

mgr inż. **Ewelina Karp**, kierownik ds. zapewnienia jakości HEILIT + WOERNER Budowlana Sp. z o.o.



SILMENT®

DROGOWE SPOIWO STABILIZACYJNE

Zastosowanie przy realizacji autostrady A-1 Sośnica – Gorzyczki

Trudne warunki gruntowo-wodne, złe warunki atmosferyczne i krótki czas realizacji prac to podstawowe problemy, z którymi obecnie musi zmierzyć się każdy wykonawca dużej inwestycji drogowej, zwłaszcza budowy autostrady.

Aby sprostać wysokim wymaganiom jakościowym i jednocześnie zapewnić terminowe wywiązanie się z zawartego kontraktu, wykonawcy są zmuszeni do poszukiwania takich technologii, które im to umożliwią. Rozwiązanie stanowią nowe technologie. W nurt nowych technologii wpisują się spoiwa nowej generacji, które od kilku lat są obecne na polskim rynku i stanowią alternatywę dla spoiw tradycyjnych (cementu, wapna, popiołów lotnych czy wielkopiecowego żużla granulowanego).

Na szczególną uwagę zasługuje hydrauliczne spoiwo drogowe o nazwie SILMENT, produkowane w dwóch odmianach: **SILMENT CQ-25** oraz **SILMENT CQP-15**. Oba wymienione produkty znalazły zastosowanie na odcinku autostrady A-1 Sośnica – Gorzyczki od węzła „Bełk” (bez węzła) do węzła „Świerklany”, jako materiał do osuszania i ulepszania gruntów przeznaczonych do budowy nasypów, a także stabilizacji podłoża konstrukcji drogowej.

SILMENT CQ-25 jest sproszkowanym drobnoziarnistym spoiwem hydraulicznym o właściwościach zbliżonych do cementu. Otrzymywany jest w wyniku przemiału klinkieru cementowego i pucolany przemysłowej typu Q. Charakteryzuje go głęboki przemiał (powierzchnia właściwa wg Blaina powyżej 7500 cm²/g wg bieżących wyników badań) i brunatnoszare zabarwienie. Poniżej zamieszczona została krótka charakterystyka spoiwa SILMENT, sporządzona na podstawie badań z bieżącej produkcji spoiwa (tab. 1 – SILMENT CQ-25, tab. 2 – SILMENT CQP-15).

Wykonawca autostrady A-1 zastosował spoiwo o nazwie SILMENT CQ-25 jako alternatywę dla cementu do stabilizacji gruntu podłoża $R_m = 2,5$ MPa dla dróg o kategorii ruchu



KR 3-6. Procentowy udział ww. spoiwa w stosunku do objętości gruntu stabilizowanego wyniósł średnio 7% dla danego rodzaju gruntu i był właściwy do oczekiwanych parametrów nośności otrzymywanych w badaniu VSS (oznaczenie modułu odkształcenia przez obciążenie płytą wg BN-64/8931-02, PN-S-02205), a także do wymaganej wartości wytrzymałości na ścislenie próbek z mieszanki gruntowo-spoiwowej oznaczanej wg PN-S-96012.

Stabilizacji (na głębokość 40 cm) spoiwem SILMENT CQ-25 poddane zostało podłoże gruntowe, w którym zalegały piaski drobne i średnie o wilgotności naturalnej wynoszącej ok. 8% oraz piaski pylaste o wilgotności naturalnej do 14%. Wysoka wodoządnność omawianego spoiwa umożliwiła prowadzenie prac w niekorzystnych warunkach gruntowych i w mało sprzyjających warunkach atmosferycznych (po opadach deszczu).

