

# KONCEPCJA „BIAŁEJ WANNY” – SIKA® WHITE BOX CONCEPT

Szczegółowe opracowanie dla biur projektowych

Zgodne z normami: Eurokod 2 PN-EN 1992-3:2008, PN-EN 1991-1-1: 2011,

PN-EN 206:2014-04, PN-EN 13670: 2011



## 1. ISTOTA KONCEPCJI ‘BIAŁEJ WANNY’ W ROZWIĄZANIU SIKA® WHITE BOX CONCEPT

Dla złożonych i bardziej skomplikowanych konstrukcji, od której wymagamy trwałej wodoszczelności, stosunkowo proste oraz standardowe rozwiązania oparte na koncepcji betonu wodoszczelnego i szczelnych połączeń (np. *Sika® Watertight Concrete System*) mogą być wykorzystane w ograniczonym zakresie. Aby spełnić wszystkie wymagania przepisów budowlanych do projektowania i zapewnienia pełnego bezpieczeństwa oraz trwałości, konstrukcje złożone muszą być wodoszczelne. Szczegółowy projekt inżynierskich konstrukcji wodoszczelnych dla wszystkich elementów konstrukcyjnych, zapewniający jej wodoszczelność i wodoodporność, może być projektowo zoptymalizowany w zasadzie tylko w konstrukcji tak zwanej "Białej Wanny" - (np. *Sika® White Box*).

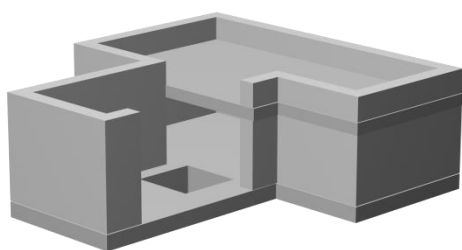
Określenie "Biała Wanna" jako opis i rozwiązanie jest doskonałe od kilku dziesięcioleci, głównie w Niemczech i Europie Środkowej (np. konstrukcja jest specyfikowana i zatwierdzona przez DAfStb w Niemczech).

Przed wszystkim koncepcja *Sika® White Box* wymaga szczegółowego i indywidualnie dopasowanych rozwiązań konstrukcyjnych zgodnych z najnowszymi standardami europejskimi (normami EN).

Określają to coraz to nowe międzynarodowe normy Eurokodu 2, PN-EN 1992-3-2008 "Projektowanie konstrukcji betonowych. Część 3. Silosy i zbiorniki na ciecze" czy zaktualizowana w 2014 roku norma PN-EN 206:2014-04. Także w innych wiodących światowych normach podobne zasady są stosowane, takie jak w Amerykańskiej normie ACI 350 "Requirements for the Environmental Engineering of

Concrete Structures" - na szczęście wszystkie te normy są rzeczywiście bardzo podobne co do zasady wymogu niedopuszczenia wody do wnętrza piwnic i obiektów inżynierskich, przestrzegając ściśle wytycznych projektowych konstrukcji żelbetonowych (włączając w to wytrzymałość, kontrolę skurczu, trwałość i ograniczenia takie jak minimalna ilość zbrojenia oraz grubość otuliny betonowej), oraz jakość projektowania mieszanki betonowej i wbudowania jej wraz z odpowiednio zaprojektowanymi rozwiązaniami izolacji przeciwwodnej dla wszystkich połączeń, dylatacji, przepustów oraz innych elementów instalacji itp.

#### Przykład:



Sika® White Box Concept stanowi wszechstronne, kompleksowe rozwiązanie dla piwnic i wszelkiego rodzaju konstrukcji wszelkich typów, które muszą być wodoszczelne i praktyczne zastosowania na budowie np. dla rozmaitej geometrii i konstrukcji z wysoką zawartością zbrojenia betonu. Beton samozagęszczany (SCC) ma tu zastosowanie. Sika White Box Concept obejmuje zatem materiały i raz ich wzajemne oddziaływanie:

- a) projekt mieszanki betonowej Sika® Watertight Concept
- b) uszczelnienia połączeń i hydroizolacji z całego zakresu rozwiązań Sika
- c) projekt techniczny i optymalizacja kosztów przy rozwiązaniach Sika

#### **UWAGA:**

**W Sika® White Box Concept dopuszczalna rysa jest zasadniczo ograniczona do  $<0,2$  mm** (wg wymagań Eurokod 2 PN-EN 1992-2:2008 dla klas szczelności 1 do 3 i przy redukcji skurczu przez stosowanie odpowiedniego zbrojenia zgodnie z PN-EN 1992-3:2008 Ta. 7.105 + PN-EN 1991-1-1:2004 + AC:2008 Tab. 7.1N).

## **2. PROJEKTOWANIE „BIAŁEJ WANNY” systemu Sika® WHITE BOX CONCEPT**

### **2.1 ZASADY PROJEKTOWANIA**

Profesjonalne projektowanie i budowa wysokiej klasy wodoszczelnych konstrukcji betonowych jest wyzwaniem, które wymaga od inżyniera posiadania dogłębnej wiedzy technicznej i doświadczenia. Projektowanie w koncepcji Sika® White Box Concept zawsze musi zawierać :

- Sprecyzowanie rozwiązań projektu konstrukcyjnego (minimalna ilość połączeń, unikając zablokowań oraz rys skurczowych, ograniczając wymagane uszczelnienia pęknięć i inżynierskich hydroizolacji) zgodnie z PN-EN 1992-3:2008 i PN-EN 13670:2011.
- Wybór i optymalizacja projektu mieszanki betonowej, sposobu ułożenia, zagęszczenie i technik wykończeniowych zgodnie z PN-EN 206:2014-04, PN-EN 13670:2011 + pomoc w tym zakresie Inżyniera Sika.
- Wybór i określenie wielkości elementów betonowych i wymiarowania ich zbrojenia wraz z jego rozstawem, typem i rozmieszczeniem, tak, że pozwoli to na prawidłowy

montaż określonych systemów hydroizolacyjnych i określonej mieszanki betonowej i jej konsystencji zgodnie z PN-EN 13670:2011.

- Opracowanie harmonogramu betonowania, w tym precyzyjne pozycjonowanie i wymiarowanie połączeń w konstrukcji.
- Definiowanie wszystkich innych szczegółów (ruchome/dylatacyjne połączenia/, izolacje i zastosowanie odcinków kontrolowanego pęknięcia, wymuszającego podziału sekcji) oraz wszystkie przejścia w konstrukcji i ich rozwiązań hydroizolacyjnych, w tym na połączeniach i innych elementach w ramach przyjętego systemu hydroizolacji korzystając z Katalogu Sika® Waterbar + pomoc w tym zakresie Inżyniera Sika.

Rysy są normalnym zjawiskiem w budowie konstrukcji żelbetowych i może być trudno ich uniknąć nawet przy starannym projektowaniu i wykonaniu. Właściwe projektowanie jest zatem wtedy kiedy szczeliny spełniają krytyczny wymóg zapewnienia wodoszczelności konstrukcji Sika® White Box. Szerokość rys należy więc ograniczać do wymiaru, w którym dopływ wody nie może wystąpić. Według najczęściej obowiązujących norm maksymalna dozwolona szerokość rys to 0,2 mm. Jeśli występują z jakiegokolwiek powodu szersze rysy lub pęknięcia konstrukcji wodoszczelnych, to muszą one też być profesjonalnie i trwale zamknięte.

## 2.2 OGRANICZANIE RYS I PROJEKTOWANIE

Należy określić „Klasę szczelności” zgodnie z PN-EN 1992-3:2008 tabela 7.105 wraz z określeniem wskaźnika  $w_{kl}$ , zasięgu strefy ściskanej  $x_{min}$ .

### **UWAGA:**

**Dopuszczalne rysy w konstrukcji żelbetowej zgodnie z PN-EN 1991-1-1:2004+AC:2008 ze względu na wymóg wodoszczelności nie mają tu zastosowania.**

Projektant/Inżynier ma możliwość przyjęcia wielu rozwiązań konstrukcyjnych korzystając z koncepcji Sika® White Box Concept. Należą do nich:

- a) Zapobiegania rysom skurczowym, poprzez unikanie lub ograniczenie naprężeń skurczowych (Zasada projektowa: Zapobiegać rysom skurczowym).
- b) Ograniczenie rys skurczowych do wymiaru, który nie pozwala na dopływ wody lub do rozmiaru rysy, który można zamknąć przez autogeniczne samoleczenie (Zasada projektowa: pozwolić na rysy skurczowe o ograniczonej szerokości).
- c) Dopuszczalne są rysy o szerokości, takiej które mogą być następnie uszczelnione w procesie samoleczenia w betonie po jego zabudowaniu lub z uszczelnianiami systemowymi Sika® WT-200 jako pakiet rozwiązań uszczelniających (Zasada Projektowa: Umożliwienie skurczu i zapewnienie następnie ich nieprzemakalność).

### **UWAGA:**

**Zastosowanie domieszki uszczelniającej Sika® WT-200 jest rozwiązaniem optymalnym, gwarantującym znaczenie skuteczniejszy, szybszy i trwały proces samoleczenia rys. Ponadto jest to proces mogący podlegać skutecznej kontroli w produkcji mieszanki betonowej u jej Producenta.**

Dobór najbardziej odpowiedniego koncepcji projektowania rys/połączeń będzie oczywiście mieć wpływ na rodzaj, rozmiar oraz liczbę szczelin dylatacyjnych jakie będą zaprojektowane i uszczelnione. Różne koncepcje projektowe i możliwe metody są zestawione w Tabeli 2.4.

