

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΩΝ ΑΤΕΛΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΥΠΟ ΑΞΟΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ: ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Δήμητρα Β. Αχιλλοπούλου^{1*}

1*: Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ., Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica, Università di Roma 'La Sapienza', dimitra.achillopoulou@uniroma1.it, dimiach@civil.duth.gr

Αθανάσιος Ι. Καραμπίνης²

2: Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Δ.Π.Θ., Καθηγητής Τμ. Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ., Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος

Εκτενής περίληψη

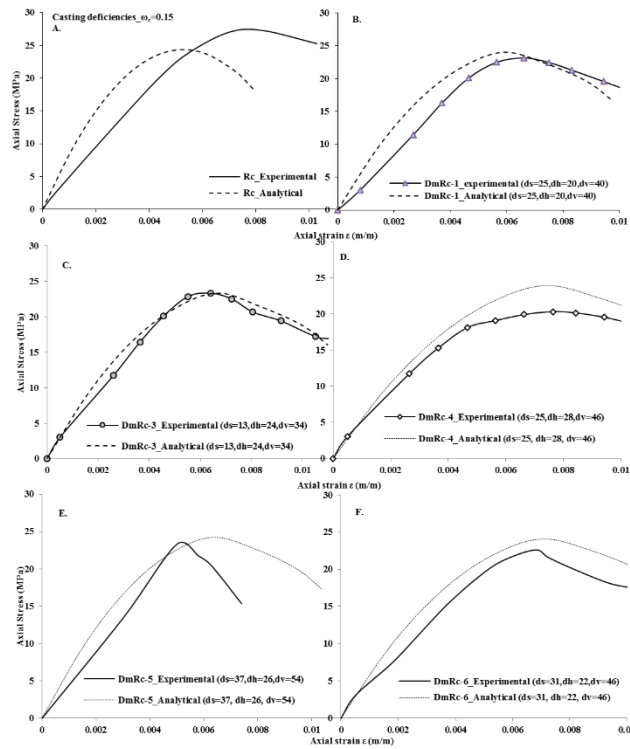
Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει αποτελέσματα από πειραματική και αναλυτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε για την διευκρίνιση της επίδρασης των κατασκευαστικών ατελειών στην απόκριση υποστυλωμάτων ωπλισμένου σκυροδέματος (ΩΣ). Περιλαμβάνει 6 στοιχεία τετραγωνικής διατομής (κλίμακα διατομής 1:2, 150x150x500 mm), ονομαστικής αντοχής σκυροδέματος 24.37 MPa, με 4 διαμήκεις ράβδους χάλυβα διαμέτρου 8 mm (500 MPa ονομαστική αντοχή) και με ποσοστό περίσφιγξης $\omega_s = 0.15$. Κατά την κατασκευή των υποστυλωμάτων δεν λήφθηκαν υπόψιν όλα τα Διεθνή Πρότυπα σκυροδέτησης, ώστε να δημιουργηθούν οι κατασκευαστικές ατέλειες. Αυτές οι ατέλειες ποσοτικοποιήθηκαν και η επίδρασή τους στην ικανότητα αξονικού φορτίου των δοκιμών μετά την επισκευή βαθμονομήθηκε μέσω ενός απλοποιημένου προσομοιώματος πρόβλεψης με χρήση απλών γεωμετρικών δεικτών βλάβης ($d_s = f_l / f_{tot}$, $d_h = h_l / h_{tot}$, $d_v = 1 - [(1-d_s) \cdot (1-d_h)]$). Η ικανότητα των υποστυλωμάτων σε αξονικό φορτίο και ανηγμένη παραμόρφωση εκφράστηκε ως συνάρτηση του ποσοστού περίσφιγξης και του δείκτη βλάβης διατομής (d_s) όπως περιγράφεται από τις παρακάτω σχέσεις (Σχ. 1 & Σχ. 2) σε συνδυασμό με το προσομοίωμα που προτείνει ο Ευρωκώδικας (EN 1998-1: 2004, 5.4.3.2.2.):

$$\frac{f_{cdm}}{f_{co}} = a + b * \left(\frac{f_{cc}}{d_s}\right)^{3/4}, \quad d_h \leq 0.40 \text{ \& } d_v \leq 0.55 \quad \text{Σχ. 1}$$

