. Przyjęcie zbyt długich pali może spowodować trudności wbijania lub wręcz brak możliwości dobitcia pała na wymaganą rzędną, a co za tym idzie brak możliwości zamontowania na nim słupa. W przypadku tego rodzaju fundamentów, w których koszt mobilizacji i przygotowania robót może przewyższać koszt samego fundamentu, to prawdziwa katastrofa.

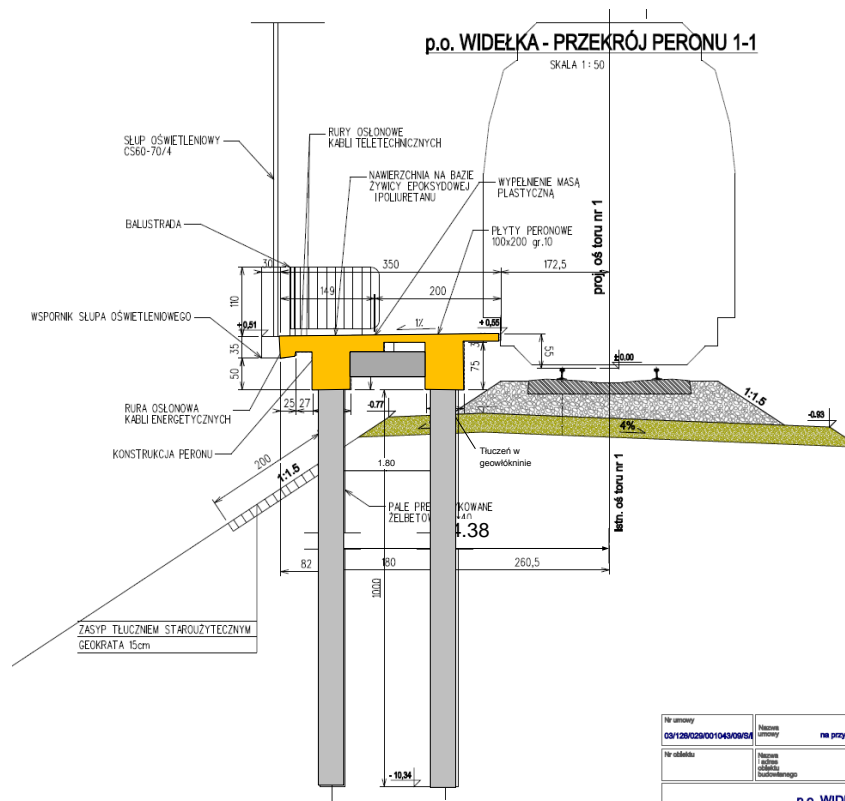
Z dostępnych mi informacji wynika, że podejście do projektowania tego rodzaju fundamentów bywa bardzo różne i generalnie jego poziom podlega systematycznej erozji. Zdarzają się projekty dobrze przygotowane, uwzględniające wszystkie występujące w praktyce ryzyka i wykorzystujące najnowsze metody projektowania, ale zdarzają się również takie w których na długich odcinkach magistralnej linii kolejowej pograżono pale o jednakowej długości i do tego najkrótsze. W tym przypadku, bez specjalistycznej wiedzy, na pierwszy rzut oka można ocenić, że w przyrodzie takie jednorodne warunki gruntowe i obciążeń nie występują, a decyzja o doborze pali miała charakter czysto biznesowy (oszczędności), a nie techniczny. Oby na skutki tej konkretnej i innych decyzji o podobnym charakterze dane nam było jak najdłużej czekać.



Fot. 3. Wbijanie pali prefabrykowanych pod fundamenty ekranów akustycznych przy użyciu kafara torowego poruszającego się na gąsienicach (archiwum Aarsleff sp. z o.o.)



Fot. 4. Słupki ekranów akustycznych posadwione na żelbetowych palach prefabrykowanych na terenie stacji Brzeg (archiwum Aarsleff sp. z o.o.)



Rys. 2. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego peronu na wysokiej skarpie nasypu kolejowego posadwione na palach prefabrykowanych (Jacobs Engineering)

Alternatywą dla tego standardowego rozwiązania są fundamenty blokowe (wykonywane niechętnie ze względu na znaczny zakres oddziaływania robót na istniejący nasyp kolejowy) oraz pale wiercone, trudniejsze do wykonania, ochrony i kontroli w warunkach robót kolejowych.

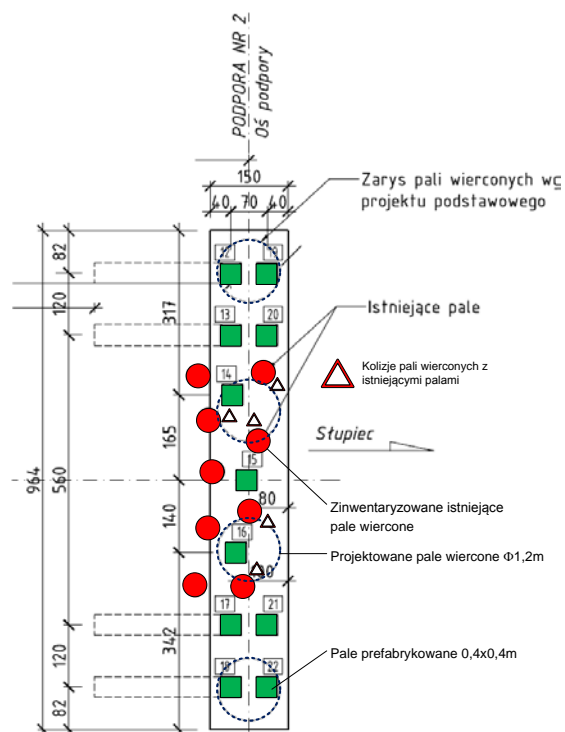
Ze względu na analogię układów obciążeń identyczne lub zmodyfikowane rozwiązanie pali prefabrykowanych żelbetowych można wykorzystać do podparcia słupków ekranów akustycznych (fot. 4). W tym przypadku, po uwzględnieniu specyfiki warunków realizacji robót, dobrze jest wykorzystać kafary torowe, które mają możliwość poruszania się na gąsienicach (fot. 3).

