

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA
KATEDRA TEORII KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH

*Mgr inż. **Magdalena MROZEK***

Streszczenie rozprawy doktorskiej pod tytułem:

**NUMERYCZNA SYMULACJA
WZMACNIANIA MATAMI CFRP
KONSTRUKCJI MUROWYCH Z CEGŁY**

*Promotor:
Prof. dr hab. inż. **Andrzej WAWRZYNEK***

Gliwice 2012r.

Rozprawa doktorska poświęcona jest analizom numerycznym wzmocnienia polimerami zbrojonymi włóknami węglowymi (CFRP) konstrukcji murowych z cegły.

W pierwszych rozdziałach pracy przedstawione są, znane już, informacje dotyczące powyższego zagadnienia. Począwszy od skutków działania obciążeń dynamicznych na konstrukcje murowe oraz metod ich wzmocnienia, ze szczególnym skupieniem się na wzmocnieniu matami FRP, poprzez przegląd dostępnych w literaturze badań wzmocnienia konstrukcji murowych polimerami zbrojonymi włóknami, rozdzielonych osobno na obciążenie działające w płaszczyźnie muru oraz prostopadle do niej, a skończywszy na przedstawieniu trzech metod numerycznej symulacji wzmocnień:

- a) modelowaniu wzmocnienia w postaci prętów,
- b) modelowaniu wzmocnienia elementami modyfikowanymi,
- c) modelowaniu wzmocnienia powierzchniowego (stosowanego w analizach numerycznych niniejszej rozprawy).

Zaprezentowany został, również, model materiałowy przyjęty do realizacji celów pracy, który uwzględnia złożony proces degradacji muru podczas narastania obciążenia, znany jest pod nazwą *Model Barcelona*.

Pozostała część rozprawy jest pracą własną i efektem przeprowadzenia ponad 800 różnych symulacji. Ich celem jest odpowiedź na pytania:

Czy istnieje możliwość, bazując na analizie numerycznej, określenia takiego układu mat zbrojonych włóknami węglowymi (CFRP), który umożliwi efektywne wzmocnienie i zabezpieczenie konstrukcji murowej w dwóch granicznych sytuacjach:

1. pojawienia się pierwszych uszkodzeń (tzw. inżynierski zakres pracy muru),
2. zniszczenia konstrukcji poprzez oddzielenie się jej fragmentu (tzw. zakres mechanizmu zniszczenia)?

oraz

Czy istnieją układy mat, inne niż całkowite pokrycie konstrukcji murowej, o porównywalnej efektywności mierzonej wzrostem poziomu bezpiecznego obciążenia i/lub wielkością obszaru zdegradowanego?

Pojawiające się w pytaniu dwa zakresy, nazwane w ten sposób przez Autorkę na potrzeby niniejszej rozprawy, oznaczają:

Zakres inżynierski - pracę konstrukcji murowej zbliżoną do pracy sprężystej. W zakresie tym, pierwsza sumaryczna degradacja pojawiająca się w niewielkiej liczbie elementów skończonych (ES) ma wartość mniejszą od 50%.

Zakres mechanizmu zniszczenia - pracę muru traktowaną jako niesprężystą. Obserwuje się tu znaczną ilość ES, w których współczynnik degradacji przekracza wartość 0,5. W zakresie mechanizmu zniszczenia można w przybliżeniu określić mechanizm zniszczenia próbki (np. ścięcie w określonym miejscu).

Właściwe, z uwagi na cel pracy, obliczenia, poprzedzone zostały analizami wstępnymi, pomocnymi w tworzeniu modelu bazowego. Analizowano takie zagadnienia, jak:

- a) różnica pomiędzy modelem powłokowym a tarczowym (PSN),
- b) rodzaj numerycznego połączenia muru z matą,
- c) wpływ stosunku modułów sprężystości maty i muru na poziom wzmocnienia,

d) moment zastosowania wzmocnienia w odniesieniu do przyłożonego przemieszczenia.

Końcowym efektem było przyjęcie następujących założeń:

- obliczenia wykonywane są w programie Abaqus, z zastosowaniem plastyczno-degradacyjnego modelu materiałowego (Modelu Barcelona), adaptowanym na potrzeby muru,
- wzmocnienie muru kompozytami przyjęto, jako dwustronne, przy założeniu, że połączenie jest sztywne, bez możliwości odrywania (opcja *TIE* w programie Abaqus),
- model numeryczny jest dwuwymiarowy, znajduje się w płaskim stanie naprężenia,
- mata jest połączona z murem od początku analizy (model pierwotnie nieuszkodzony).

Następnie przeprowadzono szereg obliczeń weryfikujących, których celem było sprawdzenie skonstruowanego (na potrzeby analizy doboru efektywnego układu mat) uproszczonego modelu obliczeniowego.

Pierwsze analizy numerycznego doboru najbardziej efektywnych układów wzmocnienia przeprowadzone zostały na czterech różnych ścianach. Ściany numer 1, 2 i 3 różniły się jedynie otworami, natomiast czwarta, dodatkowo miała inne wymiary oraz zastosowane wewnętrzne ściany poprzeczne. W następnej kolejności przeprowadzono analizy wpływu różnych proporcji wymiarów próbek murowych (pełnych oraz z otworem) na poziom wzmocnienia oraz dobór układu mat.

Analizowanymi układami wzmocnienia były między innymi: pasy poziome, pasy pionowe, połączenie pasów poziomych oraz pionowych, tworzących kratę oraz układy, których przyjęcie wymagało wcześniejszej analizy map degradacji (pod względem lokalizacji powstałych uszkodzeń) modelu bez wzmocnienia. We wszystkich analizowanych przypadkach efektywny układ wzmocnienia dobierany był w dwóch, przyjętych w pracy, zakresach pracy muru: inżynierskim oraz mechanizmu zniszczenia.

Zakończenie pracy stanowi jej podsumowanie wraz z przedstawieniem wniosków, wyciągniętych z przeprowadzonych analiz numerycznych. Mają one być punktem wyjścia w dalszej pracy nad przedstawianym w rozprawie zagadnieniem (wzmacniania murów ceglanych matami CFRP), zarówno podczas kolejnych symulacji numerycznych, jak również (a może przede wszystkim) przy projektowaniu badań laboratoryjnych.