

BUDOWNICTWO SPECJALNE	NORMA BRANŻOWA	BN-75
	Budownictwo hydrotechniczne Uszczelnianie podłoża skalnego Próbna cementacja	8950-10
		Grupa katalogowa VII 70

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP

- 1.1. Przedmiot normy
- 1.2. Zakres stosowania normy
- 1.3. Określenia
- 1.4. Wykaz oznaczeń

2. PROGRAM PRÓBNEJ CEMENTACJI

3. OGÓLNE ZASADY WYKONYWANIA PRÓBNEJ CEMENTACJI

- 3.1. Sposób wykonywania próbnej cementacji
- 3.2. Wykonywanie próbnej cementacji w węzłach cementacyjnych
 - 3.2.1. Dobór rodzaju węzła cementacyjnego
 - 3.2.2. Liczba otworów badawczych
 - 3.2.3. Rozmieszczenie otworów badawczych
 - 3.2.3.1. Zasady rozmieszczania otworów badawczych
 - 3.2.3.2. Odległość między otworami cementacyjnymi
 - 3.2.3.3. Najmniejsza odległość między otworami badawczymi
 - 3.2.4. Kolejność wykonywania otworów badawczych
 - 3.2.5. Głębokość otworu kontrolnego
 - 3.2.6. Kryterium szczelności otworu kontrolnego
 - 3.2.7. Zastosowanie płyty betonowej

4. WARUNKI DOTYCZĄCE WIERCENIA I KONSTRUKCJI OTWORU BADAWCZEGO

- 4.1. Wiercenie otworu badawczego
 - 4.1.1. Sposób wiercenia
 - 4.1.2. Nachylenie otworu badawczego
 - 4.1.3. Kontrola nachylenia
 - 4.1.4. Dopuszczalne skrzywienie otworu badawczego
- 4.2. Konstrukcja otworu badawczego
 - 4.2.1. Średnica otworu badawczego
 - 4.2.2. Orurowanie otworu badawczego
- 4.3. Likwidacja otworu badawczego

5. ZASADY PROWADZENIA PRAC BADAWCZYCH W OTWORZE BADAWCZYM

- 5.1. Sposób prowadzenia prac badawczych
- 5.2. Kolejność czynności
- 5.3. Wykonywanie i powtarzanie iniekcji w strefie badawczej
 - 5.3.1. Wykonywanie iniekcji
 - 5.3.2. Powtarzanie iniekcji
- 5.4. Kontrolne badanie wodochłonności
- 5.5. Przerwa na stwardnienie lub wiązanie zaczynu
- 5.6. Podział otworu badawczego na strefy badawcze

6. WYKONYWANIE BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI
7. SKŁADNIKI ZACZYNU

- 7.1. Cement
 - 7.1.1. Dobór cementu
 - 7.1.2. Przechowywanie cementu
 - 7.1.3. Kontrola własności fizycznych i mechanicznych cementu
- 7.2. Woda do wytwarzania zaczynu
- 7.3. Dodatki do zaczynu

8. SPRZĘT DO INIEKCJI I BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI

- 8.1. Zestaw urządzeń do iniekcji
- 8.2. Urządzenie do dozowania składników i przygotowywania zaczynu
 - 8.2.1. Urządzenie do dozowania składników
 - 8.2.2. Mieszalnik zaczynu
- 8.3. Urządzenie do wtlaczania zaczynu w strefę badawczą
 - 8.3.1. Pompa do wtlaczania zaczynu
 - 8.3.2. Przewody tłoczny i zwrotny urządzenia do wtlaczania zaczynu
 - 8.3.3. Zbiornik wodno-powietrzny
- 8.4. Uzbrojenie otworu badawczego
 - 8.4.1. Przewody tłoczny i zwrotny uzbrojenia otworu badawczego
 - 8.4.2. Uszczelka
 - 8.4.2.1. Dobór rodzaju uszczelki
 - 8.4.2.2. Elastyczny pierścień uszczelniający uszczelki
- 8.5. Obiegowy przewód zwrotny
- 8.6. Sprzęt pomiarowy
 - 8.6.1. Sprzęt do pomiaru ciśnienia
 - 8.6.2. Sprzęt do pomiaru temperatury zaczynu
- 8.7. Sprzęt do badań wodochłonności

9. WYKONYWANIE INIEKCJI W POSZCZEGÓLNYCH STREFACH BADAWCZYCH

- 9.1. Metoda wykonywania iniekcji
- 9.2. Rodzaj i skład zaczynu
- 9.3. Przygotowywanie zaczynu
 - 9.3.1. Dozowanie składników
 - 9.3.2. Sposób przygotowania zaczynu
 - 9.3.3. Temperatura zaczynu
 - 9.3.4. Barwniki do zaczynu
- 9.4. Największe ciśnienie iniekcji w określonej strefie badawczej

Zgłoszona przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Ustanowiona przez Ministra Rolnictwa dnia 30 maja 1975 r. jako norma obowiązująca w zakresie czynności określonych normą od dnia 1 stycznia 1976 r. (Dz. Norm. i Miar nr 17/1975 poz. 57)

9.3. Zasady prowadzenia iniekcji

9.3.1. Sposób prowadzenia

9.3.2. Kryterium zakończenia iniekcji

9.3.3. Zaburzenia przebiegu iniekcji

9.6. Obserwacje i pomiary podczas wykonywania iniekcji

9.6.1. Odczyty ciśnienia na manometrach wskazujących - rejestrujących

9.6.2. Rejestracja ilości wtłoczonych składników

9.6.3. Rejestracja objętości wtłoczonego zaczynu

9.6.4. Pomiary temperatury zaczynu

9.6.5. Kontrola szczelności izolacji strefy badawczej

9.6.6. Obserwacje i pomiary w otoczeniu otworu badawczego

9.7. Obserwacje i pomiary po zakończeniu iniekcji

10. PROWADZENIE BIEŻĄCEJ DOKUMENTACJI INIEKCJI I BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI

11. DODATKOWE OBSERWACJE I PRACE KONTROLNE

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są zasady i warunki techniczne wykonywania próbnej cementacji skał litych, stanowiących podłoże budowli piętrzących i obiektów im towarzyszących oraz występujących w rejonie zbiornika i jego zboczy.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy próbnej cementacji, prowadzonej w celu ustalenia możliwości i warunków, a także sposobu wykonania prac uszczelniających. Nie powinna być ona stosowana w przypadkach, gdy w badanym masywie skalnym występują zjawiska krasowe lub wody silnie agresywne w stosunku do cementu, a także, gdy próbna cementacja może oddziaływać szkodliwie na warunki geologiczno-inżynierskie lub sąsiednie obiekty budowlane.

1.3. Określenia

1.3.1. Próbna cementacja — badanie polowe, wykonywane dla określenia możliwości i warunków poprawy własności danego ośrodka za pomocą iniekcji zaczynów; w rozumieniu normy próbna cementacja dotyczy określenia warunków uszczelnienia masywów skalnych.

1.3.2. Otwór badawczy — otwór, w którym są wykonywane badania; w rozumieniu normy jest to otwór wiertniczy służący do próbnej cementacji.

1.3.3. Otwór cementacyjny — otwór badawczy wykonywany dla przeprowadzenia iniekcji; otwór cementacyjny może wchodzić w skład węzła cementacyjnego lub stanowić pojedynczy otwór badawczy.

1.3.4. Otwór kontrolny — otwór badawczy służący do sprawdzenia efektów badania polowego; w rozumieniu normy jest to otwór badawczy wykonywany dla kontroli efektów uszczelnienia, a w razie potrzeby również dla przeprowadzenia iniekcji.

ZAŁĄCZNIKI

1. Wzór strony tytułowej dziennika próbnej cementacji
2. Wzór 2 stronicy dziennika próbnej cementacji
3. Wzór karty iniekcji

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę
2. Normy związane
3. Ogólne wskazania dotyczące stosowania dodatków do zaczynu
4. Ogólne zasady ustalania dopuszczalnego ciśnienia iniekcji
5. Zasady określania największego ciśnienia iniekcji w poszczególnych strefach badawczych
6. Autorzy projektu normy

1.3.5. Węzeł cementacyjny — grupa trzech lub więcej otworów badawczych, za pomocą których przeprowadza się próbną cementację masywu skalnego.

1.3.6. Odcinek cementacyjny — węzeł cementacyjny, w którym otwory badawcze są rozmieszczone w linii prostej.

1.3.7. Trójkąt cementacyjny — węzeł cementacyjny, w którym otwory badawcze są rozmieszczone w obrębie trójkąta wyznaczonego przez otwory cementacyjne, najczęściej równobocznego lub równoramienne.

1.3.8. Strefa badawcza — część otworu badawczego wydzielona dla przeprowadzenia prac badawczych; w rozumieniu normy prace badawcze obejmują iniekcje i badania wodochłonności.

1.3.9. Iniekcja — zabieg techniczny, polegający na wtłaczaniu w pustki danego ośrodka roztworów, emulsji lub zaczynów substancji wiążących lub wypełniających, w celu poprawy jego własności. W rozumieniu normy jest to jednorazowy proces wtłaczania zaczynu w masyw skalny w otoczeniu strefy badawczej, wykonywany dla jego uszczelnienia.

1.3.10. Zaczyn — mieszanina substancji wiążących z wodą, ewentualnie z dodatkami chemicznymi i mineralnymi, w której zasadnicze składniki występują w postaci zawiesiny. W rozumieniu normy za podstawowy środek wiążący uważa się cement.

1.3.11. Zaczyn cementowy — mieszanina cementu z wodą.

1.3.12. Wskaźnik wodno-cementowy zaczynu — wagowy stosunek wody do cementu w zaczynie.

1.3.13. Dopuszczalna wodochłonność jednostkowa — ustalona dla danych warunków wartość porównawczej wodochłonności jednostkowej, stanowiąca kryterium wymaganego uszczelnienia określonej części masywu skalnego; skały mające porównawczą wodochłonność jednostkową mniejszą lub równą tej wartości nie wymagają w danych warunkach uszczelnienia.

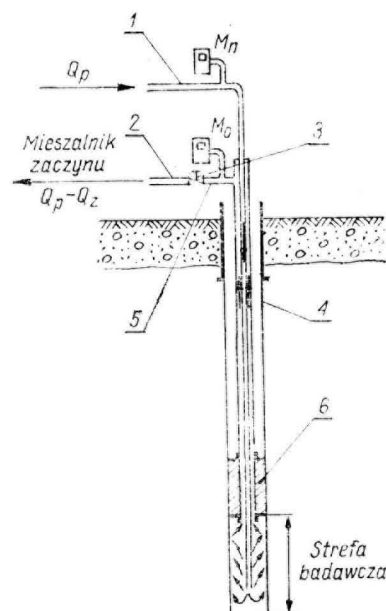
1.3.14. Chłonność zaczynu — objętość zaczynu wtłaczana w jednostce czasu w maszyn skalny w otoczeniu strefy badawczej, przy danym ciśnieniu iniekcji.

