

Jan MIKOŚ¹
Henryk A. NOWAK²
Jerzy BOCHEN³
Jan SPYCHAŁA³

STANOWISKO I METODYKA BADAŃ ODPORNOŚCI I TRWAŁOŚCI MATERIAŁÓW I ELEMENTÓW BUDOWLANYCH

1. Wprowadzenie

Problematyka trwałości nabiera w budownictwie coraz większego znaczenia, wraz z obserwowanym postępowaniem w tej dziedzinie. Trwałość staje się standardowym parametrem materiałów, decydującym o ich jakości i zastosowaniu. Rzeczą oczywistą jest, że właściwy dobór materiałów, ich odporność i trwałość, mają wpływ na czas eksploatacji obiektów i ich koszt utrzymania. Wobec tego, zagadnieniom tym poświęca się coraz więcej uwagi od strony technicznej i naukowej. Opracowywane są metody oceny odporności i trwałości materiałów i wyrobów budowlanych. W przypadku trwałości, a zwłaszcza jej prognozowania, zagadnienie napotyka na wiele trudności wobec złożoności mechanizmów starzeniowych oraz budowy i właściwości materiałów. Nieco prostszym zagadnieniem jest określanie odporności materiału. Pod pojęciem odporności materiałów budowlanych przyjęto rozumieć opór struktury materiału na oddziaływanie czynników destrukcyjnych (chemicznych, fizykochemicznych i fizycznych) w umownych warunkach ich oddziaływania i w umownym czasie. Konsekwentnie, trwałość należałoby rozumieć jako odporność materiałów w rzeczywistych warunkach ich pracy w czasie ich eksploatacji.

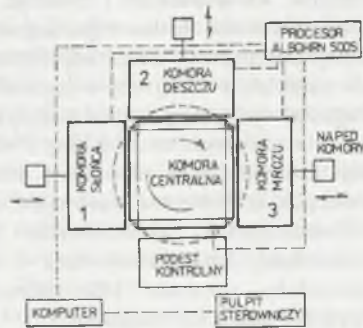
Wiadomo, że na odporność wpływ mają właściwości materiałów- mechaniczne i fizyczne. Ponieważ zależą one w dużym stopniu od budowy wewnętrznej, trwałość utożsamiać można z odpornością kapilarno-porowatej struktury na niemechaniczne wpływy zewnętrzne, takie jak wilgoć i temperatura, a zwłaszcza stany przejścia przez temperaturę 0°C. Nie można tu pominąć wpływu atmosfery zawierającej agresywny dwutlenek węgla i chlorki. Dotyczy to oczywiście materiałów bezpośrednio stykających się ze środowiskiem zewnętrznym, od których zależy trwałość obiektów budowlanych i ich elementów takich jak np. ściany zewnętrzne, a w szczególności wyprawy tynkowe. Można więc stwierdzić że, miarą trwałości są zmiany zachodzące w makro i mikrooporowatej strukturze materiałów w okresie eksploatacji [8]. Zmiany te można obserwować na podstawie badań długotrwałych w warunkach rzeczywistych [10], bądź

¹ Prof.dr inż. , ² Dr.inż. , ³ Mgr.inż. – Katedra Procesów Budowlanych, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: sekretariat@kaproc.bud.polsl.gliwice.pl

badan krótkotrwałych - skróconych bądź przyspieszonych, w warunkach quasirzeczywistych [5]. Z uwagi na długotrwałość zachodzących w czasie eksploatacji zjawisk, dąży się do wnioskowania o trwałości czy też odporności, na podstawie badań krótkotrwałych, między innymi przyspieszonych [1,7,9]. Takie badania można prowadzić tylko na specjalnie do tego celu przygotowanych stanowiskach. Jednym z takich stanowisk jest rotacyjna komora przyspieszonego starzenia będąca na wyposażeniu ośrodka gliwickiego.

