

*mgr inż. Jan Suchorzewski*

## **Investigations of size effect in concrete at aggregate level - experiments and calculations results using discrete element method**

Efekt skali jest fundamentalnym zjawiskiem w betonie. Charakteryzuje się spadkiem nośności i wzrostem kruchości betonu wraz ze wzrostem wielkości elementów. Rozprawa doktorska zawiera elementy doświadczalne i teoretyczne. Głównym celem pracy doktorskiej było zbadanie efektu skali w betonie na poziomie kruszywa z uwzględnieniem jego pęknięcia przy zastosowaniu metody elementów dyskretnych (DEM) dla różnych mechanizmów zniszczenia. Wykonano obszerne badania doświadczalne efektu skali podczas testu rozłupywania betonu. W badaniach została wykorzystana mikro-tomografia komputerowa (micro-CT) oraz technika korelacji obrazów cyfrowych (DIC). Metoda elementów dyskretnych została skalibrowana dla betonu na podstawie prostych testów doświadczalnych. W obliczeniach numerycznych z rzeczywistą wewnętrzną strukturą betonu został wyznaczony rozkład i rozwój kontaktów, sił między-kontaktowych, łańcuchów sił, obrotów, pękniętych kontaktów oraz energii dla 3 różnych mechanizmów zniszczenia (zależnych od wielkości badanego elementu): quasi-kruchości, kruchości i b. kruchości (snap-back). Wyniki badań doświadczalnych zostały bezpośrednio porównane z wynikami obliczeń DEM. Uzyskano dobrą zgodność wyników między doświadczeniami a symulacjami. Dodatkowo wykonano obszerne doświadczenia nad efektem skali ze zginanymi żelbetowymi belkami bez i ze sztywnymi, które były skalowane wzdłuż wysokości lub długości.

## **Badanie efektu skali w betonie na poziomie kruszywa - badania doświadczalne i wyniki obliczeń metodą elementów dyskretnych**

Size effect is a fundamental phenomenon in concrete. It is characterised by decreasing strength and increasing brittleness of concrete with increasing size. The thesis includes experimental and theoretical elements. The main goal of the thesis were investigations of a size effect at the aggregate level by taking fracture into account with the discrete element method (DEM) for various failure modes. Comprehensive experiments on a size effect were carried out for a tensile splitting test. In experiments, the micro-computed tomography (micro-CT) and digital image correlation (DIC) technique were used. DEM for concrete was calibrated with the aid of simple uniaxial tests of uniaxial compression and uniaxial tension. In numerical calculations with the real internal concrete structure, the distribution and evolution of inter-particle contacts, inter-particle forces, force chains, rotations, broken contacts and energies was analyzed (depending on the specimen size) for various failure mechanisms: quasi-brittle, brittle and very brittle (snap-back). Experimental results were directly compared with experiments. Good agreement was achieved. In addition, comprehensive size effect experiments on reinforced concrete beams under bending without and with stirrups were carried out that were scaled along the height or length.