1.3.15. Chłonność jednostkowa zaczynu — chłonność zaczynu w l/min, odniesiona do 1 m długości danej strefy badawczej i ciśnienia iniekcji 0,1 at.

1.3.16. Ciśnienie iniekcji — nadciśnienie występujące w strefie badawczej podczas iniekcji, ustalane na podstawie odczytów ciśnienia na manometrach wskazująco-rejestrujących, przy uwzględnieniu ciśnienia hydrostatycznego zaczynu w przewodzie tłocznym, uzbrojenia otworu badawczego i w razie potrzeby strat ciśnienia na odcinku przewodu między strefą badawczą a manometrem.

1.3.17. Dopuszczalne ciśnienie iniekcji — największe ciśnienie iniekcji, nie powodujące jeszcze w otoczeniu i w nakładzie danej strefy badawczej odkształceń ośrodka szkodliwych dla sąsiednich obiektów lub wpływających na pogorszenie efektów badań.

1.3.18. Metoda obiegową wykonywania iniekcji — metoda wykonywania iniekcji, stosowana przy użyciu uszczelki obiegowej, polegająca na doprowadzeniu do strefy badawczej zaczynu w ilości równej wydajności pompy do wtłaczania zaczynu i odprowadzaniu jego nadmiaru ponad chłonność zaczynu przewodem zwrotnym uzbrojenia otworu badawczego i obiegowym przewodem zwrotnym (zasadę metody przedstawiono na rys. 1).

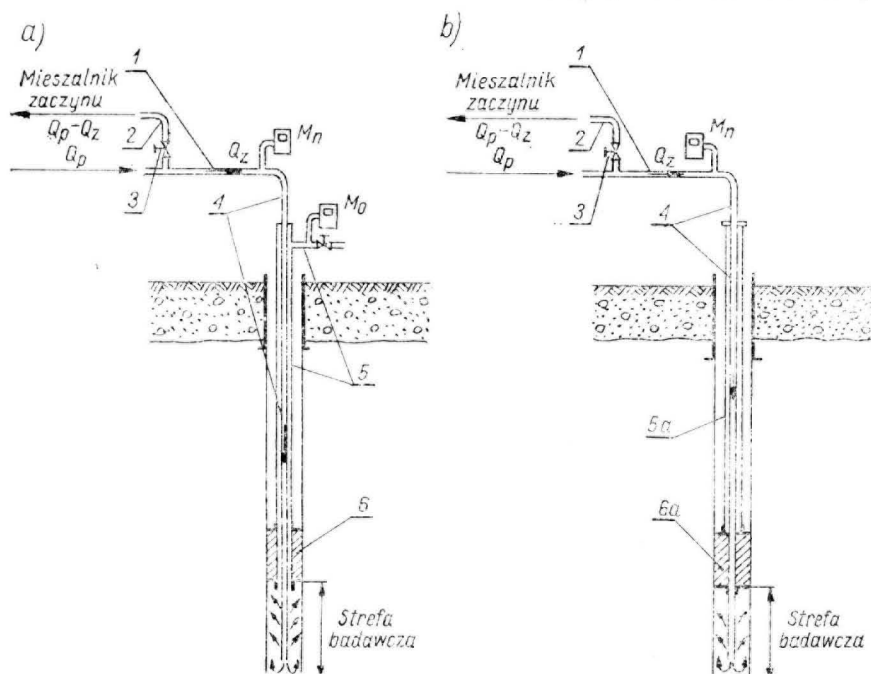


[BN-75/8950-10-1]

Rys. 1. Metoda obiegową wykonywania iniekcji

1 — przewód tłoczący urządzenia do wtłaczania zaczynu, 2 — obiegowy przewód zwrotny, 3 — zawór do regulacji ilości zaczynu odprowadzanego ze strefy badawczej, 4 — przewód tłoczący uzbrojenia otworu badawczego, 5 — przewód zwrotny uzbrojenia otworu badawczego, 6 — uszczelka obiegową, M_0 , M_n — manometry wskazująco-rejestrujące, służące do pomiaru ciśnienia podczas iniekcji.

1.3.19. Metoda naciskowa wykonywania iniekcji — metoda wykonywania iniekcji, polegająca na doprowadzaniu do strefy badawczej zaczynu w ilości równej chłonności zaczynu (zasadę metody przedstawiono na rys. 2).



[BN-75/8950-10-2]

Rys. 2. Metoda naciskowa: a — wykonywanie iniekcji przy zastosowaniu uszczelki obiegowej, b — wykonywanie iniekcji przy zastosowaniu uszczelki naciskowej.

1 — przewód tłoczący urządzenia do wtłaczania zaczynu, 2 — przewód zwrotny urządzenia do wtłaczania zaczynu, 3 — zawór do regulacji ilości zaczynu wtłaczanego do strefy badawczej, 4 — przewód tłoczący uzbrojenia otworu badawczego, 5 — przewód zwrotny uzbrojenia otworu badawczego, 5a — przewód zewnętrzny (napinający), 6 — uszczelka obiegową, 6a — uszczelka naciskowa, M_0 , M_n — manometry wskazująco-rejestrujące, służące do pomiaru ciśnienia podczas iniekcji.

1.3.20. Prowadzenie prac badawczych metodą kombinowaną — sposób prowadzenia prac badawczych w otworze badawczym, polegający na wykonywaniu zespołów badań wodochłonności strefami zstępującymi, a iniekcji — strefami wstępującymi.

1.3.21. Pozostałe określenia — wg BN-75/8950-07.

1.4. Wykaz oznaczeń

Symbole	Wielkości	Jednostka miary	
		stosowana w normie	wg SI
1	2	3	4
h	głębokość położenia stropu strefy badawczej poniżej poziomu terenu	m	m
l	długość strefy badawczej	m	m
γ	średni ciężar objętościowy gruntów występujących powyżej stropu strefy badawczej	10^3 kG/m^3	N/m^3
q_p	porównawcza wodochłonność jednostkowa	$\text{l}/(\text{min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at})$	$\text{m}^4/\text{N} \cdot \text{s}$
q_d	dopuszczalna wodochłonność jednostkowa	$\text{l}/(\text{min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at})$	$\text{m}^4/\text{N} \cdot \text{s}$
p_z	ciśnienie iniekcji	at	N/m^2
Q_p	wydajność pompy do wtłaczania zaczynu	l/min	m^3/s
Q_z	chłonność zaczynu	l/min	m^3/s
$q_z^{1)}$	chłonność jednostkowa zaczynu	$\text{l}/(\text{min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at})$	$\text{m}^4/\text{N} \cdot \text{s}$
W_z	wskaźnik wodno-cementowy zaczynu	wielkość niemianowana	
1) dla jednostek stosowanych w normie $q_z =$		$\frac{0,1 Q_z}{p_z l}$	

2. PROGRAM PRÓBNEJ CEMENTACJI

Program próbnej cementacji należy opracować dla każdego węzła cementacyjnego lub pojedynczego otworu cementacyjnego, na podstawie danych z dotychczasowego rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich i w nawiązaniu do koncepcji projektowej. Należy w nim podać lokalizację węzła cementacyjnego, która powinna być ustalana przy uwzględnieniu następujących zasad:

a) usytuowanie węzła cementacyjnego powinno umożliwiać uzyskanie wyników badań, reprezentatywnych dla masywu skalnego w rejonie przewidywanych prac uszczelniających lub dla jego określonej części,

b) próbna cementacja powinna być wykonywana w strefie przewidywanych prac uszczelniających, poza przypadkami uzasadnionymi ze względu na morfologię i zabudowę terenu badań.

W programie próbnej cementacji należy ponadto wstępnie określić:

- rodzaj węzła cementacyjnego,
- odległość między otworami cementacyjnymi i zasady wyznaczania otworów kontrolnych,
- dopuszczalną wodochłonność jednostkową dla całości podłoża skalnego lub ewentualnie dla poszczególnych jego części,
- głębokość otworów cementacyjnych, ich konstrukcję oraz kąt i kierunek nachylenia,
- część otworów badawczych, w której należy przeprowadzić prace badawcze i jej podział na strefy badawcze,
- sposób prowadzenia prac badawczych w powiązaniu z pracami wiertniczymi,
- skład zaczynów oraz wymagania dotyczące materiałów do ich wytwarzania,
- metodę wykonywania iniekcji,
- wartości ciśnień badawczych oraz największych ciśnień iniekcji, stosowanych w poszczególnych strefach badawczych,
- sprzęt do wykonywania iniekcji oraz badań wodochłonności, a także ogólne zasady organizacji prac badawczych,
- w razie potrzeby zakres i sposób wykonania dodatkowych obserwacji i prac kontrolnych zgodnie z rozdz. 11.

3. OGÓLNE ZASADY WYKONYWANIA PRÓBNEJ CEMENTACJI

3.1. Sposób wykonywania próbnej cementacji. Próbna cementacja powinna być wykonywana w węzłach cementacyjnych, w skład których wchodzi otwory cementacyjne i kontrolne. Stosowanie pojedynczych otworów cementacyjnych dopuszcza się jedynie:

a) w korzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich i przy małym zakresie przewidywanych prac uszczelniających, lub

b) dla przeprowadzenia badań dodatkowych lub uzupełniających.

3.2. Wykonywanie próbnej cementacji w węzłach cementacyjnych

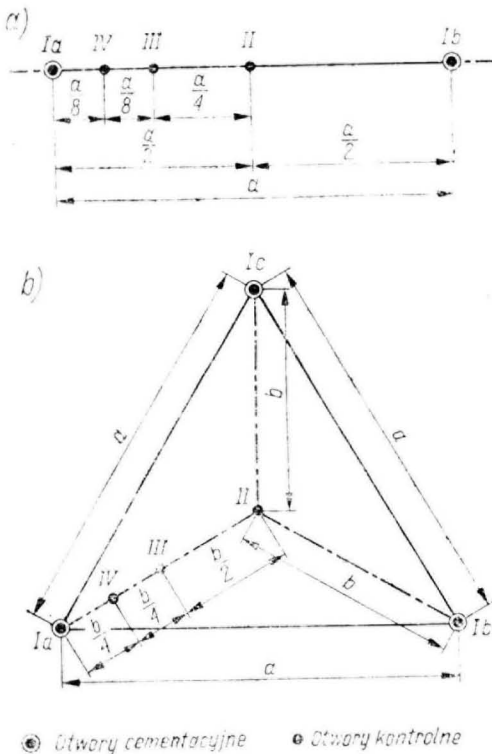
3.2.1. Dobór rodzaju węzła cementacyjnego powinien być dokonywany przy uwzględnieniu warunków geologiczno-inżynierskich i koncepcji projektowej. W przypadku gdy przewiduje się wykonanie przesłony jednorzędowej należy stosować odcinki cementacyjne, a gdy przewidywana jest realizacja przesłony dwu lub więcej rzędowej — trójkąty cementacyjne.

