

Wodoszczelny beton, dlaczego nie jest odporny na oddziaływanie wody?

By w pełni zrozumieć koncepcję wodoszczelnego betonu należy zrozumieć dlaczego izolujemy beton przed działaniem wody. Jest wiele przyczyn, ale wszystkie wynikają z jednego powodu – z potrzeby trwałości betonu.

Wszelkie rozważane aspekty izolacji betonu, począwszy od zabezpieczenia stali zbrojeniowej, poprzez penetrację jonów, karbonizację po ochronę alkaliczno krzemionkową betonu, są związane z jego żywotnością. W związku z powyższym wszelkie dyskusje w sprawie izolacji betonu należy rozważać w kategoriach wytrzymałości betonu.

Przede wszystkim należy wyjaśnić pojęcie trwałości betonu. Cytaty poniżej doskonale definiują pojęcie trwałości betonu.

„Trwałość betonu z hydraulicznego cementu określa jego odporność na warunki atmosferyczne, oddziaływanie chemiczne, ścieranie i inne procesy niszczenia.

- ACI 201.2R Wytyczne dla uzyskania betonu o wysokiej trwałości -

„Beton odpowiedni do danego celu, w wyznaczonych warunkach, i w okresie jego przewidywanej żywotności.”

- Adam Neville CI lipiec 2000 -

W świetle przedstawionych cytatów łatwo zrozumieć związek pomiędzy trwałością betonu i jego izolacją jako koniecznym elementem trwałości.

Niestety nie każde podejście do izolacji betonu wiąże się w rzeczywistości z jego trwałością. Panuje powszechne przekonanie, że wzrost wytrzymałości jest wprost proporcjonalny do trwałości betonu. Wytrzymałość jedynie w części zwiększa trwałość betonu. W następnym przykładzie notatki technicznej „*Concrete Mix Design Optimized Approach*” można przeczytać o czynnikach wpływających na trwałość betonu. Czynniki związane z wytrzymałością to jedynie jeden z elementów trwałości betonu. Odnotowano w nim, że:

„Czynniki, które należy uwzględnić w związku z wytrzymałością betonu to:

- dobór betonu
- warunki środowiskowe (suchość, wilgotność, wilgotność wraz z przymrozkiem, warunki morskie i agresywne oddziaływanie chemiczne)
- oddziaływanie czynników zewnętrznych (konstrukcja chroniona przed deszczem i wilgocią, przymrozkiem (brakiem nasycenia wodą), oddziaływaniem wody pod ciśnieniem, środowiska morskiego lub czynników chemicznych, itd.
- maksymalna frakcji kruszywa
- stosunek c/w wody do cementu
- rodzaj zastosowanej domieszki
- minimalna zawartość cementu”

Czynniki wpływające na trwałość betonu - George Ilinoiu
Faculty of Civil Industrial and Agricultural Constructions -
Technical University of Civil Engineering of Bucharest

Raporty EC2 o Trwałości i Kontroli Jakości sporządzone przez Building Industry Consultative Council na Malcie rozróżnią wytrzymałość i trwałość.

„Jedną z zasad projektowania mieszanki betonu dotyczy dbałości zarówno o jego wytrzymałość jak i trwałość.”

Nasuwa się pytanie dlaczego tak wielu uważa że wodoszczelność betonu można osiągnąć poprzez zmniejszenie proporcji wody do cementu.

Teoretycznie zmniejszenie proporcji wody do cementu, dzięki domieszkom, skutkuje wzrostem wytrzymałości betonu i spadkiem jego porowatości ze względu na zmniejszenie porów i kapilarów, zapewniając w efekcie końcowym silniejszy i mniej przepuszczalny beton. Pozostaje pytanie czy jest wodoszczelny? Po mimo, że teoria małej ilości wody w stosunku do cementu sprawdza się, to w rzeczywistości bezpośredni związek stabilności pod względem objętości, który wynika ze stosunku wody do cementu, wynika z autogenicznego kurczenia się cementu. Autogeniczne kurczenie się betonu ma miejsce na skutek zużycia wody w betonie o niskim stosunku wody do cementu, gdy zabraknie wody do ukończenia reakcji z cementem. Cement podlega pękaniu. Korzyści wynikające z mniejszych porów zniwelowane są infiltracją wody w pękający beton. Eriki E. Holt, z VTT Building and Transport, Centrum Badań Technicznych w Finlandii, podaje w swoim raporcie „**Early Age Autogenous Shrinking of Concrete**”, że „Jest wyjątkowy pod względem wytrzymałości i wysokiej jakości w przypadku gdy stosunek wody do cementu wynosi około 0,42.”