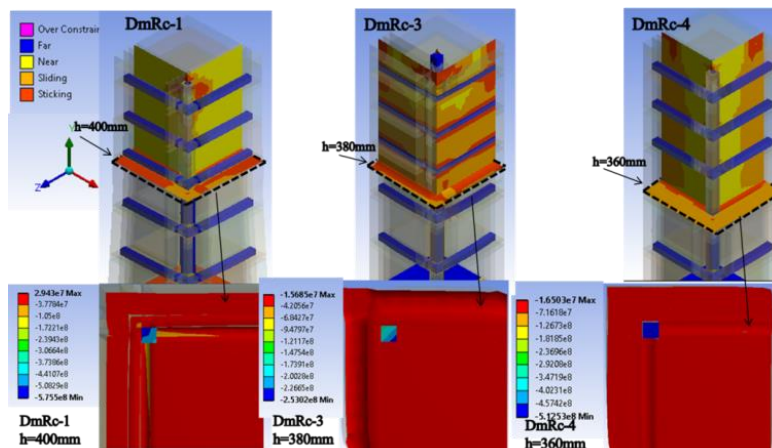
$$\frac{\varepsilon_{ccy}^d}{\varepsilon_{coy}} = c + d \cdot \left[1 + \frac{\left(\frac{0.85 \cdot d_v \cdot \varepsilon_{ccy}}{1000}\right)^{2/3}}{\varepsilon_{coy}} \right], \quad d_h \leq 40\% \text{ \& } d_v \leq 55\% \quad \text{Σχ. 2}$$

Ταυτόχρονα, για την βαθμονόμηση και τον περεταίρω έλεγχο της αξιοπιστίας του προσομοιώματος αλλά και της μεθόδου επισκευής πραγματοποιήθηκε διερεύνηση μέσω πεπερασμένων στοιχείων (FEA). Η ανάλυση διασαφηνίζει την συμπεριφορά τόσο της διεπιφάνειας επισκευαστικού υλικού και σκυροδέματος αλλά και τη μορφή αστοχίας τους (αποκόλληση). Μάλιστα, επιτυγχάνεται μικροσκοπική έρευνα της περιοχής των ατελειών.

Συμπεραίνεται ότι: α) ακόμη και με κατάλληλη επισκευή υποστυλωμάτων, παρατηρείται μείωση του φορτίου έως και 22% λόγω αρχικής κατασκευαστικής ατέλειας, β) η χαμηλότερη διασπορά σημειώνεται για τον προτεινόμενο δείκτη βλάβης διατομής, γ) εκτεταμένη ατέλεια μεταβάλλει τη μορφή αστοχίας σε ψαθυρή συνοδευόμενη από λυγισμό των διαμήκων ράβδων, δ) το προτεινόμενο προσομοίωμα παρουσιάζει περισσότερο από ικανοποιητικά αποτελέσματα στην πρόβλεψη ικανότητας φορτίου των επισκευασμένων υποστυλωμάτων (Εικόνα 1, Εικόνα 2).