Przy dużym zakresie projektowanych prac uszczelniających oraz gdy występują niekorzystne warunki ich wykonywania, mogące wpłynąć na pogorszenie efektów uszczelnienia, próbna cementacja może być przeprowadzona na próbnych odcinkach przesłony, składających się z dwóch lub więcej odcinków lub trójkątów cementacyjnych.

3.2.2. Liczba otworów badawczych. W każdym odcinku i trójkącie cementacyjnym należy wykonać, zależnie od rodzaju węzła, 2 lub 3 otwory cementacyjne oraz otwory kontrolne w liczbie niezbędnej dla sprawdzenia efektów uszczelnienia oraz uzyskania kryterium szczelności zgodnie z 3.2.6. Liczba otworów kontrolnych powinna być ustalana podczas prowadzenia próbnej cementacji, zgodnie ze wskazaniem programu próbnej cementacji i przy uwzględnieniu zaleceń podanych w 3.2.3.1. i 3.2.3.3.

3.2.3. Rozmieszczanie otworów badawczych

3.2.3.1. Zasady rozmieszczania otworów badawczych w obrębie odcinka i trójkąta cementacyjnego powinny być przyjmowane zgodnie z rys. 3.



BN 75/8950-10-3

Rys. 3. Rozmieszczenie i kolejność wykonywania otworów badawczych w węźle cementacyjnym: a — odcinek cementacyjny, b — trójkąt cementacyjny.

I, II, III, IV — kolejność wykonywania otworów; otwory cementacyjne (Ia — Ic) mogą być wykonywane kolejno lub równocześnie zgodnie z 3.2.4.

Otwory kontrolne należy lokalizować na linii odcinka cementacyjnego lub w obrębie trójkąta cementacyjnego, każdorazowo w przybliżeniu w połowie odległości między poprzednio zrealizowanymi otworami badawczymi. W przypadkach gdy jest to potrzebne dla sprawdzenia rezultatów próbnej cementacji, dopuszcza się wykonanie dodatkowych otworów kontrolnych, rozmieszczonych w zależności od potrzeb.

Rozmieszczenie otworów kontrolnych podano przykładowo przy założeniu, że w otworze kontrolnym IV kolejności spełnione jest kryterium szczelności wg 3.2.6.

3.2.3.2. Odległość między otworami cementacyjnymi powinna być większa od przewidywanego zasięgu efektywnego uszczelnienia masywu skalnego z pojedynczego otworu. Należy ją przyjmować w przedziale:

- a) $3 \div 8$ m — przy kolejnym wykonywaniu otworów cementacyjnych,
- b) $6 \div 12$ m — przy ich wykonywaniu równocześnie.

W przypadku wymienionym w poz. b) odległość między otworami cementacyjnymi powinna być dostateczna dla spełnienia warunków wg 3.2.4.

3.2.3.3. Najmniejsza odległość między otworami badawczymi w węźle cementacyjnym powinna być większa niż 0,4 m.

3.2.4. Kolejność wykonywania otworów badawczych w węźle cementacyjnym powinna być następująca:

- a) otwory cementacyjne,
- b) otwory kontrolne, realizowane kolejno aż do uzyskania kryterium szczelności wg 3.2.6 (rys. 3).

Każdy z otworów badawczych należy rozpocząć po zakończeniu prac badawczych w otworze realizowanym bezpośrednio przed nim i ewentualnie jego likwidacji zgodnie z 4.3. Dopuszcza się równoczesne wykonywanie otworów cementacyjnych przy prowadzeniu iniekcji strefami zstępującymi w przypadku, gdy nie spowoduje to pogorszenia efektów uszczelnienia oraz nie wywoła zaburzeń przebiegu próbnej cementacji (przede wszystkim kontaktów między otworami, związanych z wpływami powierzchniowymi zaczynu).

3.2.5. Głębokość otworu kontrolnego powinna być wystarczająca dla spełnienia zadań zgodnie z 1.3.4. Należy ją ustalać podczas prowadzenia próbnej cementacji, na podstawie wyników badań wodochłonności i ewentualnie iniekcji, przy czym powinny być spełnione następujące warunki:

a) w dwóch najgłębiej położonych strefach badawczych otworu kontrolnego $q_p \leq q_d$ oraz

b) otwór kontrolny powinien dochodzić do rzędnej, do której stwierdzono występowanie skały o $q_d > q_p$ w otworze badawczym danego węzła cementacyjnego, wykonywanym bezpośrednio przed nim.

3.2.6. Kryterium szczelności otworu kontrolnego. Otwór kontrolny należy uważać za szczelny, gdy we wszystkich strefach badawczych tego otworu, ewentualnie poza dwoma najwyższymi położonymi, porównawcza wodochłonność jednostkowa $q_p \leq q_k$.

3.2.7. Zastosowanie płyty betonowej. Płytę betonową, z której powierzchni są wykonywane otwory badawcze, należy stosować, gdy jest to niezbędne dla uzyskania prawidłowych rezultatów prac badawczych w górnych strefach skały, a w szczególności, gdy głębokość stropu pierwszej strefy badawczej pod poziomem terenu jest mniejsza niż 2,0 m.

Płyta betonowa powinna:

a) być posadowiona na skale litej na głębokości stropu pierwszej strefy badawczej,

b) obejmować wszystkie otwory węzła cementacyjnego,

c) mieć wymiary w rzucie zapewniające zachowanie odległości co najmniej 1,0 m między jej krawędzią a ścianami każdego z otworów,

d) mieć grubość dostateczną dla uzyskania w pierwszej strefie badawczej ciśnienia iniekcji $p_z \geq 0,5$ at.

4. WARUNKI DOTYCZĄCE WIERCENIA I KONSTRUKCJI OTWORU BADAWCZEGO

4.1. Wiercenie otworu badawczego

4.1.1. Sposób wiercenia. Otwór badawczy, w części przewidzianej do prowadzenia prac badawczych, należy wykonywać sposobem obrotowym z rdzeniowaniem, przy użyciu jako płuczki wiertniczej wody bez zawiesin mechanicznych.

4.1.2. Nachylenie otworu badawczego. Kąt i kierunek nachylenia otworu badawczego należy ustalać w dostosowaniu do orientacji przestrzennej spękań i powierzchni podzielności w masywie skalnym, każdorazowo przy uwzględnieniu warunków wykonania prac wiertniczych i badawczych oraz celu badań.

We wszystkich przypadkach, gdy jest to możliwe bez pogorszenia efektów prac uszczelniających, zaleca się stosowanie otworów pionowych.

4.1.3. Kontrola nachylenia powinna być prowadzona we wszystkich otworach badawczych o długości większej niż 25 m, nie rzadziej niż co 10 m. Pomiary kontrolne należy przeprowadzać inklinometrem umożliwiającym wyznaczenie kąta nachylenia otworu badawczego z dokładnością nie mniejszą niż $0,5^\circ$ i określenie kierunku nachylenia.

4.1.4. Dopuszczalne skrzywienie otworu badawczego. Odchylenie otworu badawczego, wchodzącego w skład węzła cementacyjnego, od projektowanego kąta nachylenia nie powinno przekraczać 1° na 10 m otworu. Odległość między otworami badawczymi nie powinna, w wyniku ich skrzywienia, ulec zmianie o więcej niż 25% w stosunku do projektowanej.

W przypadku gdy odchylenie otworu badawczego jest większe od dopuszczalnego, należy zastosować środki techniczne przeciwdziałające dalszemu skrzywieniu otworu i uwzględnić wyniki pomiarów kontrolnych przy ustalaniu kąta i kierunku nachylenia następnych otworów badawczych.

4.2. Konstrukcja otworu badawczego

4.2.1. Średnica otworu badawczego. Otwór badawczy, w części przewidzianej do prowadzenia prac badawczych, powinien być wykonywany koronkami rdzeniowymi o średnicy mniejszej niż 160 mm. Zaleca się stosowanie koronek o średnicy mieszczącej się w granicach $70 \div 112$ mm we wszystkich przypadkach, gdy jest to możliwe, z uwagi na warunki realizacji prac wiertniczych i badawczych oraz przewidywaną metodę wykonywania iniekcji.

4.2.2. Orurowanie otworu badawczego. W każdym otworze badawczym, na głębokości stropu pierwszej strefy badawczej, nie mniej jednak niż 2,0 m pod stropem skały litej, należy osadzić prowadnikową kolumnę rur.

Rurowanie otworu badawczego dalszymi kolumnami rur okładzinowych powinno być stosowane jedynie wyjątkowo, w przypadkach występowania trudności w wykonywaniu prac wiertniczych i badawczych, które nie mogą być wyeliminowane za pomocą innych zabiegów technicznych. Przed rurowaniem należy wykonać prace badawcze w części otworu badawczego leżącej ponad przewidywaną głębokością osadzenia kolumny rur.

Każda zastosowana kolumna rur okładzinowych powinna być osadzona szczelnie przez cementowanie lub ewentualnie ilowanie.

4.3. Likwidacja otworu badawczego powinna być przeprowadzona przez jego wypełnienie za-czynem o $W_z \leq 1$, bezpośrednio po ukończeniu prac badawczych w danym otworze badawczym. Likwidację otworu badawczego w okresie późniejszym dopuszcza się jedynie w przypadkach, gdy przewidywane jest wykorzystanie go do dalszych badań i obserwacji, a niezlikwidowanie otworu nie wpłynie na przebieg prac badawczych w dalszych otworach wężła cementacyjnego i rezultaty próbnej cementacji.