Tabela 2.4 Ograniczenie rys i projektowanie.

| Zasada projektowa |                                                                                              | Metoda                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>a</b>          | <b>Unikanie rys skurczowych</b>                                                              | <div> Metody strukturalne: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Warunki gruntowe / podbudowy o małym osiadaniu i podatności.</li> <li>- Konstruowanie kontrolowanych miejsc wymuszonego pęknięcia</li> <li>- Konfiguracja określonych dylatacji</li> </ul> </div> <div> Technologii betonu <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dobór cementu i mieszanki betonowej o niskim cieple twardnienia</li> <li>- Kontrola temperatury świeżego betonu</li> </ul> </div> <div> Metody instalacji <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zdefiniowanie kolejności betonowania sekcjach</li> <li>- Pogoda - wybór właściwych środków pielęgnacyjnych i metod utwardzania</li> </ul> </div> | Minimum zbrojenia, wiele połączeń (styków) |
| <b>b</b>          | <b>Dopuszczenie rys skurczowych ograniczonej szerokości <sup>1) 2)3)</sup></b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nie dopuszczać do pełnego skurczu , ale pozwalając na pękanie z kontrolą szerokości rys</li> <li>- Dodatkowe zbrojenie na ściśle przeniesienie naprężeń skurczowych</li> <li>- Kontrola szerokości rys</li> <li>- Wspomaganie procesu samoregeneracji domieszką uszczelniającą Sika®WT-200</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Dodatkowe zbrojenie minimalne złącza       |
| <b>c</b>          | <b>Dopuszczenie rys skurczowych i późniejsze ich wodoodporne uszczelnienie <sup>3)</sup></b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bez dodatkowego wzmocnienia nie-strukturalnego dla ograniczeń pęknięcia i bez dodatkowych połączeń</li> <li>- Wodo-przepuszczalne skurczowe rysy są po uszczelnieniu wodoodporne, np. po powierzchniowym wypełnieniu rys lub iniekcji.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Minimum zbrojenia, minimum połączeń        |

<sup>1)</sup> Przed przekazaniem do betonowania przed lub na początku wszelkich prac

<sup>2)</sup> Jeśli atmosferyczny CO<sub>2</sub>, nie ma dostępu do rysy (np. z powodu powłok ochronnych), albo jeśli kwas węglowy (tj. od miękkiej wody - niskie pH <6) jest obecny w wodzie redukując wapno, lub w przypadku istotnej zmiany w szerokości rys proces samoleczenia mogą być zakłócony lub zatrzymany

<sup>3)</sup> Materiały do uszczelnienia rysy, np. od wypełnienia rys powierzchniowych lub iniekcji, zawsze muszą być z góry zaprojektowane i zaplanowane w ramach normalnych prac do wykonania wg. projektu. Metoda ta wymaga również zapewnienie długoterminowego dostępu do danej powierzchni.

Jest szczególnie ważne, aby dwa terminy techniczne były w pełni i prawidłowo rozumiane w odniesieniu do projektowania i planowania zarysowań wymaganych dla systemu „białej wanny” wg koncepcji Sika® White Box Concept.

a) Kontrola szerokości rys

Generalnie profilaktyka dodatkowego zbrojenia przeciw skurczowego jest ściśle powiązana ze szczeliną, która jest elementem konstrukcji Sika® White Box Concept. Celem jest ograniczenie szerokości pęknięcia (rysy) skurczowego do maksymalnej dopuszczalnej wielkości, co oznacza, że nie wystąpi negatywny wpływ nieprzepuszczalność wody przez konstrukcję, lub całkowitą trwałość konstrukcji. Dlatego konstrukcja będzie zaprojektowana i zbudowana tak, że maksymalna szerokość rys jest  $< 0,2 \text{ mm}$ . To sprawia, że dodatkowa ilość stali zbrojeniowej jest wyższa niż jest to konieczne ze względów konstrukcyjnych. Zatem całkowita ilość zbrojenia winna być przez Projektanta starannie zoptymalizowana.

**UWAGA:**

Dla projektowanych konstrukcji lub jej składników, zasady projektowania "Unikanie rys skurczowych" lub "Unikanie rys skurczowych i zmodyfikowanie hydroizolacji powierzchniowej przez wypełnienia / iniekcję rys" **alternatywą jest koncepcja "Umożliwienie rys skurczowych z ograniczoną szerokością". Autogenna, własna zdolność leczenia pęknięć, jest również ważne dla przyjętej koncepcji. Patrz opis poniżej. Wspomaganie tego procesu poprzez działanie domieszki uszczelniającej Sika®WT-200 jest rozwiązaniem zalecanym (patrz opis poniżej).**

b) Samoregeneracja

W pewnych warunkach samoregeneracja (znany również jako autogenne leczenie) może odbywać się w szczelinach o ograniczonej wielkości, w których obecna jest woda, która również skutecznie uszczelnia pęknięć pod warunkiem, że brak jest naprężeń rozciągających. Ta samoregeneracja jest oparta na następującym procesie.

- Szczelina napętnia bardzo drobnych sypekich cząstek z matrycy betonowej i rozpuszczonych materiałów rozpuszczalnych w wodzie zawartej w porach

Powstający, krystaliczny węglan wapnia ( $\text{CaCO}_3$ ) wytrąca się z cieczy zawartej w porach do rys, i w wyniku tego procesu można bardzo skutecznie uszczelnić rysę. Na rys. 2.11 pokazano przykład rysy zamkniętej procesie samoregeneracji.



Rys. 2.11

**3 Dzień**  
**Rozwartość rysy**  
**do 0.4 mm**  
**Warunki laboratoryjne**

**5 Dzień**

**9 Dzień**

**13 Dzień**



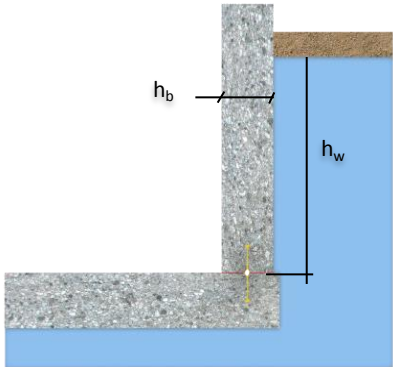
Kluczowe pytania to jest "Kiedy spodziewać się samoregeneracji rys w tym procesie?" Warunki wymagane do tego, aby miało to miejsce są zestawione jako:

- Ograniczenie szerokości pęknięć. W zależności od ciśnienia wody, szerokości szczeliny ujęte są w Tabeli 2.5 poniżej. Jeżeli wartości wskaźnika  $w_{kl}$  zgodnie z Eurokodem 2 PN-EN 1992-3:2008 nie będą przekroczone, to przedostanie się wody jest zatrzymane i rysa jest zamknięta w procesie samoregeneracji.
- Brak naprężeń rozciągających powinny obejmować cały obszar elementu, tak aby nie było przemieszczeń w rysie. Wskaźnik  $X_{min}$  wg. PN-EN 1992-3:2008
- Przepływ wody w rysach jest niski (gradient ciśnienia ograniczony, patrz też informacje w Tabeli 2.5 poniżej)
- Wody gruntowe nie mogą zawierać związków kwaśnych, rozpuszczających wapno, np. niezawierającym kwasów humusowych, miękka woda lub kwas węglowy ( $H_2CO_3$ ), rozpuszczonych soli, zawartość rozpuszczonego materiału  $\leq 40$  mg/l,  $pH \geq 5,5$
- Dwutlenek węgla ( $CO_2$ ) z atmosfery powinien być w stanie wnikać do rysy.