Wykorzystanie tradycyjnych pali prefabrykowanych i kafarów torowych umożliwia z kolei szybkie wykonanie z toru fundamentów palowych peronów przystanków kolejowych zlokalizowanych na wysokich skarpach (rys. 2).

3.2. Przebudowa kolejowych obiektów mostowych ze wzmocnieniem posadowienia

Modernizacja linii kolejowej często wiąże się z koniecznością przebudowy obiektów w której zakres wchodzi wzmocnienie istniejącego posadowienia lub wykonanie posadowienia w obrębie istniejącego fundamentu. W przypadku braku dokumentacji powykonawczej istniejącego obiektu warto takiej lokalizacji fundamentów nowego obiektu unikać, jednak w przypadku wymuszonej lokalizacji można tym problemem również skutecznie zarządzać, przez wprowadzenie odpowiednich procedur kontrolnych i wykonawczych oraz prawidłowych rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych na etapie projektu.

Poniżej przedstawiono przykład fundamentu małego mostu poddanego przebudowie, którego podpory i fundamenty zlokalizowano w osi podpór istniejących. Na etapie projektowania dostępna była informacja i tym, że istniejący obiekt został posadowiony na palach betonowych o określonej stosunkowo niewielkiej średnicy. Nieznany był natomiast układ pali pod fundamentem, ich rzeczywista długość i nośność. Rysunek poniżej przedstawia dwa rozwiązania projektowe: z projektu budowlanego, projektu zamiennego (wykonanego przed rozpoczęciem przebudowy) oraz inwentaryzację powykonawczą z ostatecznym układem pali (rys. 3).



Rys. 3. Schemat wzmocnienia istniejącego fundamentu palowego (archiwum Aarsleff sp. z o.o.)



Fot. 5. Wzmocnienie palami wbijanymi nowego fundamentu z pali wierconych o niewystarczającej nośności (archiwum Aarsleff sp. z o.o.)

W przypadku analogicznych problemów projektowych zasadne wydaje się:

- unikanie wyznaczania lokalizacji nowych fundamentów w obrysie istniejących fundamentów o nieznanymi charakterystykach lub w przypadku konieczności takiej lokalizacji
- wykorzystanie do wzmocnienia pali przemieszczeniowych lub mikropali, których lokalizację na planie fundamentu należy w projekcie założyć wstępnie, a następnie w trakcie robót zweryfikować na podstawie i w zależności od zakresu przeprowadzonych badań i pomiarów:
 - w przypadku określenia lokalizacji istniejących pali należy skorygować plan palowania, który umożliwi uniknięcie kolizji – istniejące pale można uwzględnić w zakresie wynikającym z analizy wstecznej obciążeń stałych i rzeczywistych (!) użytkowych oraz stanu mostu;
 - w przypadku określenia lokalizacji pali jw. oraz przekrojów, długości i nośności pali na podstawie obliczeń część lub wszystkie pale istniejące można wykorzystać w istniejącym fundamencie po uwzględnieniu jakości ich wykonania – warunki gruntowe należy określić w oparciu o nowe badania gruntowe, a wymiary pali na przy użyciu metod nisko naprężeniowych np. PIT (przekrój, ciągłość i długość pali);
 - w przypadku jw. lecz po uprzednim wykonaniu badań nośności istniejących pali np. metodą dynamiczną przy dużych odkształceniach, można wykorzystać istniejące pale w pełnym zakresie zbadanej nośności i sztywności/podatności.

Wykonanie pali przemieszczeniowych powoduje z reguły poprawienie warunków gruntowych wokół pali istniejących co dodatkowo zwiększa ich nośność. Pale przemieszczeniowe mają zwykle mniejsze wymiary przekroju poprzecznego co pozwala efektywnie kształtować wzmocnienia z uwzględnieniem istniejących pali. Najlepszym rozwiązaniem w takiej sytuacji wydaje się jednak wykorzystanie różnego rodzaju pali prefabrykowanych, w tym żelbetowych pali prefabrykowanych. Z tą technologią związana jest swoboda wykonywania badań nośności metodą dynamiczną przy dużych odkształceniach zarówno na palach dobijanych, jak i istniejących. W momencie w którym kłopot znajdzie się na budowie można wykonać praktycznie dowolny zakres badań nośności pali z dokładnością wystarczającą dla celów technicznych. Badania takie polegają na uzbrojeniu głowicy pała w komplet czujników przyspieszeń i odkształceń trzykrotnym uderzeniu młotem w trzon pała. Analiza fali powrotnej pozwala na określenie nośności granicznej pała, rozkładu nośności na stopę i pobocznice oraz wzdłuż pobocznic. Badania te pozwalają również na ocenę jakości w zakresie ciągłości trzonu pała. Wynikiem badań może być również długość pała.



*Fot. 5. Statyczne badanie nośności metodą belki odwróconej
(arch. Aarsleff sp. z o.o.)*



*Fot. 6. Dynamiczne badanie nośności pała przy dużych odkształceniach
(arch. Aarsleff sp. z o.o.)*



Fot. 7. Pomiary drgań
(arch. Aarsleff sp. z o.o.)



Fot. 8. Rurka inklinometryczna wbudowana w
przyczółek mostowy z grodzic stalowych
(arch. Aarsleff sp. z o.o.)