5. ZASADY PROWADZENIA PRAC BADAWCZYCH W OTWORZE BADAWCZYM

5.1. Sposób prowadzenia prac badawczych. Prace badawcze należy prowadzić:

- a) w otworach cementacyjnych — strefami zstępującymi,
- b) w otworach kontrolnych — metodą kombinowaną lub przy występowaniu trudności w realizacji prac wiertniczych i badawczych (w szczególności osypywanie się okruchów skalnych ze ścian otworu badawczego oraz niemożność szczelnego odizolowania poszczególnych stref badawczych) — strefami wstępującymi.

W otworach cementacyjnych dopuszcza się również prowadzenie prac badawczych strefami wstępującymi lub metodą kombinowaną w przypadkach, gdy nie występują trudności wymienione w poz. b) oraz gdy stosowanie tych metod nie wpływa na możliwość uzyskania wymaganych efektów uszczelnienia.

5.2. Kolejność czynności należy przyjmować:

- a) przy prowadzeniu prac badawczych strefami zstępującymi — zgodnie z rys. 4 na str. 8,
- b) przy prowadzeniu prac badawczych strefami wstępującymi — zgodnie z rys. 5 na str. 9,
- c) przy prowadzeniu prac badawczych metodą kombinowaną — zgodnie z rys. 4 podczas wykonywania zespołów badań wodochłonności i zgodnie z rys. 5 podczas wykonywania iniekcji.

5.3. Wykonywanie i powtarzanie iniekcji w strefie badawczej

5.3.1. Wykonywanie iniekcji. Iniekcję w danej strefie badawczej należy przeprowadzić, gdy:

- a) porównawcza wodochłonność jednostkowa tej strefy ustalona w wyniku zespołu badań wodochłonności jest większa od dopuszczalnej wodochłonności jednostkowej,
- b) występuje intensywne osypywanie się okruchów skalnych ze ścian otworu badawczego lub trudności w szczelnym odizolowaniu stref badawczych.

5.3.2. Powtarzanie iniekcji. Iniekcję w danej strefie badawczej należy powtórzyć, gdy:

- a) porównawcza wodochłonność jednostkowa tej strefy ustalona w wyniku kontrolnego badania wodochłonności jest większa od dopuszczalnej wodochłonności jednostkowej,
- b) występują trudności w prowadzeniu prac badawczych i wiertniczych wymienione w 5.3.1b).

Gdy po powtórzeniu iniekcji zachodzi nadal jeden z przypadków wymienionych w poz. a) lub b), decyzja o dalszym sposobie postępowania powinna być podjęta po indywidualnej analizie występujących zjawisk i przebiegu iniekcji w danej strefie badawczej.

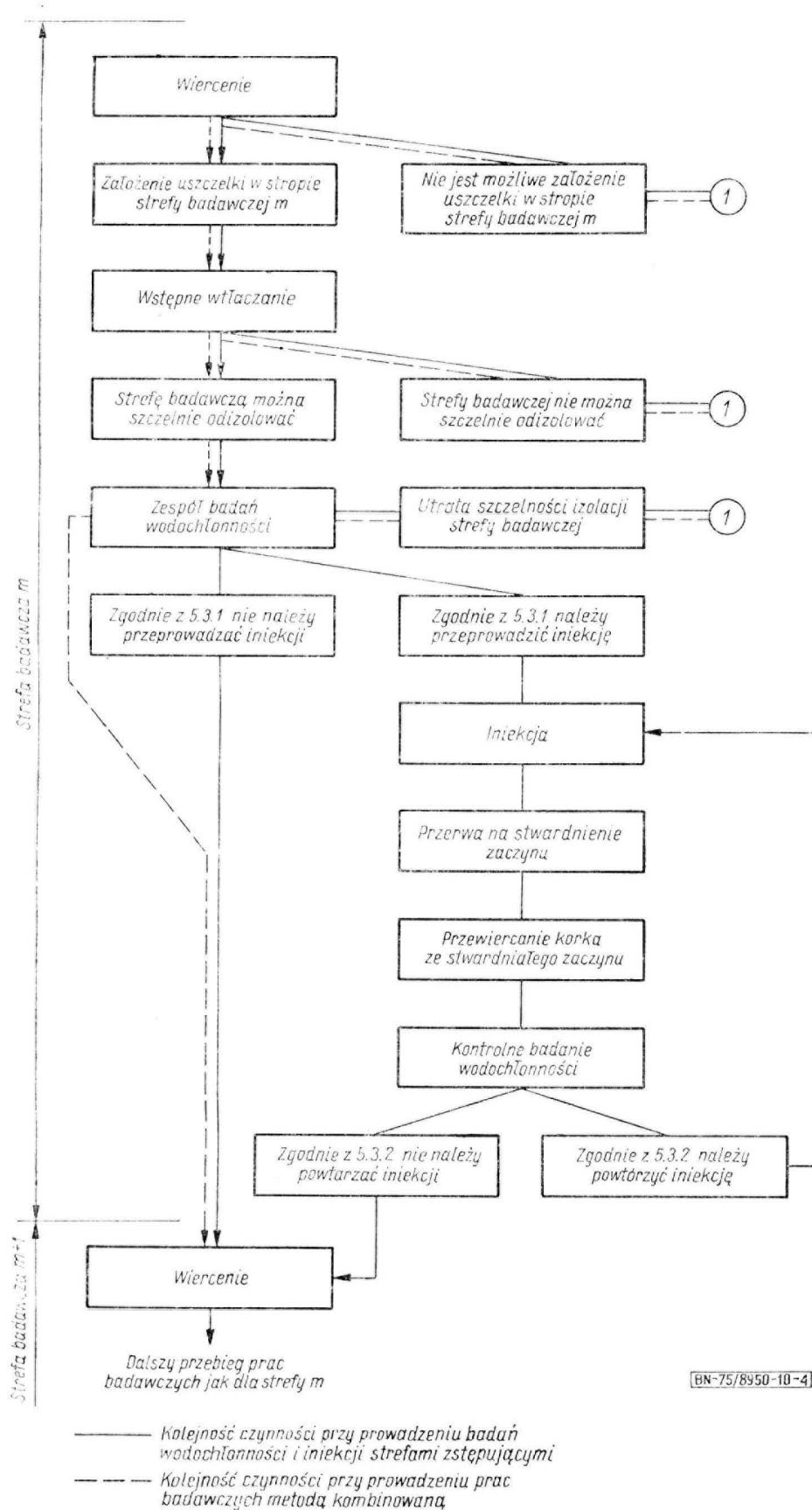
5.4. Kontrolne badanie wodochłonności należy wykonywać:

- a) przy prowadzeniu iniekcji strefami zstępującymi — w każdej strefie badawczej, w której wykonano iniekcję,
- b) przy prowadzeniu iniekcji strefami wstępującymi — w przypadkach, gdy zaistnieje obawa niedostatecznego uszczelnienia masywu skalnego w otoczeniu strefy badawczej, a w szczególności po iniekcji, przy której nie uzyskano kryterium zakończenia wg 9.5.2 lub podczas której wystąpiły zaburzenia przebiegu zgodnie z 9.5.3.

5.5. Przerwa na stwardnienie lub stężenie zaczynu powinna następować każdorazowo po wykonaniu iniekcji w danej strefie badawczej. Przerwę na stwardnienie zaczynu należy stosować, gdy po przewierceniu korka przewiduje się przeprowadzenie kontrolnego badania wodochłonności; w innych przypadkach powinna być stosowana skrócona przerwa na stężenie zaczynu.

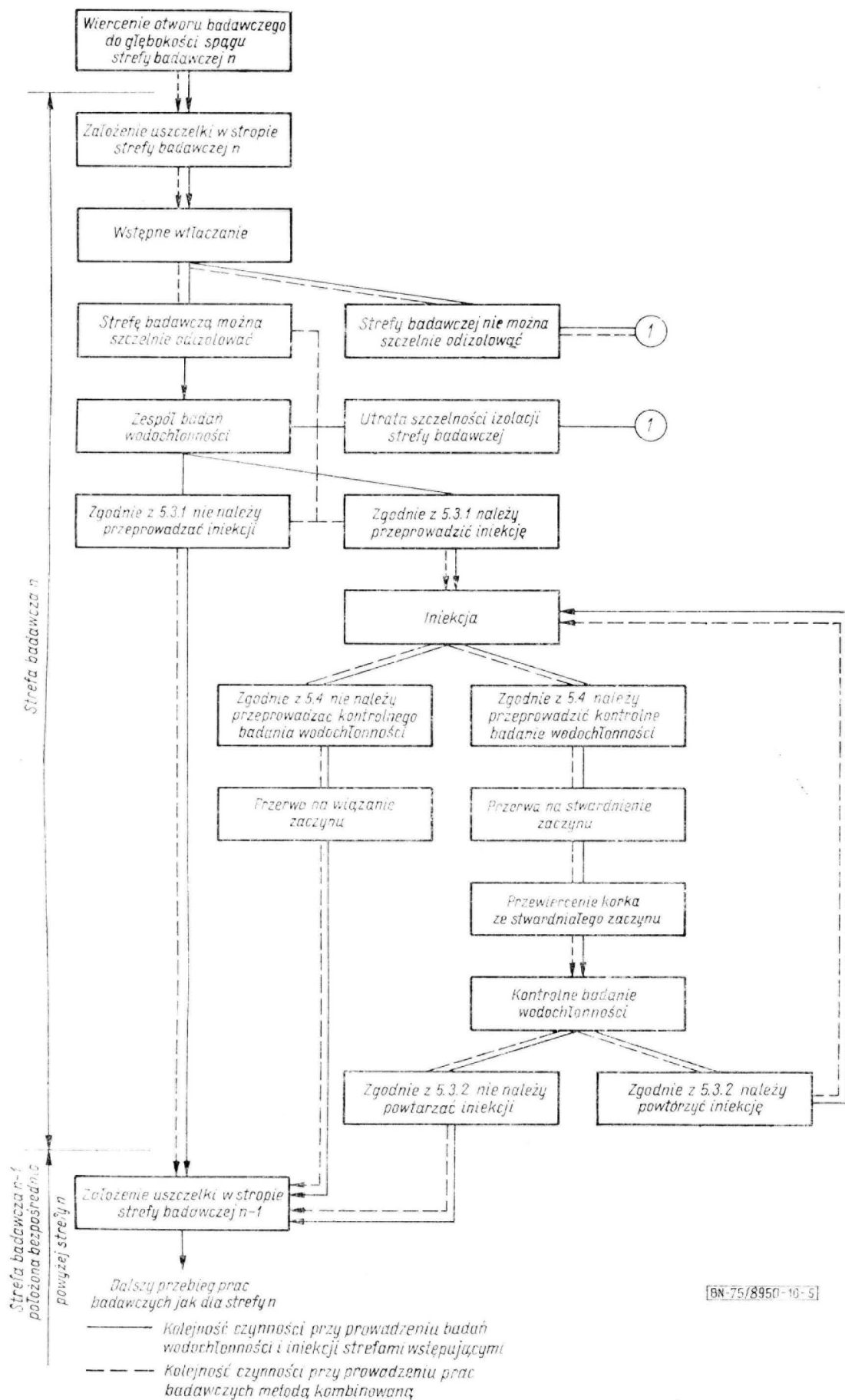
Czas trwania przerwy na stwardnienie lub stężenie zaczynu powinien być dostateczny dla uzyskania własności niezbędnych dla prawidłowego wykonania dalszych prac badawczych w otworze badawczym. Należy go ustalać w zależności od składu zaczynu i przebiegu jego twardnienia w otworze badawczym. Przy zastosowaniu zaczynu cementowego z cementu portlandzkiego zgodnie z PN-74/B-30000 przerwa na stwardnienie zaczynu powinna trwać $16 \div 24$ h, a przerwa na wiązanie zaczynu $6 \div 8$ h.

