

Analiza właściwości gruntów stabilizowanych spoiwem Silment CQ-25 w różnych warunkach pielęgnacji próbek

artykuł dyskusyjny

Liczne badania laboratoryjne prowadzone w celu określenia możliwości zastosowania niekonwencjonalnych spoiw hydraulicznych jako stabilizatorów gruntu w budownictwie drogowym budzą za każdym razem wątpliwość czy zastosowana procedura sezonowania próbek jest odpowiednia do danego rodzaju spoiwa. W chwili obecnej dysponujemy trzema aktualnymi normami polskimi, które regulują procedury przechowywania próbek stabilizowanych wapnem [1], cementem [2] i popiołami lotnymi [3]. Procedury przechowywania próbek stabilizowanych wapnem i cementem są ze sobą zgodne, natomiast procedura dotycząca stabilizowania gruntów popiołami lotnymi jest inna. Jak zatem pielęgnować próbki stabilizowane innymi spoiwami, w składzie których często obok siebie występuje zarówno cement jak i popioły lotne, jak to ma miejsce na przykład w spoiwach Silment [4]? Można również zadać kolejne pytanie – czy we wszystkich procedurach dotyczących pielęgnowania próbek gruntowych stabilizowanych spoiwami drogowymi słuszne jest ich czasowe przechowywanie w wodzie, a w przypadku określania odporności na zamrażanie, cykl rozmrażania przeprowadzać przy pełnym zanurzeniu próbki w wodzie? Przecież górne warstwy nasypów drogowych, jak również warstwy konstrukcyjne nie pracują przy tak silnym nawodnieniu, ani też nie są narażone na długotrwałe oddziaływanie dużych ilości wody. Z tych powodów postanowiono przeprowadzić badania wytrzymałości na ściskanie oraz określić wskaźnik mrozoodporności próbek gruntów stabilizowanych spoiwem cementowo-pucolanowym Silment CQ-25, stosując pielęgnację próbek pozbawioną czynnika oddziaływania znacznych ilości wody, dalej zwanej procedurą pielęgnacji „na sucho”, a uzyskane wyniki porównać z wynikami uzyskanymi procedurami pielęgnacji próbek zgodnych z PN-S-96102:1997 i PN-S-06103:1997.

Metodyka i zakres badań

W celu prześledzenia wpływu ograniczenia oddziaływania znacznych ilości wody na próbki gruntów stabilizowanych spoiwem drogowym Silment CQ-25 wybrano do badań glinę pylastą o maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego $\rho_{omax} = 1,874 \text{ g/cm}^3$ i wilgotności optymalnej $w_{opt} = 11,5\%$, którą stabilizowano dodatkiem 6% i 8% wagowo spoiwa. Do określenia wytrzymałości na ściskanie R_7 , R_{28} oraz R_{28}^{20} wykonano i sezonowano – zgodnie z PN-S-96102:1997 – po trzy próbki walcowe $d=h=8 \text{ cm}$ do każdego rodzaju oznaczenia, oraz – zgodnie z PN-S-06103:1997 – po trzy próbki do określenia wytrzymałości R_{14} , R_{42} i R_{42}^{20} . Do procedury pielęgnacji stabilizowanych próbek gruntów „na sucho” wykonano także po trzy próbki walcowe do określenia wytrzymałości R_7 , R_{28} , R_{28}^{20} , R_{14} , R_{42} i R_{42}^{20} . Procedura pielęgnacji próbek „na sucho” zakładała zmniejszenie oddziaływania wody na badane próbki w trakcie sezonowania oraz rozmrażania