3.3. Wzmocnienia podłoża pod torowiskiem kolejowym

Kolejny duży zakres robót fundamentowych dotyczy wzmocnień podłoża pod nasypami kolejowymi oraz zabezpieczenia stateczności nasypów (podobnie jak w wielu innych przypadkach, również w tym zakresie warto unikać tu błędów programu drogowego). Wzmocnienia te na istniejących liniach kolejowych powinny dotyczyć odcinków linii o udokumentowanych problemach związanych z osiadaniami lub osuwiskami. Zjawiska te związane są głównie z obciążeniami stałymi, a w przypadku istniejących nasypów kolejowych podłoża tym obciążeniom jest poddawane od wielu lat. Eurokod 7 przewiduje procedurę projektowania metodą obserwacji, która w omawianych zagadnieniach wydaje się optymalną.

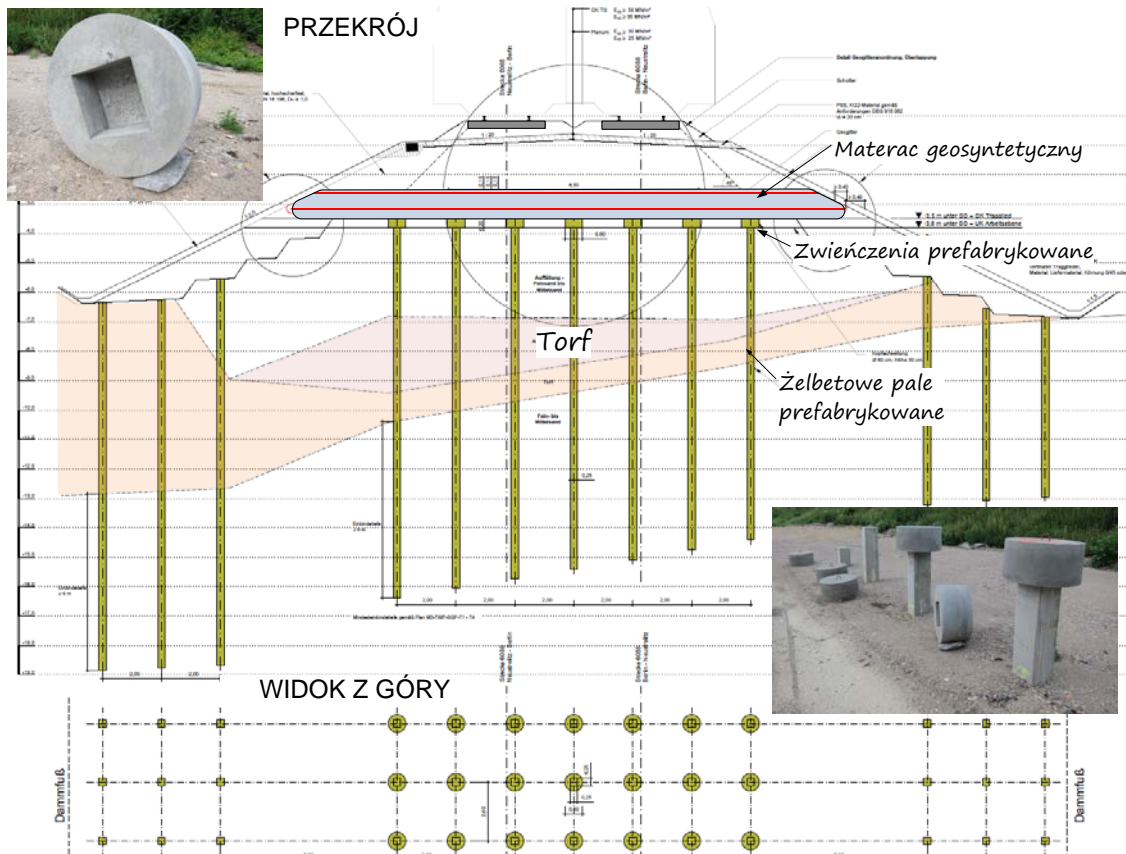
Typowe rozwiązania wzmocnienia podłoża pod nasypami lub zwiększenia nośności podtorza obejmują wykorzystanie:

- odciążenia nasypu poprzez użycie materiału o mniejszym ciężarze objętościowym;
- różnego rodzaju kolumn (żwirowych, żwirowo-betonowych, DSM, jet-grouting, betonowych),
- pali;

W przypadku osuwisk lub zagrożenia utratą stateczności przez skarpy nasypów najchętniej wykorzystywane są przypory ziemne lub zabezpieczenia konstrukcyjne przy użyciu gwoździ gruntowych, kotew gruntowych, palisad lub ich kombinacji.

W przypadku wzmocnień i zabezpieczeń konstrukcyjnych należy dążyć do wdrożenia systemów oceny ich skuteczności (monitoring po lub najlepiej w trakcie robót).

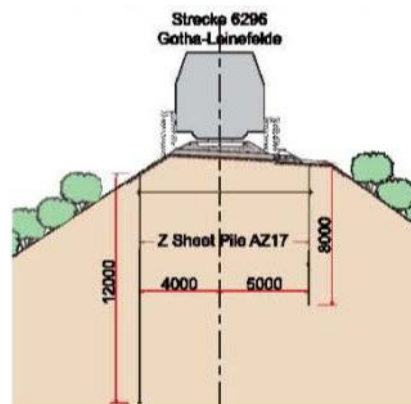
W przypadku konieczności zwiększenia nośności (a przy tym również stateczności) nasypu kolejowego w sposób kontrolowany przydatna może okazać się koncepcja projektowa zrealizowana na jednym z odcinków kolei niemieckich, gdzie wykorzystano pale prefabrykowane, prefabrykowane zwieńczenia oraz matrace geosyntetyczne. Wykorzystanie pali wbijanych pozwala na łatwą ocenę ich nośności w trakcie wbijania, co pozwala na elastyczną reakcję w doborze długości pali w trakcie realizacji robót. Pale prefabrykowane są także najlepszym rozwiązaniem w przypadku występowania w podłożu przewarstwień torfów o znacznej miąższości – wykorzystanie innych technologii, w tym technologii palowych na mokro różnego rodzaju kolumn może być w tego rodzaju warunkach obciążone dużym ryzykiem braku kontroli nad skutecznością i trwałością wzmocnienia (rys. 4).



