

*Piotr Trębaczkiwicz\**, *Mieczysław Winch\*\**

## SPOIWA NA BAZIE CEMENTU EKSPANSYWNEGO

---

### 1. Wprowadzenie

W przeszłości człowiek przez wiele pokoleń stykał się z tymi samymi materiałami budowlanymi. Obecnie w okresie kilku dziesięcioleci dynamiczny rozwój przemysłu, w tym i chemicznego, spowodował rewolucyjne zmiany w tradycyjnych materiałach budowlanych, które do tej pory ulegały nieznacznym modyfikacjom. Wśród nowo wprowadzanych materiałów nie zawsze do końca można ustalić wpływ różnych dodatków na utrzymanie własności fizykochemicznych w warunkach wzmożonego oddziaływania szkodliwych czynników cywilizacyjnych, takich jak promieniowanie ultrafioletowe, emisja pyłów i gazów z atmosfery, zjawiska elektrostatyczne, agresywne wody gruntowe, zmienność czynników atmosferycznych (np. ruch nas powietrza wokół budowli) itp.

W związku z powyższym bardzo istotne stało się określenie skali zagrożeń, jakie mogą wystąpić w okresie użytkowania budowli, a co za tym idzie właściwy dobór materiałów, aby mogły sprostać tym warunkom.

### 2. Cement ekspansywny

Pierwsze wzmianki o cementach charakteryzujących się powiększaniem wymiarów we wszystkich kierunkach w czasie twardnienia po zarobieniu wodą pojawiły się na początku lat 40. ubiegłego stulecia. Nazwano je cementami ekspansywnymi, a czasami zwano pęłzającymi ze względu na zjawisko wywierające znaczny wpływ na wytrzymałość materiału, charakteryzujące się nieprzerwanym wzrostem odkształceń.

Obecnie zmieniła się technologia produkcji cementu ekspansywnego, co nie znaczy, że jest ona łatwiejsza, gdyż składy chemiczne i mineralogiczne używanych produktów mają duże znaczenie w uzyskaniu właściwego produktu.

---

\* PROXAN-Polska

\*\* KWK „Borynia”

Zaczyny wodne cementu ekspansywnego uzyskują liniowy przyrost długości od 0,2 do 2%, betony zaś mniejszy.

Spoiwa na bazie cementu ekspansywnego posiadają bardzo wysoką szczelność i wodoszczelność znacznie przewyższającą podobne cechy cementów portlandzkich. Spoiwa ekspansywne są zaliczane do szybkowiązających. Przez odpowiedni dobór składników uzyskać można zaprawy z początkiem wiązania po 2–5 minutach, a końcem wiązania po 5–10 minutach.

Przytoczę istotę cementu ekspansywnego wg prof. dr. hab. inż. Mieczysława Króla: „jest to, że w toku wiązania i twardnienia, powodują wzrost procesów hydratacji, nie na zasadzie spulchniania, lecz na zasadzie strukturalnego (twardofazowego) wzrostu objętości produktów hydratacji, głównie w wyniku znacznego udziału reakcji etryngitowej. Każda powstająca cząsteczka etryngitu wbudowuje trwale w swoją strukturę krystaliczną aż 32 cząsteczki wody. Udział etryngitu w całości różnych produktów hydratacji może wynosić od kilku do kilkudziesięciu procent. W cementach ekspansywnych powstający etryngit w masie uformowanego wyrobu (z zaczynu, zaprawy lub betonu) wypełnia w pierwszej kolejności przyległe, wolne mikroprzestrzenie (pustki, pory, kapilary). Struktura staje się szczelniejsza, wzrasta gęstość objętościowa, lecz nie przyrasta objętość. Gdy masa etryngitu dalej przyrasta, aż do zrealizowania się pełnej energoaktywności chemicznej, wówczas jego cząsteczki wciskają się pomiędzy inne składniki powstającej struktury, następuje mierzalny wzrost objętości. Mamy więc do czynienia z ekspansją »do wnętrza«”.

### **3. Spoiwa ekspansywne do napraw i wzmocnień konstrukcji betonowych i żelbetowych**

Czym jest naprawa? Jest to trwałe przywrócenie stanu użytkowanego obiektu z zachowaniem racjonalnego rozkładu naprężeń w całej konstrukcji, co często jest pomijane w doborze materiałów, gdyż naprawę traktuje się głównie jako uzupełnienie ubytków lub niedoboru materiału czy wymianie uszkodzonego elementu, nie bacząc na zmianę układu sił wewnętrznych, szczególnie przy wzmacnianiu konstrukcji. Nie zwraca się także uwagi, aby dobrany materiał do naprawy swoimi cechami odpowiadał cechom materiału naprawianej konstrukcji. Są to błędne założenia, choć często się zdarzające.

Różnorodność materiałów dostępnych na rynku przy opracowaniach technologii napraw przez rzeczoznawców, projektantów czy wykonawców niejednokrotnie zmusza do zwrócenia uwagi na te zagadnienia:

- czy stosowane materiały do naprawy czy wzmocnienia konstrukcji będą swoimi właściwościami opowiadały naprawianej konstrukcji wytrzymałościami, odkształcalnością, trwałością;
- czy użyte materiały wypełniające (ubytki, raki, pustki, rysy, pęknięcia) aktywnie włączą się do współpracy z konstrukcją;
- czy użyte materiały posiadają wymaganą przyczepność do podłoża.

