

Wybrane czynniki mające wpływ na efektywność iniekcji gruntowych

Dr hab. inż. Tomasz Błaszczyński, prof. nadzw. PP, mgr inż. Bogumił Klimaszewski
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Iniekcje gruntowe, związane z modyfikacją właściwości fizycznych i mechanicznych gruntu z wykorzystaniem rozтворów syntetycznych, są powszechnie znane. W budownictwie zabiegi iniekcyjne wykorzystujemy do wzmacniania i uszczelniania gruntu. Realizujemy to w sytuacjach wystąpienia problemów technicznych, które są trudne do pokonania w tradycyjnych technologiach lub są zbyt kosztowne w realizacji. W ofercie producentów materiałów budowlanych dostępnych jest szereg takich, które umożliwiają modyfikację właściwości gruntów w wyniku wprowadzenia do ośrodka gruntowego iniektu. Należą do nich m.in. żywice poliuretanowe, krzemianowe, akrylowe. Z wymienionych materiałów największym powodzeniem cieszą się żywice akrylowe. Iniekcje gruntowe, z wykorzystaniem żywic akrylowych, powszechnie są stosowane przy robotach związanych z likwidacją lokalnych oraz powierzchniowych nieszczelności występujących przy realizacji nowo wznoszonych części budynków posadowionych w gruncie. Stosuje się je także przy odtworzeniu hydroizolacji wtórnych, przy rewitalizacji obiektów zabytkowych, a także przy wzmacnianiu podłoża gruntowych. Pomimo tak szerokiego, powszechnego wykorzystywania tych materiałów nie zawsze roboty, związane z aplikacją iniekcji żywic akrylowych w grunt, kończą się pomyślnie. Literatura w tej materii, poza nielicznymi publikacjami [1–9], nie jest szeroko prezentowana. Dostępne publikacje prezentujące wyniki przeprowadzonych badań mrozoodporności, wodoszczelności wykazują, że analizowany materiał cechują właściwości, które sprawiają, iż żywica akrylowa wprowadzona w grunt jest materiałem, który umożliwia wykonanie szczelnej i trwałej hydroizolacji przeciwwodnej. Technologia iniekcji gruntowej, z wykorzystaniem żywicy akrylowej, ma kompleksową metodologię badań, które umożliwiają weryfikację niezbędnych właściwości w warunkach przewidzianej aplikacji [10], a także metodologię badań, która umożliwia weryfikację oddziaływania na środowisko [11]. Renomowani producenci żywic akrylowych prowadzą szkolenia związane z technologią aplikacji tych materiałów, a także udzielają wsparcia wykonawcy na budowie. Pomimo to zdarza się, że realizacja iniekcji gruntowych z wykorzystaniem żywic akrylowych, okazuje się kłopotliwa lub nieskuteczna.

2. Normy i wytyczne

Zabiegi związane z iniekcją gruntową, wykorzystywane bardzo powszechnie do uszczelniania struktur gruntu ściśle przylegającego do konstrukcji budynku, określa się jako iniekcje kurtynowe. Iniekcją taką realizuje się poprzez wykonanie siatki otworów w przegrodzie zewnętrznej zagłębionej w gruncie oraz wprowadzenie przez wykonane otwory rozтворu syntetycznego. Do realizacji tych zabezpieczeń wykorzystywane są materiały na bazie bentonitów, poliuretanów oraz żywic akrylowych. Najpopularniejsze wśród nich są te ostatnie. W Polsce nie ma normy, która bezpośrednio zawierałaby wytyczne projektowe oraz wykonawcze dotyczące iniekcji kurtynowych. Norma PN-EN 197–1 (EC7) [12], dotycząca zagadnień geotechnicznych zaleca, aby skuteczność ulepszenia podłoża sprawdzić według kryteriów odbiorczych, przez określenie zmian tych właściwości gruntu, na które miała wpłynąć metoda ulepszenia wg normy PN-EN 12715 [13]. Norma ta zawiera ogólne zalecenia wykonawcze związane z badaniem i monitoringiem iniekcji gruntowych. Jedynym opracowaniem zawierającym wytyczne bezpośrednio odnoszące się do iniekcji gruntowych z wykorzystaniem rozтворów syntetycznych, jakimi są żywice akrylowe, są wytyczne niemieckie ABI [10] dotyczące uszczelniania budynków przez iniekcję.

