

Problematyka pograżania grodziec o szerokości 750 mm



Fot. 1. Budowa progu wodnego na Wiśle w Polańcu. Zastosowanie grodziec AU18 i AU20. Wykonawca AARSLEFF Sp. z o.o.

Stalym celem firmy Arcelor jest oferowanie swoim klientom najbardziej ekonomicznych grodziec we wszystkich gamach. Dla grodziec na bazie profili Z osiągnięto to poprzez wprowadzenie serii AZ, a dla grodziec na bazie profili celownikowych – poprzez serię AU o szerokości 750 mm.

Celem, jaki postawił sobie Arcelor, było wprowadzenie na rynek nowej serii grodziec, przy jednoczesnym zaoferowaniu oszczędności na stali oraz zredukowaniu czasu transportu i instalacji na budowie; umożliwiono klientowi także korzystanie z typowego wyposażenia firmy do pograżania grodziec.

Arcelor wykorzystał całe swoje doświadczenie i wiedzę, współpracował z wieloma międzynarodowymi instytutami badawczymi, aby zoptymalizować produkt. Program badawczy trwał 5 lat; w projekcie uczestniczyli: PSIC, ProfilARBED Recherches, walcownia Esch-Benval, Rejonowe Laboratorium Robót Inżynieryjnych w Lille oraz uniwersytety w Brunshwiku, Karlsruhe i Aachen.

Cel został osiągnięty poprzez:

- zredukowanie ciężaru o 10% w porównaniu do poprzedniej serii PU – dzięki zoptymalizowaniu wymiarów geometrycznych osiągnięto zredukowanie ciężaru o ok. 10% w stosunku do poprzednich serii PU; różnorodność asortymentu AU pozwala na spełnienie konkretnych wymagań dotyczących wytrzymałości na zginanie w sposób najbardziej opłacalny;
- zredukowanie ilości operacji dzięki zwiększeniu szerokości o 25% – do 750mm; szerokość pojedynczej grodziec redukuje ilość elementów, a tym samym – czas ich pograżania;
- badanie zachowania się przy zginaniu – badania symulacyjne wykazują, że wszystkie profile w serii AU są co najmniej w klasie 3, zgodnie z klasyfikacją Euro-code, nawet dla stali w gatunku S430GP; aby wykorzystać charakterystykę profili typu U, zale-

camy, jeżeli jest to wymagane, stosowanie podwójnych grodziec typu AU (parowanych zaciśniętych w zamku);

- zmniejszenie obwodu – ze względu na większą szerokość grodziec osiągnięto 10%-ową redukcję długości obwodu; zmniejsza to również wielkość powlekanej powierzchni, np. przez malowanie;
- zwiększenie szerokości płaskiej części grodziec – dzięki zwiększeniu szerokości grodziec, zwiększa się również szerokość jej części płaskiej, wskutek czego łatwiej jest zamontować zakotwienie.

Wprowadzenie każdego typu grodziec na rynek wymaga przeprowadzenia testów pograżania, weryfikujących możliwości stosowania tego materiału w praktyce .

Na konferencji „Warsztaty Projektanta Konstrukcji”, zorganizowanej w Wiśle w marcu 2005 r., zadano mi pytania dotyczące problemów z pograżaniem szerokich grodziec, w szczególności chodziło o kwestię oporów tarcia i ewentualnego wzrostu sił niezbędnych do wbudowania grodziec z serii AU w porównaniu z istniejącymi na rynku rozwiązaniami. Nasza analiza dotyczy porównania grodziec z serii PU (szerokość 600mm) i AU.

Nowy kształt pozwala na większą sprawność pograżania grodziec – gładki i otwarty kształt nowej serii AU (kąt został zmniejszony z 62,4° do 54,7°) oraz opatentowane promienie połączenia środniczka z półką redukują wymaganą energię pograżania. W oparciu o wyniki badań, zarówno w małej, jak i dużej skali, wprowadzono ostateczną optymalizację promienia; wzrost wewnętrznego promienia (min. 75mm) oraz zmniejszenie promienia zewnętrznego w stosunku do poprzednich grodziec przyniosły większą sprawność ich pograżania oraz wzmocnienie przekroju grodziec. Ta specjalna geometria połączenia środniczka ze stopką została opatentowana i stanowi wyłączną własność ProfilARBED. W wyniku tego powstaje wysoka wytrzymałość na skręcanie, zmniejszone ryzyko wybooczenia oraz – przede

wszystkim – zminimalizowany opór przy pogrążaniu, wynikający ze zmniejszenia efektu korka. Przystudowano poprzez symulację zjawiska związane z płynięciem gruntu, aby zagwarantować lepszy przepływ drobiny gruntu i unikać zagęszczania gruntu w narożach.