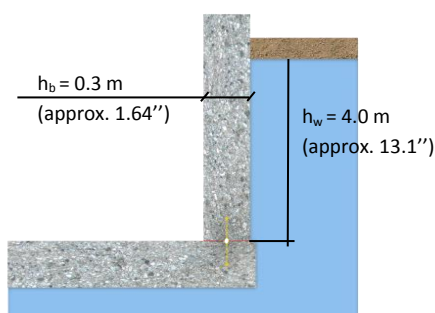
W uzupełnieniu do warunków wymienionych powyżej, efekt samoregeneracji należy wspomagać poprzez zastosowanie tak zwanej "aktywnej" domieszki do betonu wodoszczelnego **Sika® WT 200** powodującej:

- szybszy wzrost procesu krystalizacji
- przyspieszenie tego procesu umożliwia skrócenie okresu dostępności  $CO_2$  do rysy, a zatem można układać następne warstwy, jeżeli takowe przewiduje projekt

Tabela 2.5. Dozwoływym szerokości rys skurczowych  $w_{kl}$  aby przedostająca się woda została zatrzymana w procesie samoleczenia wg. PN-EN 1992-3:2008 Eurokod 2 tab. 7.105.

| Gradient ciśnienia<br>$i = h_w / h_b$ | Obliczeniowa szerokość rysy $w_{kl}$ |  |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| $\leq 10$                             | 0,20 mm                              |                                                                                       |
| $> 10$ do $\leq 20$                   | 0,15 mm                              |                                                                                       |
| $> 15$ do $\leq 25$                   | 0,10 mm                              |                                                                                       |

Przykład z rys. 2.13 pokazuje, jak określić maksymalną szerokość dozwolone rysy  $w_{kl}$  wykorzystując efekt samoleczenia, aby nie wystąpiła jakiegokolwiek rysa:



**Przykład:**

Z ciśnieniem wody  $h_w = 4,0$  m i konkretny składnik głębokości  $h_b = 0,3$  m, gradient ciśnienia  $i$  można obliczyć:

$$i = 4,0 \text{ m} / 0,30 \text{ m} = 13,3$$

Daje to wartość matematyczną szerokości rys z Tabeli 2.5

$$w_{kl} = 0,15 \text{ mm}$$

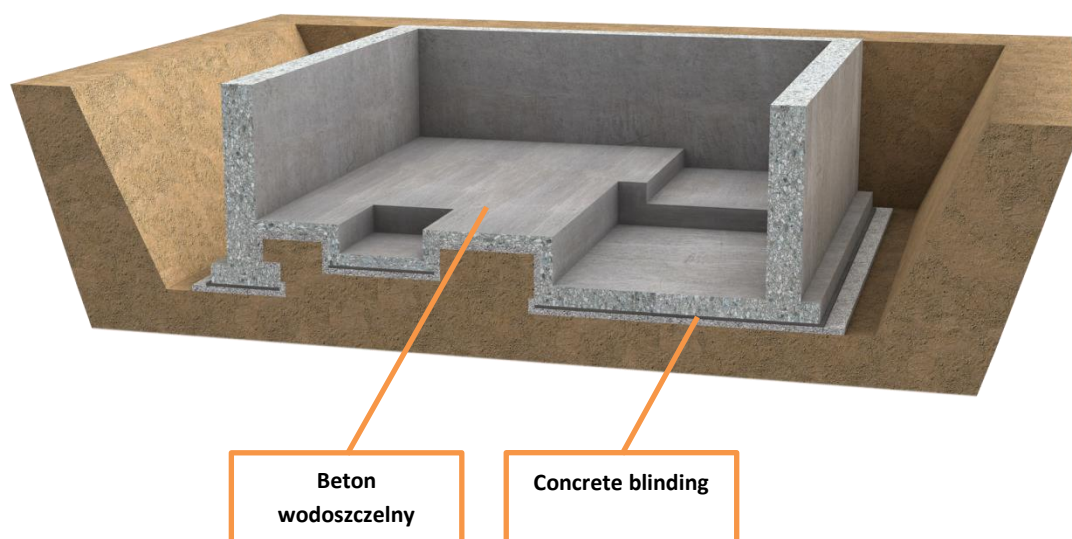
**Zwiększenie grubości ściany  $h_b$  do 50 cm pozwala na przyjęcie rozwarłości rys na poziomie 020 mm.**

## 2.3 ZASADY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI

Aby uniknąć w miarę możliwości naprężeń rozciągających i powstawania rys skurczowych, zasady projektowe z Sika® White Box Concept winne być przestrzegane, w tym:

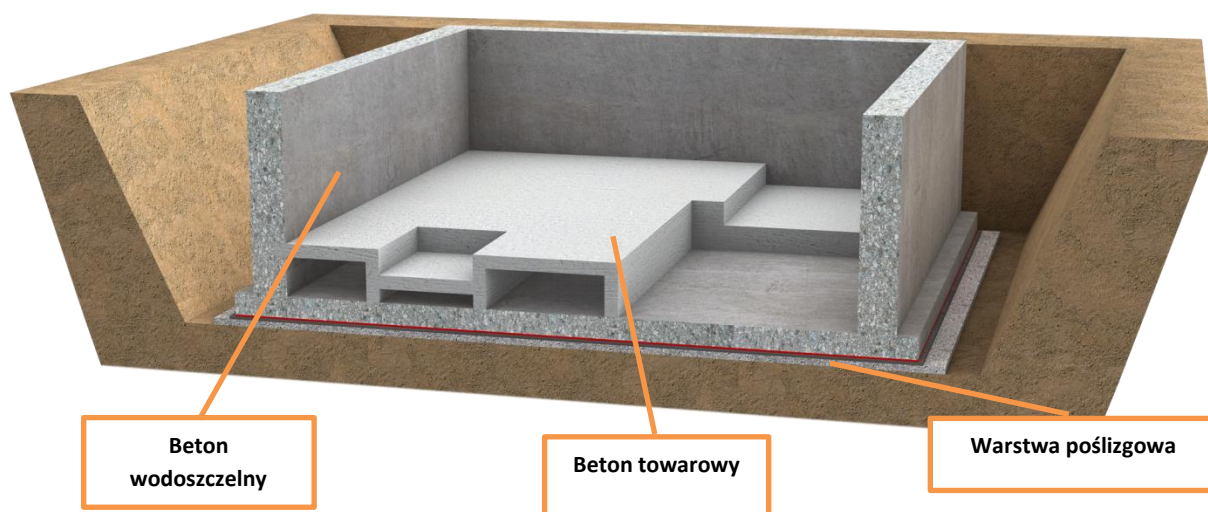
- a) Specyfikacja musi zawsze spełniać wymogi konstrukcyjne grubości betonowego elementu (ogólnie powinno to być minimum 25 cm). Ważne jest, aby pamiętać, że skurcz rośnie jak grubość ta wzrasta i więcej zbrojenia będzie konieczne dla ograniczenia szerokości zarysowań.
- b) Projekt i rzut poziomy konstrukcji powinny zawsze być tak proste, jak to możliwe, i tak dobrane, że konstrukcja była w dużej mierze prostokątna bez ograniczeń, lub tak, że może generować tylko niskie naprężenia skurczowe. Jeśli to możliwe bazowe płyty powinny być utworzone jako płaskie w spodniej części. Przykład nieodpowiedniej konstrukcji jest pokazany na rys. 2.14. Konstrukcję następnie przedstawiono jako przykład na fig. 2.15 zgodny Sika® White Box Concrete.

### Rozwiązanie nieodpowiednie



Rys. 2.14 Nieodpowiednie rozwiązanie projektowe

## Zalecane rozwiązanie



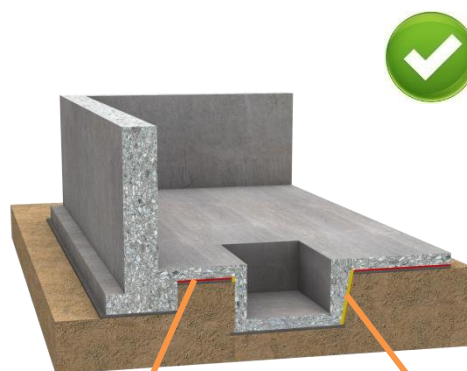
Rys. 2.15 Zalecane rozwiązanie projektowe dla systemu „białej wanny”

- c) W celu zmniejszenia ewentualnego tarcia, między podstawą płyty i warstwą ubitego podłoża jako trwałą warstwę poślizgową zastosować membranę z folii polietylenowej lub pokrycie błyszczącą powłoką z PTFE (Teflon) zob. 2.15. Warstwa nośna powinna być możliwie płaska.
- d) Należy unikać ograniczenia lub deformacji, takich jak wzajemne przesunięcia elementów konstrukcji, podziału na duże płyty bazowe, lub zawierających zagłębienia i zmian w grubości konstrukcji. Jeśli nie można tego uniknąć, wynikające stąd naprężenia powinny być przenoszone za pomocą następujących metod:
- Obniżenie potencjalnej deformacji ograniczających przemieszczenie podczas wbudowania np. poprzez zainstalowanie mat izolacyjnych po bokach, zob. 2.16).
  - Zwiększenie ilości zbrojenia (patrz również rys. 2.18).
  - Optymalizacja konstrukcji oraz konfiguracji wszystkich złączy, otworów w konstrukcji (tj. wszystkie połączenia i ruchome/dylatacje, plus wszystkie poprowadzone rury lub ich przechodzenie przez beton, jeśli nie mogą być wyeliminowane).
  - Projektowanie i instalacja kontrolowanych punktów inicjujących zarysowań (dla połączeń konstrukcyjnych umiejscowienie, wymiarowanie i wykonanie.). Ściany betonowane w elementach obudowy typu, np. odcinające pale lub ściana szczelna powinna mieć wełnę mineralną lub podobny elastyczny wypełniający/odkształcalny materiał w płytach pomiędzy nimi, w celu odizolowania ścian i podpór, a zatem, w związku z tym, uniknąć dodatkowych naprężeń skurczowych.