Rys. 4. Przykład wzmocnienia podłoża pod torowiskiem z użyciem pali prefabrykowanych (archiwum Centrum Pfähle GmbH, Germany)

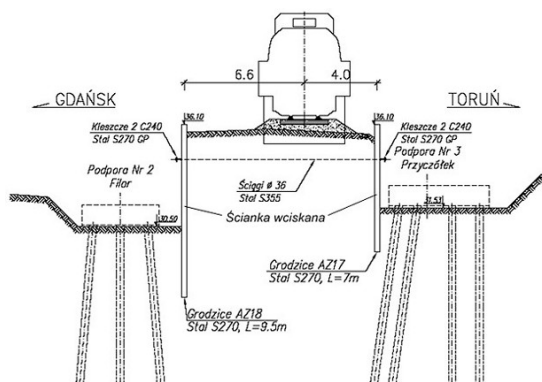
Alternatywnym rozwiązaniem dla wielu typowych wzmocnień konstrukcyjnych może być metoda wykorzystana również na jednej z niemieckich linii kolejowych do zabezpieczenia wysokiego nasypu w sąsiedztwie zbiornika wodnego. Jednoczesne zwiększenie stateczności skarp nasypu kolejowego oraz nośności podłoża uzyskano przez wykorzystanie obustronnej stalowej ścianki wciskanej ze ściągiem. Realizacja robót nie wymagała budowania platform roboczych (nie było takiej możliwości) oraz przerywania ciągłości ruchu na linii kolejowej (rys. 5).

Neubau Stuetzbaeuwerke Streck 6296 Gotha-Leinefelde



Rys. 5. Wykorzystanie ścianki stalowej wciskanej do zwiększenia stateczności i nośności nasypu kolejowego w Niemczech (archiwum Giken)

Podobne rozwiązanie (nieco innym zestawem sprzętowym i w innych warunkach terenowych) zostało zrealizowane również w Polsce w trakcie budowy autostrady A1 jako zabezpieczenia technologiczne (rys. 6).



Rys. 6. Zabezpieczenia tymczasowe torowiska ściankami szczelnymi wciskanymi ze ściągami – obiekt WA 81/A1 (archiwum Aarsleff sp. z o.o.)

3.4. Zabezpieczenia głębokich (?) wykopów przy realizacji robot fundamentowych

Najprostsze geotechniczne zabezpieczenia technologiczne wykonywane są w celu zabezpieczenia wykopów pod fundamenty bezpośrednie lub zwieńczenia pali. O ile w przypadku fundamentów bezpośrednich zagłębianie się pod teren jest często wymuszone (głębokość przemarzania, większa nośność, większa stateczność fundamentu/podpory) to w przypadku fundamentów palowych takie kształtowanie fundamentów jest często niezrozumiałe. Generalnie należy unikać projektowania spodu zwieńczeń pod poziomem wody gruntowej lub na poziomie stanowiącym ryzyko przebicia hydraulicznego w przypadku napiętego zwierciadła wody gruntowej. Wykorzystanie stalowych ścianek szczelnych do zabezpieczenia wykopów technologicznych bywa jednak w wielu sytuacjach nieuniknione. Należy wówczas rozważyć pozostawienie ścianek jako trwałych elementów fundamentów i ewentualne ich wykorzystanie do zmniejszenia wymiarów fundamentów przez włączenie obudowy z grodzic do współpracy. Grodzice wykazują znaczne nośności pionowe i poziome i mogą być z powodzeniem wykorzystywane do zmniejszania naprężeń krawędziowych lub zwiększania stateczności w fundamentach bezpośrednich oraz zwiększania nośności bocznej fundamentów palowych. Wyciąganie ścianek stalowych, niezależnie od rodzaju gruntu, niesie za sobą różnego rodzaju ryzyka, np. rozluźnienie gruntu, przebicia hydrauliczne, wytworzenie znacznych rozmiarów szczelin w gruntach spoiстых itp., co może skutkować przemieszczeniami/osiadaniem podópór.



Fot. 9. Zabezpieczenie użytkowanego torowiska w trakcie budowy wiaduktu kolejowego nad drogą ekspresową (archiwum Pomost Consulting Rzeszów)



Fot. 10. Zabezpieczenie torowiska i wykopów pod podpory wiaduktu (www.geoinzynieria.com)

W przypadku budowy wiaduktów kolejowych w ciągu istniejących linii kolejowych zakres zabezpieczeń tymczasowych bywa bardzo duży, a rozwiązania konstrukcyjne zabezpieczeń złożone i odpowiedzialne. Na fotografiach (fot. 9-12) przedstawiono przykłady zabezpieczeń znane z prasy technicznej, które wykonywano w sąsiedztwie użytkowanych torów kolejowych.



Fot. 11. Zabezpieczenie wykopu dla wykonania fundamentów i zwieńczeń budowanego wiaduktu – 11,5m (www.geoinzynieria.com)



Fot. 12. Zabezpieczenie wykopu w Bytomiu [21]



Fot. 13. Wiadukt w trakcie budowy pierwszej połówki (archiwum Promost Consulting Rzeszów)