W raporcie „**High Performance Concrete: Strength, Permeability and Shrinkage Cracking**”, sporządzonym przez P. Shah, dyrektora centrum Centre for Advanced Cement-Based Materials, Northwestern University, Department of engineering, oraz przez W. Jason Weis, Assistant Professor, Purdue University w Szkocji, stwierdza się, że:

„Wraz ze zmniejszeniem proporcji wody w stosunku do cementu (w/c), wytrzymałość, sztywność i odporność na penetrację chlorków oraz kurczenie się w wyniku wysychania wzrastają, jednak mieszanki te wykazują większe autogeniczne kurczenie się betonu, w szczególności na początku procesu, gdy materiał nabiera wytrzymałości. W efekcie próbki betonu o niskim poziomie w/c mogą być podatne na szybkie pęknięcie.

Stwierdza się również, że:

„W efekcie, kryterium techniczne oparte wyłącznie na parametrze wytrzymałości czy też wytrzymałości i odporności na przenikanie chlorków nie jest dostatecznym kryterium świadczącym o trwałości betonu, ponieważ podstawowym warunkiem jest dostateczna odporność na pęknięcie w początkowym stadium wiązania betonu.”

Prawie we wszystkich raportach, dokumentach i analizach w sprawie funkcjonalności betonu, jego wytrzymałości i trwałości, występuje stwierdzenie o istnieniu związku izolacji betonu i jego trwałości, które jednocześnie potwierdza, że wytrzymałość betonu ma swoje znaczenie. Dla osiągnięcia trwałości betonu należy zapewnić jego wodoszczelność.

W wielu krajach na świecie są normy regulujące mieszanki uważane za wodoszczelne. Niestety, wiele norm w obecnym przemyśle budowlanym nie uwzględnia izolacji jako czynnika trwałości betonu. Dobrym przykładem jest beton klasy P 8/10 i klasy P 8/12 w Rumuni, który spełnia wymagania wodoszczelności betonu w Rumuni. Poprawa wytrzymałości i nieprzenikalności takiego betonu polega na stosowaniu płynnych mieszanek. Beton klasy P 8/10 dopuszcza przenikanie wody na głębokość 10 cm pod ciśnieniem 8 barów. Rozważmy na czym polega tego rodzaju „wodoszczelny beton”. Według naszego rozeznania w tego rodzaju betonie stosunek wody do cementu wynosi 0.40 do 0.45. Niższa proporcja wody do cementu czyni ten beton mniej przepuszczalnym niż wyższe proporcje w/c stosowane w przeszłości, ale czy skutkują one wodoszczelnością betonu?

Zauważmy, że tradycyjne zbrojenie zaczyna się 10 cm pod powierzchnią betonu. Oznacza to, że woda przenika tuż nad powierzchnię stali zbrojeniowej nawet jeżeli nie jest to głębokość samej stali zbrojeniowej. Tak więc wnikanie wody w beton i jego skutki są przewidziane w normie zanim uwzględnimy inne czynniki takie jak pęknięcie wskutek kurczenia się betonu, samoczynne pęknięcie, wnikanie chlorków lub jonów siarczanu, cykl rozmrażania lub efekt nieodpowiedniego wylewania czy też konserwacji betonu w procesie jego dojrzewania.