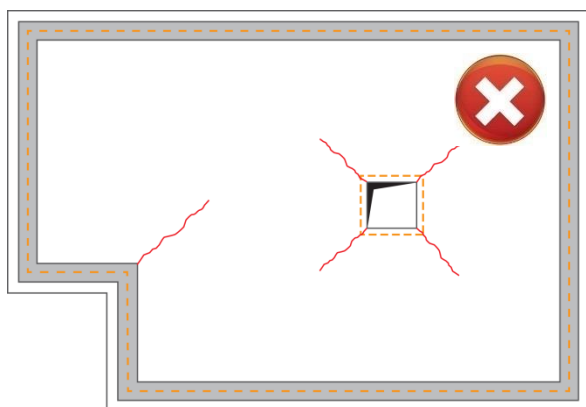
▪ Rys. 2.16



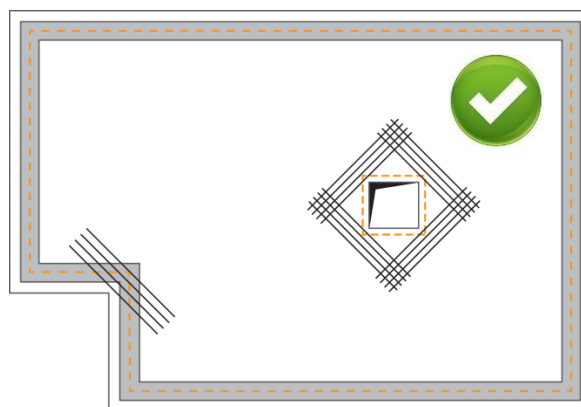
Warstwa poślizgowa

Elastyczna warstwa wypełniająca

- e) Ryzyko zarysowań na przekątnej dodatkowych elementów, odpływy, szyby i inne przepusty, można przeciwdziałać poprzez zastosowanie dodatkowego zbrojenia jako zbrojenia antyzarysowaniowego. Odpowiednie przykłady są pokazane na rysunku. 2.17 i 2.18.



Rys. 2.17



Rys. 2.18

Położenie i rozmiar połączeń muszą być zdefiniowane i określone tak wcześnie, jak to możliwe w procesie projektowania przez Projektanta. W zasadzie wszystkie złącza powinny być proste, czyste i bez odsadzek. Podzielenie konstrukcji niezbędne do zdefiniowania i określenia wszystkich:

- konstrukcji połączeń
- ruchomych lub ekspansywnych połączeń
- kontrolowane rysy wymuszający
- elementy połączeniowe (z różnych materiałów lub do istniejącej/przyszłej konstrukcji itp.)
- przepusty i przejścia powinny znajdować się logicznie zdefiniowane. Informacje na temat każdego z tych różnych rodzajów połączeń i ich właściwości są szczegółowo przedstawia katalog Sika®Waterbar załączony do opracowania. Wszystkie z tych połączeń i przejść muszą być uszczelnione i wykonane jako wodoodporne.

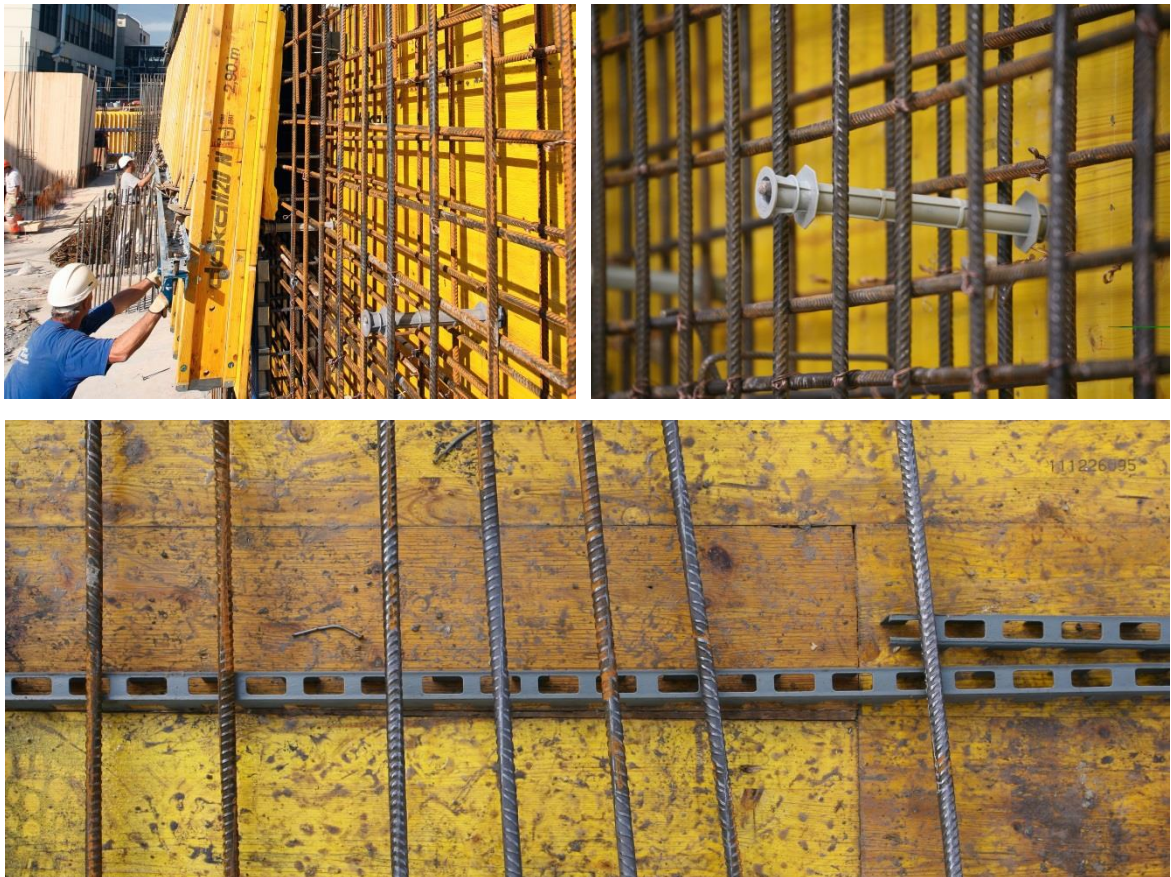
#### **2.4. WYKONANIE KONSTRUKCJI Z BETONU WODOSZCZELNEGO DLA KONCEPCJI „BIAŁA WANNA” (Sika® White Box Concept).**

Błędy w konstrukcji, głównie podczas betonowania, są najczęstszą przyczyną nieszczelności w konstrukcji betonowych. Dlatego szczególną ostrożność jest zawsze wymagana przy wbudowaniu, zagęszczaniu i wykańczaniu betonu.

Następujące zasady muszą być brane pod uwagę podczas budowy konstrukcji wodoszczelnych.

- a) Beton i jego wbudowanie winno być zgodne ze **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.
- b) Zbrojenie i sposób jego ułożenia musi być przystosowany do praktycznego i prawidłowego montażu, a następnie właściwego zagęszczania betonu. Betony silnie zazbrojone, zaleca się, aby uwzględnić przy projektowaniu otwory i przejścia tak, aby beton mógł być fachowo wbudowany i prawidłowo zagęszczony. **Szczegółowa Specyfikacja Techniczna „Zbrojenie”** stanowi Załącznik nr 2.
- c) Aby zapewnić dobrą wytrzymałość betonu zbrojonego i połączenie między betonem i zbrojeniem stalowym, konieczna jest odpowiednia otulina zbrojenia. Na ogół minimalna otulina w wodoszczelnej konstrukcji jest  $\geq 30$  mm - patrz **Szczegółowa Specyfikacja Techniczna stanowiąca załącznik nr 1 i 2**.
- d) Należy używać szalunków i przekładek dystansowych, takich które nie zmniejszają wodoszczelność i przepuszczalność konstrukcji, zaś same przekładki powinny być zazwyczaj wykonane z fibrobetonu lub betonu, a ewentualnie (wyjątkowo) z tworzywa sztucznego lub metalu. Deskowanie wino być zgodne ze **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Deskowanie”** stanowiącą załącznik nr 4.

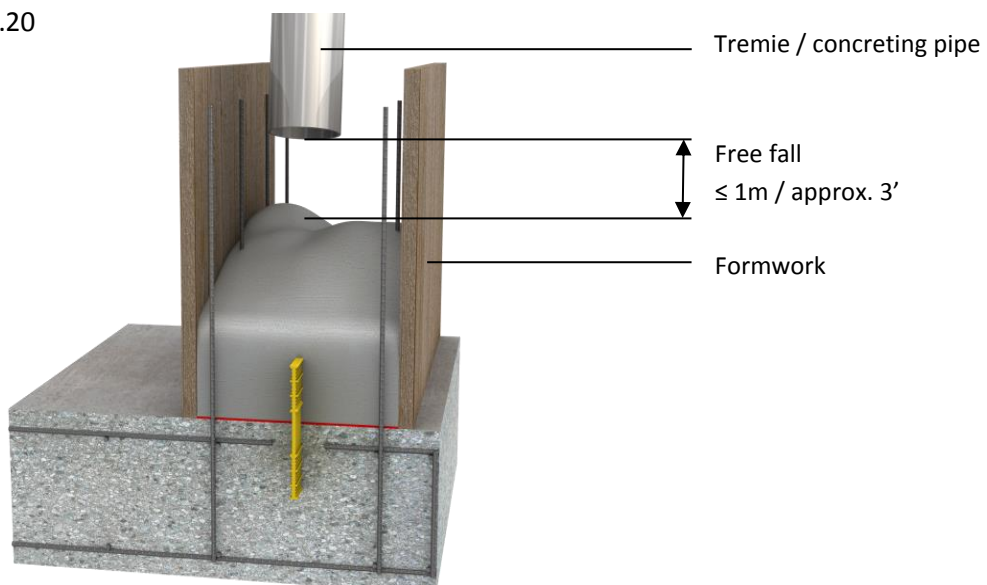
Na rys. 2.19 pokazano odpowiednie przykładki dystansowe szalunków. Deskowania słupów, kolumn musi być bezpiecznie zamknięte, aby zapobiec późniejszemu przedostawaniu się wody przez lub wokół nich.



