

Celem 3-letniego doświadczalno-teoretycznego projektu badawczego jest wyjaśnienie mechanizmu powstawania i propagacji rys w betonie w obszarze statycznym w zależności od jego niejednorodnej mezo-struktury oraz opisanie go przy zastosowaniu nowoczesnego dwuskalowego modelu matematycznego, łączącego proces zarysowania na poziomie kruszywa (poziom mezo) z procesem zarysowania na poziomie struktury (poziom makro). W obliczeniach mezoskopowych zostaną uwzględnione 4 najważniejsze fazy w betonie: kruszywo, zaprawa cementowa, makro-pory i strefy przejściowe między kruszywem a zaprawą cementową. Szczególną rolę w kształtowaniu własności betonu odgrywają strefy przejściowe występujące pomiędzy ziarnami kruszywa a zaczynem cementowym. Strefy te będące najślabszą fazą w betonie są obszarami inicjacji i propagacji mikro-rys, które łączą się następnie w makro-rysy poprzez zjawisko mostkowania.

Badania składają się z dwóch uzupełniających się części: doświadczalnej i teoretycznej. W części doświadczalnej wykonane zostaną obszerne quasi-statyczne badania laboratoryjne mające na celu określenie ilościowego wpływu mezo-struktury na zachowanie się betonu pod obciążeniem. Badania obejmą szczegółową analizę wpływu parametrów mieszanki betonowej, krzywej uziarnienia, objętości kruszywa, wielkości oraz kształtu i szorstkości ziaren kruszywa na własności makroskopowe betonu (wytrzymałość, kruchość i zarysowanie). Wykonane zostaną badania doświadczalne trzypunktowego zginania, rozłupywania (próba brazylijska) oraz jednoosiowego ściskania. Dzięki zastosowaniu mikro-tomografu komputerowego 3D najnowszej generacji będącego na wyposażeniu katedry, możliwa będzie obserwacja zmian mezo-struktury (z uwzględnieniem 4 faz) i geometrii rys w próbkach betonowych bezpośrednio w trakcie trwania doświadczeń. Do analizy zmian mezo-struktury w betonie zostanie także wykorzystany skaningowy mikroskop elektronowy.

W części obliczeniowej zostanie sformułowane dwuskalowe prawo konstytutywne dla betonu, łączące proces pęknięcia na poziomie kruszywa (poziom mezo) z procesem pęknięcia na poziomie struktury (poziom makro). W pierwszym etapie zostaną przeanalizowane istniejące sformułowania dwuskalowe pod kątem ich przydatności ze względu na poziom skomplikowania oraz rzetelność przekazywania informacji dotyczącej pęknięcia między poziomami makro i mezo. W drugim etapie zostaną zaproponowane własne propozycje modelu dwuskalowego w wersji zaawansowanej na bazie homogenizacji obliczeniowej (pełnej), niewymagającej definicji modelu materiału na poziomie makro oraz w wersji uproszczonej na bazie homogenizacji numerycznej (częściowej), polegającej na wyznaczeniu na poziomie mezo parametrów dla prawa materiałowego na poziomie makro. Obliczenia mezoskopowe zostaną wykonane z rzeczywistą geometrią 4 faz betonu na podstawie zdjęć z mikro-tomografu komputerowego 3D. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na problem prawidłowej definicji reprezentatywnego elementu objętościowego na poziomie mezo dla betonu. Wyniki numeryczne z modelem dwuskalowym 2D i 3D zostaną porównane z wynikami doświadczeń laboratoryjnych.

W wyniku naszych badań powstanie nowa baza wiedzy o zachowaniu się zarysowanego betonu z uwzględnieniem wpływu jego rzeczywistej mezo-struktury. Uzyskane informacje będą pomocne do projektowania betonu z ulepszonymi parametrami odnośnie wytrzymałości i kruchości oraz do rozwiązywania różnych problemów mechanicznych związanych z pękaniem materiałów kruchych i quasi-kruchych.