przy określaniu odporności na zamrażanie. Wszystkie próbki zagęszczono dynamicznie w formach cylindrycznych o wymiarach $d=h=8 \text{ cm}$ z energią $0,59 \text{ J/cm}^3$ przy ich wilgotności optymalnej z dodatkiem 6% i 8% spoiwa, a następnie szczelnie zamknięto w workach foliowych, tak by przez cały okres sezonowania zachowywały wilgotność zbliżoną do wilgotności optymalnej. Próbki określające wytrzymałości R_7 , R_{28} , R_{14} i R_{42} do momentu ich ściskania przechowywano w temperaturze pokojowej, która w trakcie przeprowadzanych badań wynosiła $+21 \pm 2^\circ\text{C}$. Próbki określające wytrzymałości R_{28}^{20} przechowywano w temperaturze pokojowej przez 14 dni, a próbki wytrzymałości R_{42}^{20} przez 28 dni. Następnie próbki te poddano 14 cyklom zamrażania i odmrażania przy zachowaniu 8-godzinne go czasu zamrażania w temperaturze -23°C i 16-godzinne go czasu rozmrażania w temperaturze pokojowej (temperatura w trakcie wykonywania badań $+21 \pm 2^\circ\text{C}$). Bezpośrednio przed określeniem wytrzymałości na ściskanie wszystkie próbki wyjmowano ze szczelnie zamkniętych worków i poddawano badaniu z zastosowaniem prasy FORM+TEST MEGA2 3000-100D, przy zachowaniu prędkości posuwu tłoka pomiędzy 0,2 a 0,4 mm/s.

Chcąc prześledzić zachowanie się próbek gruntów niespoistych stabilizowanych spoiwem Silment CQ-25 w procedurze „na sucho” wykonano ponadto oznaczenia wytrzymałości na ściskanie R_7 , R_{28} , R_{28}^{20} , R_{14} , R_{42} i R_{42}^{20} próbek wykonanych z zastosowaniem mialu dolomitowego frakcji 0–4 mm o maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu $\rho_{omax} = 2,020 \text{ g/cm}^3$ i wilgotności optymalnej $w_{opt} = 11,3\%$, przy dodatku stabilizatora w ilości 6% i 8%.

Wyniki badań

Wartości wytrzymałości na ściskanie R_7 , R_{28} , R_{28}^{20} , R_{14} , R_{42} i R_{42}^{20} oraz wskaźników mrozoodporności F_{28} i F_{42} próbek gliny pylastej stabilizowanej spoiwem Silment CQ-25 w ilościach 6% i 8% zestawiono w tabeli 1.

Jak wynika z powyższego zestawienia oddziaływanie wody, w ilości znacznie przewyższającej wilgotność optymalną badanego gruntu (pielęgnacja zgodna z PN-S-96102 i PN-S-06103:1997), na stabilizowane próbki znacząco obniża ich wytrzymałość na ściskanie w stosunku do próbek pielęgnowanych w procedurze „na sucho”, a w przypadku badania odporności na działanie mrozu prowadzi do ich degradacji. W przeprowadzonych badaniach spadek wytrzymałości próbek gliny pylastej stabilizowanych 6% i 8% był średnio dwukrotny. Próbki stabilizowane 6% dodatkiem spoiwa i pielęgnowane „na sucho” osiągały wytrzymałość $R_7 = 1,7 \text{ MPa}$ i $R_{28} = 2,4 \text{ MPa}$. Należy tu zwrócić uwagę na obniżoną wartość R_{42} w stosunku do wytrzymałości R_{28} o 0,4 MPa, co mogło być spowodowane niejednorodnością próbek lub błędem pomiarowym, bowiem w przypadku 8% dodatku stabilizatora prawidłowości takiej nie

Tabela 1. Wyniki oznaczeń wytrzymałości na ściskanie i wskaźników mrozoodporności próbek gliny pylastej