Na wykonanej stabilizacji już w ciągu pierwszych 2-3 dni od jej przeprowadzenia uzyskano wysokie przyrosty nośności, co pozwoliło wykonawcy na wymierne skrócenie czasu prowadzenia robót na odcinkach stabilizowanych spoiwem SILMENT CQ-25 i na wykonywanie pracy w sposób płynny, bez konieczności dłuższego niż w wypadku cementu oczekiwania na wzrost wymaganych ▶

Tabela 1. Charakterystyka spoiwa **SILMENT CQ-25**

LP.	PARAMETRY TECHNICZNE SILMENT CQ-25	WYNIK	
1.	Wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 196-1:2006	Po 2 dniach [MPa]	16,8
		Po 7 dniach; więcej niż [MPa]	25,6
		Po 28 dniach; więcej niż [MPa]	38,7
2.	Czas wiązania wg PN-EN 196-3:2006	Początek [min]	260
		Koniec [godz., min]	5 h 40 min
3.	H ₂ O dla konsystencji normowej powyżej [%]	37,3	
4.	Zmiana objętości wg Le Chateliera [mm]	0,5	
5.	Zawartość SO ₃ , poniżej [%]	3,41	
6.	Powierzchnia właściwa wg Blaina, powyżej [cm ² /1 g]	7750,0	

Tabela 2. Charakterystyka spoiwa **SILMENT CQP-15**

LP.	PARAMETRY TECHNICZNE SILMENT CQP-15	WYNIK	
1.	Wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 196-1:2006	Po 2 dniach [MPa]	-
		Po 7 dniach; więcej niż [MPa]	8,0
		Po 28 dniach; więcej niż [MPa]	15,0
2.	Czas wiązania wg PN-EN 196-3:2006	Początek [min.]	120
		Koniec [godz., min]	10 h
3.	H ₂ O dla konsystencji normowej powyżej [%]	40,0	
4.	Zmiana objętości wg Le Chateliera [mm]	0,5	
5.	Zawartość SO ₃ , poniżej [%]	8,0	
6.	Powierzchnia właściwa wg Blaina, powyżej [cm ² /1 g]	5500,0	

Tabela 3. Wyniki badań przeprowadzonych na odcinkach stabilizowanych spoiwem **SILMENT CQ-25**

PRZEZNACZENIE STABILIZOWANEJ WARSTWY	RODZAJ MATERIAŁU	WILGOTNOŚĆ NATURALNA GRUNTU PRZEZNACZONEGO DO STABILIZACJI [%]	WILGOTNOŚĆ OPTIMALNA GRUNTU PRZEZNACZONEGO DO STABILIZACJI [%]	NOŚNOŚĆ OKREŚLONA W BADANIU VSS. Moduł wtórny E2 [MPa]	ZAGĘSZCZENIE OKREŚLONE W BADANIU VSS. Stosunek modułów E2/E1	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE R ₂₈ [MPa]	DOZOWANIE SPOIWA W STOSUNKU DO OBJĘTOŚCI STABILIZOWANEGO GRUNTU [%]
Podłoże w wykopie – ciąg główny autostrady	Piasek średni + SILMENT CQ-25	9,0	8,2	205	1,9	1,7	6
	Piasek średni + SILMENT CQ-25	8,4	7,6	205	1,8	1,9	6
	Piasek drobny + SILMENT CQ-25	8,0	7,4	225	1,9	2,1	7

Analiza przeprowadzona została na podstawie badań wykonanych przez laboratorium TPA

Tabela 4. Wyniki badań przeprowadzonych na odcinkach stabilizowanych spoiwem **SILMENT CQP-15**

PRZEZNACZENIE STABILIZOWANEJ WARSTWY	RODZAJ MATERIAŁU	WILGOTNOŚĆ NATURALNA GRUNTU PRZEZNACZONEGO DO STABILIZACJI [%]	WILGOTNOŚĆ OPTIMALNA GRUNTU PRZEZNACZONEGO DO STABILIZACJI [%]	NOŚNOŚĆ OKREŚLONA W BADANIU VSS. Moduł wtórny E2 [MPa]	ZAGĘSZCZENIE OKREŚLONE W BADANIU VSS. Stosunek modułów E2/E1	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE R ₂₈ [MPa]	DOZOWANIE SPOIWA W STOSUNKU DO OBJĘTOŚCI STABILIZOWANEGO GRUNTU [%]
Warstwa nasypu gr. 40 cm – ciąg główny autostrady	Piasek pylasty+ SILMENT CQP-15	14,5	9,1	127	2,1	1,2	6
	Piasek średni + SILMENT CQP-15	14,6	10,1	132	2,2	1,2	6
	Piasek drobny + SILMENT CQP-15	11,4	8,2	102	2,1	1,1	5

