

## Rozprawa doktorska

pt. *Skuteczność wtórnych hydroizolacji poziomych wykonywanych metodą iniekcji chemicznej*

Autor: **mgr inż. Bartłomiej Monczyński**

Promotor: dr hab. inż. Krzysztof Zieliński, prof. PP

### Streszczenie

Z zawilgoceniem ścian przyziemia (a co za tym idzie, ze szkodami przez zawilgocenie powodowanymi) spotyka się częstokroć w budynkach zabytkowych, lecz niestety również w budynkach stosunkowo nowych. Problem ten jest następstwem kapilarnego podciągania wód gruntowych spowodowanego brakiem, uszkodzeniem lub technicznym zużyciem izolacji poziomej muru.

Kapilarna adsorpcja i transport wilgoci determinowane są przez właściwości zwilżające wody w stosunku do materiału oraz przez strukturę i rozkład porów w materiale. Zachodzą one zatem – w przypadku materiałów hydrofilowych (kąt zwilżania przez wodę  $< 90^\circ$ ) – w porach o promieniu od  $10^{-7}$  do  $10^{-4}$  m, nazywanych też porami kapilarnymi.

Na przestrzeni lat wypracowano szereg różnorodnych metod wykonywania tzw. wtórnej izolacji poziomej w murze. W przypadku metod mechanicznych w istniejący mur wprowadza się materiał izolacyjny, dzięki czemu w przekroju muru powstaje całkowicie nieprzepuszczalna dla wody, trwała warstwa, zapewniając tym samym zahamowanie jej kapilarnego transportu. Metody chemiczne (iniekcyjne) bazują na technologii wprowadzania w mur płynu iniekcyjnego, dzięki czemu powstaje blokada oparta na mechanizmie zwężenia światła kapilar, hydrofobizacji, uszczelnienia kapilar lub oddziaływaniu kombinowanym.

Przedmiotem pracy było poznanie zjawiska kapilarnego transportu wilgoci w przegrodach budowlanych oraz sposobów przeciwdziałania temu zjawisku, jak również analiza stosowanych dotychczas w kraju i na świecie metod oceny szeroko rozumianej skuteczności wtórnych izolacji poziomych wykonywanych w technologii iniekcji chemicznej. Z kolei celem pracy stało się zaproponowanie parametru pozwalającego ocenić i porównać skuteczność stosowanych środków iniekcyjnych.

Skuteczność środków iniekcyjnych w oczywisty sposób weryfikowana jest przez zastosowania praktyczne. Kluczową rolę w długofalowej ocenie środków iniekcyjnych mają jednak badania prowadzone zarówno laboratoryjne, jak i in situ (czyli w rzeczywistych warunkach zastosowania). Badania takie prowadzone są niemal od początku stosowania w budownictwie środków iniekcyjnych mających zapobiegać kapilarnemu zawilgacaniu przegród budowlanych. Obserwacji poddawany był wpływ preparatów iniekcyjnych bezpośrednio na stosowane w murach materiały budowlane (cegłę, kamień, zaprawę), na mury referencyjne (o zróżnicowanych rozmiarach), jak również prowadzono badania w warunkach rzeczywistych (na istniejących obiektach). W pracy opisano wybrane, przeprowadzone na przestrzeni kilkudziesięciu lat, w kraju i za granicą, badania dotyczące zastosowania i skuteczności metody odtwarzania poziomej izolacji przeciwwilgociowej muru w technologii iniekcji, w tym również badania własne autora.

W ramach pracy przeprowadzono badania absorpcji kapilarnej na niewielkich murkach referencyjnych, tj. próbkach składających się z sześciu cegieł ceramicznych ułożonych w trzy warstwy (na szerokość jednej cegły w obu kierunkach) i połączonych zaprawą wapienno-cementową. Próbkę podzielono na grupy, a następnie zawilgocono – przy użyciu wody wodociągowej oraz roztworem mieszaniny soli

– do dwóch stopni nasycenia ( $S=80\%$  oraz  $95\%$ ) oraz poddano iniekcji – metodą niskociśnieniową (przy zastosowaniu preparatu na bezie krzemianów i metylokrzemianów alkalicznych) oraz w technologii kremów iniekcyjnych (przy zastosowaniu dwóch typów kremu). Badanie absorpcji prowadzono umieszczając próbki w pojemnikach z wodą w taki sposób, aby ciecz przez cały okres badania miała styczność jedynie z dolną powierzchnią oraz rejestrując zmianę masy próbki w czasie 24 godzin od zanurzenia. Po zakończeniu badania dla każdej z próbek obliczono wartości przyrostu masy na jednostkę powierzchni zanurzonej w wodzie (po każdym ważeniu) oraz wykonano wykresy tej wielkości w funkcji pierwiastka z czasu zanurzenia w wodzie. Analogiczne badania wykonano dla dwóch rodzajów próbek referencyjnych, tj. nie poddanych iniekcji oraz zawierających powłokową hydroizolację z mineralnej zaprawy uszczelniającej.