2. Stanowisko do przyspieszonych badań starzeniowych

Mając na celu opracowanie metody umożliwiającej szacowanie trwałości materiałów budowlanych, przeprowadzono pilotażowe badania odporności w warunkach przyspieszonego starzenia. Badania przeprowadzono na specjalnie zbudowanym do tego celu stanowisku [10]. Przyjętą metodę badań wzorowano na procedurze norweskiej stosowanej w Trondheim. W metodzie tej materiały poddawane są naprzemiennym, cyklicznym oddziaływaniom symulowanych czynników klimatycznych, takich jak: niska temperatura, deszcz, promieniowanie słoneczne. Do symulacji w/w czynników służy specjalistyczne, w pełni zautomatyzowane stanowisko badawcze. Zostało ono wykonane z myślą o badaniach trwałości materiałów a także elementów budowlanych w skali rzeczywistej takich jak tynki, wyprawy ścienne, fragmenty konstrukcji a także okna. Stanowisko pozwala na symulację różnych czynników destrukcyjnych, w tym kwaśnych deszczów.



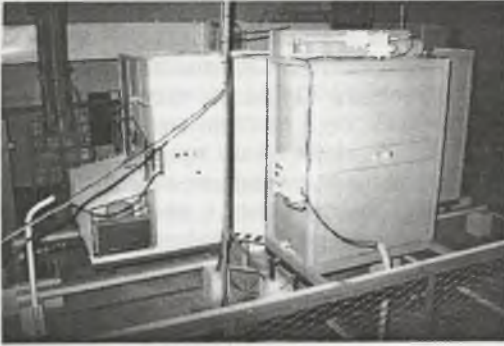
Rys.1. Schemat budowy stanowiska do badań starzeniowych PBS

Stanowisko do przyspieszonych badań starzeniowych - PBS składa się z czterech komór. Zasadniczą komorą badawczą jest centralna komora obrotowa wyposażona w cztery ściany ekspozycyjne do montażu ciał próbnych o wymiarach 1,5 x 2,0 m każda. Trzy pozostałe komory są przesuwne i współpracują z komorą centralną, oddziałując na próbki symulowanymi czynnikami klimatycznymi (rys.1).

Komora 1 - (żółta) symuluje promieniowanie słoneczne w zakresie pełnego spektrum. Promieniowanie widzialne w zakresie 400+700 nm umożliwiają lampy halogenowe o mocy 8 kW wytwarzające temperaturę do 70°C. Promienniki nadfioletu o długościach fal 185 i 255 nm imitują promieniowanie UV.

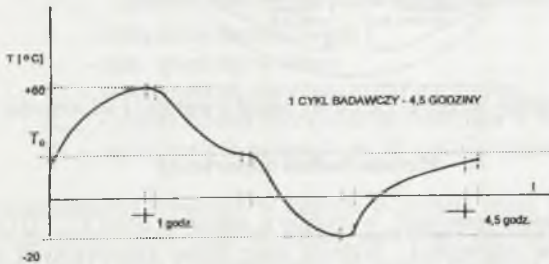
Komora 2 - (niebieska) (rys.2) - imituje deszcz i wiatr. Zraszanie wodą umożliwia układ dwóch dysz poziomych, z których jedna nieruchoma wytwarza wodę błonkującą, zaś druga, zasadnicza pionowo - ruchoma, dostarcza ukośnej strugi. Zraszanie skojarzone jest z podmuchami wiatru o regulowanej amplitudzie i częstotliwości.

Komora 3 - (w kolorze białym) - imituje mrozenie i obniza temperature powierzchni badanych próbek do -20°C .



Rys.2. Widok stanowiska PBS od strony komory „deszczu” i „mrozu”.