Zawartość spoiwa [%] i rodzaj pielęgnacji	Wyniki oznaczeń wytrzymałości na ściskanie [MPa] i wskaźnika mrozoodporności							
	R ₇	R ₂₈	R ₂₈ ^{z-o}	F ₂₈	R ₁₄	R ₄₂	R ₄₂ ^{z-o}	F ₄₂
6 (pielęgnacja „na sucho”)	1,7	2,4	1,6	0,7	1,9	2,0	1,5	0,7
6 (pielęgnacja zgodna z PN-S-96102 i PN-S-06103:1997)	0,9	1,4	uległy degradacji po 10 cyklach z-o	–	0,8	0,7	uległy degradacji po 11 cyklach z-o	–
8 (pielęgnacja „na sucho”)	1,9	2,4	1,6	0,7	2,0	3,0	2,8	0,9
8 (pielęgnacja zgodna z PN-S-96102 i PN-S-06103:1997)	1,2	1,4	uległy degradacji po 12 cyklach z-o	–	1,1	1,7	uległy degradacji po 11 cyklach z-o	–

potwierdzono. W tym przypadku wytrzymałość R₄₂ była wyższa od wytrzymałości R₂₈ o 0,6 MPa. Wytrzymałość na ściskanie próbek przy dodatku 8% spoiwa wynosiła R₇ = 1,9 MPa i R₄₂ = 3,0 MPa. Wskaźnik mrozoodporności F₂₈ jak i F₄₂ próbek gliny pylastej stabilizowanej 6% dodatkiem spoiwa wyniósł przy pielęgnacji „na sucho” 0,7. Przy dodatku 8% spoiwa wskaźnik mrozoodporności F₂₈ wyniósł także 0,7, natomiast wskaźnik F₄₂ aż 0,9. Jak widać działanie samego mrozu, na próbki zawierające wodę w ilości odpowiadającej wilgotności optymalnej nie niszczy ich struktury i pozwala zachować wysoką wytrzymałość na ściskanie. Przy stabilizacji próbek gliny pylastej spoiwem Silment CQ-25 i pielęgnacji zgodnej z wymaganiami PN-S-96102 i PN-S-06103:1997, wartości wytrzymałości na ściskanie przy dodatku 6% spoiwa wynosiły R₄₂ = 0,7 MPa i R₂₈ = 1,4 MPa. Warto jednak zaznaczyć, że wyższe wartości uzyskały próbki pielęgnowane zgodnie z wymaganiami normy PN-S-96102. Przy dodatku 8% spoiwa wytrzymałość na ściskanie próbek wynosiła R₁₄ = 1,1 MPa i R₄₂ = 1,7 MPa. Należy tutaj zauważyć, że zarówno przy dodatku 6% jak i 8% wytrzymałości R₁₄ osiągały niższe wartości o 0,1 MPa aniżeli wartości wytrzymałości R₇. Przy dodatku 8% spoiwa, w odróżnieniu od próbek z dodatkiem 6%, wytrzymałość R₄₂ osiągnęła wyższą wartość od wytrzymałości R₂₈. Próbkę poddane badaniu odporności na zamrażanie w procedurach zgodnych z polskimi normami ulegały degradacji po wykonaniu 10 do 12 cykli. Z tego powodu nie można było

Tabela 2. Wyniki oznaczeń wytrzymałości na ściskanie i wskaźników mrozoodporności, uzyskane w procedurze pielęgnacji „na sucho” próbek miálu dolomitowego

Zawartość spoiwa [%]	Wyniki oznaczeń wytrzymałości na ściskanie [MPa] i wskaźnika mrozoodporności							
	R ₇	R ₂₈	R ₂₈ ^{z-o}	F ₂₈	R ₁₄	R ₄₂	R ₄₂ ^{z-o}	F ₄₂
6	1,1	1,8	1,2	0,7	1,6	2,1	1,8	0,8
8	1,8	3,1	2,2	0,7	2,2	3,5	2,9	0,8

określić wskaźnika mrozoodporności tych próbek. Dowodzi to, że intensywne oddziaływanie wody i mrozu na próbki gliny pylastej stabilizowanej spoiwem Silment CQ-25 niszczy ich strukturę do całkowitej utraty zwięzłości.

W celu przesłedzenia zmian wytrzymałości na ściskanie próbek gruntów niespoistych przy pielęgnacji „na sucho” wykonano badania miálu dolomitowego o frakcji 0-4 mm z dodatkiem 6% i 8% spoiwa Silment CQ-25. Określono podobnie jak próbek gliny pylastej wytrzymałości R₇, R₂₈, R₂₈^{z-o}, R₁₄, R₄₂ i R₄₂^{z-o} oraz wskaźniki mrozoodporności F₂₈ i F₄₂. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2.

Wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek miálu dolomitowego z dodatkiem spoiwa Silment CQ-25 w ilości 6% i 8%, pielęgnowane w procedurze „na sucho” wskazują na wzrost tego parametru proporcjonalnie do czasu sezonowania próbek oraz niewielką utratę wytrzymałości przy badaniu odporności na zamrażanie, rzędu 20–30%, przy czym wskaźniki mrozoodporności F₄₂ są zawsze wyższe od wskaźników F₂₈. Takie zależności potwierdzają także wyniki badań gliny pylastej. Przy dodatku 6% spoiwa wytrzymałość na ścis-

kaniu próbek miálu dolomitowego wynosiła R₇ = 1,1 MPa i R₄₂ = 2,1 MPa, a przy dodatku spoiwa w ilości 8% odpowiednio 1,8 MPa i 3,5 MPa. Wskaźnik mrozoodporności F₂₈ osiągnął wartość 0,7, zarówno próbek z dodatkiem 6%, jak i 8% spoiwa. Wskaźnik F₄₂ również był równy w serii próbek z zawartością 6% i 8% spoiwa i wynosił 0,8. Te badania także wskazują na wysoką odporność próbek gruntów stabilizowanych spoiwem Silment CQ-25 na działanie mrozu przy zawartości wody w tych próbkach odpowiadającej wilgotności optymalnej.

Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że zawartość wody w ilości odpowiadającej wilgotności optymalnej danego gruntu w próbkach stabilizowanych spoiwami niekonwencjonalnymi, takimi jak Silment CQ-25 oraz działanie na te próbki mrozu nie wpływa znacząco na zmianę struktury, co pozwala na zachowanie wysokich wytrzymałości na ściskanie i uzyskanie wskaźników mrozoodporności w granicach od 0,7 do 0,8, a nawet 0,9. Jednak silne oddziaływanie wody na badane próbki powoduje znaczne, prawie dwukrotne, obniżenie wartości wytrzymałości na ściskanie, a w przypadku dodatkowo działania mrozu całkowite zniszczenie struktury próbek i utratę zwięzłości. Jak wykazały badania w zależności od przyjętej metody badawczej wyniki mogą znacznie się różnić. Dlatego wydaje się konieczne ustalenie procedur pielęgnacji próbek stabilizowanych spoiwami niekonwencjonalnymi, w składzie których mogą występować obok siebie cement i popióły lotne lub inne składniki. Ponadto można by wydzielić procedury pielęgnacji stabilizowanych próbek gruntów warstw, które mogą być narażone na znaczne oddziaływanie wody (wykopy, miejsca zerowe) oraz warstw nie narażonych na oddziaływanie wody (nasypy, warstwy zdrenowane).

W przypadku warstw chronionych przed znacznym oddziaływaniem wód spoiwo drogowe Silment CQ-25 może zatem być

używane jako stabilizator gruntów, w ilości 8% wagowo, przy wykonywaniu podbudów zasadniczych nawierzchni drogowych obciążonych ruchem kategorii KR1 lub podbudów pomocniczych nawierzchni drogowych obciążonych ruchem kategorii KR od 2 do 6. Natomiast grunty stabilizowane 6% spoiwa mogą stanowić materiał do wykonywania górnych części warstw ulepszonego podłoża gruntowego, o grubości co najmniej 10 cm, w przypadku budowy nawierzchni dróg obciążonych ruchem kategorii KR 5 i KR 6.

Bibliografia

- [1] PN-S-96011: 1998 – Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych.
- [2] PN-S-96012:1997 – Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem.
- [3] PN-S-06103:1997 – Drogi samochodowe. Podbudowa z betonu popiołowego.
- [4] Porszke A.: *Możliwości zastosowania spoiw cementowo-pucolanowych SILMENT CQP-15 i CQ-25 jako stabilizatora gruntu*. „Drogownictwo” 5/2004.