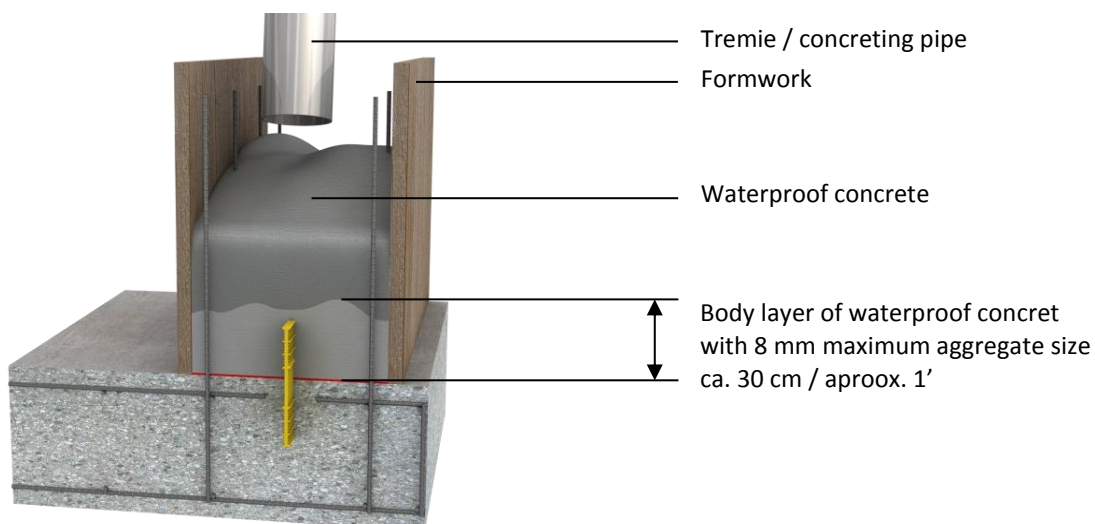
Rys. 2.19

- e) Beton może być wbudowywany w deskowanie przez pompowanie lub wylewanie. Swobodny spadek betonu podczas betonowania - jak pokazano na FIG. 2.20 - powinien wynosić maksymalnie 1 m, aby zapobiec segregacji i rakom w betonie. Końcówka rury podającej beton przy jego wbudowywaniu winna znajdować się bezpośrednio we wcześniej zdefiniowanych i określonych miejscach. Zasadę tą należy zawsze stosować przy betonowaniu konstrukcji wodoszczelnych. Patrz **Szczegółową Specyfikację Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.

Rys. 2.20



- f) W ścianach, beton powinien być zawsze układany równomiernie na całym przekroju ściany, w warstwach o grubości maksymalnej 50 cm. Poszczególne warstwy powinny być „szyte razem” poprzez zagęszczanie buławą wibratora, zgodnie ze sztuką budowlaną. W celu zapewnienia braku wad betonu na podstawy ściany, to znaczy aby zapobiec rakom i zapewnić pełne obetonowanie elementów systemu uszczelnień – jak pokazano na rys. 2,21 – dodatkowo mieszanka betonowa w tej warstwie winna mieć co najmniej 30 cm grubości, jest zwykle zalewana jako pierwsza, powinna mieć maksymalną uziarnienie kruszywa do średnicy 8 mm. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.

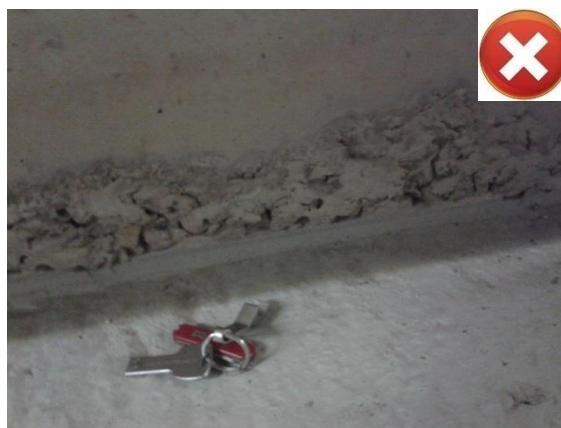


Rys. 2.21

Ograniczając wysokości spadku betonu, stosując wstępną mieszankę na warstwę wiążącą i zagęszczając beton, możemy uniknąć efektu typu „plaster miodu” czy innych wad. Rys. 2.22 przedstawia podstawę prawidłowo zabetonowanej ściany. Zrzucanie betonu z większej wysokości prowadzi do segregacji betonu i tworzenia się struktury typu „plaster miodu” na podstawie ściany. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1. Rys. 2.23 przedstawia typowy przykład.



Rys. 2.22



Rys. 2.23



- g) Istniejące już związane powierzchnie betonowe, na której nowy beton ma być wylewany zawsze musi być dokładnie, wstępnie zwilżona aby zapobiec niepożądanemu odsysaniu i wchłanianiu wody ze świeżej mieszanki betonowej. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.
- h) Temperatura powierzchni betonu, na którym nowy beton zostanie ułożony musi być zawsze powyżej 0 ° C (zwykle + 2 C przy rosnącej i + 3 C przy spadającej temperaturze, zależne od sytuacji). **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.
- i) Szalunki muszą być czyste i wolne od kurzu i zanieczyszczeń. Aby zapobiec wypłukiwaniu mleczka cementowego podczas betonowania, nie pozwalając na powstanie struktury typu plastra miodu, szalunki muszą być szczelne na wszystkich krawędziach, połączeniach i narożach. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Deskowanie”** stanowiącą Załącznik nr 3.
- j) Środki antyadhezyjne wysokiej jakości użyte zgodnie z typem szalunku. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Deskowanie”** stanowiącą Załącznik nr 3.
- k) Nadzorować wybrane parametry świeżej mieszanki betonowej, np. testem opadu stożka (min. 15 cm) beton powinien być dobrze zagęszczony przez wibrowanie, np. wibratorem buławowym. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Beton”** stanowiącą Załącznik nr 1.
- l) Prawidłowa pielęgnacja powierzchni betonu, zob. 2.24. Powłoka błonotwórcza w celu zapobieżenia nadmiernemu odparowaniu i przedwczesnemu przesuszeniu powierzchni betonu, które mogą prowadzić do spękań, z uwagi na szybkie narastanie skurczu odsychania. **Szczegółową Specyfikacją Techniczną „Pielęgnacja betonu”** stanowiącą Załącznik nr 6.



Rys. 2.24

Przykłady prawidłowej pielęgnacji betonu:

- Pokrycie folią plastikową
- Zabezpieczenie tkaniną nasączoną wodą
- Pozostawienie w szalunkach przez dłuższy czas
- Natryśnięcie płynnego środka błonotwórczego
- Kombinacje metod opisanych powyżej



Konieczny okres pielęgnacji betonu zależy między innymi od warunków pogodowych i rozwoju wytrzymałość betonu. Pielęgnację należy rozpocząć tak szybko, jak to możliwe i powinno być utrzymane przez okres minimum trzech dni . W odniesieniu do procesu pielęgnacji należy zawsze przestrzegać odpowiednich norm krajowych / międzynarodowych i dobrej praktyki wykonania betonu. Wpływ na odparowanie wody ma względna wilgotność powietrza i jego temperatura, a także prędkości wiatru.

### **3. WODOSZCZELNE POŁĄCZENIA W KONSTRUKCJACH BETONOWYCH**

W szczelnych betonowych prac budowlanych, inżynierowie muszą zwrócić szczególną uwagę na projektowaniu, konfiguracji i rozwiązań uszczelnienia dla wszystkich złączy i penetrację przez i w betonie. Dlatego odpowiedzialny inżynier musi mieć dobrą znajomość projektowania konstrukcji, w tym wszystkie z różnych wymagań spoinowania, wraz z alternatywnych połączeń uszczelniających i rozwiązań uszczelnienia nie mogą być używane. Typ, konstrukcja i uszczelnienia wszystkich stawów wymagane powinny być traktowane od początku każdego projektu, tj. na etapie projektowania. Odpowiedzialny inżynier posiada stalową konstrukcję wzmacniającą i mocowania, aby zapewnić, że wszystkie wybrane rozwiązania są w pełni określony, a także ważniejsze praktyczne do uzyskania na miejscu.