Εικόνα 1: Σύγκριση πειραματικών και αναλυτικών αποτελεσμάτων επισκευασμένων στοιχείων με ποσοστό περίσφιξης $\omega_c=0.15$



Εικόνα 2: Αποτελέσματα προσομοίωσης επισκευασμένων στοιχείων με πεπερασμένα στοιχεία

Βιβλιογραφία

Achillou D.V.; Karabinis A.I. (2015), 'Repaired Concrete Columns With Fiber Reinforced Thixotropic Mortar: Experimental & FEA Approach', Computers and concrete, Vol. 15, No. 1, 635-656

Saad, A., Ismail, M., Sumadi, S.R., Afridi, M.U.K. Behaviour of pre-damaged reinforced concrete beams repaired with polymer-modified mortar (2006) Materials, Experimentation, Maintenance and

Rehabilitation - Proceedings of the 10th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, EASEC 2010, pp. 27-32

European Standard EN (2005), “Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance, Part 3: Assessment and retrofitting of Buildings”

Organisation of Seismic Design and Protection (2012), “Greek Retrofit Code Attuned to EN 1998/3”

American Concrete Institute (2008), “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary”, *ACI -318R-08 Building Code*

Achillopoulou D.V.; Karabinis A.I., (2015): ‘Assessment of Concrete Columns Repaired With Fiber Reinforced Mortar through Damage Indexes and Numerical Model.’ *Construction and Building Materials* (81) 248-256.

Achillopoulou D.V.; Karabinis I. A. (2013), ‘Investigation of shear transfer mechanisms in repaired damaged concrete columns strengthened with RC jackets’, *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 47, No. 4, 575-598.

Achillopoulou D.V.; Rousakis T.C.; Karabinis I. A. (2012) , “Force transfer between existing concrete columns with reinforced concrete jackets subjected to pseudoseismic axial loading” *Proceeding of 15th WCEE, Lisbon.*

Larosche, C.J. (2009) ‘Types and causes of cracking in concrete structures’ *Failure, Distress and Repair of Concrete Structures*, pp. 57-83.

Kovler, K., Chernov, V. (2009) ‘Types of damage in concrete structures’ *Failure, Distress and Repair of Concrete Structures*, pp. 32-56.

Karayannis, C. & Chalioris, C. (2000). ‘Capacity of RC joints subjected to early-age cyclic loading’ *Journal of Earthquake Engineering*, pp. 4 (4), pp. 479-509.

Karayannis, C., Chalioris, C. & Sideris, K., (1998). Effectiveness of RC beam-column connection repair using epoxy resin injections. *Journal of Earthquake Engineering*, pp. 2 (2), pp. 217-240

Penttala, V., Al-Neshawy, F. (2002) ‘Stress and strain state of concrete during freezing and thawing cycles’ *Cement and Concrete Research*, 32 (9), pp. 1407-1420.

Lu, W., Lubbad, R., Løset, S. (2014) ‘Simulating ice-sloping structure interactions with the cohesive element method’ *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 136 (3), art. no. 031501

Lachemi, M., Al-Bayati, N., Sahmaran, M., Anil, O. (2014) ‘The effect of corrosion on shear behavior of reinforced self-consolidating concrete beams’ *Engineering Structures*, 79, pp.1-12.

Ma, Y., Xiang, Y., Wang, L., Zhang, J., Liu, Y. (2014) ‘Fatigue life prediction for aging RC beams considering corrosive environments’ *Engineering Structures*, 79, pp. 211-221.

Sideris K.K. and Savva A.E. (2005). ‘Durability of Mixtures Containing Calcium Nitrite Based Corrosion Inhibitor’. *Cement and Concrete Composites*, Vol. 27, Issue 2, 277-287.

Sharma, U.K., Kumar, V., Kamath, P., Singh, B., Bhargava, P., Singh, Y., Usmani, A., Torero, J., Gillie, M., Pankaj, P. (2014) ‘Testing of full-scale RC frame under simulated fire following earthquake’ *Journal of Structural Fire Engineering*, 5 (3), pp. 215-228.

EN 1504: European Standard: Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity, European Committee for Standardization, (April 2013).

EN 206-1: European Standard: Concrete- Part1: Specification, performance, production and conformity (December 2000), European Committee for Standardization.

ACI 309R-06: Guide for Consolidation of Concrete, ACI Committee 309 (May 2006), American Concrete Institute.