Politechnika Świętokrzyska

Wydział Budownictwa i Architektury

Katedra Wytrzymałości Materiałów, Konstrukcji Betonowych i Mostowych

Kielce, marzec 2016

Doktorant: **mgr inż. Magdalena Bacharz**

Promotor: **Prof. dr hab. inż. Wiesław Trąmpczyński**

Promotor pomocniczy: **Dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, prof. PŚk**

WYKORZYSTANIE METODY EMISJI AKUSTYCZNEJ DO BADANIA PROCESÓW DESTRUKCYJNYCH W BETONIE NIEOBCIĄŻONYM

STRESZCZENIE

We wczesnej fazie dojrzewania w betonie nieobciążonym powstają procesy destrukcyjne, które mają wpływ na zachowanie się elementów konstrukcyjnych w procesie dalszej eksploatacji; mogą przyczynić się do propagacji pęknięć, obniżenia trwałości obiektów, ograniczenia ich funkcji użytkowych, a nawet do awarii, np. zbiorników. Na podstawie analizy literatury wyróżniono 4 procesy destrukcyjne, które mogą pojawić się w betonie nieobciążonym we wczesnej fazie dojrzewania, tj. powstawanie mikropęknięć w zaczynie cementowym, rozwój mikropęknięć wewnętrznych, powstawanie mikrorys na powierzchni betonu i rozwój rys powierzchniowych. Na podstawie przeglądu metod diagnostycznych, a szczególnie metod bazujących na zjawisku emisji akustycznej ustalono, iż większość metod badawczych pozwala wprawdzie na rejestrację uszkodzeń w elementach konstrukcyjnych, jednakże nie umożliwia ich identyfikacji.

Stąd celem pracy była weryfikacja możliwości zastosowania do lokalizacji i identyfikacji procesów destrukcyjnych w betonie nieobciążonym, we wczesnej fazie dojrzewania, metody emisji akustycznej IADP (Identyfikacji Aktywnych Procesów Destrukcyjnych). Metoda ta polega na analizie porównawczej sygnałów akustycznych wywołanych przez procesy destrukcyjne z bazą sygnałów wzorcowych. Dotychczas była wykorzystywana do analizy procesów destrukcyjnych w konstrukcjach żelbetowych poddanych obciążeniu zewnętrznemu. Opracowano koncepcję metody dla betonu nieobciążonego, dobrano czujniki AE oraz utworzono na podstawie 12-tu parametrów sygnału akustycznego wstępną bazę sygnałów wzorcowych procesów destrukcyjnych obejmującą 4 Klasy sygnałów. Każdej Klasie przypisano wstępnie proces destrukcyjny, który może być źródłem emisji akustycznej w dojrzewającym betonie:

- Klasa 1 – Powstawanie mikropęknięć w zaczynie,
- Klasa 2 – Propagacja mikropęknięć wewnętrznych
- Klasa 3 – Powstawanie mikrorys na powierzchni betonu
- Klasa 4 – Rozwój rys,

co następnie zweryfikowano w programie badawczym.

Program badań dla betonu nieobciążonego obejmował wykonanie 48 próbek betonowych (16 serii po 3 próbki) zróżnicowanych czynnikami mającymi wpływ na destrukcję nieobciążonej struktury betonu. Próbki wykonano z dwóch rodzajów kruszywa (wapienne i bazaltowe), dwóch rodzajów cementu (cement portlandzki i hutniczy), z domieszkami lub bez, o czterech klasach wytrzymałości betonu (C25/30, C30/37, C40/50 i C45/55), różniących

się ponadto wymiarami (próbki prostopadłościenne o wymiarach 150x150x600 mm oraz 100x100x400 mm), kształtem (belki i płyty), obecnością zbrojenia (zbrojenie podłużne i poprzeczne lub brak zbrojenia), warunkami pielęgnacji (pielęgnacja po rozformowaniu 10-11 dni w wodzie lub bez pielęgnacji) a także warunkami dojrzewania (temperatura stała 22°C i zmienna cyklicznie w 12- godzinnych cyklach od -5°C do +42°C).

W celu realizacji badań wykonano stanowisko badawcze (komorę termiczną), tak by zapewnić wymagane warunki termiczne i akustyczne. W czasie badań rejestrowano sygnały akustyczne towarzyszące procesom destrukcyjnym w sposób ciągły (jednakże analizę wykonano dla 12 godzinnych cykli w 1-8, 12, 16, 20, 24, 28, 38, 46 i 57 dniu pomiarowym), po każdym cyklu badano odkształcenia liniowe ekstensometrem, próbki ważono w celu określenia ubytku masy wody i obserwowano ich zarysowanie. Pozwoliło to na weryfikację przyjętej klasyfikacji sygnałów AE towarzyszących procesom destrukcyjnym w młodym betonie.

