

## Μεταφορά τέμνουσας σε διεπιφάνειες Ωπλισμένου Σκυροδέματος: Καταστατικοί Νόμοι

### Βασιλική Παλιεράκη

*Δρ. Πολιτικός Μηχανικός Ε.Μ.Π., vasopal@central.ntua.gr*

### Ελισάβετ Βιντζηλαίου

*Καθηγήτρια Ε.Μ.Π., elvintz@central.ntua.gr*

### Κωνσταντίνος Τρέζος

*Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π., ctrezos@central.ntua.gr*

### Εκτενής περίληψη

Σε πολλές τεχνικές επισκευής ή/και ενίσχυσης κατασκευών Ωπλισμένου Σκυροδέματος, όταν προστίθεται ένα νέο τμήμα ωπλισμένου σκυροδέματος, είτε νέα στοιχεία ωπλισμένου σκυροδέματος στα υπάρχοντα μέλη της κατασκευής, η σύνδεση μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος, θα πρέπει να μελετηθεί καταλλήλως. Πολλές τεχνικές, οι οποίες προτείνονται και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, έχουν ως στόχο την επίτευξη καλύτερης σύνδεσης μεταξύ των δύο διαφορετικών στοιχείων, έτσι ώστε το σύνθετο στοιχείο να συμπεριφέρεται σαν μονολιθικό. Παρ'όλα αυτά, η μεταφορά τέμνουσας κατά μήκος της διεπιφάνειας, εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης του παλιού και του προστιθέμενου σκυροδέματος (χρήση ράβδων οπλισμού, με λειτουργία βλήτρου, τράχυνση της επιφάνειας του παλιού σκυροδέματος πριν την σκυροδέτηση του νέου) και είναι συνάρτηση της διαμητρικής ολίσθησης κατά μήκος της διεπιφάνειας, η οποία αποτελεί προαπαιτούμενο για την επιστράτευση της αντίστασης της διεπιφάνειας. Στην περίπτωση κατασκευών υποκειμένων σε σεισμικές δράσεις, η συμπεριφορά των διεπιφανειών μπορεί να είναι κρίσιμη για την συνολική συμπεριφορά της κατασκευής, λόγω της σημαντικής απομείωσης της αντίστασης της διεπιφάνειας.

Εξ άλλου, κατά τον σχεδιασμό μίας διεπιφάνειας η οποία οπλίζεται με ράβδους οπλισμού ή με αγκύρια, δεν μπορεί να γίνει απλή πρόσθεση της μέγιστης αντίστασης των δύο κύριων μηχανισμών (της δράσης βλήτρου και της τριβής). Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αλληλεπίδραση των δύο μηχανισμών, καθώς και το ότι το μέγιστο της αντίστασης των δύο μηχανισμών δεν επιστρατεύεται για την ίδια τιμή της επιβαλλόμενης ολίσθησης.

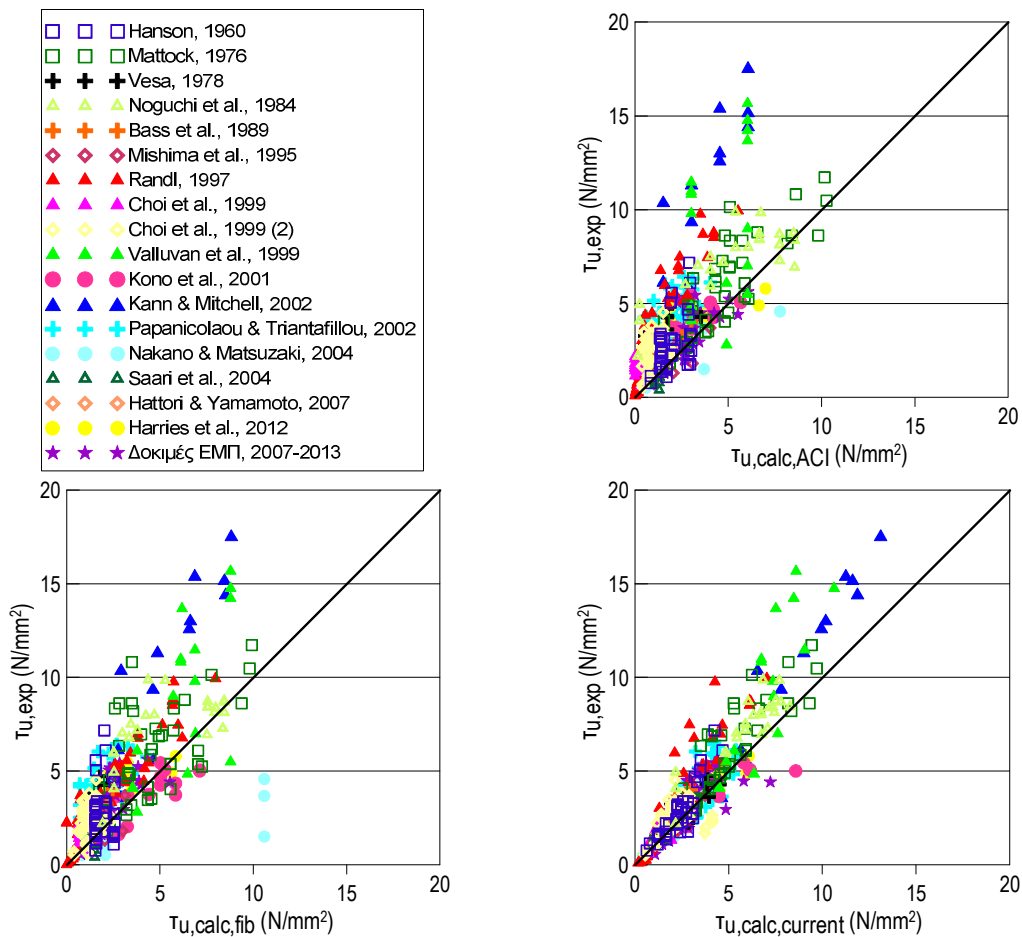
Αν και η συμπεριφορά των διεπιφανειών έχει μελετηθεί πειραματικά σε πλήθος εργασιών, τα διαθέσιμα στοιχεία δεν είναι επαρκή για τον σχεδιασμό των διεπιφανειών, στην περίπτωση κατασκευών Ωπλισμένου Σκυροδέματος, υπό σεισμική δράση. Στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος ΕΜΠ, πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για την συστηματική μελέτη της συμπεριφοράς ωπλισμένων διεπιφανειών σκυροδέματος, σε ενισχυμένα ή επισκευασμένα στοιχεία.