Nawet jeżeli założymy, że głębokość wnikania wody sięga zaledwie 5 cm to osiągnięcie tego efektu wymaga idealnej produkcji gotowej mieszanki, idealnego wylania i konserwacji betonu w procesie jego dojrzewania by osiągnąć wynik laboratoryjny. Jak często udaje się na placu budowy osiągnąć laboratoryjny poziom jakości? Załóżmy, że wyprodukowano idealny beton (stosując odpowiednie kruszywo i mieszając do uzyskania odpowiedniej konsystencji, że zastosowano optymalne proporcje różnych frakcji kruszywa i dodano domieszki redukujące zawartości wody oraz plastyfikatory, a ilość wody została odpowiednio zredukowana). Załóżmy również, że ten idealnie wyprodukowany beton został dostarczony bez dodatku wody i charakteryzował się odpowiednią próbą stożka. Musimy również uwzględnić prawidłowe wylewanie betonu, prawidłowe jego zagęszczenie, optymalne warunki atmosferyczne oraz, że pracownicy na budowie wykonają prawidłowo swoje obowiązki pod odpowiednim nadzorem, a beton będzie idealnie konserwowany. Należy uwzględnić warunki środowiskowe i fizyczne warunki lokalizacji jak i reakcję samego betonu. Nawet zakładając spełnienie wszystkich powyższych uwarunkowań musimy pamiętać, że każdy beton pęka.

W rzeczywistości prawdopodobieństwo zapewnienia dostatecznej wodoszczelności do ochrony przed utratą trwałości nie wygląda obiecująco.

W raporcie o diagnozie pęknięcia betonu w konstrukcjach mostów (Diagnosis of Cracking in Concrete Bridge Structures), Cristina Romanescu, Direction of Quality Control and Environmental Protection, Romanian National Company for Motorways and National Roads, Constantin Ionescu, Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering and Building Services oraz Claudia Romanescu, Direktion of Maintenance and Administration, Romanian National Company of Motorways and National Roads, stwierdzili, że

„Beton jest z natury kruchym materiałem dlatego konstrukcje żelbetonowe pękają.”

„Przy obecnej technice nie można całkowicie zapobiec pękaniu betonu.”

Pęknięcie betonu jest nieuchronne. Pęknięcia są cechą charakterystyczną betonu i każdy beton w końcu pęka.”

By prawidłowo rozważyć „wodoszczelność” betonu w kategoriach jego trwałości należy uwzględnić czynnik pęknięcia. Wodoszczelny beton wymaga wyeliminowania pęknięć lub mechanizmu, który nie pozwoli na wnikanie wody do betonu.

A więc czym jest wodoszczelny beton?

Jak już dowiedziono, przenikalność wody do betonu spada gdy zwiększymy stosunek CSH (wodzianu wapna-krzemianu) do Ca(OH)_2 (wodzianu wapnia) w betonie. W świetle dążenia dzisiejszych technologii do produkcji wytrzymałego betonu o wysokiej jakości wybór staje się oczywisty. Rozwiązaniem jest domieszka lub dodatkowy składnik do betonu, który zwiększa stosunek CSH do Ca(OH)_2 w betonie i jednocześnie zasklepia pęknięcia betonu.

Zastanawiając się nad domieszkami i całościowym rozwiązaniem problemów warto wiedzieć o rozwiązaniu, które zapewnia większą wytrzymałość, odporność na warunki atmosferyczne i nieuchronne pękanie betonu. Tym rozwiązaniem jest technologia domieszki **Krystaline Technology Admixture** oparta na technologii krystalizacji hydrofilowej.

Nawiązując ponownie do rumuńskich norm wodoszczelności betonu, widzimy, że beton C12/15, który również uznany jest za zgodny z normą wodoszczelnego betonu, przesiąka na głębokość 76 mm według metody badania STAS 3519-76. Dodanie domieszki **Krystaline ADD** skutkowało natychmiastową poprawą tej samej konstrukcji betonu zmniejszając głębokość wnikania do 39 mm. Szybki wynik tego porównania wskazuje na mniejszą porowatość betonu przy zastosowaniu na początku procesu domieszki Technology Admix.