3. Wymagania techniczne

Wytyczne ABI [10] zawierają zalecenia projektowo-wykonawcze dla planistów oraz osób nadzorujących proces iniekcji. Są one swoistym kompendium wiedzy, umożliwiającym poprawne zaprojektowanie i wykonanie iniekcji kurtynowych. Proces związany z realizacją iniekcji kurtynowych umożliwia pomyślne przeprowadzenie iniekcji poprzedzonej analizą projektową:

- wykonalności.
- efektywności.
- trwałości uszczelnienia.

3.1. Analiza wykonalności

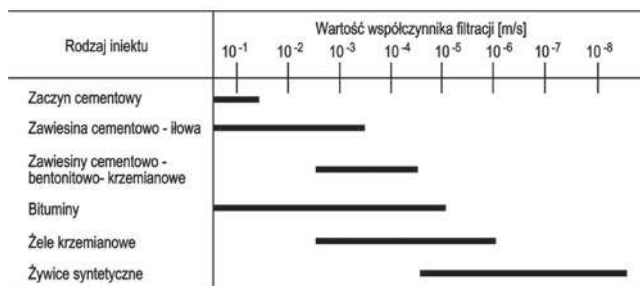
Analiza ta obejmuje:

- ocenę przyczyn zawilgocenia. Jest podstawą przy realizacji robót remontowych związanych z usunięciem nadmiernej zawilgocenia. Analiza ta umożliwia określenie zakresu robót oraz określenie optymalnej technologii [14];

- badania geotechniczne (rodzaj gruntu, miąższość i jednorodność warstw geotechnicznych, współczynnik filtracji, pH wody/gruntu);
- badanie stanu konstrukcji (struktura przegrody, zastosowane materiały, oznaczenie obecności soli, badanie parametrów wytrzymałościowych, określenie bilansu wilgoci) [14];
- weryfikację instalacji usytuowanych w podłożu gruntowym (drenaże, kanalizacje sanitarne, instalacje teletechniczne). Występowanie instalacji w strefie oddziaływania iniekcji może powodować uszkodzenie mechaniczne (rur, kabli), a także niekontrolowane wnikanie iniektu do drenażu lub kanalizacji sanitarnej. Przeprowadzenie tej inspekcji może ustrzec nas przed dodatkowym zużyciem materiału.

3.2. Analiza efektywności

- Parametry gruntów (współczynnik filtracji, porowatość, poziom wody gruntowej). Właściwości gruntu są zasadniczą kwestią podczas realizacji iniekcji gruntowych z wykorzystaniem żywic akrylowych. Iniekcja przeprowadzana z wykorzystaniem tych żywic odbywa się bez przemieszczeń cząstek gruntowych w wyniku penetracji iniektu pomiędzy nimi i wiązania cząstek. Dlatego też należy dokonać oceny tej właściwości gruntu, która potwierdziłaby możliwość wprowadzenia żywicy w strukturę gruntu bezpośrednio przylegającego do budynku, na głębokość przewidzianą w projekcie.
- Dobór materiałów iniekcyjnych. Producenci na ogół nie podają dokładnego zakresu zastosowania iniektów akrylowych, dlatego też dobór tych roztworów powinien stanowić korelację pomiędzy warunkami geotechnicznymi podłoża, przewidzianego do iniekcji a właściwościami iniektu. Karty techniczne żywic akrylowych dostarczają nam informacji odnośnie właściwości technologicznych (takich jak lepkość, gęstość, czas żelowania). Więcej dostępnych informacji zawierają raporty z badań, którymi dysponują producenci żywic akrylowych. Dokumenty te potwierdzają konieczność przeprowadzenia specjalistycznych badań niezbędnych do wykonania iniekcji gruntu. Podczas wstępnej analizy możliwości przeprowadzenia iniekcji pomocne mogą być wskaźnikowe informacje prezentowane w literaturze przedmiotu dające wyobrażenie o zakresie zastosowania materiałów do iniekcji gruntu, które to zostały zaprezentowane na rysunku 1, natomiast nie umożliwiają one jednoznacznego potwierdzenia przydatności iniektu [15]. Istotą właściwości żywic akrylowych, która wymiennie wpłynąć może na możliwości przeprowadzenia iniekcji, jest jej niska lepkość. Niższa lepkość tych iniektów ułatwia penetrację gruntów, a co za tym idzie, ma szerszy zakres zastosowania. Istnieje możliwość zastosowania tych iniektów w gruntach o niższych parametrach filtracyjnych. W trakcie analizy właściwości materiału iniekcyjnego warto również zweryfikować mrozoodporność tego materiału oraz wpływ szkodliwych cieczy na ten materiał, na podstawie raportów z badań dostarczonych przez producenta lub weryfikację poprzez wykonanie badań laboratoryjnych.