Μεταξύ των στόχων της πειραματικής διερεύνησης είναι και η διαμόρφωση καταστατικών νόμων για την αξιόπιστη πρόβλεψη της αντίστασης και της εν γένει συμπεριφοράς των διεπιφανειών. Στην βιβλιογραφία, καθώς και στους Κανονισμούς, διατίθενται πολλές σχέσεις για την πρόβλεψη της μέγιστης αντίστασης της διεπιφάνειας. Αυτές οι σχέσεις δεν μπορούν όλες να εφαρμοστούν στην περίπτωση διεπιφανειών μεταξύ παλιού και νέου σκυροδέματος σε επισκευασμένα/ενισχυμένα στοιχεία, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών αυτών των διεπιφανειών: Η ποιότητα και η αντοχή

του παλιού και του νέου σκυροδέματος ενδέχεται να διαφέρουν σημαντικά. Η επιφάνεια του παλιού σκυροδέματος μπορεί να είναι λεία, ή να έχει τραχυνθεί, με διαφορετικές τεχνικές. Ο οπλισμός της διεπιφάνειας τοποθετείται μέσω ρητινών στο παλιό σκυρόδεμα, ενώ στο νέο σκυρόδεμα, η αγκύρωση γίνεται μέσω της συνάφειας του οπλισμού με το σκυρόδεμα. Οι διαστάσεις του παλιού, καθώς και του νέου σκυροδέματος, είναι συχνά μικρές, και δεν επιτρέπουν την πλήρη αγκύρωση του οπλισμού.

Στην παρούσα εργασία, αξιολογούνται τα αποτελέσματα δοκιμών από την βιβλιογραφία, καθώς και των δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ωπλισμένου Σκυροδέματος του ΕΜΠ.

Η δυνατότητα των σχέσεων που περιλαμβάνονται στους Κανονισμούς ACI 318-95 και fib Model Code 10, να προβλέπουν την αντίσταση των διεπιφανειών αποτιμάται, μέσω μίας ευρείας βάσης πειραματικών δεδομένων. Παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων. Μία υπάρχουσα εμπειρική σχέση από την βιβλιογραφία (Tassios & Vassilopoulou, 2003) τροποποιείται, προκειμένου να μπορεί να οδηγήσει σε αξιόπιστες προβλέψεις της μέγιστης αντίστασης ωπλισμένων διεπιφανειών σκυροδέματος. Η εφαρμογή της τροποποιημένης σχέσης σε πάνω από 500 πειραματικά αποτελέσματα της βιβλιογραφίας, αποδεικνύει την καταλληλότητα των προτεινόμενων νόμων (Σχ. 1).



Σχ. 1 Σύγκριση μεταξύ πειραματικών αποτελεσμάτων και της αντίστασης της διεπιφάνειας, όπως υπολογίζεται από τις σχέσεις που περιλαμβάνονται σε Κανονισμούς και στην παρούσα εργασία.

