

Magdalena MROZEK<sup>1</sup>  
Dawid MROZEK<sup>2</sup>  
Andrzej WAWRZYNEK<sup>3</sup>

## ANALIZA NUMERYCZNA POŁCZENIA MATY CFRP ZE CIANYM MUREM CEGLANYM

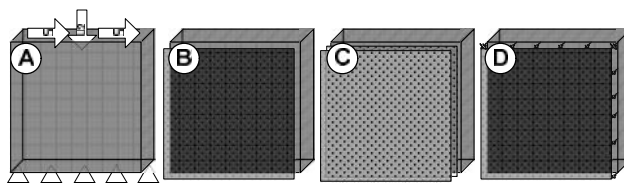
### 1. Wprowadzenie

W praktyce budowlanej stosuje się dwa sposoby łączenia kompozytowych mat CFRP ze wzmocnianym murem: 1. *połączenie sztywne*, gdy wykorzystuje się klej epoksydowy [1]; 2. *połączenie podatne*, gdy klej charakteryzuje się pewną odkształcalnością podczas obciążenia [2]. Różne warunki współpracy muru ze wzmocnieniem powinny być uwzględniane w numerycznych symulacjach eksperymentów laboratoryjnych wykonywanych na próbkach murowych i/lub cianach murowych.

W pracy porównywana jest odpowiedź (poziom wzmocnienia) modelu kwadratowej próbki na wymuszone przemieszczenia poziome jej górnej krawędzi w odniesieniu do różnych sposobów modelowania połączenia mat z murem.

### 2. Opis modelu obliczeniowego

Do modelowania metod elementów skończonych pracy próbek murowych, o wymiarach 1 x 1 m (rys. 1), wykorzystano elementy powłokowe czterowzłowe. Rozpatrzono cztery przypadki obliczeniowe, w których wymuszano quasi statycznie przemieszczenie pionowe (symulujące obciążenie wyśzych kondygnacji), a następnie przemieszczenie poziome prowadzące do zniszczenia próbki. Mur konstrukcyjny opisano modelem sprężysto-plastyczno-degradacyjnym, znanym w literaturze [3], jako *Model Barcelona*. Ponadto przyjęto, że maty CFRP są materiałem liniowo-sprężystym, a modyfikacji podlega sposób modelowania połączenia mur-mata.



Rys. 1. Modele obliczeniowe

Trzy modele (B - D), w całości pokryte matami, porównywane są z modelem (A) niezawierającym wzmocnienia. W kolejnych zadaniach, połączenie mur-mata modelowane

<sup>1</sup> Mgr inż., Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska w Gliwicach

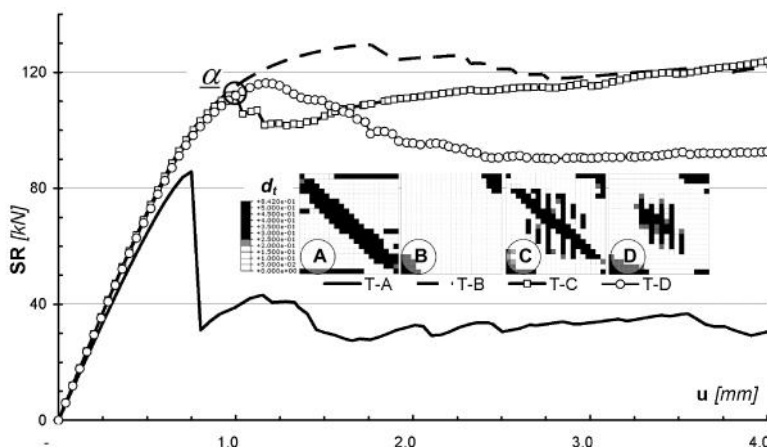
<sup>2</sup> Dr inż., Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska w Gliwicach

<sup>3</sup> Prof. dr hab. inż., Wydział Budownictwa, Politechnika Śląska w Gliwicach

jest albo bez dodatkowej numerycznej warstwy kleju i traktowane jako połączenie sztywne (B) lub jako połączenie sprężyste (D), które uwzględnia tarcie i podatność na kierunku normalnym do powierzchni muru. W innym zadaniu uwzględniono dodatkową warstwę kleju modelowaną również elementami powłokowymi (C).

### 3. Wpływ modelowania połączenia mur-mata na rozwiązanie

Wprowadzenie wzmocnienia powoduje, w zakresie sprężystej pracy muru, wzrost wartości sumarycznej reakcji ( $SR$ ) na górnej powierzchni o około 30%. Wartość ta jest uzależniona od układu mat na powierzchni muru, co zaprezentowano w [4]. Różne sposoby modelowania połączenia nie zmieniają znacząco przebiegu zależności reakcja - przemieszczenie ( $SR-u$ ) do momentu przekroczenia wartości przemieszczenia odpowiadającej punktowi „r” na rys. 2. Po jego przekroczeniu, w trzech modelach B – D, rozpoczyna się pozasprężysta praca materiału oraz wzrost degradacji (parametr  $d_t$ ) spowodowanej naprężeniami rozciągającymi. Przebieg zależności  $SR-u$  jest odmienny w każdym z analizowanych przypadków. W modelu D, po początkowym spadku wartości  $SR$ , następuje „aktywacja” wzmacniającej maty oraz przyrost wartości  $SR$ . Sztywne połączenie muru z matą (B), najprostsze do modelowania numerycznego, skutkuje osiągnięciem największej wartości  $SR$ . W modelu A – bez wzmocnienia – widoczna jest gwałtowna degradacja materiału (skokowy przebieg  $SR-u$ ).



Rys. 2. Zależność sumarycznej reakcji ( $SR$ ) od przemieszczenia analizowanych modeli.

### Literatura

- [1] MEIER U., SCHWEGLER G., KOTYNIA R.: Wzmacnianie konstrukcji murowych materiałami kompozytowymi w świetle badań do wiadczalnych. *XXII Awarie budowlane*. Szczecin-Międzyzdroje 2005.
- [2] KWIECIEŃ A., ZAJĄC B., STECZ P., KUBICA J.: Flexible Joint Method (FJM) – a new approach to protection and repair of cracked masonry. *1<sup>st</sup> European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*. Genewa 2006.
- [3] CIŚCIO A., Numeryczna analiza dynamicznej odporności niskiej zabudowy na wstrząsy parasejsmiczne z zastosowaniem przestrzennych modeli wybranych obiektów. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Gliwice, 2004
- [4] MROZEK M., Numeryczna symulacja wzmacniania matami CFRP konstrukcji murowych z cegły. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice, 2012