Rys. 1. Zastosowanie iniektu w zależności od wartości współczynnika filtracji [15]

- Technologia iniekcji (jednostopniowa, wielostopniowa). W procesie iniekcji w grunt, ze względu na krótkie czasy reakcji iniektu oraz występowanie żywic akrylowych jako zestawów kilkukomponentowych, wymagane jest zastosowanie, w procesie aplikacji, pomp 2K wyposażonych w sprzęt kontrolno-pomiarowy oraz lance iniekcyjne. Proces iniekcji można przeprowadzić jednostopniowo oraz wielostopniowo. Ze względu na efektywność tego rozwiązania zaleca się iniekcję wielostopniową polegającą na wprowadzeniu iniekcji w dwóch lub trzech etapach w grunt, poprzez otwór wykonany w przegrodzie. Pierwszy zastrzyk iniekcyjny w każdy otwór stanowić będzie barierę przed niekontrolowanym przenikaniem iniektu w grunt. Następną czynnością stanie się wprowadzenie do każdego otworu pozostałej ilości materiału przewidzianego w projekcie. Proces wprowadzania żywicy akrylowej w grunt odbywa się przy ciśnieniu nieprzekraczającym 10 bar.

Przeprowadzenie próbnej iniekcji

Celem iniekcji próbnej jest zatwierdzenie metody iniekcji [13]. Wytyczne wymagają określenia (potwierdzenia) w procesie próbnej iniekcji następujących czynników:

- potwierdzenie możliwości technicznych wykonania przesłony hydroizolacyjnej zgodnie z zaleceniami ABI [10] oraz projektem,
- określenie zasięgu przenikania (penetracji),
- umożliwienie szacowania zużycia materiału (sumarycznie oraz na jeden paker),
- określenie rozstawu pakerów,
- określenie parametrów technologicznych iniekcji (czas żelowania, ciśnienie, max. natężenia, kolejność iniekcji),
- określenie kontroli procesu iniekcji (w trakcie realizacji i po jej zakończeniu) [13],
- wymagany sprzęt do monitoringu i rejestracji danych [13].

Doświadczenie wykonawcy

Doświadczenie wykonawcy wpływa w istotny sposób na pomyślne wykonanie robót, gdyż poprawność przygotowania projektu oraz wyposażenie, jakie posiada wykonawca, nie gwarantują pomyślnego wykonania iniekcji w grunt. Kontrola ciśnienia, czasu żelowania, zużycia materiału, radzenia w sytuacjach nieprzewidzianych sprawia, iż prace te powinny być powierzane firmom posiadającym doświadczenie przy wykonywaniu tego typu robót.

Kontrola wykonania

Przeprowadza się ją poprzez dokonywanie rejestracji parametrów iniekcji w zakresie przewidzianym w wytycznych oraz w projekcie:

- planu testu wraz z warunkami,
- sumarycznej ilości wykorzystanego materiału,
- daty,
- otworów iniekcyjnych (średnica, położenie),
- głębokości odwiertów,
- temperatury otoczenia i iniektu,
- współczynnika mieszania komponentów wraz z czasem reakcji żelowania,
- typu i ilości materiału nr partii,
- przebiegu wstrzykiwania,
- zużycia materiału,
- ciśnienia iniekcji p_{min} , p_{max} ,
- przepływu (wydajność) Q_{min} , Q_{max} ,
- możliwych odkształceń budynku,
- uwag ogólnych (dotyczących techniki iniekcji, dozowania),
- dodatkowych parametrów w zależności od wymogów.

Norma PN-EN 12715 [11] zaleca również pobieranie próbek po przeprowadzonej iniekcji, które stanowiłyby etap weryfikacji przeprowadzonych robót.

3.3. Analiza trwałości

Przy realizacji robót iniekcyjnych, z wykorzystaniem żywic akrylowych, czynnikami mającymi wpływ na efektywność i trwałość iniekcji kurtynowych są czynniki techniczno-materiałowe – począwszy od poprawnej analizy warunków gruntowych, stanu konstrukcji poprzez dobór materiałów iniekcyjnych, a skończywszy na poprawnym procesie przeprowadzenia iniekcji opartym na informacjach uzyskanych podczas próbnej iniekcji. Jakość tych zabezpieczeń w dużym stopniu będzie zależała od osób przygotowujących projekt i prowadzących te roboty.