Z uwagi na zróżnicowany kształt wykresów absorpcji kapilarnej badanych próbek, zaproponowano wprowadzenie nowej wielkości, pozwalającej ocenić przebieg procesu absorpcji – współczynnika dynamiki absorpcji kapilarnej (po 24 h od zanurzenia)  $d_{wa,24'}$ . Natomiast w celu oceny skuteczności środków iniekcyjnych przeciwdziałających podciąganiu kapilarnemu wilgoci, zaproponowano wprowadzenie kolejnej nowej wielkości, czyli stopnia redukcji dynamiki absorpcji kapilarnej  $R_{ad}$ , uwzględniającej dwie wartości odniesienia, tj. średnie wartości współczynnika dynamiki absorpcji kapilarnej próbek nie poddanych iniekcji oraz zawierających powłokową izolację mineralną.

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdziły postawioną wcześniej tezę – zarówno stosowany środek iniekcyjny i sposób jego aplikacji, jak również stopień zawilgocenia i zasolenia przegrody mają istotny wpływ na skuteczność wykonania wtórnej hydroizolacji poziomej przeciw wilgoci podciąganej kapilarnie. Zaobserwowano również, że istotnym efektem wykonania w murze wtórnej hydroizolacji poziomej metodą iniekcji jest nie tylko ograniczenie absorpcji, ale również zmiana jej dynamiki. W związku z powyższym zaproponowano nową procedurę prowadzącą do ustalenia stopnia redukcji dynamiki absorpcji kapilarnej, jako kryterium pozwalającego klasyfikować środki iniekcyjne pod kątem ich wpływu na zahamowanie kapilarnego transportu wilgoci w przegrodach budowlanych.

## Summary

Dampness of the ground floor walls (and thus the damage caused by dampness) is often encountered in historic buildings, but unfortunately also in relatively new buildings. This problem is caused by capillary rising of ground water due to lack of, damage or technical wear of the horizontal insulation of the masonry.

Capillary adsorption and moisture transport are determined by the wetting properties of the water in relation to the material and by the pore structure and distribution in the material. In the case of hydrophilic materials (water contact angle  $< 90^\circ$ ) these occur in pores with a radius of  $10^{-7}$  to  $10^{-4}$  m, also called capillary pores.

Over the years a number of different methods have been developed to create the so-called secondary horizontal insulation in masonry. In the case of mechanical methods, an insulating material is introduced into the existing masonry, thanks to which a permanent layer impermeable to water is formed in the cross-section of the wall, ensuring the inhibition of its capillary transport. Chemical (injection) methods are based on the technology of injecting liquid into the masonry, which creates a blockage based on the mechanism of narrowing the capillary lumen, water repellency, capillary sealing or a combined effect.

The subject of the study was to recognize the phenomenon of capillary moisture transport in building partitions and ways to counteract this phenomenon, as well as to analyze methods used so far in Poland and in the world to assess the broadly understood efficiency of secondary horizontal insulation made by chemical injection technology. On the other hand, the aim of this work was to propose a parameter which would allow to evaluate and compare the effectiveness of the applied injecting agents.

The effectiveness of injectables is obviously verified by practical applications. However, a key role in the long-term evaluation of injectives is played by laboratory tests as well as in situ tests (i.e. in real application conditions). Such research has been carried out almost from the beginning of using injections to prevent capillary moisture of building partitions. The influence of injecting preparations directly on building materials used in masonry (brick, stone, mortar), on reference masonry (of various sizes) as well as on real conditions (on existing objects) were observed. The paper describes selected national and international research on the application and effectiveness of the method of reconstruction of horizontal damp-proof insulation of masonry by injection technology, including author's own research.

In this study, capillary absorption tests were conducted on small reference masonry, i.e., samples consisting of six clay bricks arranged in three layers (one brick wide in both directions) and bonded with lime-cement mortar. The samples were divided into groups and then damped - using tap water and a salt mixture solution - to two degrees of saturation ( $S=80\%$  and  $95\%$ ) and injected - using a low-pressure method (using a preparation based on alkali silicates and methylsilicates) and injection cream technology (using two types of cream). The absorption test was carried out by placing the samples in containers with water in such a way that the liquid was in contact only with the bottom surface during the whole period of the test and by recording the change of the sample weight during 24 hours after immersion. At the end of the test, values of the mass increase per unit area immersed in water (after each weighing) were calculated for each of the samples and graphs of this quantity as a function of the element of time of immersion in water were made. Analogous tests were performed for two types of reference specimens, i.e. those that were not injected and those containing a coated mineral mortar waterproofing.

Due to the different shape of the capillary absorption graphs of the tested samples, it was proposed to introduce a new quantity to evaluate the course of the absorption process, i.e. the coefficient of capillary absorption dynamics (after 24 h since immersion) of  $d_{wa,24}$ . In order to evaluate the efficiency of injecting agents against capillary moisture transport, it was proposed to introduce another new quantity, i.e. the reduction of capillary absorption dynamics  $Rad$ , taking into account two reference values, i.e. the average values of capillary absorption dynamics coefficient of non-injected samples and those containing mineral insulation coating.

The results of the research confirmed the previously stated thesis - both the applied injecting agent and the method of its application as well as the degree of dampness and salinity of the wall have a significant influence on the effectiveness of the secondary horizontal waterproofing against the capillary rising damp. It was also observed that a significant effect of secondary horizontal waterproofing by injection in masonry is not only the reduction of absorption but also a change of its dynamics. Therefore, a new procedure was proposed to determine the degree of reduction of capillary absorption dynamics as a criterion to classify injecting agents in terms of their effect on inhibition of capillary moisture transport in building partitions.

26.11.2021  
F. Alonczyk