#### **3.1 TYPY POŁĄCZEŃ W BETONIE I PODSTAWOWE ZASADY PROJEKTOWANIA**

Konfiguracji i projektowania połączeń w wodoszczelnej konstrukcji betonowej są ogólnie określone przez inżyniera, również biorąc pod uwagę wymagania klienta i sposób budowy. Wspólny ich rozstaw zależy od czynników takich jak:

- Warunki gruntowe / rodzaj podłoża
- Potencjalny ruch sekcji betonowych
- Ciśnienie wody
- Ryzyko posadowienia konstrukcji
- Okres realizacji i kolejność betonowania
- Geometria konstrukcji
- Sposób i metoda ułożenia zbrojenia
- Tempo rozwoju ciepła twardnienia betonu i rozkład i poziom w betonie
- Temperatura podczas procesu realizacji betonowania

Różne rodzaje połączeń są klasyfikowane jako typy połączeń wg. Tabeli 3.1. Daje to ogólny przegląd tych różnych rodzajów połączeń.

## Rodzaje połączeń

---

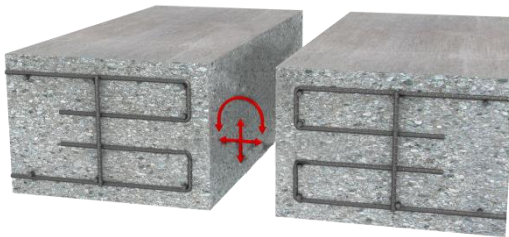
### Połączenie konstrukcyjne



Spoiny konstrukcyjne służą do dzielenia betonowych powierzchni konstrukcji na oddzielne sekcje ze względów na planowania pracy, lub na przykład jako środek do przenoszenia strukturalnego obciążenia. Zbrojenia konstrukcyjne jest zatem ciągły przez to połączenie.

---

### Połączenie ruchome – dylatacje (także określane połączenie ekspansywne)



Dylatacje lub połączenia rozszerzalne rozdzielają elementy na pełnej ich grubości szczeliną o określonej szerokości. Zbrojenie w dylatacji jest nieciągłe. Szczeliny dylatacyjne / połączenia rozszerzalne umożliwiają przemieszczenia różnicowe wywołane zmianami temperatury i / lub obciążenia zlokalizowane w jednym lub kilku kierunkach na powierzchni, sekcji lub konstrukcji oddzielonych połączeniem.

---

### Połączenie kontaktowe



Połączenia są płaskie lub jako fugi wklęsłe, które dzielą przekrój betonowego elementu na pełnej grubości bez określonej szerokości szczeliny. Zbrojenie w takich połączeniach jest nieciągłe. Po związaniu beton jest nieciągły. Kiedy beton się kurczy, dylatowanie (połączenie otwarte) jest możliwe, a kiedy beton rozszerza się, to przeniesienie naprężeń jest możliwe.

### Połączenie wywołane przez kontrolowane pęknięcie (kontrolowane pęknięcie, połączenie pozorne lub połączenie skurczowe)



Złącza wywołane poprzez pęknięcia kontrolowane, na przykład w ścianach, są stosowane do wyboru określonego miejsca pęknięcia betonu, poprzez skonstruowanie osłabienia przekroju poprzecznego i stworzenie kontrolowanego punktu pęknięcia przez beton. Tak wywołana ulga kompensuje stres wywołany temperaturą i skurczem, w ten sposób zapobiega to niekontrolowanemu pękaniu w ścianie. Pęknięcie odbywa się w miejscu zaprojektowanym i zamiast rys powstających przypadkowo.

---

## 3.2 POŁĄCZENIA KONSTRUKCJI I PRZEKROJE BETONU

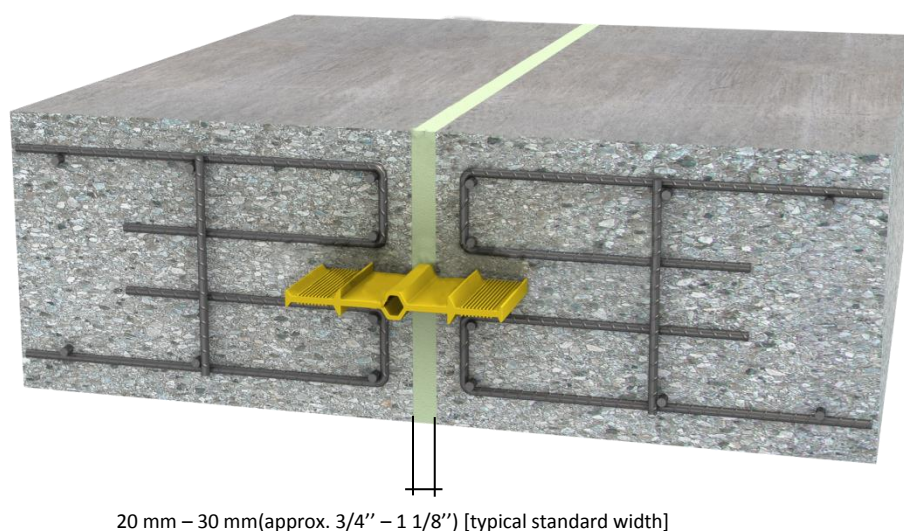
Miejsca połączeń konstrukcyjnych, muszą być określone i powinny być w miejscach minimalnych naprężeń. Połączenia konstrukcyjne są zaprojektowane tak, aby podzielić na mniejsze odcinki dłuższe i oddzielne sekcje dla planowanego prowadzenia prac związanych z betonowaniem lub jako środka do strukturalnego przenoszenia obciążenia. Kwadratowe sekcje elementów betonowych są najbardziej właściwe. Długość w relacji do szerokości poszczególnych betonowych odcinków  $L:W < 3:1$  (L - długość, W - szerokość) nie powinna być przekroczona. Dla ścian betonowych sekcje 6 - 8 m długość okazały się najbardziej odpowiednie. Poziome złącza konstrukcyjne w ścianach wodoszczelnych są dozwolone tylko na poziomie płyty bazowej i na stropie piętra, a nie między kondygnacjami. Zbrojenie konstrukcji w takim połączeniu jest zatem ciągłe z następną sekcją betonową.

Aby przeciwdziałać skurczom tak dalece, jak to możliwe, Projektant powinien brać pod uwagę, że nowe odcinki betonowe powinny być projektowane po jednej stronie istniejącej sekcji, jeżeli jest to możliwe, a nie pomiędzy dwoma istniejącymi sekcjami. Konstruowany styk z użyciem materiału podatnego na obu bokach sekcji, umożliwia w pewnym momencie zbliżania się segmentów, nie ograniczając odkształcenie przekroju betonowego w pozostałych kierunkach. Wspólna budowa dwóch konkretnych sekcji musi być zawsze zaprojektowana z odpowiednim systemem połączeń wodoszczelnych.

### 3.2.1 DYLATACJE I POŁĄCZENIA EKSPANSYWNE

Szczeliny dylatacyjne, które znane są również jako dylatacje, są projektowane i lokalizowane tak, aby przeciwdziałać powstawaniu naprężeń, które mogłyby wywoływać pęknięcia konstrukcji. Dylatacja dzieli wspólne struktury na fragmenty, części lub oddzielne struktury tak, że różne rodzaje przemieszczeń mogą być przenoszone bez pęknięć i uszkodzeń. Zbrojenie w szczelinach dylatacyjnych jest zatem nieciągłe.

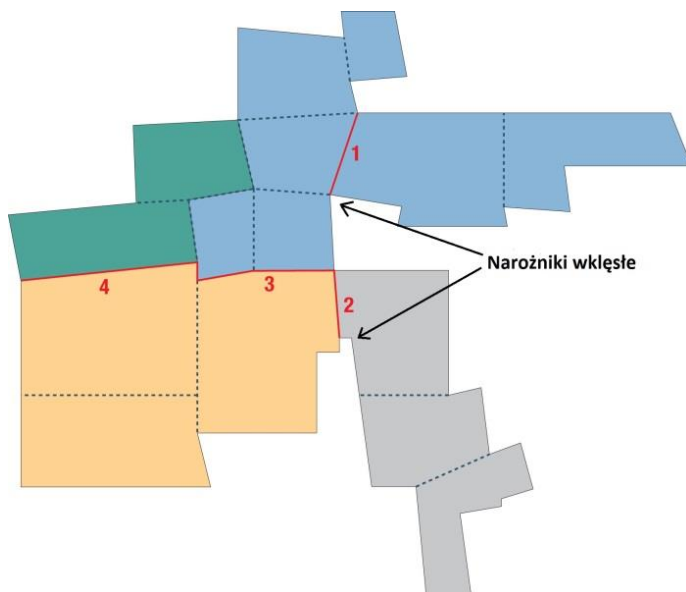
Szczeliny dylatacyjne / dylatacje powinny być projektowane tylko wtedy, gdy są one niezbędne dla wymagań technicznych projektu konstrukcyjnego. Rozstaw i szerokość dylatacji musi być określona na podstawie przewidywanego obciążenia / naprężeń. Szerokość konstrukcja dylatacji jest obliczana na podstawie maksymalnej przewidywanej ekspansji lub kurczenia się konstrukcji. Ogólnie dylatacje w konstrukcjach betonowych są projektowane o szerokości szczeliny 20 - 30 mm. Patrz rysunek. 3.1.



Rys. 3.1

Rysunek 3.2 przedstawia przykład logicznego podziału płyty bazowej przez umieszczenie szczelin dylatacyjnych w różnych obszarach. W ten sposób naprężenia, które mogłyby wywołać pęknięcia, a także całkowite przemieszczenie boczne są bardzo znacznie zredukowane.