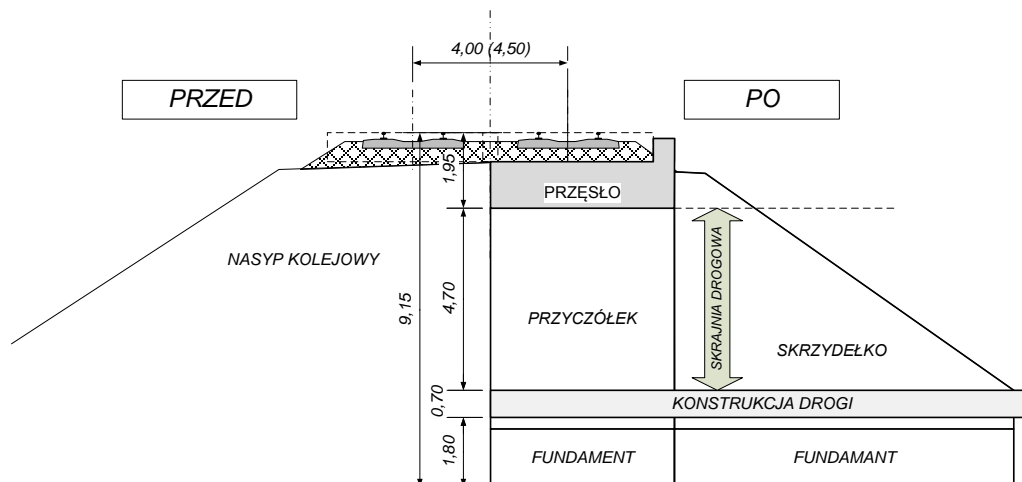


Fot. 14. Ilustracja artykułu reklamowego jednego z głównych dostawców grodzic – wiadukt kolejowy (www.geoinzynieria.com)

Konstrukcje te służą zazwyczaj przez krótki okres czasu i umożliwiają wybudowanie właściwej, trwałej konstrukcji (fot. 13). W trakcie wykonywania zabezpieczeń tymczasowych materiał ulega częściowemu zużyciu, a część elementów traci się bezpowrotnie (np. zakotwienia). Czy takie podejście jest prawidłowe z technicznego punktu widzenia i ekonomicznie uzasadnione? Zapewne w wielu sytuacjach tak, jednak współcześnie dysponujemy technicznymi możliwościami ograniczenia kosztów tak rozległych zabezpieczeń i ryzyka związanego z ich użytkowaniem. Można to uzyskać poprzez wykorzystywanie technologii i rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych stosowanych w zabezpieczeniach tymczasowych jako elementów rozwiązań trwałych lub wręcz jako rozwiązania trwałe. Przykłady takich projektów i obiektów pojawiają się w kraju, czego przykładem może być obiekt przedstawiony na fot. 14. Te rozwiązania nie są jednak ani nowe, ani specjalnie efektywne. Wysoką efektywność rozwiązań uzyskuje się dopiero po zmianie schematu statycznego obiektu i kompleksowym podejściu do projektowania z uwzględnieniem technologii wykonania obiektu.

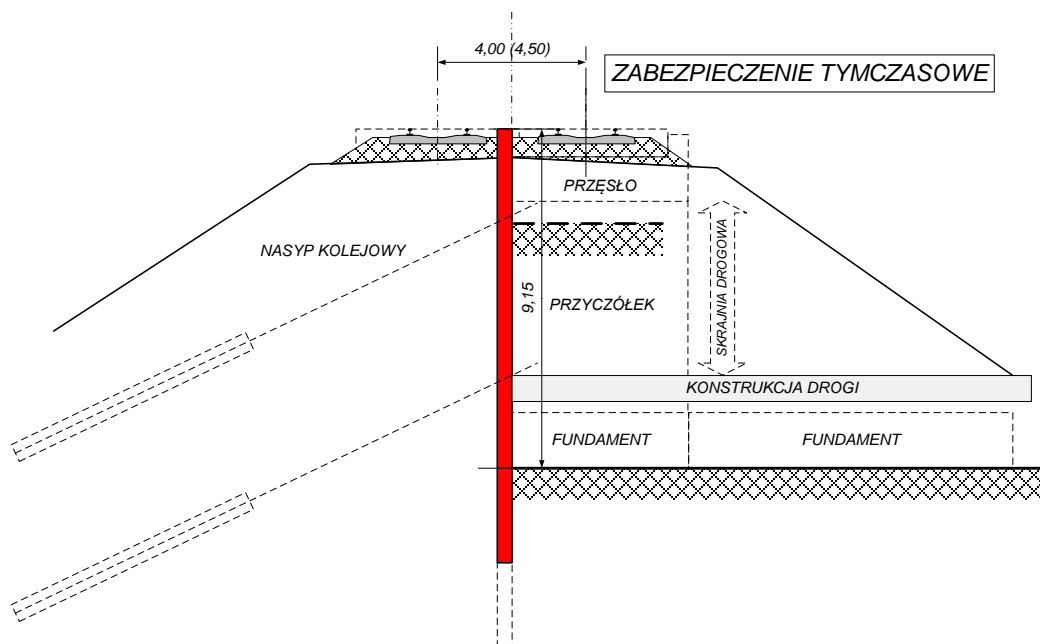
Spróbujmy rozważyć zatem alternatywne rozwiązania projektowo-technologiczne obiektów przedstawionych na fotografiach, które mogłyby być konkurencyjne technicznie, ekonomicznie i ... utrzymaniowo. Dla uproszczenia rozważmy problem budowy nowego wiaduktu w ciągu

istniejącej linii kolejowej w wersji tradycyjnej i alternatywnej (akceptując daleko idące uproszczenia prezentowanego przykładu).