5.6. Podział otworu badawczego na strefy badawcze. Prace badawcze należy prowadzić w strefach badawczych o długości $2 \div 5$ m, dobranych tak, aby obejmowały one skały o zbliżonych charakterystykach. Strefy badawcze o długości $2 \div 3$ m powinny być stosowane w stropowej partii podłoża skalnego, w obrębie skał silnie zwietrzałych oraz w przypadku dużej wodochłonności skały (w przybliżeniu dla $q_0 \geq 0,5$ l/min · m · 0,1 at).



Rys. 4. Kolejność czynności przy prowadzeniu prac badawczych strefami zstępującymi.

1 — wykonywanie prac badawczych w strefie badawczej o długości większej od strefy badawczej m przy zachowaniu dotychczasowej kolejności czynności. We wszystkich przypadkach, gdy jest to możliwe ze względu na warunki przeprowadzenia badań, zaleca się ich wykonywanie w strefie badawczej $m + (m - 1)$ obejmującej strefę m i poprzednio przebadaną strefę badawczą $m-1$.



Rys. 5. Kolejność czynności przy prowadzeniu prac badawczych strefami wstępującymi

1 — wykonanie prac badawczych w strefie badawczej o długości większej od strefy badawczej n, przy zachowaniu dotychczasowej kolejności czynności.

Zastosowanie stref badawczych o innej długości dopuszcza się:

a) gdy przeprowadzenie prac badawczych w strefie badawczej o długości 2—5 m nie jest możliwe, z powodu osypywania się okruchów skalnych ze ścian otworu badawczego lub trudności w szczelnym założeniu uszczelki w stropie tej strefy,

lub

b) w przypadku prowadzenia iniekcji w skałach dla których $q_{0,1} \leq 0,1 \text{ l/min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at}$, przy czym długość strefy badawczej nie powinna być większa niż 15 m.

6. WYKONYWANIE BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI

Badania wodochłonności należy wykonywać zgodnie z BN-75/8950-07, przy czym w przypadkach uzasadnionych warunkami geologiczno-inżynierskimi i przebiegiem prac badawczych dopuszcza się wprowadzenie następujących odstępstw przy prowadzeniu zespołu badań wodochłonności:

a) wykonywanie podstawowych badań wodochłonności jedynie w jednym cyklu badawczym, niezależnie od kształtowania się miarodajnej wodochłonności jednostkowej przy poszczególnych ciśnieniach badawczych,

b) rezygnację z przeprowadzenia przedłużonego badania wodochłonności.

7. SKŁADNIKI ZACZYNU

7.1. Cement

7.1.1. Dobór cementu. Do wytwarzania zaczynu powinien być używany:

a) cement portlandzki zgodnie z PN-74/B-30000,

b) cement portlandzki szybkotwardniejący zgodnie z PN-74/B-30006 lub PN-74/B-30011, lub w przypadkach, gdy jest to niezbędne dla uzyskania wymaganych efektów uszczelnienia,

c) cement hutniczy wg PN-74/B-30005 lub cement pucolanowy wg PN-73/B-30015, lub cement glinowy.

Dobór cementu powinien być dokonywany przy uwzględnieniu jego stopnia rozdrobnienia, czasu wiązania i twardnienia oraz ewentualnie odporności na agresywne oddziaływanie wód podziemnych.

7.1.2. Przechowywanie cementu w miejscu badań powinno być zgodne z BN-69/6731-08.

7.1.3. Kontrola własności fizycznych i mechanicznych cementu. Badania kontrolne cementu, stosowanego do próbnej cementacji, należy przeprowadzać co najmniej jeden raz w miesiącu, a w szczególności dla każdej dostarczonej partii

cementu oraz w przypadku wątpliwości odnośnie jego odpowiedniej jakości. Powinny one obejmować określenie czasu wiązania i stopnia rozdrobnienia wg PN-73/B-04300 oraz wytrzymałości wg PN-73/B-04302.

7.2. Woda do wytwarzania zaczynu powinna spełniać wymagania wg PN-58/B-32250. Kontrolę własności wody należy przeprowadzać nie rzadziej niż co 3 miesiące, a każdorazowo w przypadku wątpliwości odnośnie jej odpowiedniej jakości i przy zmianie źródła poboru wody.

7.3. Dodatki do zaczynu. Jako dodatki do zaczynu mogą być stosowane substancje chemiczne i mineralne, umożliwiające uzyskanie jego wymaganych własności lub zastępujące część cementu w zaczynie.

Dobór dodatku powinien być dokonywany indywidualnie przy uwzględnieniu zadań prac uszczelniających, własności uszczelnianego masywu skalnego, a zwłaszcza jego przepuszczalności i charakterystyki spękań oraz stopnia agresywności wód podziemnych¹⁾.

8. SPRZĘT DO INIEKCJI I BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI

8.1. Zestaw urządzeń do iniekcji zgodnie z przykładowym schematem przedstawionym na rys. 6 powinien składać się z:

a) urządzenia do dozowania składników i przygotowywania zaczynu,

b) urządzenia do wtłaczania zaczynu w strefę badawczą,

c) uzbrojenia otworu badawczego,

d) obiegowego przewodu zwrotnego (w przypadku obiegowej metody wykonywania iniekcji),

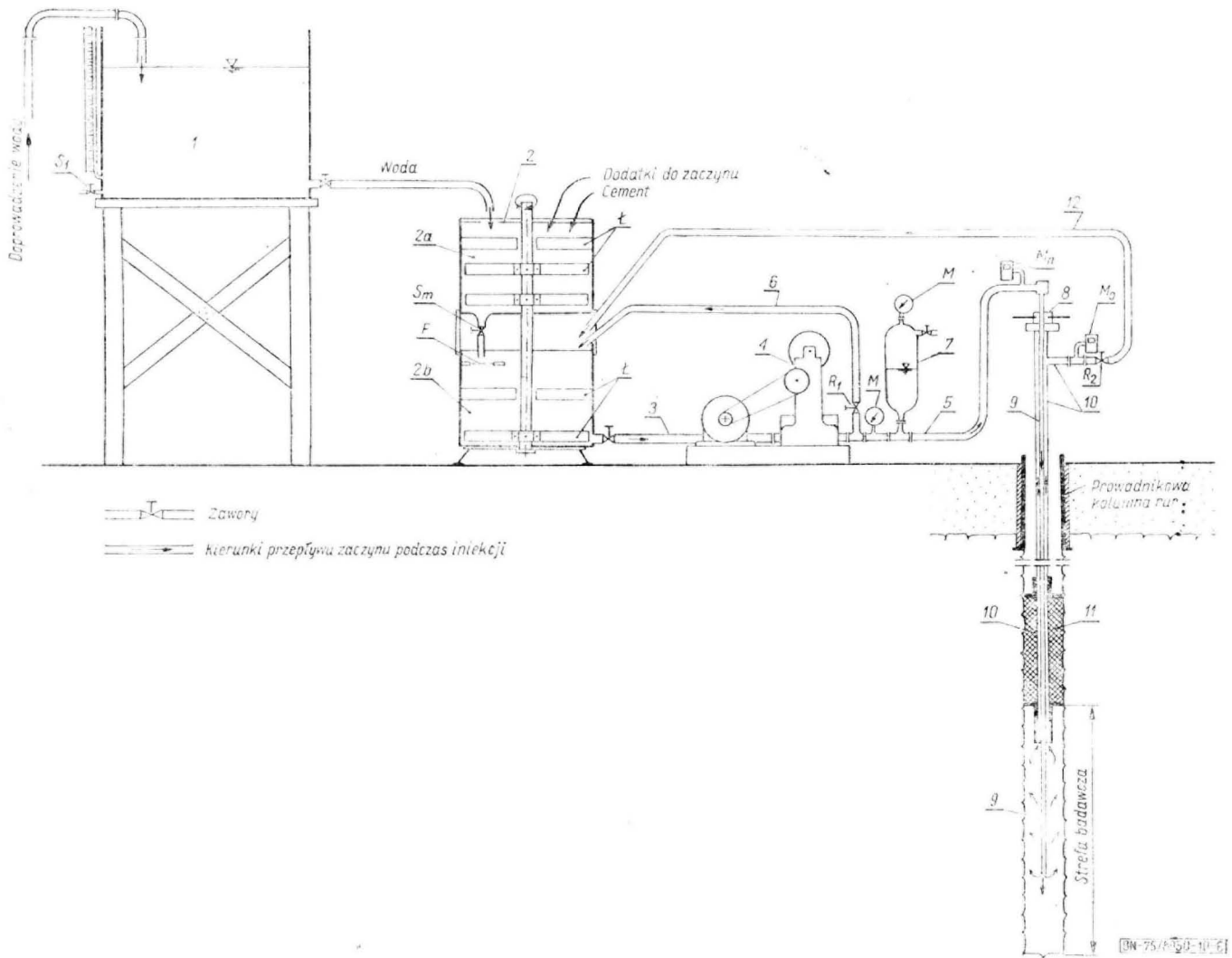
e) sprzętu pomiarowego.

8.2. Urządzenie do dozowania składników i przygotowywania zaczynu

8.2.1. Urządzenie do dozowania składników powinno umożliwić przeprowadzenie dozowania zgodnie z 9.3.1.

8.2.2. Mieszalnik zaczynu powinien mieć napęd mechaniczny i składać się z dwóch niezależnych i szczelnych zbiorników o pojemności niezbędnej dla zapewnienia ciągłości iniekcji, przy przewidywanej maksymalnej chłonności zaczynu. Konstrukcję i liczbę obrotów części ruchomej mieszalnika zaczynu należy dostosować do składu zaczynu, przy czym liczba obrotów nie powinna być mniejsza od sześćdziesięciu na minutę.