## Βιβλιογραφία

- Committee 318 (1995), “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-95) and Commentary”, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich.
- Fib (2012), “fib Bulletin No. 65: Model Code 2010 - Final draft”, Vol. 1, International Federation for Structural Concrete, Lausanne, Switzerland.
- Hanson N.W. (1960), “Precast-Prestressed Concrete Bridges 2: Horizontal Shear Connections”, *Journal of the PCA Research and Development Laboratories*, Vol. 2, No. 2, May 1960, pp.38-58.
- Mattock, A. H. (1976), “Shear Transfer Under Monotonic Loading, Across an Interface Between Concretes Cast at Different Times”, Report SM 76-3, Department of Civil Engineering, University of Washington, Washington.
- Vesa M. (1978), “Horizontal Shear Strength at the Interface in Composite Concrete Structures”, *FIP 8<sup>th</sup> Congress- Technical Contribution*, pp. 24.
- Noguchi H., Ochiai M. and Izhuka S. (1984), “Sliding Shear in Cracked Reinforced Concrete Shear Walls Subjected to Reversed Cyclic Shear”, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*, San Francisco, California, Vol. 6, July 1984, pp. 331-338.
- Bass, R.A., Carraquillo, R.L. and Jirsa, J.O. (1984), “Shear Transfer across New and Existing Concrete Interfaces”, *ACI Structural Journal*, Vol.86, No. 4, July-August 1984, pp. 383-393.
- Randl N. (1997), “Untersuchungen zur Kraftübertragung zwischen Alt- und Neubeton bei unterschiedlichen Fugenrauhigkeiten”, *Dissertation*, Universität Innsbruck.
- Choi D.-U., O. Jirsa J. and Fowler D.W. (1999), “Shear Transfer across Interface between New and Existing Concretes Using Large Powder-Driven Nails”, *ACI Structural Journal*, Vol. 96, S20, March-April 1999, pp. 183-192.
- Choi D.-U., Fowler D. W. and Jirsa J. O. (1999(1)), “Interface Shear Strength of Concrete at Early Ages”, *ACI Structural Journal*, Vol. 96, No. 3, May-June 1999, pp. 343-348.
- Valluvan, R., Kreger, M.E. and Jirsa, J.O. (1999), “Evaluation of ACI 318-95 Shear-Friction Provisions”, *ACI Structural Journal*, Vol. 96, No. 4, July-August 1999, pp. 473-481.
- Kann, L.F. and Mitchell, A.D. (2002), “Shear Friction Tests with High-Strength Concrete”, *ACI Structural Journal*, Vol. 99, No. 1, January- February 2002, pp. 98-103.
- Kono S., Tanaka H. and Watanabe F. (2001), “Interface Shear Transfer for High Strength Concrete and High Strength Shear Friction Reinforcement”, *Conference Proceeding Paper, High Performance Materials in Bridges, ASCE*, July 2001, pp. 319-328.
- Papanicolaou, C.G. and Triantafyllou, T.C. (2002), “Shear transfer capacity along pumice aggregate concrete and high performance concrete interfaces”, *Materials and Structures*, Vol. 35, May 2002, pp. 237-245.
- Nakano, K. and Matsuzaki, Y. (2004), “Design Method and Compound Effect considering deformation of shear transfer elements in precast concrete connections”, *Proceedings of the 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, Canada, Paper No. 631.
- Saari W.K., Hajjar J.F., Schultz A.E. and Shield C.K. (2004), “Behavior of shear studs in steel frames with reinforced concrete infill walls”, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 60, March 2004, pp. 1453-1480.
- Mishima T., Suzuki A., Shinoda Y. and Maekawa K. (1995), “Nonelastic Behavior of Axial Reinforcement Subjected to Axial and Slip Deformation at the Crack Surface”, *ACI Structural Journal*, Vol. 92, S36, May-June 1995, pp. 380-385.
- Hattori Y. and Yamamoto Y. (2007), “Shear Transfer Mechanism to bonded Anchors for Exterior Seismic Retrofitting”, *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Connections between Steel and Concrete*, Vol. 2, pp. 759-769, Stuttgart, Germany.
- Harries K. A., Zeno G. and Shahrooz B. (2012), “Toward an Improved Understanding of Shear-Friction Behavior”, *ACI Structural Journal*, Vol. 109, S73, November-December 2012, pp. 835-844.
- Παλιεράκη Β. (2014), «Σεισμική Συμπεριφορά Ωπλισμένων Διεπιφανειών σε Επισκευασμένα/Ενισχυμένα Στοιχεία Ωπλισμένου Σκυροδέματος», *Διδακτορική Διατριβή*, ΕΜΠ, Απρίλιος 2014.
- Tassios T.P. and Vassilopoulou I. (2003), “Shear transfer capacity along a RC crack, under cyclic sliding”, *Proc. of fib Symposium on Concrete Structures in Seismic Regions*, May 2003, Athens.