Rys. 7. Typowa sytuacja budowy/przebudowy obiektu w ciągu istniejącej linii kolejowej

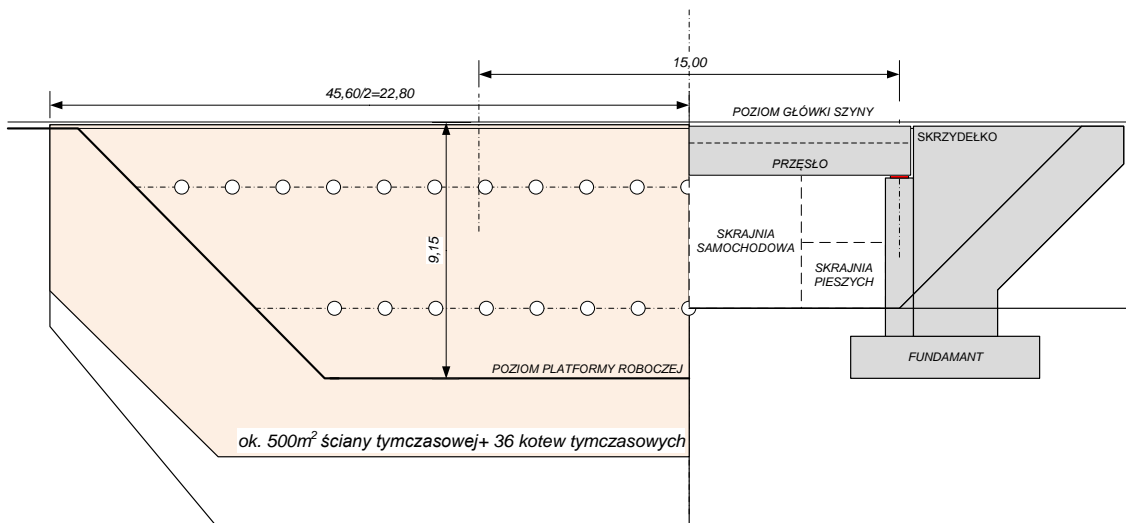
Przedstawione rozwiązanie tradycyjne (rys. 7-9) zawiera nieefektywne schematy statyczne przyczółków (wspornik), wymaga znacznego zakresu zabezpieczeń tymczasowych, a jego realizacja pochłonie bardzo dużo czasu ze względu na wiele etapów robót: pograżanie ścianki stalowej, kotwienie na dwóch poziomach, wykopy, odwodnienia, zbrojenie i betonowanie zwieńczeń, zbrojenie i betonowanie korpusów podpór, wykonanie przęsła z wyposażeniem.



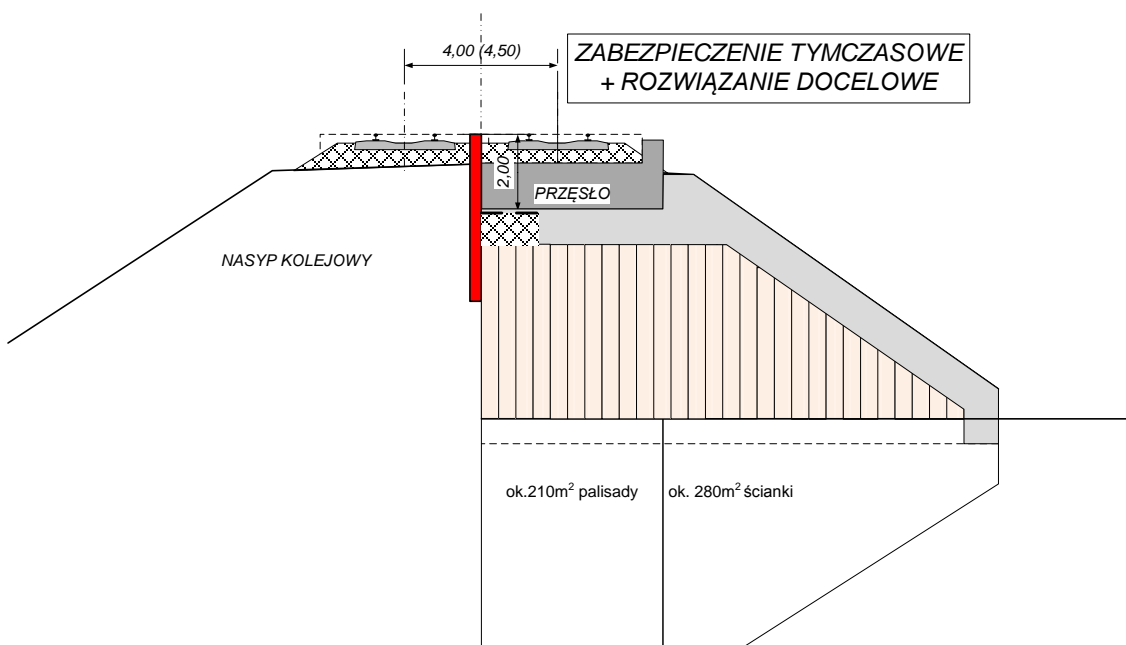
Rys. 8. Typowe zabezpieczenie wykopu tymczasowego przy budowie tradycyjnego wiaduku – przekrój poprzeczny

Rozwiązanie alternatywne przedstawione na kolejnych schematach (rys. 10-11) zakłada wykorzystanie różnego rodzaju palisad (stalowych lub żelbetowych) jako podpór budowanego wiaduku i jednocześnie jako zabezpieczeń na czas budowy. Takie rozwiązania z pozoru mogą wydawać się droższe od rozwiązań tradycyjnych (ze względu na ściany tracone). Jednak kompleksowa analiza kosztów (uwzględnienie kosztów całej budowy: skrócenia czasu jej trwania, ograniczenia zabezpieczeń i konstrukcji tymczasowych, zmniejszenie zużycia materiałów) wielokrotnie wykazała ich efektywność techniczną, technologiczną i ekonomiczną

w kontraktach projektuj i buduj, a więc podlegających ścisłej kontroli kosztów już na etapie projektowania.