¹⁾ Ogólne wskazania dotyczące doboru dodatku do zaczynu podano w Informacjach dodatkowych p. 3b).



Rys. 6. Przykładowy schemat zestawu urządzeń do iniekcji

Urządzenie do dozowania składników i przygotowania zaczynu: 1 — zbiornik na wodę zarobową, S_1 — spust do całkowitego opróżniania zbiornika, 2 — mieszalnik zaczynu (dwuzbiornikowy o osi pionowej), 2a — górny zbiornik mieszalnika, S_m — spust górnego zbiornika mieszalnika z sitem F , 2b — dolny zbiornik mieszalnika, L — łopatkki ruchome i nieruchome.

Urządzenie do wtlaczania zaczynu w strefę badawczą: 3 — przewód ssawny urządzenia do wtlaczania zaczynu, 4 — pompa do wtlaczania zaczynu, 5 — przewód tłoczny urządzenia do wtlaczania zaczynu, 6 — przewód zwrotny urządzenia do wtlaczania zaczynu (stosowany przy metodzie naciskowej wykonywania iniekcji), R_1 — zawór do regulacji ilości zaczynu wtlaczanego do strefy badawczej przy metodzie naciskowej wykonywania iniekcji, 7 — zbiornik wodno-powietrzny dla amortyzacji uderzeń hydraulicznych, M — manometry pomocnicze (instalowane zależnie od potrzeb).

Uzbrojenie otworu badawczego: 8 — urządzenie do mechanicznego zaciskania uszczelki obiegowej, 9 — przewód tłoczny uzbrojenia otworu badawczego, 10 — przewód zwrotny uzbrojenia otworu badawczego, M_0 , M_z — manometry wskazująco-rejestrujące, służące do pomiaru ciśnienia podczas iniekcji, 11 — uszczelka obiegowa (zaciskana mechanicznie).

Przewód zwrotny dla metody obiegowej wykonywania iniekcji: 12 — obiegowy przewód zwrotny, R_2 — zawór do regulacji ilości zaczynu odprowadzanego ze strefy badawczej do mieszalnika zaczynu.

8.3. Urządzenie do wtlaczania zaczynu w strefę badawczą

8.3.1. Pompa do wtlaczania zaczynu powinna umożliwić równomierne i ciągłe wtlaczanie zaczynu w strefę badawczą, przy zastosowaniu maksymalnych ciśnień iniekcji przewidzianych

w programie próbnej cementacji i z wydajnością nie mniejszą niż 80 l/min. Typ pompy do wtlaczania zaczynu należy dobierać w zależności od składu zaczynu. Części pompy pozostające w bezpośrednim kontakcie z zaczynem powinny być odporne na jego działanie korozyjne.

8.3.2. Przewody tłoczny i zwrotny urządzenia do wtłaczania zaczynu powinny mieć stałą średnicę na całej długości. Należy je dobierać na ciśnienie robocze równe co najmniej największemu przewidywanemu ciśnieniu iniekcji, zwiększonemu o wartość strat na długości przewodów tłocznych, z uwzględnieniem współczynnika pewności 1,5. Długość przewodów tłoczego i zwrotnego urządzenia do wtłaczania zaczynu powinna być możliwie jak najmniejsza; należy je prowadzić bez załamań i ostrych zmian kierunku.

8.3.3. Zbiornik wodno-powietrzny powinien zapewniać redukcję wahań wskazań ciśnienia na manometrach wskazująco-rejestrujących, wynikających z nierównomierności pracy pompy do wtłaczania zaczynu, do wartości mniejszej od $\pm 1,0$ at. Należy go stosować, gdy powyższy warunek nie może być spełniony, za pomocą innych środków technicznych.

8.4. Uzbrojenie otworu badawczego

8.4.1. Przewody tłoczny i zwrotny uzbrojenia otworu badawczego powinny spełniać warunki wg BN-75/8950-07 p. 5.4.1.

8.4.2. Uszczelka

8.4.2.1. Dobór rodzaju uszczelki. Do odizolowania strefy badawczej dla przeprowadzenia iniekcji należy stosować pojedynczą uszczelkę obiegową lub naciskową. Dobór rodzaju uszczelki powinien być dokonywany w zależności od przewidywanej metody wykonywania iniekcji, składu zaczynu i ewentualnie średnicy otworu badawczego. We wszystkich przypadkach, gdy jest to możliwe z uwagi na warunki techniczne i sposób prowadzenia iniekcji, zaleca się użycie uszczelki obiegowej.

8.4.2.2. Elastyczny pierścień uszczelniający uszczelki powinien mieć średnicę zewnętrzną równą co najmniej nominalnej średnicy zewnętrznej koronki rdzeniowej, użytej do wiercenia danej części otworu badawczego i długość nie mniejszą niż 0,4 m.

8.5. Obiegowy przewód zwrotny powinien spełniać warunki dla przewodów tłoczego i zwrotnego urządzenia do wtłaczania zaczynu zgodnie z 8.3.2.

8.6. Sprzęt pomiarowy

8.6.1. Sprzęt do pomiaru ciśnienia. Do pomiaru ciśnienia podczas iniekcji należy używać manometry wskazująco-rejestrujące, umożliwiające określenie ciśnienia z błędem nie przekraczają-

cym $\pm 5\%$. Powinny one być zabezpieczone przed bezpośrednim oddziaływaniem zaczynu przez odpowiednie urządzenia ochronne. Dokładność manometrów stosowanych przy próbnej cementacji należy kontrolować za pomocą sprawdzianu, nie rzadziej niż jeden raz w tygodniu.

8.6.2. Sprzęt do pomiaru temperatury zaczynu. Do pomiaru temperatury zaczynu podczas iniekcji należy stosować termometry zapewniające jej określenie z dokładnością $\pm 1^\circ\text{C}$.

8.7. Sprzęt do badań wodochłonności. Zestaw i warunki techniczne dla sprzętu do badań wodochłonności należy przyjmować wg BN-75/8950-07, z wyjątkiem uszczelki, która powinna być analogiczna jak stosowana podczas iniekcji, zgodnie z 8.4.2.

9. WYKONYWANIE INIEKCJI W POSZCZEGÓLNYCH STREFACH BADAWCZYCH

9.1. Metoda wykonywania iniekcji. Iniekcja może być wykonywana metodą obiegową lub naciskową; dobór jednej z wymienionych metod powinien być uzależniony od składu i chłonności zaczynu oraz warunków technicznych prowadzenia badań. Zaleca się stosowanie metody obiegowej w przypadku użycia zaczynu cementowego o wskaźniku wodno-cementowym $W_z \geq 2$, gdy chłonność zaczynu jest mniejsza niż 20 l/min.

9.2. Rodzaj i skład zaczynu

9.2.1. Rodzaj zaczynu. Do prowadzenia iniekcji należy stosować zaczyny cementowe lub zaczyny z dodatkami. Zaczyny z dodatkami powinny być używane, gdy:

a) ich zastosowanie jest niezbędne dla uzyskania wymaganych efektów uszczelnienia,

b) umożliwiają one poprawę jakości uszczelnienia lub zmniejszenie kosztów, lub skrócenie czasu trwania prac uszczelniających w stosunku do uzyskiwanych przy użyciu zaczynów cementowych¹⁾.

We wszystkich przypadkach nie wymienionych w poz. a) i b) zaleca się stosowanie zaczynów cementowych.

9.2.2. Skład zaczynu cementowego. Zaczyny cementowe stosowane do iniekcji powinny mieć $W_z = 0,5 \div 10$. Wartość wskaźnika wodno-cementowego zaczynu należy ustalać dostosowując do

¹⁾ Najczęściej występujące w praktyce przypadki, w których zalecane jest stosowanie zaczynów z dodatkami, podano w Informacjach dodatkowych p. 3a).

charakterystyki masywu skalnego w otoczeniu strefy badawczej, a zwłaszcza jego wodochłonności oraz do przebiegu iniekcji wg 9.5.1 oraz 9.5.3.

9.2.3. Skład zaczynu z dodatkami powinien zapewniać uzyskanie własności wymaganych dla osiągnięcia założonych efektów prac uszczelniających, w określonych warunkach ich prowadzenia. Dobór składników należy przeprowadzać indywidualnie, biorąc pod uwagę:

- a) rodzaj i własności zastosowanego dodatku oraz cementu,
- b) własności uszczelnianego masywu skalnego, a zwłaszcza jego przepuszczalność i charakterystykę spękań, a w razie potrzeby,
- c) stopień agresywności wód podziemnych i przebieg próbnej cementacji.¹⁾

9.3. Przygotowywanie zaczynu

9.3.1. Dozowanie składników. Cement i sypkie dodatki do zaczynu należy dozować wagowo, a wodę i dodatki do zaczynu w postaci cieczy — objętościowo. Dopuszcza się inny sposób dozowania, gdy wynika on z technologii zaleconej przez producenta składnika zaczynu. Dokładność dozowania składników nie powinna być mniejsza od $\pm 5\%$.

9.3.2. Sposób przygotowywania zaczynu. Zaczyn należy przygotowywać w mieszalniku zaczynu spełniającym warunki wg 8.2.2. Czas mieszania każdej porcji zaczynu, jednorazowo przygotowywanej w mieszalniku przed wtłaczaniem w strefę badawczą, nie powinien być krótszy od 4 min; należy go ustalać w zależności od składu zaczynu i charakterystyki technicznej mieszalnika.

9.3.3. Temperatura zaczynu wtłaczanego w strefę badawczą nie powinna być mniejsza od $+5^{\circ}\text{C}$. Dla zachowania powyższego warunku należy w razie potrzeby podgrzewać wodę zarobową.

9.3.4. Barwniki do zaczynu należy stosować w razie potrzeby, szczególnie w przypadkach wymienionych w rozdz. 11. Powinny one być dodawane do wody używanej do przygotowywania zaczynu. Zasady stosowania i ilość barwnika należy ustalać indywidualnie, w zależności od jego rodzaju oraz warunków prowadzenia i celu badań.