Dość często używa się spoiw do napraw i wzmocnień konstrukcji budowlanej materiałów na bazie żywicznej (polimerowej) bez udziału spoiw mineralnych lub polimerowych z niewielkim dodatkiem spoiw mineralnych.

Materiały te obciążone są skurczem i choć są to czasami niewielkie skurcze, to poprzez kilkuletnie występowanie w końcu następują mikrooddzielenia się styków i staje się tylko materiałem wypełniającym nie włączającym się do współpracy. Ktoś może zarzucić, że są spoiwa żywiczne czy mineralne zwane bezskurczowymi; owszem, jednak nie do napraw konstrukcyjnych, gdyż nie spełniają one warunków wymienionych powyżej (kompatybilności i aktywności naprawy).

Materiały na bazie mineralnej w zasadzie spełniają warunki wzajemnej współpracy z naprawianymi konstrukcjami betonowymi i murowymi. Jedynym mankamentem pozostaje jednak skurcz. Aby go zlikwidować, stosuje się dodatki pęczniące, zwane często mylnie ekspansywnymi, które pojawiły się na rynku. Mieszanka taka nie powoduje znacznych samonaprzeżeń, jedynie kompensuje skurcz.

W przeprowadzonych badaniach sprawdzono możliwości użycia jako materiału do wykonania obudowy lub zabezpieczenia uszkodzonych obudów spoiwa natryskowego ze zbrojeniem rozproszonym na bazie cementu ekspansywnego (rys. 1).

Badania przeprowadzone nad zastosowaniem cementów ekspansywnych przez prof. dr. hab. inż. Mieczysława Króla wykazały, że spoiwa wykonane na bazie cementu ekspansywnego są materiałami aktywnymi, spełniającymi wymóg kompatybilności cech (przy naprawie konstrukcji betonowych) i adhezji [1].

Dzięki występującym w nich samonaprzeżeniom oddziałują na konstrukcję jeszcze przed zadziałaniem obciążeń wymuszających współpracę.

Powyższa cecha posiada ogromne znaczenie w budownictwie podziemnym przy zabezpieczeniu odsłoniętego górotworu w formie obudowy powłokowej wykonanej na bazie betonu natryskowego. Wcześniejsze badania (prof. dr. hab. inż. M. Króla) wykazały, że podstawową cechą różniącą betony ekspansywne od betonu zwykłego jest to, że zamiast skurczu występują w nich zjawiska narastania objętości (ekspansji) [1].

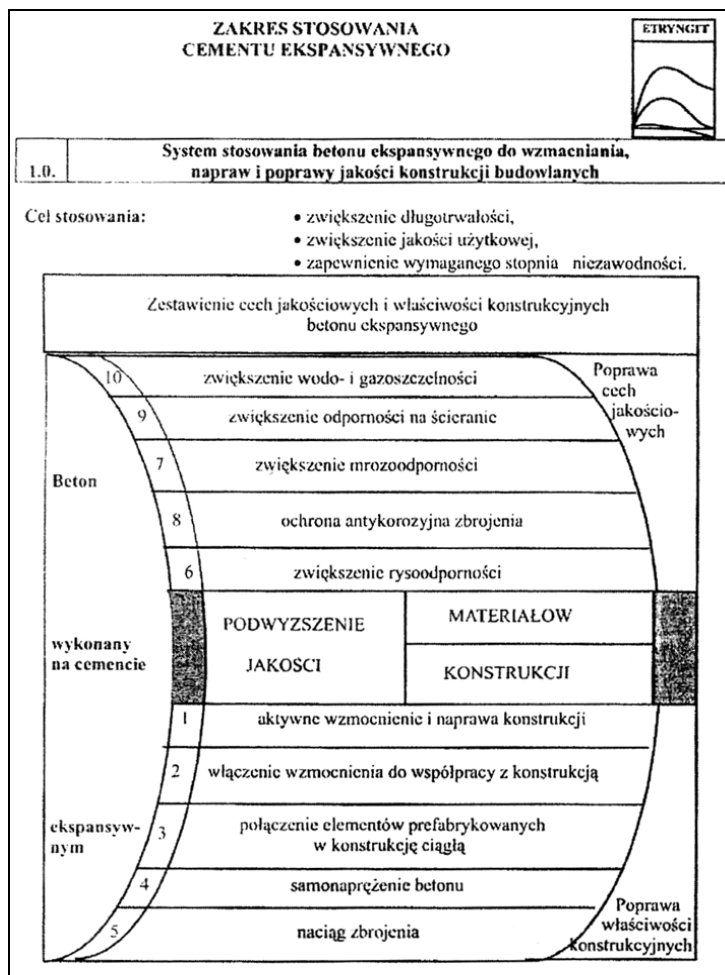
Spoiwa ekspansywne spełniają podwójne korzyści:

- powstający podczas wiązania etryngit przerasta pory i nierówności strefy kontaktu, powodując mechaniczne zazębienie się fragmentu nowego i starego;
- podczas wiązania w warunkach ograniczonej swobody odkształceń powstają w nim samonaprzeżenia powodujące docisk na granicy zespolenia i poprawę przyczepności do podłoża.

Korzyści płynące z zastosowania spoiw ekspansywnych podczas ich stosowania przy naprawach konstrukcji naziemnych wskazują na możliwość osiągnięcia podobnych korzyści w budownictwie podziemnym.