Głębokość wnikania wody jest istotna, ale należy również przeanalizować w jaki sposób działa ta domieszka by zrozumieć w jaki sposób rozwiązuje problem wodoszczelności betonu. **Technologia Krystaline** wiąże się z zawartością CSH w betonie i tworzeniem większej ilości większych, grubszych i dłuższych kryształów w całej jego objętości, skutecznie wypełniając pory i kapilary betonu. Domieszka powoduje lepszą oraz głębszą hydratację betonu ponieważ poprawia naturalne właściwości betonu. Różnica w technologii Krystaline krystalizacji hydrofilowej w stosunku do systemów zagęszczania polegających na niższym stosunku w/c polega na tym, że izolacja powstaje tam gdzie jest potrzebna i nie przestaje wnikać głębiej do momentu zatrzymania wnikania wody. Reakcja cząsteczek wody i występującego CSH w betonie wymagają obecności wody stymulującej wzrost narastanie kryształów. W przypadku występowania wody w betonie (kilka dni lub nawet kilka lat później) katalizatorem dalszego procesu uwadniania i eliminowania obecności wody są występujące cząsteczki cementu oraz CSH występujące w obecności wody. Powoduje to ciągły rozwój zdolności wodoszczelnych betonu wraz z upływem czasu. Beton poddany działaniu technologii Krystaline poprawia się z czasem.

By w pełni porównać trwałość betonu należy uwzględnić więcej właściwości niż tylko jego nieprzepuszczalność. W tym celu przeprowadzono próby cyklu rozmrażania 2 zaprojektowanych mieszanek. Wyniki próby są następujące:

Początkowa wytrzymałość na ściskanie

Beton klasy C 12/15	Beton klasy C 12/15 + 2% Krystaline Add
23.60	36.40
23.40	34.80
24.20	36.60
Mediana: 23.70	Mediana: 35.90

Po 150 cyklach (N/mm² próby według normy SR EN 12390-3:2005)

Beton klasy C 12/15	Beton klasy C 12/15 + 2% Krystaline Add
19.90	32.80
20.20	31.10
19.10	34.30
Mediana: 19.10	Mediana: 32.70

Próby wykazały, że wskaźnik degradacji betonu wyniósł 16.9% w przypadku zwykłego betonu klasy C12/15, natomiast przy dodaniu domieszki **Krystaline Admix** wskaźnik wyniósł 8.9%. Biorąc pod uwagę jedynie ten wskaźnik widzimy, że **Krystaline Admix** zmniejsza stopień degradacji betonu zwiększając jego wytrzymałość. Odnotowujemy również większą wytrzymałość betonu C12/15 + **Krystaline Admix** po 150 cyklach od wytrzymałości wyjściowej betonu klasy C12/15 przed poddaniem próbie. Można wysunąć argument, że po dodaniu **Krystaline Admix** i 150 cyklach zamrażania i odmrażania beton jest nadal o 72% mocniejszy niż zwykły beton klasy C 12/15 przed przeprowadzeniem 150 cykli przejścia przez temperaturę 0 stopni.

Mimo, że **Krystaline Admix** zmniejsza skutki pęknięcia związane z kurczeniem się betonu, jak wspomnieliśmy powyżej, należy pamiętać, że pęknięcie betonu jest nieuniknione. Korzyści ze stosowania technologii **Krystaline** wynikają ze sposobu jego działania w naprawianiu pęknięć. Zakładając, że proces uwodnienia stanowi krytyczny element w procesie naprawy betonu, wszelkie czynniki, które wpływają na zdolności hydratacji betonu wpływają również na zdolność betonu do jego samoczynnej naprawy. Wzmoczony proces hydratacji wynika ze zdolności do samo naprawy betonu. Technologia krystalizacji hydrofilowej wzmacnia proces hydratacji wzmacniając procesy samo naprawy.

Rozważając kwestię trwałości betonu, należy uwzględnić fakt, że prawdziwie wodoszczelny beton skutecznie zmniejsza pęknięcia, wypełnia pory i kapilary powstrzymując wnikanie wody, nawet w przypadku niedoskonałej produkcji i wylewaniu betonu oraz samoczynnie naprawia jego pęknięcia po jego wylaniu. **Krystaline Admix** spełnia te oczekiwania.