9.4. Największe ciśnienie iniekcji w określonej strefie badawczej nie powinno być większe od dopuszczalnego ciśnienia iniekcji²⁾, a ponadto nie może utrudniać prowadzenia iniekcji, a szczególnie powodować zaburzeń jej przebiegu zgodnie z 9.5.3 b). Należy go ustalać w zależności od włas-

ności uszczelnianego masywu skalnego oraz głębokości strefy badawczej poniżej poziomu terenu, a w razie potrzeby przy uwzględnieniu kolejności wykonywania otworu badawczego w węźle cementacyjnym i przebiegu próbnej cementacji.³⁾

9.5. Zasady prowadzenia iniekcji

9.5.1. Sposób prowadzenia. Podczas prowadzenia iniekcji należy stosować następujące zasady postępowania:

a) iniekcja powinna być prowadzona w sposób ciągły, aż do uzyskania kryterium zakończenia wg 9.5.2, przy ciśnieniu iniekcji możliwie najbliższym jego największej wartości dla danej strefy badawczej zgodnie z 9.4,

b) przy użyciu zaczynów cementowych należy w początkowym okresie iniekcji stosować zaczyny rzadkie o $W_z = 5 \div 10$, które powinny być stopniowo zagęszczane w trakcie iniekcji, w przypadku gdy nie występuje spadek chłonności jednostkowej zaczynu,

c) początkowy skład zaczynu z dodatkami oraz zasady jego zmian podczas iniekcji powinny być ustalane indywidualnie, przy uwzględnieniu założeń wg poz. b).

Odstępstwa od zasad wymienionych w poz. a) i b) dopuszcza się w przypadkach występowania zaburzeń przebiegu iniekcji zgodnie z 9.5.3 b).

9.5.2. Kryterium zakończenia iniekcji. Iniekcję należy zakończyć, gdy chłonność zaczynu przy największym ciśnieniu iniekcji dla danej strefy badawczej ustalonym zgodnie z 9.4 zmniejszy się do wartości mniejszej od 0,6 l/min w przeliczeniu na 1 m długości strefy badawczej, w czasie co najmniej 20 min. Zakończenie iniekcji bez spełnienia powyższego warunku dopuszcza się w przypadku występowania zaburzeń jej przebiegu zgodnie z 9.5.3 b) oraz przy użyciu zaczynów niesedymentujących.

9.5.3. Zaburzenia przebiegu iniekcji. Gdy występują zaburzenia przebiegu iniekcji należy:

a) w przypadku przerwy w iniekcji dłuższej niż 25 min — wypłukać strefę badawczą z zaczynu, a po zakończeniu przerwy kontynuować iniekcję,

b) przy intensywnych wypływach powierzchniowych zaczynu, przy znacznym i utrzymującym się wzroście chłonności jednostkowej zaczynu lub gdy nie obserwuje się spadku chłonności zaczynu, pomimo dużego zużycia cementu (ponad $500 \div 1000 \text{ kg}$ na 1 m strefy badawczej) — przeprowadzić indywidualną analizę zaistniałych zjawisk dla ustalenia dalszego sposobu postępowania, przy czym powinno być brane pod uwagę obniżenie ciśnienia iniekcji i zmniejszenie wskaźnika wod-

¹⁾ Ogólne wskazania dotyczące doboru składu zaczynu z dodatkami podano w Informacjach dodatkowych p. 3b) i 3c).

²⁾ Ogólne zasady ustalania dopuszczalnego ciśnienia iniekcji podano w Informacjach dodatkowych p. 4.

³⁾ Zasady określania największego ciśnienia iniekcji w poszczególnych strefach badawczych podano w Informacjach dodatkowych p. 5.

no-cementowego zaczynu, zakończenie iniekcji bez spełnienia kryterium wg 9.5.2, wprowadzenie odpowiednich dodatków do zaczynu i ewentualnie zastosowanie przerw w jego tłoczeniu o czasie trwania do kilku godzin.

9.6. Obserwacje i pomiary podczas wykonywania iniekcji

9.6.1. Odczyty ciśnienia na manometrach wskazująco-rejestrujących powinny być dokonywane co najmniej dwa razy podczas wtłaczania każdej porcji zaczynu, jednorazowo przygotowanej w mieszalniku zaczynu, na początku i bezpośrednio przed zakończeniem jej wtłaczania, nie rzadziej jednak niż co 10 min, z dokładnością równą połowie działki elementarnej manometru.

9.6.2. Rejestracja ilości wtłoczonych składników, a mianowicie cementu, wody i dodatków do zaczynu, powinna być wykonywana sukcesywnie dla każdej porcji zaczynu z dokładnością równą dokładności dozowania.

9.6.3. Rejestracja objętości wtłoczonego zaczynu powinna być prowadzona co najmniej dla każdej porcji zaczynu, nie rzadziej jednak niż co 30 min. Objętość porcji zaczynu może być ustalona drogą przybliżonych obliczeń, na podstawie wartości wskaźnika wodno-cementowego, przy założeniu ciężaru właściwego cementu $3,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

9.6.4. Pomiary temperatury zaczynu stosowanego do iniekcji należy wykonywać przed rozpoczęciem iniekcji, a następnie co 1 godz. w dolnym zbiorniku mieszalnika zaczynu.

9.6.5. Kontrola szczelności izolacji strefy badawczej powinna być prowadzona za pomocą pomiarów zwierciadła wody w otworze badawczym, wykonywanych co najmniej co 30 min.

9.6.6. Obserwacje i pomiary w otoczeniu otworu badawczego powinny obejmować rejestrację wszystkich wypływów powierzchniowych zaczynu lub wody, mających związek z iniekcją, a w razie potrzeby określenie ich wydajności.

9.7. Obserwacje i pomiary po zakończeniu iniekcji powinny obejmować:

a) pomiar głębokości występowania korka ze stwardniałego zaczynu, wytworzonego w otworze badawczym,

b) obserwacje podczas wiercenia korka, obejmujące opis rdzenia z podaniem jego procentowego uzysku.

10. PROWADZENIE BIEŻĄCEJ DOKUMENTACJI INIEKCJI I BADAŃ WODOCHŁONNOŚCI

Przebieg iniekcji i badań wodochłonności oraz inne dane dotyczące realizacji prac badawczych należy na bieżąco zapisywać w dzienniku próbnej cementacji, na formularzach, których wzory podano w załącznikach 1 ÷ 3 do niniejszej normy oraz w załącznikach 2 ÷ 3 do BN-75/8950-07. W dzienniku próbnej cementacji powinny być ponadto rejestrowane i opisywane zjawiska stwierdzone podczas prac badawczych i wiercenia oraz zaburzenia ich przebiegu, które mają związek z badaniami wodochłonności lub iniekcją; należy w nim również sporządzać szkice sytuacyjne i techniczne dokumentujące przebieg badań. Dziennik próbnej cementacji powinien być przechowywany w archiwum przedsiębiorstwa, które prowadziło próbną cementację.

11. DODATKOWE OBSERWACJE I PRACE KONTROLNE

Dodatkowe obserwacje i prace kontrolne związane z próbą cementacją, poza obserwacjami wymienionymi w 9.6 ÷ 9.7, powinny być wykonywane w przypadkach, gdy są one niezbędne dla prawidłowego przeprowadzania prac badawczych, a także kontroli efektów uszczelnienia lub dla właściwej interpretacji rezultatów próbnej cementacji. Zakres tych prac należy ustalać indywidualnie, w zależności od potrzeb, przy czym mogą one obejmować:

a) obserwacje odkształceń powierzchni terenu, płyty betonowej lub masywu skalnego podczas iniekcji lub badań wodochłonności,

b) badania kierunku i zasięgu rozchodzenia się zaczynu w masywie skalnym za pomocą barwników lub innych znaczników,

c) badania geofizyczne wykonywane w otworach badawczych lub metodami powierzchniowymi, a w szczególności badania elektrooporowe, sejsmiczne, akustyczne i radiometryczne,

d) badania laboratoryjne własności fizyko mechanicznych stwardniałego zaczynu,

e) badania kontrolne własności zaczynów, przede wszystkim w przypadku stosowania dodatków do zaczynu,

f) wykonywanie wyrobisk górniczych w obrębie uszczelnianej partii masywu skalnego,

g) inne obserwacje i prace kontrolne, wprowadzane w zależności od potrzeb.

K O N I E C

WZÓR STRONICY DZIENNIKA PRÓBNEJ CEMENTACJI

Pieczęć przedsiębiorstwa

DZIENNIK PRÓBNEJ CEMENTACJI

Obiekt

Otwór (cementacyjny, kontrolny) * nr

Nr umowy Inwestor

Rzędna terenu przy otworze badawczym

Rzędna kryzy przewodnikowej kolumny rur

Szkic sytuacyjny

Prace badawcze w otworze badawczym rozpoczęto dnia

zakończono dnia

Wykonano łącznie zespołów badań wodochłonności, iniekcji

i kontrolnych badań wodochłonności

Zużycie cementu kG, średnio kG/m otworu

Zużycie dodatków do zaczynu kG(l) *

Dziennik zawiera stronic

* niepotrzebne skreślić

WZÓR 2 STRONICY DZIENNIKA PRÓBNEJ CEMENTACJI

Pieczęć przedsiębiorstwa

Obiekt

Otwór badawczy nr

CHARAKTERYSTYKA SPRZĘTU DO INIEKCJI

Ujęcie wody

Zbiornik na wodę zarobową — liczba komór wymiar komór

Mieszalnik zaczynu — typ objętość zbiornika liczba obrotów

Pompa do wtłaczania zaczynu — typ charakterystyka

Przewód tłoczny urządzenia do wtłaczania zaczynu — rodzaj
średnica wewnętrzna długość

Zbiornik wodno-powietrzny — pojemność

Manometry wskazująco-rejestrujące — klasa niedokładności górna granica zakresu wskazań

Uszczelka — rodzaj sposób zaciskania
elastyczny pierścień uszczelniający o długości i średnicy zewnętrznej

Przewód tłoczny uzbrojenia otworu badawczego — średnica wewnętrzna

Przewód zwrotny uzbrojenia otworu badawczego — średnica wewnętrzna

Obiegowy przewód zwrotny — rodzaj średnica wewnętrzna

Zmiany zastosowanego sprzętu wprowadzone w trakcie badań

CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW DO WYTWARZANIA ZACZYNU

Cement — marka cementownia data produkcji
sposób dozowania

Dodatki do zaczynu

Próby do badań laboratoryjnych

Cement — liczba prób nr prób zakres badań

Woda — liczba prób nr prób zakres badań

Dodatki do zaczynu liczba prób nr prób zakres badań

..... liczba prób nr prób zakres badań

Wymiary w cm.