Analiza przeprowadzona została na podstawie badań wykonanych przez laboratorium TPA

► parametrów (70% wszystkich uzyskanych wyników z badania nośności określonego wartością modułu wtórnego E2 w badaniu VSS przekroczyło wartość 200 MPa; pozostałe wyniki były bliskie tej wartości). Pomimo wysokich przyrostów nośności na stabilizacji nie zaobserwowano zjawiska skurczu liniowego.

W tabeli 3 zestawiono przykładowe wyniki otrzymane z badań przeprowadzonych na odcinkach stabilizowanych spoiwem SILMENT CQ-25, natomiast na fotografiach 1-2 przedstawiono kolejne etapy prowadzenia prac.

Dobre rezultaty osuszania gruntów zalegających w podłożu nasypów/wykopów oraz przewilgoconych gruntów pozyskanych z wykopów do wbudowania w nasyp wykonawca uzyskał dzięki zastosowaniu drugiej odmiany spoiwa SILMENT, tj. CQP-15. Materiał ten jest mineralnym spoiwem hydraulicznym złożonym z komponentów wiążących i aktywnych wypełniaczy pucolanych. Podstawowa charakterystyka spoiwa SILMENT CQP-15 została zamieszczona w tabeli 2.

W czasie budowy odcinka autostrady A-1 Sośnica – Gorzyczki od węzła „Bełk” (bez węzła) do węzła „Świerklany” SILMENT CQP-15 stosowany był do osuszania przewilgoconych gruntów rodzimych (piasków, pyłów piaszczystych z przewarstwieniami gliny) jako alternatywa dla wapna. Dozowanie spoiwa założono na poziomie 4-6% w stosunku do objętości stabilizowanego gruntu, zależnie

od stanu zawilgocenia i rodzaju stabilizowanego gruntu (wilgotność naturalna gruntu poddawanego stabilizacji zawierała się w przedziale 11-17%, w zależności od rodzaju osuszanego materiału).

W tabeli 4 zestawiono przykładowe wyniki otrzymane z badań przeprowadzonych na odcinkach osuszanych spoiwem SILMENT CQP-15.

Na podstawie oceny makroskopowej wykonanych stabilizacji z udziałem spoiwa SILMENT CQP-15 stwierdzono, iż osuszanie gruntu poprzez jego przestabilizowanie tym właśnie spoiwem miało dwie podstawowe zalety, a mianowicie: nie zaobserwowano zjawiska wtórnego rozmywania osuszonego gruntu i zmiany jego konsystencji w wyniku ponownego zawilgocenia warstwy oraz w krótkim czasie (2-3 dni od wykonania stabilizacji) uzyskano stabilne, wysokie nośności zastabilizowanej warstwy, wynoszące średnio 120 MPa w wypadku warstwy o grubości 40 cm po zagęszczeniu. Fakt ten pozwolił wykonawcy na wymierne skrócenie czasu wykonywania robót na odcinkach osuszanych spoiwem SILMENT CQP-15.

Zastosowane spoiwa marki SILMENT sprawdziły się jako materiał do prowadzenia prac związanych z ulepszeniem podłoża, stabilizacją gruntów rodzimych oraz z osuszaniem. Umożliwiło wykonawcy prowadzenie prac w trudnych warunkach gruntowo-wodnych i korzystnie wpłynęło na tempo prowadzonych robót ziemnych. □