Przedstawiono wstępną analizę rozwoju procesów destrukcyjnych rejestrowanych w próbkach betonowych różniących się składem, warunkami pielęgnacji i dojrzewania. Zaobserwowano wpływ analizowanych parametrów na liczbę rejestrowanych procesów destrukcyjnych, ich energię jednostkową oraz na czas występowania tych procesów.

Wyniki badań i ich analiza umożliwiły identyfikację, rejestrację, śledzenie, lokalizację i analizę procesów destrukcyjnych powstających w nieobciążonym betonie, we wczesnej fazie jego dojrzewania oraz potwierdziły przyjętą wstępnie Klasyfikację sygnałów AE i przyporządkowane im procesy destrukcyjne w betonie nieobciążonym.

Wstępne wyniki badań wykazały możliwość wykorzystania metody Identyfikacji Aktywnych Procesów Destrukcyjnych IADP i jej użyteczność w badaniach betonu we wczesnej fazie dojrzewania.

APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION METHOD TO THE EVALUATION OF DESTRUCTIVE PROCESSES IN UNLOADED CONCRETE

SUMMARY

Destructive processes that occur in early-age unloaded concrete affect the performance of structural elements later at the in-service stage. Early age damage may contribute to crack propagation, reduced durability of structures, limited functionality or even failures, for example, of reservoirs. Four destructive processes were identified based on the analysis of the literature: formation of microcracks in the cement paste, propagation of internal microcracks, formation of microcracks on the surface of concrete and growth of surface cracks. A review of diagnostic methods with a focus on acoustic emission techniques revealed that the majority of them are able to detect damage to structural members but unable to identify the defect.

Therefore this paper aims to verify the suitability of the acoustic emission method (IADP) to locate and identify destructive processes that occur in unloaded concrete during its early hardening stage. The IADP method (Identification of Active Destructive Processes) is targeted towards the analysis of destructive process-induced acoustic signals against the data collected in the database of reference acoustic signals. The method has previously been applied to the analysis of destructive processes progressing in reinforced concrete structures under external load. The approach presented in this dissertation is intended for unloaded concrete. The preliminary database was created based on 12 parameters of acoustic signals from AE sensors. The database comprises four classes of destructive process reference signals. Destructive processes – acoustic emission sources in the hardening concrete - were assigned to each class:

- Class 1 – Formation of microcracks in the cement paste
- Class 2 – Propagation of internal microcracks
- Class 3 – Formation of microcracks on the surface of concrete
- Class 4 – Crack growth

and then verified in the research progamme.

The testing programme included making 48 concrete specimens (16 series 3 specimens each) varied by factors that affect the damage to the unloaded concrete structure. The specimens were produced with two types of aggregate (limestone and basalt), two types of cement (Portland cement and metallurgical cement), with and without additions, of concrete with three strength classes (C25/30, C30/37 and C40/50), had different dimensions (150x150x600 mm and 100x100x400 mm prisms), shapes (beams and slabs), reinforcement system (longitudinal, transverse, no reinforcement), curing conditions (cured for 10-11 days after demoulding, non-cured) and hardening conditions (22°C constant temperature, temperature varied within 12-hour cycles from -5°C to +42°C).

The thermal test chamber was constructed to the thermal and acoustic requirements. During the tests, the acoustic signals that accompany the destructive processes were recorded on a continuous basis (yet the signals were analyzed for 12-hour cycles at 1-8, 12, 16, 20, 24, 28, 38, 46 and 57 measurement days). After each cycle, linear deformations were measured with the use of extensometer; the specimens were weighed to determine the water mass loss and the cracks were observed. This procedure allowed the verification of the adopted AE signal classification for destructive processes in young concrete.

The paper presents the preliminary analysis results for the development of destructive processes in concrete specimens of different compositions, kept under different conditions of curing and hardening. The tests revealed the effect of the investigated parameters on the number of destructive processes, their unit energy and signal duration.

Owing to the results of the tests and the analysis of the findings it was possible to identify, locate and analyze the destructive processes that occur in unloaded concrete at the early stage of its hardening. From the results, it was also demonstrated that the preliminary classification of AE signals with the assigned destructive processes is suitable and helpful.

The preliminary results of this study confirmed that the IADP method can be successfully applied to the investigations of young concrete.

Magdalena Badura