4. Podsumowanie

Iniekcje kurtynowe, z wykorzystaniem żywic akrylowych powszechnie wykorzystywane w realizacji zabezpieczeń przeciwwodnych, umożliwiają w bardzo sprawny sposób realizację uszczelniania i wzmocnienia gruntu w sytuacjach, kiedy to zależy nam na sprawnym wykonaniu szczelnej przestony w gruncie, gdzie tradycyjne rozwiązania nie są możliwe. Kontrola zrealizowanych robót, związanych z wykonywaniem iniekcji kurtynowych, jest bardzo ograniczona i uniemożliwia całkowitą eliminację błędów, dlatego też proces projektowania, planowania oraz realizacji robót iniekcyjnych powinien być bardzo rzetelnie przeprowadzony. Pomimo tak szerokiego wykorzystania nie zawsze roboty iniekcyjne, z wykorzystaniem żywic akrylowych, kończą się pomyślnie. W niniejszym artykule uszczegółowiono niektóre czynniki mające wpływ na pomyślną realizację tych robót. Rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, dobór żywicy akrylowej, poprawnie przeprowadzona iniekcja, poprzedzona próbną iniekcją, daje szansę na pomyślnie zrealizowanie robót. Wysoka lepkość żywic

akrylowych umożliwia, przy odpowiednim ciśnieniu i natężeniu, wypełnienie porów gruntu umożliwiające wykonanie, bezpośrednio przy przegrodzie budynku posadowionego w gruncie, bariery wodoszczelnej i trwałej.

Wytyczne ABI [10] zawierają zalecenia projektowo-wykonawcze dla planistów oraz osób nadzorujących proces iniekcji. Są one swoistym kompendium wiedzy, umożliwiające poprawne zaprojektowanie i wykonanie iniekcji kurtynowych.

Prace badawcze w zakresie stosowania technologii iniekcyjnych do wzmocnienia i uszczelniania podłoża gruntowych wspierania Dział Ciśnieniowych Techniki Iniekcyjnych firmy MC Bauchemie

BIBLIOGRAFIA

- [1] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Kucner W., Efektywność iniekcji gruntowych, [w]: Trwałe metody naprawcze w obiektach budowlanych, red. T. Błaszczczyński, W. Buczkowski, J. Jasiczak, M. Kamiński, DWE, Wrocław, 2015, str. 38–53
- [2] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Wzmocnianie nasypów iniekcjami akrylowymi, Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej, 19/2015, str. 7–19
- [3] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Sposoby bezpiecznych modernizacji obwałowań przeciwpowodziowych zapobiegających awariom, XXII Ogólnopolska Interdyscyplinarna Konferencja Naukowo-Techniczna Ekologia a Budownictwo, Bielsko Biata, PZITB Oddział Bielsko Biata, 15–17.10.2017 r.
- [4] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Trwałość iniekcji gruntowych, Materiały Budowlane 11/2016, str. 46–47
- [5] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Metodologia oceny trwałości bezpiecznych i ekologicznych iniekcji gruntowych, Przegląd Budowlany 10/2017, str. 117–120
- [6] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Kryteria oceny oddziaływania iniekcji gruntowych na grunt oraz wodę gruntową, Materiały budowlane 547, 3/2018, str. 66–67
- [7] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Trwałość iniekcji gruntowych, [w]: Naprawy a trwałość obiektów budowlanych. Praca zbiorowa pod redakcją T. Błaszczczyńskiego, M. Siewczyńskiej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2017, str. 58–74
- [8] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Kucner W., Sposoby bezpiecznych modernizacji obwałowań przeciwpowodziowych zapobiegających awariom, [w]: Ekologia a budownictwo, red. T. Błaszczczyński, L. Runkiewicz, DWE, Wrocław, 2016, str. 367–382
- [9] Błaszczczyński T., Klimaszewski B., Iniekcje gruntowe w rewitalizacji obiektów zabytkowych. Wodoszczelność iniekcji gruntowych, Materiały budowlane 547, 3/2018, str. 68–70
- [10] ABI- Merkblatt 3 Abdichtung von Bauwerken durch Injection. STUVA, Stuttgart 2014, ISBN 978-3-8167-9360-1
- [11] DIBt, Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt, Berlin, 2011
- [12] PN-EN 1997-1:2008 – Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [13] PN-EN 12715:2003 – Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Iniekcja
- [14] Rokiel M., Renowacje obiektów budowlanych. Projektowanie warunki techniczne wykonania i odbioru robót, Wydawnictwo Medium, Warszawa, 2013
- [15] Glazer Z., Malinowski J., Geologia i geotechnika dla inżynierów budownictwa, PWN, 1991

Zapraszamy do prenumeraty

„Przeglądu Budowlanego”

www.przekladbudowlany.pl