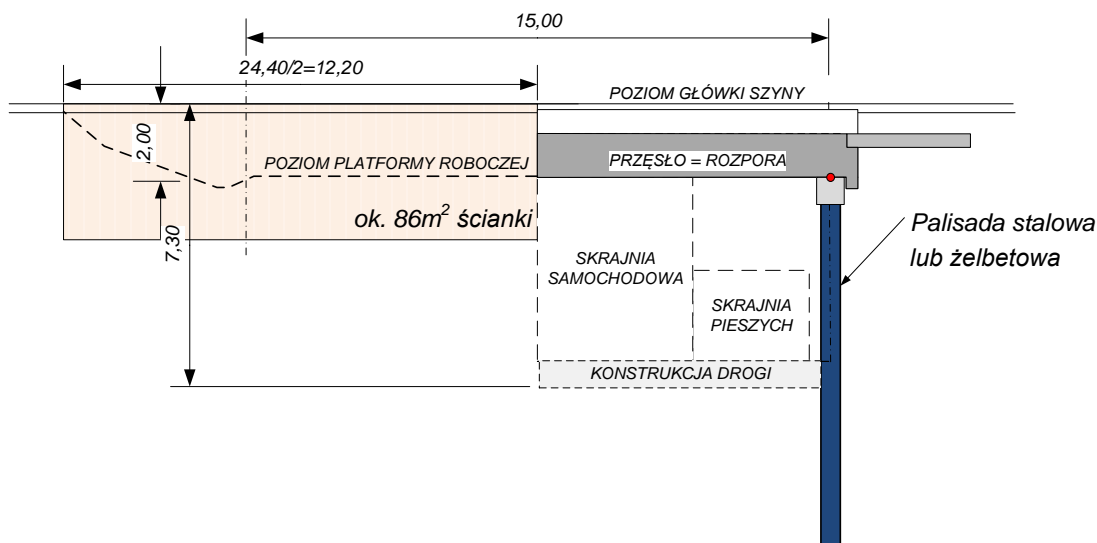
Rys. 9. Typowe zabezpieczenie wykopu tymczasowego przy budowie tradycyjnego wiaduktu – rozwinięcie zabezpieczenia/przekrój podłużny wiaduktu



Rys. 10. Typowe zabezpieczenie wykopu tymczasowego przy budowie wiaduktu częściowo zintegrowanego – przekrój poprzeczny

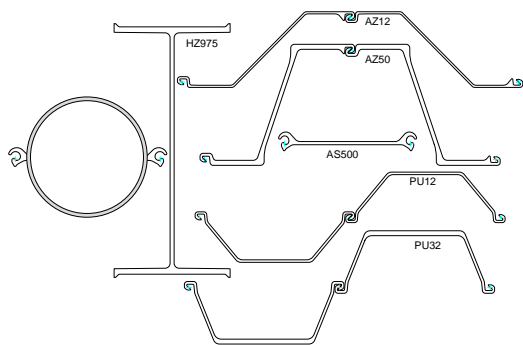
W przedstawionym alternatywnym rozwiązaniu konstrukcyjno-technologicznym wiaduktu zaproponowano wykorzystanie identycznego przęsła w zmienionym nieco schemacie statycznym (rama przegubowa) i wykorzystaniem palisady jako rozwiązania konstrukcyjnego przyczółka. Ze względów technologicznych najlepiej do wykonania palisady wykorzystają grodzice stalowe lub ściany stalowe kombinowane (rys. 12) (wbijane lub wciskane – ze względu na lepszą kontrolę nośności). Możliwe jest również wykorzystanie palisady z pali siecznych żelbetonowych wykonywanych świdrem ciągłym w osłonie rury stalowej odzyskiwanej (rys. 13). Jej wykorzystanie staje się jednak problematyczne na skarpach, gdzie zdecydowanie łatwiej zawibrować grodzice. Zarówno grodzice jak i palisada z pali sieczny może zapewnić

jednocześnie wymaganą nośność poziomą (ściana rozparta przęsłem) jak i pionową przy wykorzystaniu stosunkowo niewielkich przekrojów.

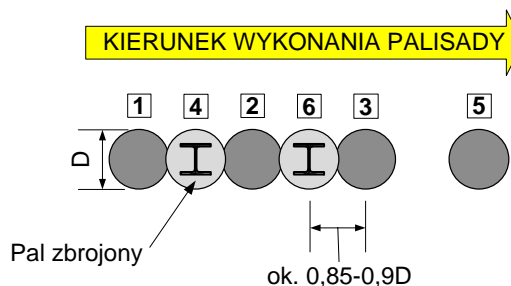


Rys. 11. Typowe zabezpieczenie wykopu tymczasowego przy budowie wiaduktu częściowo zintegrowanego – rozwinięcie zabezpieczenia/przekrój podłużny wiaduktu

W przypadku wykorzystania pomostu bez podsypki (np. dla ograniczenia wysokości konstrukcyjnej) dla niewielkich rozpiętości przęseł rzędu kilkunastu metrów możliwe wydaje się również wykorzystanie schematu konstrukcji w pełni zintegrowanej, co w jeszcze większym stopniu pozwoliłoby na ograniczenie zabezpieczeń tymczasowych i zwiększałoby walory ekonomiczne i utrzymaniowe zbudowanej konstrukcji.



Rys. 12. Gama przekrojów stalowych do wykonania palisad i ścian stalowych



Rys. 13. Schemat palisady wykonywanej świdrem ciągłym w rurze obsadowej

4. Podsumowanie

Rozpoczynając zajęcia z nową grupą studentów zadaję pytanie: **Kto to taki ten Inżynier?** Zwykle nie uzyskuję satysfakcjonującej odpowiedzi. W procesie edukacji taka sytuacja jest akceptowalna, jednak w życiu zawodowym inżyniera już zdecydowanie nie.

Inżynier to ktoś kto zdobycze nauki (wiedzę) wykorzystuje do rozwiązywania rzeczywistych problemów. Naszym obowiązkiem jest ustawiczne uczenie się i przekładanie zdobytej wiedzy na praktykę działalności zawodowej. Naszym obowiązkiem jest wdrażanie innowacji. Bez innowacji nie ma mowy o postępie w budownictwie, a szczególnie w geotechnice.