Rozwój technologii pogrążania

Testy pogrążania uderzeniowego oraz wibracyjnego, przeprowadzone na profilach w małej skali (1:10), zdecydowały o geometrii, przynosząc zmniejszony opór przy pogrążaniu. Testy pogrążania uderzeniowego oraz wibracyjnego, przeprowadzone na profilach w pełnej skali, potwierdziły poprzednie symulacje. Energia wymagana do pogrążania nieznacznie wzrosła. Jednakże różnica jest tak niewielka, że wymaga to tylko doboru odpowiedniego wyposażenia do ciężaru elementu, który będzie pogrążany.

Badania pogrążania grodzic w pełnej skali

Próby pogrążania nowych pali zostały przeprowadzone we Francji we współpracy z Regionalnym Laboratorium Robót Inżynieryjnych. Przeprowadzono łącznie 54 testy celem potwierdzenia wpływu geometrii wykazanego w poprzednich testach w warunkach budowy i rzeczywistych warunkach gruntowych. Stosowano różne rodzaje grodzic o długości do 20m i o następującej charakterystyce:

- istniejące grodzice typu PU o szerokości 600mm,
- grodzice typu U o takim samym module zginania, szerokości 750mm oraz standardowym promieniu wewnętrznym 30mm,
- grodzice typu U o takim samym wskaźniku wytrzymałości, szerokości 750mm oraz standardowym promieniu wewnętrznym 100 mm.

Badania sondą wykazały następujący układ warstw gruntu:

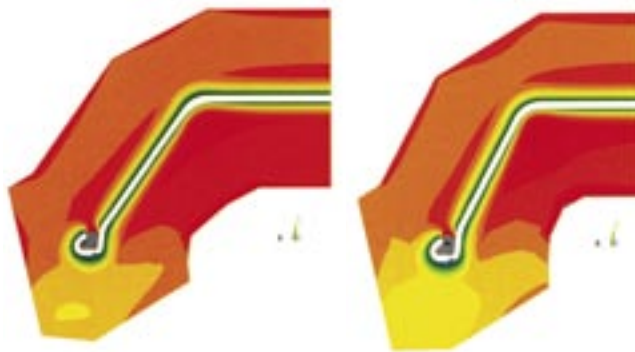
- szaro-beżowa glina piaszczysto-gliniasta do głębokości 2,5m,
- drobny szary piasek do 3,5m,
- szary piasek średnioziarnisty do 17,5m,
- szara glina od 17,5m do 30 m.

Stosowano pogrążanie różnych grodzic zarówno metodą wibracyjną, jak uderową, których celem było porównanie wydatku energii potrzebnego do ich pogrążania.

Metoda wibracyjna

Dla testów, w których stosowano metodę wibracyjną, przeprowadzono pomiary częstotliwości, amplitudy, ciśnienia hydraulicznego, głębokości pogrążania się oraz wibracji na powierzchni gruntu w różnych punktach.

Stosowano tego samego rodzaju wyposażenie do pogrążania grodzic, tzn. wibrator ICE o normalnej częstotliwości, model 815C oraz generator hydrauliczny 500. Wyniki wykazują, że czas pogrążania oraz ciśnienie hydrauliczne wymagane dla pogrążania grodzic typu U o module 2000 cm³/m oraz szerokości 750mm jest trochę dłuższy niż w wypad-



Rys. 1. Przepływ gruntu w starych i nowych typach

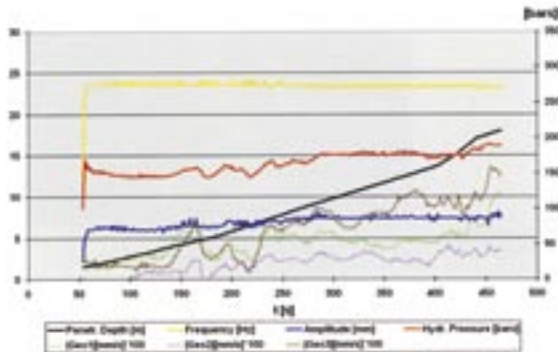


Fot. 2. Autostrada A4 odcinek Nogawczyce-Kleszczów Zastosowanie grodzic PU.16. Wykonawca AARSLEFF Sp. z o.o.