Badania spoiwa natryskowego na bazie cementu ekspansywnego mają za zadanie potwierdzić laboratoryjnie i w praktyce możliwość wykorzystania charakterystycznych cech spoiwa ekspansywnego, czyli jego wodoodporności, gazoszczelności, mrozoodporności,

odporności korozyjnej na działanie różnych czynników chemicznych jako tworzywa w połączeniu z mikrozbrojeniem (zarówno stalowym, jak i polipropylenowym).



Rys. 1. Zakres stosowania cementu ekspansywnego

Badania spoiwa natryskowego zbrojonego włóknem stalowym lub polipropylenowym zostały wykonane w warunkach naturalnych, czyli poprzez wykonanie nie tylko badań laboratoryjnych, ale także badań w praktyce, czyli w podziemiach w nowo drążonych wyrobiskach lub przy naprawie (wzmocnieniu) wyrobisk górniczych korytarzowych (przekopów) i konstrukcji betonowych, żelbetowych już istniejących.

Kolejnym składnikiem badanego spoiwa natryskowego jest mikrokrzemionka, której pozytywne działanie zostało już wielokrotnie potwierdzone. Dodanie mikrokrzemionki do

spoiwa natryskowego pozwala na uzyskanie spoiwa wyższej jakości, wykazującego większą szczelność i lepkość. Mikrokrzemionka stosowana jest również bardzo często jako środek przyspieszający wiązanie spoiw oraz pozwalający uzyskać spoiwo o większej przyczepności.

Brak długotrwałej ekspansji wywołany użyciem mikrokrzemionki jest pożądany i dogodny, gdyż możliwe jest skrócenie okresu pielęgnacji na mokro do około 4 dni.

Realizacja wstępnie założonego zakresu badań pozwoliła na zweryfikowanie istniejących już rozwiązań dla potrzeb projektowania obudów powłokowych w budownictwie podziemnym co przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1  
Zestawienie właściwości spoiwa PROXAN MP

Właściwości		Jednostka	Spoiwo PROXAN MP		
			01	04	08
Gęstość w stanie luźno nasypowym $\rho_o$		kg/dm <sup>3</sup>	1,622	1,677	1,617
Gęstość w stanie zagęszczonym $\rho_z$		kg/dm <sup>3</sup>	1,918	1,934	1,942
Gęstość obj. ciekłej mieszanki $\rho_p$		kg/m <sup>3</sup>	2199	2178	2145
Gęstość obj. stwardniałej mieszanki $\rho$		kg/m <sup>3</sup>	2308	2252	2266
Wytrzymałość na ściskanie $R_c$	7 dni	MPa	25,8/27,4*	26,2/27,2	26,7/28,8
	28 dni		38,7/55,3	41,9/51,2	38,6/56,6
	56 dni		45,2/56,1	44,1/54,7	43,2/60,3
Wytrzymałość na zginanie $R_f$	7 dni	MPa	7,2	6,8	6,6
	28 dni		9,3/9,7	9,2/9,8	8,9/9,5
	56 dni		11,6	10,5	11,5
Wytrzymałość na odrywanie $f_h$		MPa	2,06	1,86	1,54
Moduł sprężystości $E$		MPa	32 670	25 030	19 520
Wydłużenie i skurcz	po 1 dniu	mm/m	1,73/2,4**	1,42/3,60	1,50/3,89
	po 3 dniach		1,79/3,4	1,61/4,69	1,58/4,72
	po 7 dniach		1,69/3,7	1,42/4,89	1,58/4,81
	po 28 dniach		1,54/3,25	1,08/4,71	1,27/4,69

\* pierwsza liczba — spęcznienie w warunkach suchych, druga liczba — spęcznienie w warunkach mokrych;

\*\* pierwsza liczba wytrzymałości na ściskanie i zginanie dotyczy próbek wykonanych na wzorcach ręcznie druga, liczba dotyczy próbek wykonanych metodą natryskową

Oprócz tego badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzono na rdzeniach wyciętych z wcześniej przygotowanych próbek z mikrobrojeniem polipropylenowym i bez mikrobrojenia (tab. 2). Próbki IA, IIA, IIIA — cement ekspansywny, kruszywo do 4,0 mm, mikrokrzemionka; próbki IB, IIB, IIIB — cement ekspansywny, kruszywo do 4,0 mm, mikrokrzemionka oraz włókna polipropylenowe Harbourite (19 mm). W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań wytrzymałości na ściskanie próbek natryśniętych na bloczki skalne z piaskowca i sezonowane w wyrobisku kopalnianym.

TABELA 2

**Badania wytrzymałości na ściskanie przeprowadzone na rdzeniach wyciętych z wcześniej przygotowanych próbek z mikrobrojeniem polipropylenowym i bez mikrobrojenia**

Numer próbki	$R_c$ , MPa
IA	56,7
IIA	52,2
III A	57,0
IB	52,5
IIB	54,7
III B	56,5

TABELA 3

**Badania wytrzymałości na ścinanie próbek natryśniętych na bloczki skalne z piaskowca sezonowane przez 28 dni w wyrobisku kopalni węgla kamiennego**

Numer próbki	Siła ścinająca $P$ , kN
Próbka 1 baz mikrobrojenia	66
Próbka 2 z mikrobrojeniem polipropylenowym	114
Próbka 3 z mikrobrojeniem stalowym	166
Wytrzymałość na ścinanie próbki 1 $R_{śc}$	8,63 MPa
Wytrzymałość na ścinanie próbki 2 $R_{śc}$	8,77 MPa
Wytrzymałość na ścinanie próbki 3 $R_{śc}$	18,08 MPa

Należy również przeprowadzić podstawowy zakres badań właściwości ekspansywnych:

- odkształcenie swobodne ( $\varepsilon_{w,CE}$ ),
- rozwój samonaprężeń w czasie ( $\sigma_{c,CE}$ ).