Należy jednak z uwagą odróżniać innowacje od nieuprawnionych eksperymentów na gigantyczną skalę z technologiami i rozwiązaniami geotechnicznymi o których nie mamy wystarczającej wiedzy i nad którymi nie sprawujemy właściwej kontroli.

Omówione w referacie przykładowe rozwiązania i problemy geotechniczne miały za zadanie wskazać czytelnikowi różne sposoby osiągania celu, a właściwie pozyskiwania informacji o tym, czy założony cel został w przybliżeniu osiągnięty przy zastosowanych przyjętych procedur i rozwiązań.

Sposoby te można uogólnić w następująco:

1. **Zidentyfikuj problemy i wyznacz cele** na podstawie wstępnych danych.
2. **Określ zasoby** jakimi dysponujesz: wymagania przepisów i norm, czas, wiedza, umiejętności, metody badań podłoża, metody obliczeniowe i **metody kontroli**.
3. **Opracuj plan działania** – plan badań i analiz projektowych, elastyczny kompleksowy projekt zawierający **wymagania i ograniczenia** zamiast zamkniętych rozwiązań i specyfikację robót obejmującą sposoby wykonania robót, ich kontroli oraz uczciwe zasady rozliczeń.
4. Zaplanuj etapową realizację robót pozwalającą na korektę rozwiązań projektowych:
 - o Etap I – próby i badania mające na celu weryfikację założeń i rozwiązań projektowych – daj sobie szansę na niepopelnienie błędu;
 - o Etap II – weryfikacja założeń projektowych i przedstawienie ostatecznego rozwiązania;
 - o Etap III - roboty zasadnicze;
 - o Etap IV - badania kontrolne powykonawcze, ewentualnie monitoring obiektu.
5. Uczestnicz w realizacji robót – zdobywaj niezbędne w geotechnice doświadczenie obserwując w terenie efekty funkcjonowania swojego planu i pamiętaj, że doświadczenie stanowi jedynie uzupełnienie gruntownej wiedzy. W ostateczności ucz się na błędach (najlepiej cudzych).

Program modernizacji linii kolejowych jest kolejną szansą na wdrażanie racjonalnych rozwiązań geotechnicznych w praktyce. Kolejną szansą, aby nie skończyło się jak zawsze ...

Piśmiennictwo

- [1]. Id-2. Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierskich. PKP PLK S.A., Warszawa 2005
- [2]. Id-3. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego, Warszawa 2009r.
- [3]. Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. GDDP. Wyd. IBDiM, Warszawa 1998, Część 1 i 2.
- [4]. ITB. Komentarz do nowych norm klasyfikacji gruntów. Instrukcje, wytyczne, poradniki nr 428, Warszawa 2007
- [5]. PKP Polskie Linie Kolejowe S. A. Standardy Techniczne. Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem). TOM III. Kolejowe Obiekty Inżynierskie. Wersja 1.1, Warszawa 2009 wprowadzone uchwałą nr 263/2010 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe z dnia 14 czerwca 2010 roku.
- [6]. PN-EN 14475 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Grunt zbrojony.
- [7]. PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji wraz z załącznikami
- [8]. PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1. Oddziaływania ogólne.
- [9]. PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów
- [10]. PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu.
- [11]. PN-EN 1993 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
- [12]. PN-EN 1993 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych.
- [13]. PN-EN 1994 Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych
- [14]. PN-EN 1996 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
- [15]. PN-EN 1997-1 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne
- [16]. PN-EN 1997-2 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 2: Badania podłoża gruntowego
- [17]. PN-EN 206-1 Beton - Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność

- [18]. PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis
- [19]. PN-EN ISO 14688-2 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania
- [20]. PN-EN ISO 14689-1 Badania geotechniczne - Oznaczanie i klasyfikowanie skał. Część 1: Oznaczanie i opis
- [21]. Pustelnik M., Drozdowska K., Tyburski Ł.: Technologia posadowienia tymczasowych wiaduktów kolejowych na ściankach szczelnych. Geoinżynieria drogi mosty tunele 3/2011
- [22]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 151 poz. 987).
- [23]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U. 2000 nr 63 poz. 735)
- [24]. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z 2012 r. poz. 463).
- [25]. Warunki techniczne wykonywania ścian szczelinowych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1992
- [26]. Wytyczne techniczne projektowania pali wielkośrednicowych w obiektach mostowych Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1991
- [27]. Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym. GDDP. Wyd. IBDiM, Warszawa 2002.

Summary

The paper presents selected topics that address the foundation of railway structures, including various design and work execution considerations, and emphasizes some key differences as related to the currently implemented road infrastructure development scheme.

Finding out solutions to the foundation issues is crucial for the success of every infrastructure project. The so-called 'rise above the ground' allows engineers to run construction projects basing on familiar and repeated procedures, the implementation of which usually carries no significant risk. Higher risk is frequently associated with the geotechnical works due to non-uniform soil, impossibility of a comprehensive investigation and (unfortunately) abundant opportunities for various abuses. Solution of complex geotechnical problems generally requires a great deal of expert knowledge, even more of experience and slightly different methods of arriving at the correct conclusions. The role and scope of widely understood supervision is thus enhanced, i.e. monitoring and control of geotechnical work progress.

Efficient methods of site and track traffic protection are vital for the railway line modernization scheme, which is normally implemented while the traffic is maintained. Most of these protections are temporary geotechnical structures. The scope of the required protections, their technical solutions, costs and execution-related risk are affected by the design and technology decisions undertaken during investment planning, concerning the constructed or modernized railway facilities. Apt design decision making in the early stage of investment planning is even of more importance for the engineering and design contracts. This type of contract involves very little time for designing, since most of preparation time is spent on arrangements and approvals.

The paper provides several examples of standard and alternative material, construction and technology solutions for selected geotechnical issues related to the construction or modernization of railway facilities.