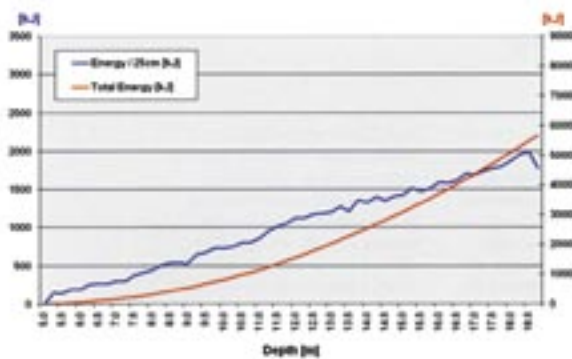
Profil	Obszar powlekania				Przekrój stali	Ciężar		Wskaźnik wytrzymałości	Moment bezwładności	
	b (mm)	h (mm)	t (mm)	s (mm)		m ² /m ² ścianki	cm ² /m			kg/m pojedynczej grodzicy
AU 14	750	408	10,0	8,3	2,54	132	77,9	104	1410	28710
AU 16	750	411	11,5	9,3	2,54	147	86,3	115	1600	32850
AU 17	750	412	12,0	9,7	2,54	151	89,0	119	1665	34270
AU 18	750	441	10,5	9,1	2,65	150	88,5	118	1780	39300
AU 20	750	444	12,0	10,0	2,65	165	96,9	129	2000	44440
AU 21	750	445	12,5	10,3	2,65	169	99,7	133	2075	46180
AU 23	750	447	13,0	9,5	2,71	173	102,1	136	2270	50700
AU 25	750	450	14,5	10,2	2,71	188	110,4	147	2500	56240
AU 26	750	451	15,0	10,5	2,71	192	113,2	151	2580	58140

Tab. 1. Profile z serii AU

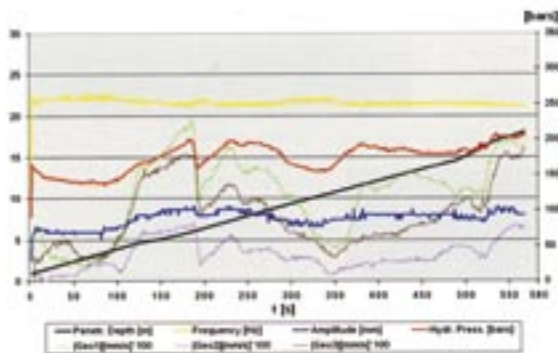
Wyniki pograżania dotychczasowych grodzic typu: PU 20 o szerokości 600 mm



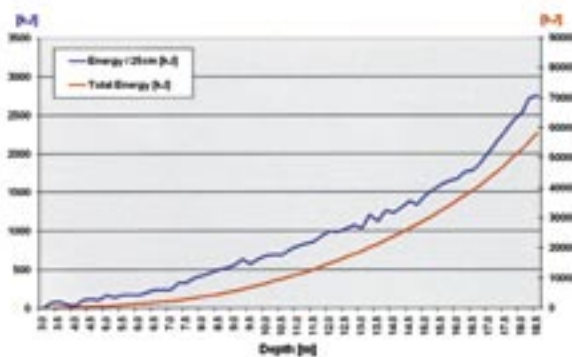
Wyniki pograżania dotychczasowych grodzic typu: PU 20 o szerokości 600 mm



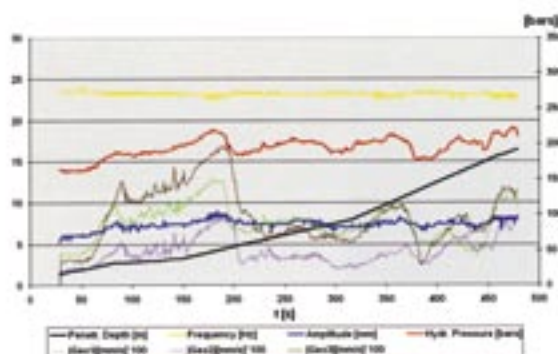
Wyniki pograżania grodzicy typu U o szerokości 750 mm i wewnętrznym promieniu 30 mm