Wykazane badania pozwalają rozszerzyć w znacznym stopniu zastosowanie spoiw ekspansywnych do wykonywania nowych konstrukcji w budownictwie i wszelkiego rodzaju remontów.

#### 4. Zastosowanie spoiw ekspansywnych

Spoiwa ekspansywne można zastosować do:

- wyrobisk górniczych:
  - wykonanie betonów natryskowych metodą suchą nowych konstrukcji wyrobisk podziemnych zakładów górniczych,
  - wykonanie napraw przez torkretowanie konstrukcji wyrobisk podziemnych zakładów górniczych,
  - uszczelnienie i zabezpieczenie konstrukcji wyrobisk podziemnych zakładów górniczych,
  - naprawy, uszczelnienia i zabezpieczenia poprzez torkretowanie na sucho i napraw ręcznych ma mokro obiektów naziemnych w zakładach górniczych;
- fundamentów:
  - wzmocnienie połączenia słupa z fundamentem,
  - wykonanie lub wzmocnienie fundamentów,
  - wykonanie lub wzmocnienie murów fundamentowych,
  - wzmocnienie słupów za pomocą obejmy betonowej,
  - wzmocnienie fundamentów ciągłą płytą płaską lub żebrową,
  - wzmocnienie pala i połączenia z belką głowicową,
  - wzmocnienie belki głowicowej fundamentów palowych,
  - wzmocnienie fundamentu konstrukcji poniżej poziomu wody,
  - wykonanie lub wzmocnienie płyt fundamentowych;
- stropów:
  - wykonanie lub naprawa stropów z płyt żelbetowych,
  - zespolenie stropów z elementów prefabrykowanych,
  - naprawa lub wzmocnienie płyty stropu monolitycznego,
  - wzmocnienie stropów przy braku przyczepności na powierzchni zespolenia,
  - wzmocnienie stropów grzybkowych dodatkową płytą żebrową,
  - wzmocnienie stropów kanałowych;
- belek:
  - wykonanie belek podsuwnicowych,
  - naprawa zniszczonych fragmentów belki monolitycznej stropu,
  - wzmocnienie belek podsuwnicowych,
  - naprawa ubytków w płytach stropów monolitycznych;
- słupów:
  - wykonanie słupów żelbetowych,
  - wzmocnienie słupa żelbetowego obejmą stalową z wypełnieniem,

- wzmocnienie pobocznic słupa żelbetowego,
  - wzmocnienie słupa obejmą z betonu,
  - wzmocnienie uszkodzonych odcinków słupów,
  - wzmocnienie uszkodzonych odcinków słupów poniżej poziomu wody obejmą z betonu;
- wsporników:
- wzmocnienie wspornika słupa żelbetowego obejmą z betonu,
  - wzmocnienie oparcia płyt stropowych,
  - wykonanie wsporników podporowych;
- ścian oporowych:
- wykonanie lub wzmocnienie ścianek oporowych,
  - wzmocnienie ścianek oporowych w strefie ściskanej,
  - wzmocnienie ścian oporowych w strefie rozciąganej;
- zbiorników i rur:
- zapewnienie ciągłości i szczelności zbiorników prefabrykowanych,
  - zapewnienie szczelności zbiorników prostopadłościennych,
  - zapewnienie ciągłości i szczelności konstrukcji wykonanych z elementów prefabrykowanych w budowlach hydrotechnicznych,
  - zapewnienie szczelności przejść przewodów rurowych przez ścianę;
- styków:
- zapewnienie ciągłości posadzek bezdylatacyjnych betonu zastosowanego w poszerzonych stykach,
  - zapewnienie ciągłości powłoki prefabrykowanej za pomocą monolityzowania styku,
  - zapewnienie szczelności styków elementów prefabrykowanych.

## **5. Technologie wykonania**

### **5.1. Przygotowanie podłoża**

Oczyszczenie powierzchni betonowych i stali zbrojeniowej przez piaskowanie, hydropiaskowanie, odbicia głuchych i odspojonych miejsc. Dokładne zmycie wodą pod ciśnieniem oczyszczonej powierzchni.

### **5.2. Wykonanie powłok ze spoiwa PROXAN-Sanier MP (torkretowanie na sucho)**

Na wilgotne podłoża natryskujemy warstwę wstępną grubości około 30 mm, po 2–3 godzinach nakładamy kolejną warstwę betonu grubości od 50 do 100 mm. Natryśniętą powierzch-



nią zabezpieczamy, najlepiej folią, aby ograniczyć odparowywanie wody, i pozostawimy tak na jedną dobę przy temperaturze otoczenia powyżej 20°C lub przez 2–4 dni przy temperaturze otoczenia poniżej 15°C. W przypadku niezabezpieczenia folią należy minimum przez 14 dni pielęgnować beton, aby powierzchnia zewnętrzna powłoki była cały czas wilgotna.

Gdy wymagana jest grubsza warstwa powłoki, kolejny natrysk można wykonać nie wcześniej niż po 12 godzinach.