Obiekt

Otwór (cementacyjny, kontrolny) ¹⁾ nrKolejna  iniekcja strefy badawczej[illegible]²⁾ oznaczenia manometrów zgodnie z rys. 6

Korek ze stwardniałego zaczynu
 Głębokość występowania korka
 w otworze badawczym
 Wiercesnie korka godz po
 zakończeniu iniekcji
 Uzysk rdzenia
 opis rdzenia

Prowadzący iniekcję
Imię i nazwisko
Podpis
Nadzorujący iniekcję
Imię i nazwisko
Podpis

WZÓR KARTY INIEKCJI

ZATŁĄCZNIK 3

BN-75/8950-10

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

2. Normy związane

PN-73/B-04300 Cement. Metody badań. Oznaczanie cech fizycznych

PN-73/B-04302 Cement. Metody badań. Oznaczanie wytrzymałości

PN-74/B-30000 Cement portlandzki

PN-74/B-30005 Cement hutniczy

PN-74/B-30006 Cement portlandzki szybkotwardniejący 400

PN-74/B-30011 Cement portlandzki szybkotwardniejący „Super”

PN-73/B-30015 Cement pucolanowy

PN-58/B-32250 Woda dla celów budowlanych. Wymagania techniczne dla wody do betonów i zapraw

BN-69/6731-08 Cement. Transport i przechowywanie

BN-75/8950-07 Budownictwo hydrotechniczne. Badania geologiczne i hydrogeologiczne. Określenie wodochłonności skał litych. Warunki techniczne i metody badań

3. Ogólne wskazania dotyczące stosowania dodatków do zaczynu

a) Zastosowanie zaczynów z dodatkami zgodnie z 9.2.1a) i b) jest zalecane szczególnie w następujących przypadkach:

— gdy przy użyciu zaczynów cementowych nie mogą być spełnione wymagania dla próbnej cementacji, przede wszystkim w zakresie stopnia, zasięgu oraz trwałości uszczelnienia masywu skalnego,

— gdy występują trudności w prowadzeniu próbnej cementacji, zwłaszcza duże zużycie cementu i konieczność wielokrotnych iniekcji poszczególnych stref badawczych,

— przy zaburzeniach przebiegu iniekcji zgodnie z 9.5.3b), a szczególnie częstych i silnych wpływach powierzchniowych zaczynu.

b) Dobór dodatku do zaczynu oraz składu zaczynu z dodatkami należy przeprowadzać indywidualnie przy uwzględnieniu zaleceń wg 7.3 oraz 9.2.3 i dostosowując do warunków zgodnie z poz. a).

Podstawę wstępnego ustalenia dodatku oraz składu zaczynu z dodatkami powinny stanowić badania laboratoryjne własności zaczynu, prowadzone zgodnie z poz. c), a w razie potrzeby badania własności dodatku. Przy doborze, zwłaszcza rodzaju dodatku do zaczynu, należy wykorzystywać dotychczasowe doświadczenia przy realizacji prac uszczelniających w zbliżonych warunkach oraz wskazania podane w literaturze ¹⁾.

Jako dodatki do zaczynu mogą być między innymi stosowane:

— dla przyspieszenia wiązania i twardnienia — chlorek wapniowy zgodnie z PN-75/C-84127 lub szkło wodne zgodnie z PN-66/C-84066, w ilości 1 ÷ 3% masy cementu,

— dla polepszenia penetracji zaczynu w masyw skalny — różnego rodzaju plastyfikatory, mające własności powierzchniowo-aktywne, w ilości mniejszej od 1% masy cementu,

— dla zmniejszenia sedymentacji — substancje mineralne nadające zaczynom własności tiksotropowe, a przede wszystkim il bentonitowy w ilości 1 ÷ 10% masy cementu, ²⁾

— dla zmniejszenia ilości cementu w zaczynie — piasek (o średnicy ziarn przeważnie do 1 ÷ 2 mm), mączka kamienna, glina, less i różnego rodzaju pucolany (m.in. diatomit, popioły lotne, żużel wielkopiecowy granulowany) — w ilości do 150% masy cementu,

— dla zwiększenia odporności zaczynu na agresywne oddziaływanie wód podziemnych — diatomity, popioły lotne i glina, w ilości dobieranej w zależności od warunków lokalnych.

Wymienione dodatki do zaczynu powinny być stosowane do zaczynów o $W_s \leq 2,0$.

c) Badania laboratoryjne własności zaczynu z dodatkami powinny obejmować określenie:

- czasu wiązania i twardnienia zaczynu,
- sedymentacji (odstoju) zaczynu,
- lepkości i wytrzymałości strukturalnej zaczynu,
- ciężaru właściwego zaczynu,
- wytrzymałości na ściskanie stwardniałego zaczynu oraz
- w razie potrzeby innych własności, jak między innymi przepuszczalności stwardniałego zaczynu, jego odporności na rozmywanie lub oddziaływanie wód agresywnych.

Powyższe własności należy ustalać zgodnie z BN-69/1785-01 lub PN-73/B-04300, lub na podstawie literatury ³⁾.

4. Ogólne zasady ustalania dopuszczalnego ciśnienia iniekcji.

Dopuszczalne ciśnienie iniekcji należy ustalać w uzależnieniu od własności uszczelnianego masywu skalnego, a zwłaszcza jego stopnia spękania i orientacji przestrzennej spękań oraz powierzchni podzielnicy (przede wszystkim uwarstwienia), głębokości strefy badawczej pod powierzchnią terenu i pod stropem skały litej, kolejności wykonywania otworu badawczego w węźle cementacyjnym oraz technologii prac badawczych (sposobu prowadzenia iniekcji i ewentualnie składu zaczynu).

Wartości dopuszczalnego ciśnienia iniekcji mogą być ustalane:

a) bezpośrednio — na podstawie wyników badań polowych, wykonywanych w takich samych warunkach geologicznych jak próbna cementacja, polegających na

²⁾ Zastosowanie ilu bentonitowego do prac uszczelniających omówione jest w pracach:

Głąb W., Jawański W., Thiel K.: Badania nad uszczelnianiem podłoża zapory wodnej zaczynami cementowo-łłowymi. Prace IOMB nr 524 Warszawa: 1965

Thiel K.: Projektowanie zaczynów cementowo-łłowych dla uszczelniania podłoża pod zapory. *Gospodarka Wodna* nr 7 1966.

Thiel K.: Zastosowanie zaczynów cementowo-łłowych, przy uszczelnianiu podłoża zapory wodnej we fliszu karpackim. Prace IOMB, nr 544 Warszawa: 1966

³⁾ Wytyczne dotyczące zakresu i sposobu przeprowadzenia badań laboratoryjnych zaczynów stosowanych do robót uszczelniających zawierają następujące prace:

Cambeftort H.: *Injection des Sols*. Eyrolles Paris: 1964

Głąb W., Jawański W., Thiel K.: Badania nad uszczelnianiem podłoża zapory wodnej zaczynami cementowo-łłowymi. Prace IOMB nr 524 Warszawa: 1965.

¹⁾ Rodzaje dodatków do zaczynu i zasady ich doboru między innymi omówiono w następujących podręcznikach:

Cambeftort H.: *Injection des Sols*. Eyrolles. Paris: 1964

Adamowicz A. N., Kołtunow W. D.: *Cementacja osnowanij gidroosoruzenij*. Energija. Moskwa: 1964.

obserwacji odkształceń powstających przy wtlaczaniu wody lub zaczynu w masyw skalny¹⁾,

b) w sposób przybliżony — na podstawie obliczeń wg wzorów empirycznych podanych w literaturze, przy uwzględnieniu dotychczasowego rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich i rezultatów prac uszczelniających przeprowadzonych w zbliżonych warunkach²⁾.

Bezpośrednie ustalanie dopuszczalnego ciśnienia iniekcji, zgodnie z poz. a) należy stosować w przypadku przewidywanego dużego zakresu prac uszczelniających, wykonywanych w skomplikowanych warunkach geologiczno-inżynierskich; w innych przypadkach dopuszcza się określenie ciśnienia dopuszczalnego w sposób przybliżony.

5. Zasady określania największego ciśnienia iniekcji w poszczególnych strefach badawczych. Przy wstępnym ustalaniu największych ciśnień iniekcji w poszczególnych strefach badawczych należy stosować następujące zasady:

¹⁾ Omówienie metodyki i sposobu interpretacji badań polowych dla ustalenia dopuszczalnych ciśnień iniekcji podano w pracy

Jawańskiego W.: Badania ciśnień dopuszczalnych cementacji w skałach litych *Przegląd Geologiczny* nr 3 1969

²⁾ Zestawienie wzorów empirycznych i ogólne warunki ich stosowania podano w pracach:

Adamowicz A. N., Kołtunow W. D.: Cementacja osnowanij gidrosoorużenij. Energia Moskwa: 1964

Jawański W.: Badania ciśnień dopuszczalnych cementacji w skałach litych: *Przegląd Geologiczny* nr 3 1969

a) w masywach skalnych słabo spękanych, dla których $q_p < 0,5 \text{ l/min} \cdot \text{m} \cdot 0,1 \text{ at}$ i zużycie cementu przy iniekcji nie przekracza 500 kg/m otworu badawczego, złożonych ze skał o wytrzymałości na ściskanie większej od 300 kg/cm^2 , największe ciśnienie iniekcji powinno być możliwie jak najbliższe dopuszczalnemu ciśnieniu iniekcji; w przypadkach gdy wartości ciśnień dopuszczalnych nie mogą być ustalone, zaleca się stosowanie największych ciśnień iniekcji w granicach $0,15\gamma h \div 0,3\gamma h$, przy czym ciśnienia większe od $0,2\gamma h$, powinny być używane dla skał nieuwarstwionych,

b) w masywach skalnych, w których warunki wymienione w poz. a) nie są spełnione, największe ciśnienie iniekcji należy ustalać indywidualnie, przy czym zaleca się stosowanie wartości mniejszych od $0,2\gamma h$,

c) największe ciśnienia iniekcji w poszczególnych strefach otworów kontrolnych mogą być o $50 \div 100\%$ większe od stosowanych w otworach cementacyjnych.

Wstępnie ustalone wartości największych ciśnień iniekcji powinny być korygowane podczas prowadzenia próbnej cementacji, w zależności od uzyskiwanych wyników oraz przebiegu prac badawczych, w szczególności przy uwzględnieniu ewentualnych zaburzeń przebiegu iniekcji zgodnie z 9.5.3 b).

6. Autorzy projektu normy — mgr inż. Wiesław Jawański — Przedsiębiorstwo Geologiczne Budownictwa Wodnego HYDROGEO Kraków i doc. dr hab. inż. Artur Wieczysty — Politechnika Krakowska, Instytut Inżynierii Sanitarnej.