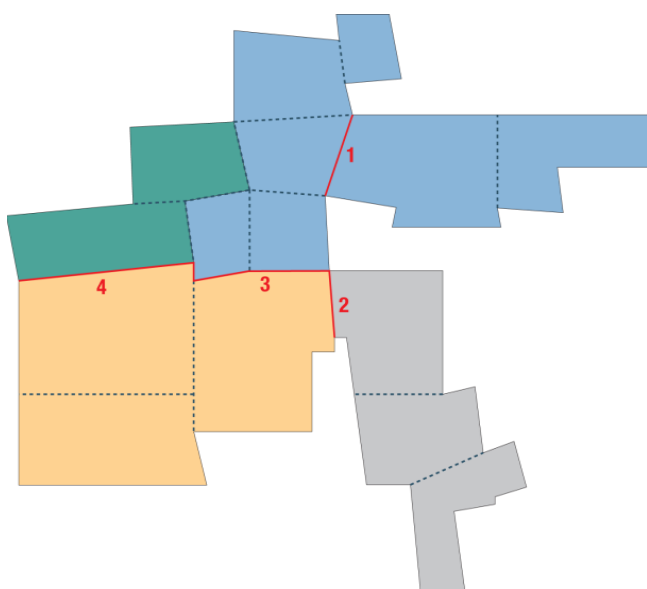


### Lokalizacja przemieszczeń

- Przeszyczenia poprzeczne są w przybliżeniu proporcjonalne do całkowitej długości sekcji.
- Duże przeszycczenia boczne na krańcach mogą również spowodować awarię głównie przez sumujące się naprężenia ścinania.

### Naprężenia rozciągające.

- Naprężenia rozciągające w płycie ze względu na kurczenie się, są zasadniczo proporcjonalne do całkowitej długości boków kwadratu.
- Duże nagromadzenie wklęsłych narożników stworzy jeszcze wyższe narastanie naprężeń rozciągających.
- Zmiany w poziomie płyty piwnicy może również przyczynić się do większych naprężeń.



### Sposób pozycjonowania dylatacji – objaśnienia

1 + 2

Szczeliny są usytuowane tak, że one częściowo wyeliminują problem wklęsłych narożników, dwa z największych narożników są podzielona przez dylatację.

3 + 4

Dylatacje umieszczone wzdłuż niektórych załamów w piwnicy, aby zminimalizować zmiany w eometrii płyty.

----- Construction joint  
 ————— Expansion joint

Rys. 3.2

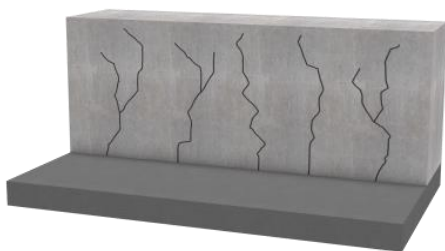
### 3.2.2 PRZERWY KONSTRUKCYJNE

Połączenie konstrukcyjne (przerwy) są płaskie lub wklęsłe, które dzielą beton na jego pełnej grubości bez wspólnej szczeliny. Szczelina ta dzieli konstrukcję na segmenty, części lub oddzielne struktury tak, że różne przemieszczenia mogą być pochłaniane bez pęknięć i uszkodzeń. Zbrojenie w złączach połączeń jest ciągłe. Gdy elementy szczelin umożliwiają przemieszczenia (otwarcie punktu) jest możliwe jest przeniesienie rozszerzenia i naprężeń wynikających z kurczenia się segmentu. Łączniki są także znane jako "połączenia izolujące", tam gdzie łączymy beton z innymi materiałami budowlanymi lub innymi komponentami, np. cegła, metal lub tworzywa sztuczne itp.

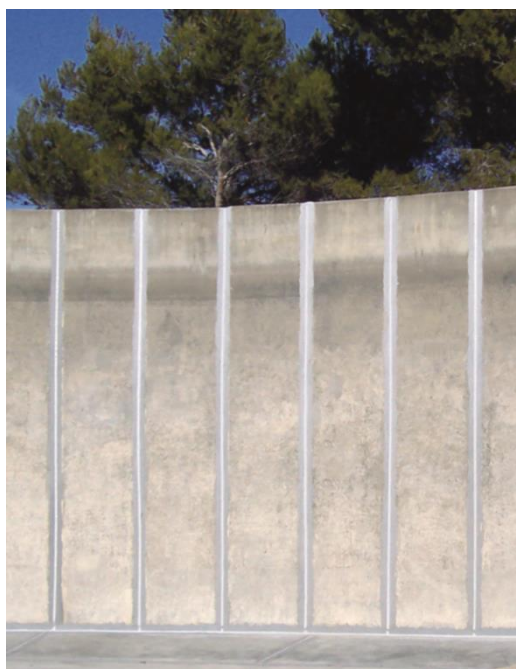
### 3.3 WYWOŁYWANIE KONTROLOWANYCH PĘKNIĘĆ W ŚCIANACH

W celu wykluczenia niekontrolowanego i pojawienia się przypadkowych pęknięć w ścianach ze względu na rozwój i przebieg skurczu betonu (jak pokazuje rys. 3.3.), kontrolowane pęknięcia powinny być wywołane w miejscach wywołanych koncentracją naprężeń ścinających (rys. 3.3 b). Celem ich jest łagodzenie naprężeń skurczowych, które w przeciwnym razie mogą powodować rysy skurczowe - przez wywołanie pęknięć w określonym, kontrolowanym miejscu. Odstęp tych sekcji zależy od wysokości ściany, jej grubości i sytuacji podparcia. Z reguły, kontrolowane pęknięcia powinny znajdować się co około 6-8 metrów na długości ściany. Bez dokładnej weryfikacji matematycznej maksymalna odległość "a" sekcji powinna być mniejsza niż dwukrotność maksymalnej wysokości ściany "h", patrz rysunek. 3.3.

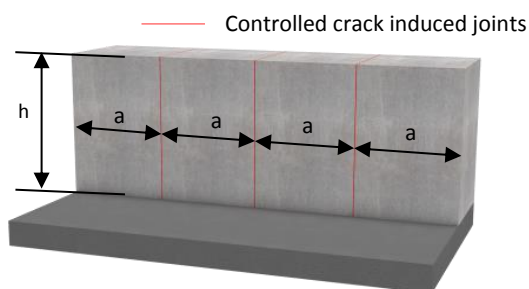
Rys. 3.3



Rys. 3.2

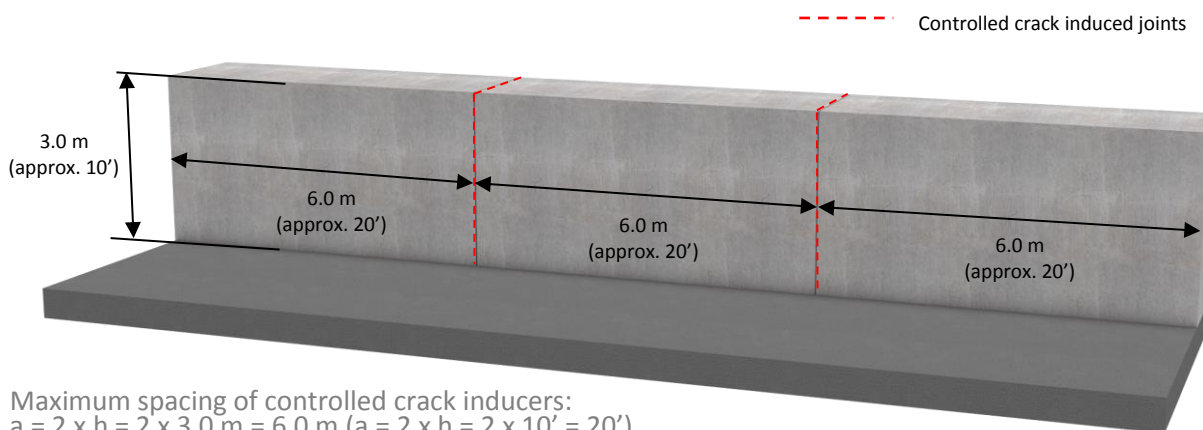


Rys. 3.3b



Approximation:  $a \leq 2 \times h$

Rys. 3.4 przedstawia prosty sposób obliczenia maksymalnego rozstawu kontrolowane wywołanych pęknięć. Dla wysokości ściany  $h = 3,0$  m sekcja powinna mieć maksymalną rozstaw 6,0 m. Połączenia te mogą być wykonane jako wodoodporne.