### **5.3. Naprawy konstrukcji betonowych i żelbetowych spoiwem PROXAN-Sanier MP**

Przy wykonywaniu napraw metodą moką postępujemy podobnie, jednak wypełnienie lub wykonanie opaski czy powłoki nie może przekraczać w jednej operacji grubości 150 mm.

W przypadku uzupełnienia stali zbrojeniowej lub jej dodania celem wzmocnienia konstrukcji wskazane jest zawibrowanie betonu.

Pielęgnacja powłok jak wyżej.

Proces ekspansji trwa od 7 do 14 dni, co jest uzależnione od temperatury otoczenia i rodzaju pielęgnacji betonu.

### **5.4. Połączenia elementów prefabrykowanych za pomocą spoiwa PROXAN-Sanier MP**

Czyścimy i rozkuwamy miejsca połączenia elementów konstrukcyjnych. Dokładnie zwilżamy wodą powierzchnię i wprowadzamy w szczelinę jeden z betonów ekspansyjnych wynikających z wcześniej przygotowanej dokumentacji wykonawczej czy naprawczej, stosując metodą moką aplikację betonu. Tu również musimy pamiętać o zabezpieczeniu powierzchni folią na okres 2–3 dni lub nawilżać powierzchnię betonową przez okres 14 dni.

Zużycie spoiw wynosi 2,0 kg/1 dcm<sup>3</sup> wypełnienia lub 1,0 m<sup>2</sup>/1 mm grubości.

### **5.5. Uwagi technologiczne**


Ze względu na to, że proces wiązania rozpoczyna się po 20 minutach, w celu opóźnienia rozpoczęcia procesu wiązania należy suchą zaprawę przemieszać z 75% wody, po kilku minutach dodać resztę wody i ponownie przemieszać. Opóźnienie przesuniemy do 40 min.

Należy ściśle przestrzegać ilości dodawanej wody, jaka jest podawana na etykiecie produktu.

Zużycie betonu wynosi 2 kg/dcm<sup>3</sup> wypełnienia lub 1 m<sup>2</sup> grubości 1.

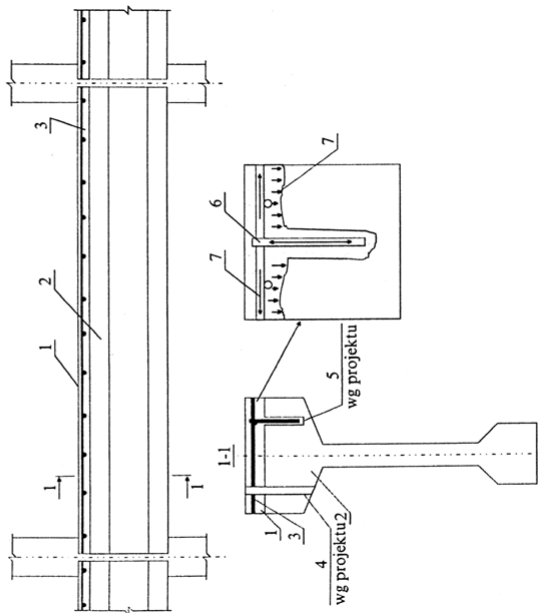
## **6. Przykłady stosowania**

Na rysunkach 2–13 przedstawiono przykłady stosowania spoiw ekspansyjnych.

<b>WZMOCNIENIE BELEK PODSUWNICOWYCH BETONEM EKSPANSYWNYM</b>	
	
2.2	System stosowania betonu ekspansyjnego do wzmocnienia, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

Cel stosowania:


- wzmocnienie półki belki,
- włączenie części wzmocniającej do współpracy,
- zwiększenie trwałości konstrukcji.



Oznaczenia:

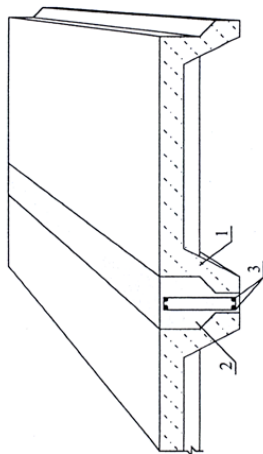
- 1 - warstwa betonu ekspansyjnego,
- 2 - półka belki,
- 3 - zbrojenie dodatkowe,
- 4 - rura  $\varnothing 20$  mm,
- 5 - odwiert  $\varnothing 16$  dla pręta kotwiącego,
- 6 - pręt kotwiący  $\varnothing 12..14$  mm,
- 7 - samonapężone zbrojenie dodatkowe.

**Rys. 2.** Wzmocnienie belek podsuwnicowych betonem ekspansyjnym

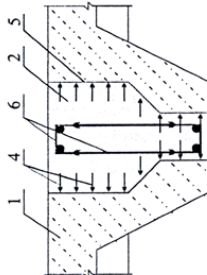
<b>WZMOCNIENIE STROPÓW Z PŁYT ŻEBROWYCH DODATKOWYMI BELKAMI Z BETONU EKSPANSYWNEGO</b>	
	
I.1	System stosowania betonu ekspansyjnego do wzmocnienia, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

Cel stosowania:

- zwiększenie nośności stropu,
- włączenie wzmocnienia do współpracy z konstrukcją naprawianą.



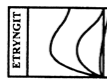
Mechanizm włączenia wzmocnienia do współpracy



Oznaczenia:

- 1 - płyty stropowe,
- 2 - beton ekspansyjny,
- 3 - zbrojenie dodatkowe,
- 4 - samonapężony styk "starego" i "nowego" betonu,
- 5 - uszorstniona powierzchnia styku,
- 6 - zbrojenie dodatkowe samonapężone ekspansyjnym betonem.