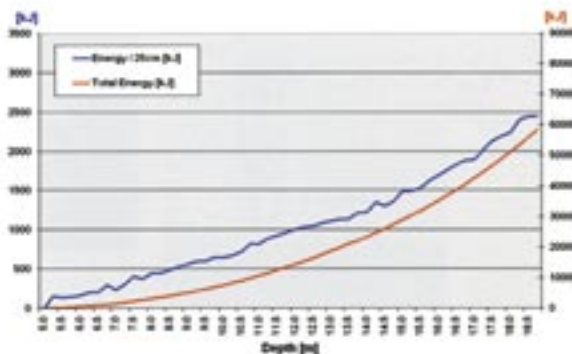
Wyniki pograżania grodzicy typu U o szerokości 750 mm i wewnętrznym promieniu 30 mm



Wyniki pograżania grodzicy typu U o szerokości 750 mm i wewnętrznym promieniu 100 mm



Wyniki pograżania grodzicy typu U o szerokości 750 mm i wewnętrznym promieniu 100 mm



Rys. 2. Metoda wibracyjna

Rys. 3. Metoda udarowa

ku dawnych grodzic typu PU 20. Porównanie pomiędzy 2 promieniami pokazuje jednak, że stosowanie większych promieni (100mm), które redukują czas pograżania o 10%, jest korzystne.

Po wbiciu grodzic były one wyciągane i określano ich deformację. Działanie przeprowadzano poprzez pomiar pionowych (wysokość przekroju) i poziomych (otwarcie przekroju) deformacji grodzic, przed i po ich pograżaniu. Wyniki wykazują, w oparciu o deformację, że zwiększenie promienia powoduje usztywnienie przekroju (pomiędzy środnikiem a stopkami), co z kolei przyczynia się do zmniejszenia odkształceń.

Metoda udarowa

Dla pograżania udarowego należy pomierzyć konieczny wydatek energii. Dokonano tego stopniowo co 25 cm, mierząc konieczną ilość uderzeń, wydatek energetyczny bijaka oraz pograżanie grodzicy. Całkowity wymagany wydatek energetyczny można określić przy wykorzystaniu tych pomiarów.

Zastosowano bijak S70 oraz generator hydrauliczny P250. Wyniki testów potwierdzają teoretyczne przewidywania – przy jednakowym wyposażeniu wydatek energetyczny wymagany dla pograżania gro-

dzic typu U o wskaźniku wytrzymałości 2000 cm³/m oraz szerokości 750 mm jest nieznacznie wyższy niż dla poprzedniego typu PU 20. Uzyskuje się jednakże znaczną korzyść przy zwiększeniu szerokości o 25%. Możemy również potwierdzić, że zastosowanie dużego promienia (100mm) zmniejsza wielkość koniecznego wydatku energetycznego w porównaniu z małym promieniem (30mm).

Wytrzymałość stopy grodzicy

Przeprowadzono symulację wytrzymałości stopy grodzicy wobec przeszkód (bloki, gruz) poprzez próby spadania swobodnego, wykorzystując masę w kontakcie ze stopą grodzicy we wnętrzu środnika oraz na połączeniu środnika ze stopką. Wyniki wykazały wystarczającą wytrzymałość pomimo smukłości grodzic typu AU.

Zachowanie się przy zginaniu

Zdolność do obracania się przekroju została zredukowana w wyniku symulacji próby zginania w 4 punktach, przy zastosowaniu metody elementów skończonych. Wyniki potwierdzają uproszczone podejście podane w EN 1998-5 oraz doskonałą ciągliwość ścianki pod naprężeniem zginającym.



Fot. 3. Budowa progu wodnego na Wiśle w Połańcu.
Zastosowanie grodzic AU 18 i AU 20. Wykonawca AARSLEFF Sp. z o.o.



Fot. 4. Budowa progu wodnego na Wiśle w Połańcu.
Zastosowanie grodzic AU 18 i AU 20. Wykonawca AARSLEFF Sp. z o.o.

Próby na zginanie przy wyboczeniu

W oparciu o próby na wyboczenie wzdłuż osi słabej można wyciągnąć wnioski na temat stabilności grodzic w trakcie ich transportu i pograżania. Z racji większej szerokości i zwiększonego momentu bezwładności nowych grodzic mogą one przenieść większe obciążenie pionowe. Dla określenia tej charakterystyki porównano pionowe obciążenie niszczące F_v z obwodem grodzicy typu U oraz przekrojem grodzicy typu A. Obydwa przy-padki wpływają bezpośrednio na tarcie i wytrzymałość stopy.