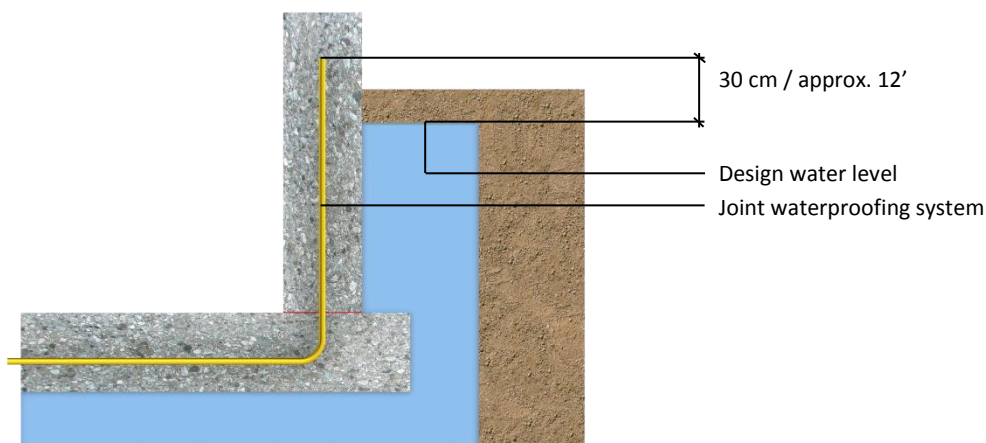
Rys. 3.4

### 3.4 WYTYCZNE DLA PROJEKTOWANIA SZCZELIN I ZAPEWNIENIA WODOSZCZELNOŚCI

#### Szczegółowe opracowanie zawarte jest Szczegółowej Specyfikacji Technicznej „Połączenia” stanowiące załącznik nr 7

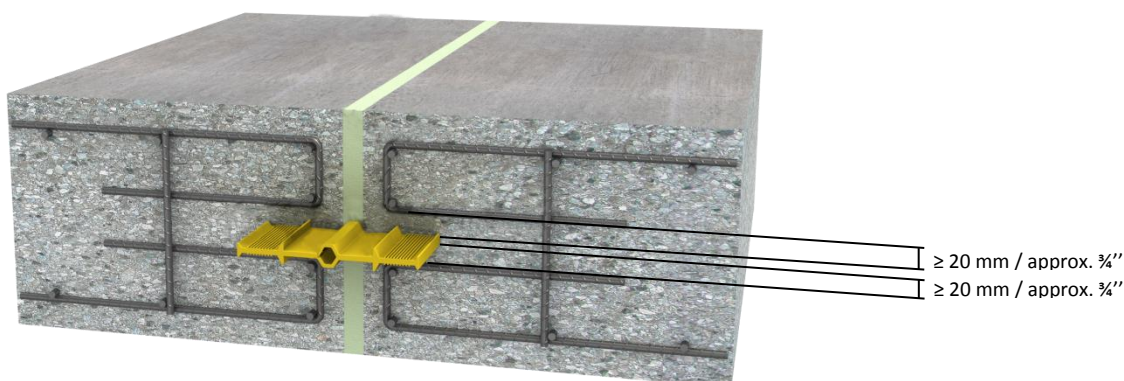
Należy przestrzegać kilku podstawowych zasad dla połączeń wodoszczelnych:

- połączenia (szczeliny) wodoszczelne muszą zapewniać ciągłość przyjętego systemu uszczelnienia wodoszczelnego,
- system wewnętrznych połączeń wodoszczelnych musi obejmować połączenia ruchome i konstrukcyjne, działać zarówno poziomo, jak i pionowo ukształtowanych połączeń, powinien być również, jeśli to możliwe, w jednej płaszczyźnie,
- wszelkie wysunięte, stałe, swobodne powierzchnie czołowe wspólnego systemu wodoszczelnego należy zakończyć tak, aby kończyły się na 30 cm powyżej krytycznego poziomu wody (rys. 3.5).



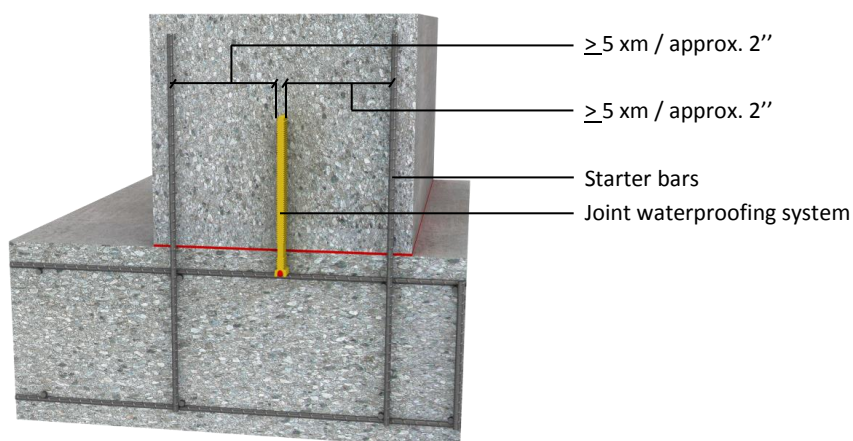
Jeśli taśmy uszczelniające, membrany uszczelniające lub mieszane połączenia szczelin i taśm dylatacyjnych jest stosowane na budowie do uszczelnienia, muszą one być wykonane starannie w celu zapewnienia pełnego, bez pustych przestrzeni, obetonowania, w przyjętym, jednolitym systemie hydroizolacji, jest możliwe, a następnie zastosowanie go na budowie. Należy przestrzegać tutaj również następujących zasad:

- 1) Wymagany jest prześwit co najmniej 20 mm między taśmą systemu Waterbar oraz zbrojeniem rys. 3.6



Rys. 3.6

- 2) W połączeniu konstrukcyjnym między płaszczyzną podstawy i ścianą, prześwit między taśmą Waterbar a prętami zbrojenia winien wynosić co najmniej 50 mm. Patrz rys. 3.7



Rys. 3.7

Połączenia konstrukcyjne wymagają szczególnej opieki i uwagi w wodoszczelnych konstrukcjach betonowych. Aby zapewnić dobre związanie i przeniesienie obciążeń,

utwardzony beton powinien być chropowaty i wolny od wycieków mleczka cementowego i innych wad, a powierzchnia i tekstura betonu winna być zbliżona do chropowatego, wolnego od mleczka cementowego betonu.

Rys. 3.8 przedstawia przykład odpowiednio chropowatej i oczyszczonej powierzchni szczeliny konstrukcyjnej.. Połączenie konstrukcyjne z gładkim wykończeniem powierzchni betonu i brakiem mleczka cementowego, jak pokazano na fig. 3.9 musi być odpowiednio przygotowana, jak to opisano poniżej:

- 1) Usunąć mleczko cementowe i mechanicznie uzyskać chropowatość powierzchni betonu tak aby odsłonić częściowo kruszywo.
- 2) Usunąć kurz i luźny materiał, w tym wszelkie luźne części i pozostałości takie jak środki antyadhezyjne z wcześniejszych szalunków po obu stronach elementu.
- 3) przed betonowaniem powierzchnię betonu zmoczyć dokładnie, aż do nasycenia.

Nieplanowane połączenia konstrukcyjne utworzone ze względu na nieplanowane przerwy, opóźnienia podczas prac, np. betonowania z powodu awarii pompy do betonu, późną wysyłkę betonu lub warunki pogodowe, powinny być traktowane w taki sam sposób, jak planowane wodoodporne o szczeliny konstrukcyjne odpowiednio wcześniej lub po zakończeniu budowy.



Rys. 3.8



Rys. 3.9

Powierzchnia szczelin konstrukcyjnych powinna być zawsze ponownie sprawdzona przed montażem deskowania a istniejące powierzchnie betonowe nie mogą być zamrożone w czasie betonowania. Lód znajdujący się na powierzchniach betonu i deskowań musi być rozmrożony lub usunięty, aby móc rozpocząć lub kontynuować betonowanie.

Wszelkie przejścia dla rur, przewodów elektrycznych i połączeń elementów deskowań /



przekładek przez konstrukcję muszą być stałe, szczelne niezależnie od uszczelnienia połączeń konstrukcyjnych.

Rozwiązania te należy również rozważyć, określić i zatwierdzić z wyprzedzeniem w instytucji odpowiedzialnego inżyniera (projektanta).

Projektant musi również wziąć pod uwagę, a następnie określić rodzaj, położenie, wygląd i kształt połączeń w obrębie strukturalnego projektowania zbrojenia wzór / układ na początkowych etapach projektowania i szczegółowych w ramach projektu wykonawczego. Zbrojenie powinno być zaprojektowane i umieszczone tak, że szczelne połączenie może być również zainstalowany poprawnie i praktycznie, a betonu wbudowany i zagęszczony bez wad.

Wszystkie istotne dane oraz informacje muszą być zawarte w rysunkach projektowych i w **Szczegółowej Specyfikacji Technicznej „Połączenia”**, np.:

- a) Rodzaj połączenia, jego konstrukcja i wymiary (połączeń konstrukcyjnych, dylatacji, szczelin kontrolowanego pęknięcia).
- b) Dane z wybranych systemów połączeń wodoszczelnych (np. taśmy, masy i profile pęczniejące, węże iniekcyjne, systemy membranowe itp.) z jasnym określeniem, z podaniem informacji i wymiarów wraz z ich sposobu instalacji i instrukcji itp.
- c) Projekt systemu taśm dylatacyjnych (Waterbar), w tym lokalizacji i fabrycznych miejsc spawanych złączy, spawanych doczołowych połączeń i punktów krzyżowania taśm.
- d) Położenie i usytuowanie odcinków węży iniekcji i ich skrzynki końcowe dla planowanej lub ewentualnej iniekcji jak i wtórnego wstrzyknięcia injektu.

Opracował:

Wojciech Świerczyński

Biuro Inżynierskie  
Konsultant Sika Poland Sp. z o.o.