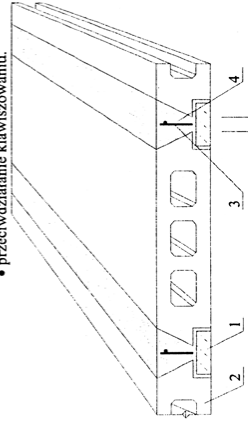
**Rys. 3.** Wzmocnienie stropów z płyt żebrowych dodatkowymi belkami z betonu ekspansyjnego



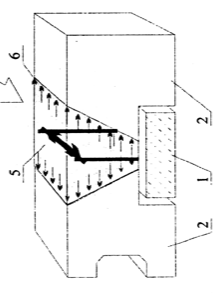
**ZESPOLENIE STROPÓW Z ELEMENTÓW PREFABRYKOWANYCH ZA POMOCĄ BETONU EKSPANSYWNEGO**

**L.2** System stosowania betonu ekspansyjnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- zwiększenie sztywności stropu,
  - zmodyfikowanie elementów stropu,
  - przeciwdziałanie klawiszowaniu.



Schemat włączenia wzmocnienia do współpracy



- Oznaczenia:**
- 1- belka prefabrykowana żelbetowa lub sprężona,
  - 2- elementy pustakowe stropu,
  - 3- szkielet zbrojeniowy w nadbetonie, monolitycznym,
  - 4- beton ekspansyjny,
  - 5- samonapężenie zbrojenia, spowodowane ekspansją betonu,
  - 6- samonapężony styk prefabrykatu i betonu monolitycznego.

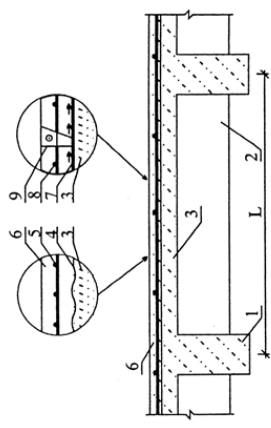
**Rys. 5.** Zespolenie stropów z elementów prefabrykowanych za pomocą betonu ekspansyjnego



**NAPRAWA I WZMOCNIENIE PŁYTY STROPU MONOLITYCZNEGO ZA POMOCĄ NADBETONU EKSPANSYWNEGO**

**L.3** System stosowania betonu ekspansyjnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- zwiększenie nośności stropu,
  - zwiększenie odporności na ścieranie,
  - zwiększenie wodo- i gazoszczelności,
  - zwiększenie odporności na korozję olejową,
  - wyeliminowanie tradycyjnej izolacji,



- Oznaczenia:**
- 1 - belki żelbetowe,
  - 2 - żebra stropu,
  - 3 - płyta monolityczna stropu,
  - 4 - powierzchnia styku,
  - 5 - siatka zbrojeniowa,
  - 6 - warstwa betonu ekspansyjnego,
  - 7 - samonapężony styk,
  - 8 - samonapężone zbrojenie ekspansją betonu,
  - 9 - rozkład naprężeń własnych (samonapężeni)

**Rys. 4.** Naprawa i wzmocnienie płyty stropu monolitycznego za pomocą nadbetonu ekspansyjnego

**WZMOCNIENIE  
ŚCIANEK OPOROWYCH BETONEM EKSPANSYWNYM  
ZASTOSOWANYM W STREFIE ŚCISKANEJ**

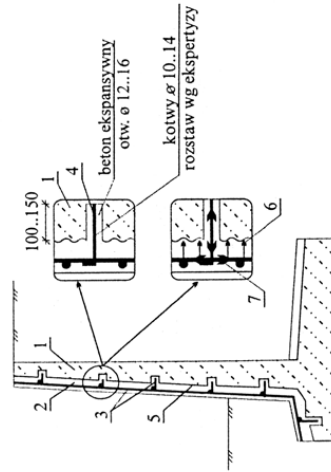


System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

6.2

**Cel stosowania:**

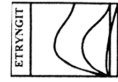
- zwiększenie nośności konstrukcji,
- włączenie wzmacnienia do współpracy z konstrukcją,
- przedłużenie czasu eksploatacji.

**Oznaczenia:**

- 1- ściana oporowa,
- 2- beton ekspansywny,
- 3- zbrojenie dodatkowe,
- 4- pręty kotwiące,
- 5- powierzchnia styku,
- 6- styk z dociskiem ekspansywnym,
- 7- zbrojenie samonaprzężone wskutek odkształceń betonu ekspansywnego.

**Rys. 6.** Wzmocnienie ścianek oporowych betonem ekspansywnym zastosowanym w strefie ściskanej

**WZMOCNIENIE  
MURÓW FUNDAMENTOWYCH  
ZACZYNAMI I ZAPRAWAMI EKSPANSYWNymi**

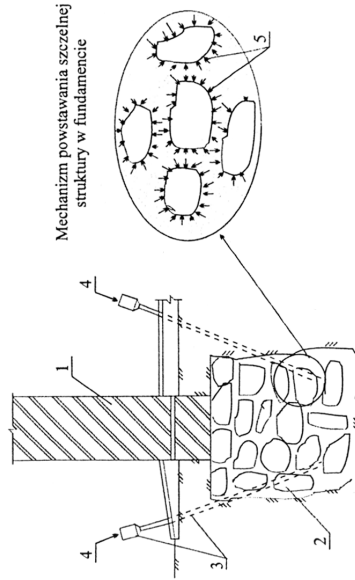


System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

5.3

**Cel stosowania:**

- rekonstrukcja muru fundamentowego,
- zwiększenie wytrzymałości materiału w murze fundamentowym,
- strukturalne uszczelnienie muru.