Biorąc pod uwagę wzrost tych parametrów z powodu, większej powierzchni grodzicy występuje 10%-owy wzrost efektywności stosunku F_v i F_vA .

Próby zginania lokalnego

W celu symulacji wpływu trudnych warunków na pograżanie grodzic przeanalizowano podatność grodzicy na wyboczenie. Na

pierwszym etapie określono wstępny tryb wyboczenia, którego celem było określenie geometrii trybu wyboczenia głównego. W trakcie kolejnej analizy przyswojono formę wyznacznikową jako niedoskonałość geometryczną i wydedukowano obciążenie krytyczne. Osiągnięto poprawę o kilka procent dla grodzic PU, chociaż typ AU jest szerszy o 25%.

Mam nadzieję, że coraz szersze stosowanie profili z serii AU na polskim rynku pozwoli nam na potwierdzenie wyników naszych badań i przyczyni się do dalszego wzrostu popularności tych rozwiązań. ●

mgr inż. Ewa Sakwerda
ARCELOR LONG COMMERCIAL POLSKA Sp. z o.o.

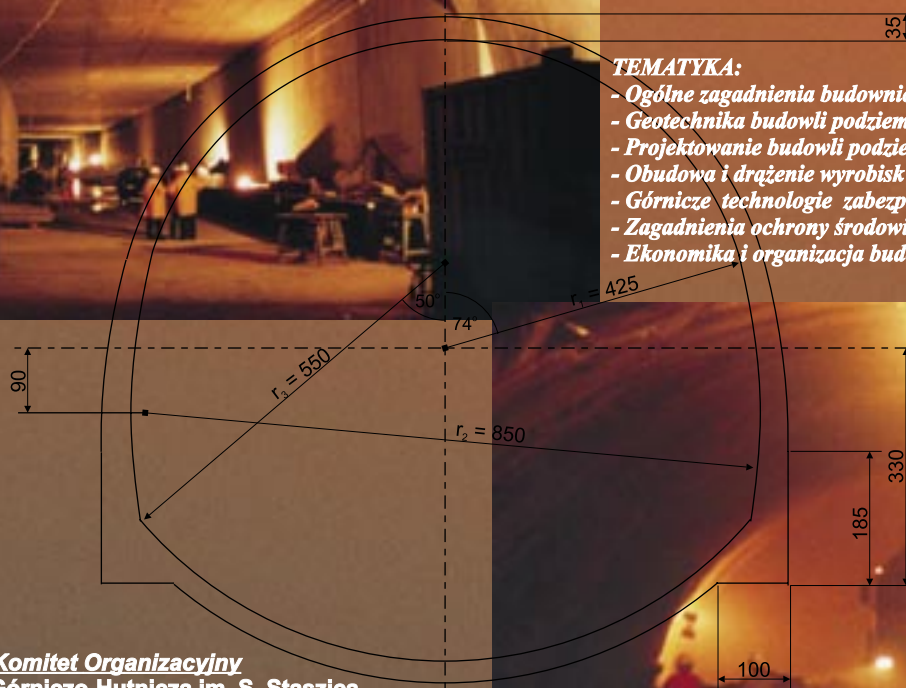
BUDOWNICTWO PODZIEMNE UNDERGROUND CONSTRUCTION 2005



KRAKÓW, 22 - 24 września

TEMATYKA:

- Ogólne zagadnienia budownictwa podziemnego,
- Geotechnika budowli podziemnych (w tym pomiary geotechniczne),
- Projektowanie budowli podziemnych,
- Obudowa i drążenie wyrobisk podziemnych,
- Górnicze technologie zabezpieczania obiektów zabytkowych,
- Zagadnienia ochrony środowiska w budownictwie podziemnym,
- Ekonomia i organizacja budownictwa podziemnego.



Komitet Organizacyjny

Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30

tel. (0-12) 617 20 82; 617 21 71; 633 41 74 fax. (0-12) 633 41 74
e-mail: chmura@agh.edu.pl; mdeja@agh.edu.pl

www.agh.edu.pl/kadra/konf_bud_pod/