Komory klimatyczne pracują w sposób ciągły z przerwami na obrót komory centralnej. Pełny cykl starzeniowy jest równoważny jednemu obrotowi komory centralnej i trwa około 4 godziny przy zadanym jednostkowym cyklu dla komór klimatycznych trwającym 1 godzinę. W tym czasie każda próbka poddana jest kolejnym i naprzemiennym oddziaływaniom termiczno-wilgotnościowym w układzie: grzanie i naświetlanie, zraszanie, chłodzenie, odmrażanie, (rys.3). Po przejściu przez komory klimatyczne, w czwartej pozycji komory centralnej, badane materiały poddane są klimatowi hali laboratoryjnej i mogą być wówczas obserwowane. Stanowisko sterowane jest zdalnie i automatycznie przy pomocy komputera i mikroprocesorowego przyrządu sterującego i jest zgodne z wymaganiami podanymi w normie badań tworzyw sztucznych [2]. Parametry czynników klimatycznych dobrano zgodnie z wymaganiami normy [3] obowiązującej w przemyśle chemicznym. W zgodzie z tą normą jest także charakter pracy stanowiska. Z uwagi na brak regulacji normowej w zakresie badań trwałości materiałów budowlanych, przyjęto stosownie do zaleceń normy [4], długość badań odporności na przyśpieszone starzenie jako 90 cykli.



Rys.3. Charakterystyka termiczna ściany testowej w czasie jednego cyklu badawczego.

podłoża. Każda cecha jest oceniana w skali 5-io lub 4-o punktowej na podstawie obserwacji. Wynikiem jest globalny procentowy współczynnik odporności K_t :

$$K_t = \frac{A_t}{A_o} 100 \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie: A_t - wartość liczbową właściwości tworzywa po teście starzeniowym
 A_o - wartość liczbową właściwości tworzywa przed testem starzeniowym

Współczynnik może służyć do przybliżonej oceny stopnia odporności a także jego odnoszenia do warunków naturalnych, na podstawie odpowiednich przełożeń normowych. Ponadto dla ilustracji historii destrukcji, inwentaryzowany jest rozwój uszkodzeń i zmian fizycznych na powierzchniach badanych próbek. W myśl normy [3] za odporne uważa się materiały, które po 90-iu cyklach nie wykazują spękań, łuszczenia, i zmian przyczepności przy dopuszczalnej zmianie pozostałych cech o jeden stopień.

5. Metoda oceny trwałości

Korzystając z zasad i sformułowań teorii użyteczności i zniszczenia [6], opracowano teoretyczną i przybliżoną metodę szacowania trwałości. Jej podstawą jest dualna interpretacja trwałości jako czasu, który może dotyczyć bądź stanu użytkowego w myśl podstawowej definicji, bądź też stopnia destrukcji. W obydwóch przypadkach osiągających wartości graniczne uznane za dopuszczalne. Na tej podstawie przyjęto dwa modele trwałości. Jeden wyrażający zmiany wytrzymałości i opisujący stan użyteczności. Drugi natomiast przedstawiający zmiany masy i tym samym stan destrukcji. Do oceny trwałości w oparciu o wytrzymałość wykorzystano model w postaci:

$$R(t) = R_{28} [1 - (0,8 \cdot k)^{0,25n \cdot t}] \quad (2)$$

$$t_T = (R_0 - R_{min}) / (R_0 - R_1) \quad (3)$$

gdzie: $k = \rho_{p90} / \rho_{p0}$,

ρ_{p90} - gęstość rzeczywista po 90 cyklach,

ρ_{p0} - gęstość rzeczywista przed testem starzeniowym,

n - liczba cykli starzeniowych

t_T - czas trwałości w latach

R_0 - wytrzymałość materiału przed starzeniem

R_{min} - dopuszczalna wytrzymałość materiału w fazie użytkowej

R_1 - wytrzymałość materiału po 90 cyklach starzenia

Do prognozowania trwałości w oparciu o zmiany masy wykorzystano model opisujący przyrosty ubytków masy w czasie, wywołane destrukcją mrozową $m_1(t)$ i powierzchnią $m_2(t)$ wraz z odpowiadającym czasem trwałości:

$$M(t) = m_1(t) + m_2(t) \quad (4)$$

$$m_1(t) = k_1 \cdot (R_{28} + 8)^{-1,4} \cdot t$$

$$m_2(t) = k_2 \cdot R_{28}^{-3,3} \cdot t$$

$$t_T = M_{max} / M_1 \quad (5)$$

gdzie: M_1 - ubytek masy w czasie testu starzeniowego

M_{max} - dopuszczalny ubytek masy

Za pomocą tych modeli możliwa jest przybliżona ocena trwałości materiałów elewacyjnych. Podobieństwo wyników sprzyja alternatywnemu korzystaniu z narzędzi, stosownie do dysponowanych cech wyjściowych. Znając wytrzymałości i gęstości materiałów można korzystać z modelu wytrzymałościowego. Dysponując porowatością i wytrzymałością można używać modelu zmian masy.

6. Podsumowanie

Zaprezentowane powyżej stanowisko badawcze jest w pełni przydatne do badań odporności materiałów budowlanych na przyspieszone starzenie. Uzyskane wyniki obserwacji makroskopowych świadczą o skuteczności stanowiska. Wykorzystując to stanowisko oraz dostępne normy dotyczące badań starzeniowych, można z powodzeniem oceniać odporność materiałów na procesy starzeniowe. Rokując nadzieję są tutaj równolegle prowadzone pomiary porozymetryczne, których zmienność wyników świadczy o związku procesów starzeniowych ze zmianami struktury porowatej materiałów i co daje możliwość ich wykorzystania w badaniach trwałości. Przeprowadzone na stanowisku badania oraz opracowane metody, zwłaszcza modele trwałościowe, mają charakter pilotażowy i stanowią podstawę do dalszych badań, związanych z trwałością i jej prognozowaniem.

Literatura

- [1] Bochen J., Spychała J.: „Badania trwałości wybranych materiałów ścian zewnętrznych w warunkach przyspieszonego starzenia”, Praca badawcza wykonana w Katedrze Procesów Budowlanych, Gliwice 1997,
- [2] PN-85/C-89037. Metody badań odporności na starzenie. Tworzywa sztuczne,
- [3] PN-73/6701-03. Metoda przyspieszonego badania odporności na działanie czynników atmosferycznych.
- [4] PN-91/B-10105. Masy tynkarskie do wyk. pocienionych wypraw elewacyjnych.
- [5] Broniewski T., Fiertak M.: „Metodologiczne problemy oceny trwałości materiałów budowlanych”, II Konf. Nauk.-Tech. MATBUD 98, Kraków-Mogilany 1998,
- [6] Sarja A., Vesikari E.: „Durability design of Concrete Structures”, RILEM Report 14, 1996.
- [7] Mikoś J., Nowak H., Bochen J.: „Badania wpływu struktury betonu na jego trwałość w symulowanych warunkach naprzemiennego działania czynników zewnętrznych”, Projekt badawczy dla KBN nr 772329102, Gliwice 1995,
- [8] Mikoś J.: „Kształtowanie struktury betonów wysokiej wytrzymałości i trwałości”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Budownictwo z.81, Gliwice 1995,
- [9] Mikoś J.: Wybrane problemy diagnostyki i prognozowania trwałości tworzyw i obiektów budowlanych; XXXIV KN. KILIW PAN i KN PZITB, Gliwice-Krynica 88,
- [10] Mikoś J., Nowak H.A., Loska A.: „Metoda badania trwałości przegród budynków w warunkach rzeczywistych”, CPBP nr 02.01, temat 3.14, Gliwice 1986-88,

A RESEARCH STAND AND METHOD OF RESISTANCE AND DURABILITY TESTS FOR BUILDING MATERIALS AND ELEMENTS

Summary

In the paper a special research stand for durability and resistance of building materials and elements (walls, renderings) is presented. The apparatus works as a rotational chamber for accelerated ageing. Samples are installed inside and then are subjected to such artificial climatic factors as: radiation, rain and low temperature, continuously and alternatively during 90 cycles. This method is used for estimation of material resistance. Additionally, basing on this test, a durability of materials is predicted using two models: strength and weightloss.