**Oznaczenia:**

- 1- ściana budynku,
- 2- naprawiany fundament,
- 3- rurki iniekcyjne,
- 4- zaczyn lub zaprawa iniekcyjna podawana pod ciśnieniem,
- 5- docisk w styku pomiędzy elementami struktury fundamentu, spowodowany ekspansją materiału iniekcyjnego.

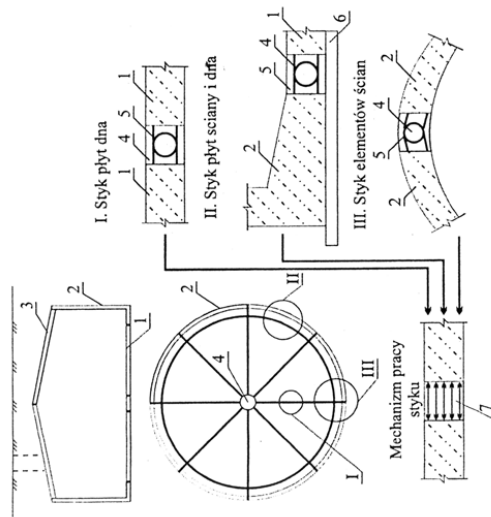
**Rys. 7.** Wzmocnienie murów fundamentowych zaczynami i zaprawami ekspansywnymi

**ZAPEWNIENIE  
CIĄGŁOŚCI I SZCZELNOŚCI ZBIORNIKÓW  
PREFABRYKOWANYCH ZA POMOCĄ  
BETONU EKSPANSYWNEGO**



7.1 System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- zabezpieczenie ciągłości w konstrukcji zbiornika,
  - zabezpieczenie szczelności styków.



- Oznaczenia:**
- 1- prefabrykowane płyty dna,
  - 2- prefabrykowane elementy ścian,
  - 3- prefabrykowane elementy przekrycia,
  - 4- beton ekspansywny,
  - 5- zbrojenie styku,
  - 6- beton podkładowy,
  - 7- samonaprzężony styk pomiędzy prefabrykatami.

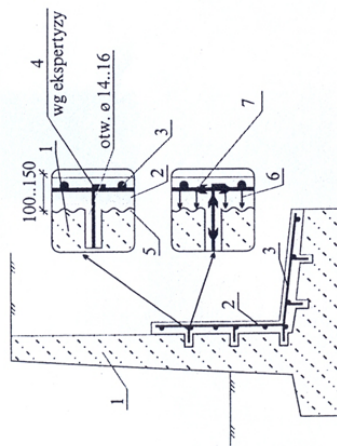
**Rys. 8.** Zapewnienie ciągłości i szczelności zbiorników prefabrykowanych za pomocą betonu ekspansywnego

**WZMOCNIENIE  
ŚCIANEK OPOROWYCH BETONEM EKSPANSYWNYM  
ZASTOSOWANYM W STREFIE ROZCIĄGANEJ**



6.3 System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- wzmożenie konstrukcji,
  - włączenie wzmożenia do współpracy z konstrukcją naprawianą,
  - przedłużenie czasu eksploatacji,



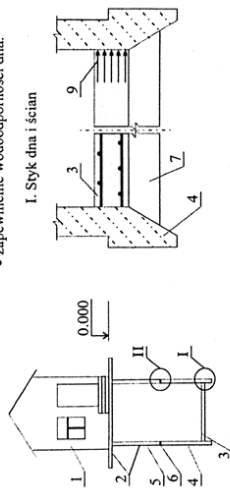
- Oznaczenia:**
- 1- ściana oporowa,
  - 2- beton ekspansywny,
  - 3- siatka zbrojeniowa,
  - 4- pręty kotwiące,
  - 5- powierzchnia styku,
  - 6- styk samonaprzężony,
  - 7- zbrojenie samonaprzężone wskutek odkształceń betonu ekspansywnego.

**Rys. 9.** Wzmożenie ścianek oporowych betonem ekspansywnym zastosowanym w strefie rozciąganej

**ZAPEWNIENIE  
CIĄGŁOŚCI I SZCZELNOŚCI WYKONANEJ Z ELEMENTÓW  
PREFABRYKOWANYCH STACJI POMP ZA  
POMOCĄ BETONU EKSPANSYWNego**

**7.3** System stosowania betonu ekspansywnego do wzmocnienia, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych pionowych styków.

- Cel stosowania:**
- zabezpieczenie szczelności poziomych i pionowych styków,
  - zapewnienie wodoodporności dna.



II. Poziomy styk elementów prefabrykowanych

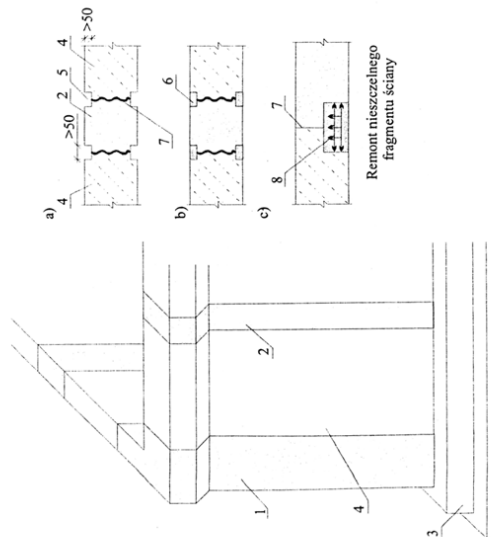
- Oznaczenia:**
- 1- część nadzienna stacji,
  - 2- część podzienna stacji,
  - 3- Żelbetowa płyta dna z betonu ekspansywnego,
  - 4- dolny poziom prefabrykowanej ściany,
  - 5- górny poziom prefabrykowanej ściany,

- 6- poziomy styk prefabrykatów z betonu ekspansywnego,
- 7- korek betonowy,
- 8- samonaprzężony styk poziomy,
- 9- samonaprzężony styk dna ze ścianą.

**ZAPEWNIENIE  
SZCZELNOŚCI ZBIORNIKÓW PROSTOPADŁOŚCIENNYCH  
BETONEM EKSPANSYWNym**

**7.2** System stosowania betonu ekspansywnego do wzmocnienia, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- Zapewnienie szczelności styków, przez które obserwuje się przecieki wody,
  - zwiększenie trwałości styku.



**Oznaczenia:**

- 1- naroże monolityczne z betonu zwykłego,
- 2- styk prefabrykatów,
- 3- fundament,
- 4- prefabrykaty ścian,
- 5- bruzdy przygotowane do betonowania,
- 6- beton ekspansywny,
- 7- nieszczelny styk,
- 8- samonaprzężony beton w bruzdach.

**Rys. 10.** Zapewnienie ciągłości i szczelności wykonanej z elementów prefabrykowanych stacji pomp za pomocą betonu ekspansywnego

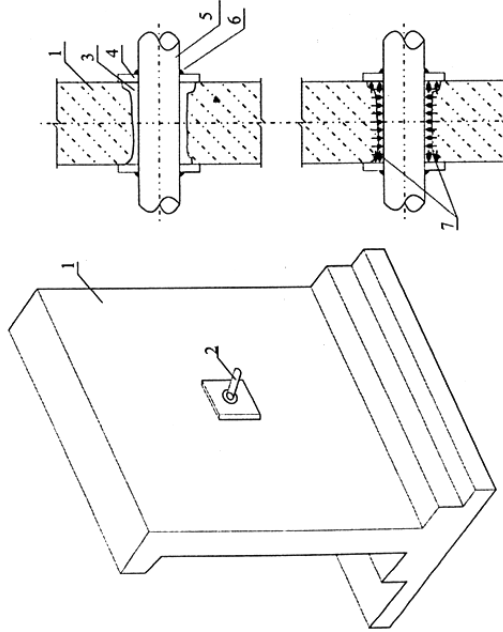
**Rys. 11.** Zapewnienie szczelności zbiorników prostopadłościennych betonem ekspansywnym

**ZAPEWNIENIE  
ZA POMOCĄ BETONU EKSPANSYWNEGO SZCZELNOŚCI  
PRZEJŚĆ PRZEWODÓW RUROWYCH PRZEZ ŚCIANY**



**7.4** System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

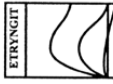
- Cel stosowania:**
- zabezpieczenie szczelności w ścianie, w otoczeniu przewodu technologicznego,
  - wzmocnienie ściany w obrębie otworu.



- Oznaczenia:**
- 1- ściana zbiornika (pompowni, budynku),
  - 2- otwór w ścianie,
  - 3- beton ekspansywny,
  - 4- kołnierz,
  - 5- rura,
  - 6- spaw,
  - 7- samonaprzężony styk.

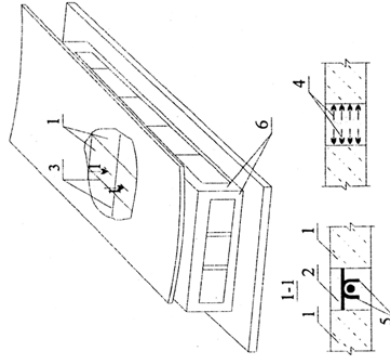
**Rys. 12.** Zapewnienie za pomocą betonu ekspansywnego szczelności przejść przewodów rurowych przez ściany

**ZAPEWNIENIE  
CIĄGŁOŚCI POWŁOKI PREFABRYKOWANEJ ZA POMOCĄ  
MONOLITYZOWANIA STYKU BETONEM EKSPANSYWNYM**



**8.2** System stosowania betonu ekspansywnego do wzmacniania, napraw i poprawy jakości konstrukcji budowlanych

- Cel stosowania:**
- połączenie i zmonolityzowanie elementów prefabrykowanych,
  - sprężenie konstrukcji.



- Oznaczenia:**
- 1- elementy prefabrykowane,
  - 2- beton ekspansywny,
  - 3- ściąg stalowy,
  - 4- samonaprzężanie w styku,
  - 5- zbrojenie styku,
  - 6- elementy ścienne powłoki.

**Rys. 13.** Zapewnienie ciągłości powłoki prefabrykowanej za pomocą monolityzowania styku betonem ekspansywnym

LITERATURA

- [1] *Król M.*: O naprawach i wzmocnieniach konstrukcji budowlanych betonem ekspansywnym. Lublin 2005