

Πειραματικές δοκιμές μικρής κλίμακας επί προσομοιωμάτων πυλώνων ανεμογεννητριών σύμμικτης διατομής τύπου «σάντουιτς»

Α. Τσαντίλης, Κ. Κάρος, Αθ. Τριανταφύλλου και Γ. Λιβιτσάνος

Πανεπ. Πατρών – Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μηχανικής & Τεχνολογίας Υλικών
www.sml.civil.upatras.gr



Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος

Πρωτότυπες έννοιες σχεδιασμού μεταλλικών κατασκευών για τον ενεργειακό τομέα με χρήση σύγχρονων υλικών (Novel design concepts for ENERGY related Steel STRuctures using Advanced Materials - ENSSTRAM)



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Υλικά, κατασκευή δοκιμίων

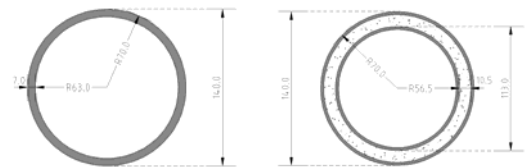
Πειραματική διάταξη, αποτελέσματα

Αναλυτική προσομοίωση, σύγκριση με πειράματα

Συμπεράσματα



Διατομές ίδιας εξωτερικής διαμέτρου και καμπτικής αντίστασης



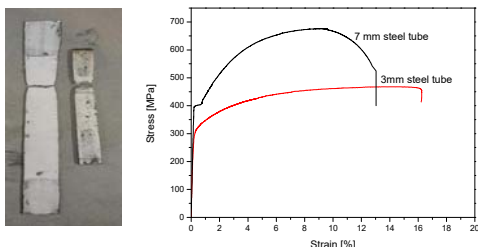
$EI=1361 \text{ kNm}^2$

$(EI)_{\text{eff}}=E_s I_{s1}+E_s I_{s2}+K_s E_{cm} I_c=1149 \text{ kNm}^2$

$E_c = (0.8 + 0.2 \frac{f_{cm}}{88}) 21500 (\frac{f_{cm}}{10})^{1/3}$ (σε MPa)



Χαρακτηρισμός υλικών – Χάλυβας



Δοκίμιο χάλυβα	Διαστάσεις Διατομής (mmxmm)	Αντοχή (MPa)	Τάση Διαρροής (MPa)	Παραμόρφωση αποτυχίας (%)	Μέτρο ελαστικότητας (GPa)
Διατομή 1	7.2x24.2	675	398	13	209
Διατομή 2	3.3x37.8	467	313($f_{0.2}$)	16	210

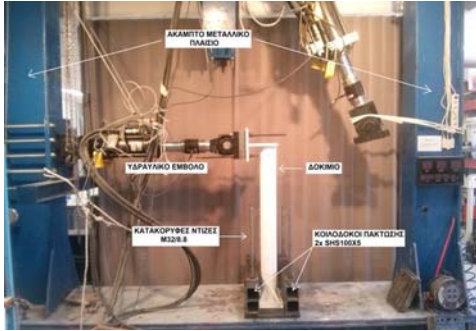
Χαρακτηρισμός υλικών – Σκυρόδεμα



Δοκίμιο	Θλιπτική αντοχή f_c (MPa)	Μέση θλιπτική αντοχή f_{cm} (MPa)	Εφελκυστική αντοχή από κάμψη f_t (MPa)	Μέση εφελκυστική αντοχή $f_{ct,m}$ (MPa)
1a	65.0	68.7	6.0	6.7
1b	65.8			
2a	71.9			
2b	73.1		7.2	
3a	66.6			
3b	69.7			



Κατασκευή δοκιμών



Μεταλλική διατομή



Διατομή «σάντουιτς»

- Καμπύλωση επίπεδων ελασμάτων
- Συγκόλληση αποστατών κοντά στις διατομές βάσης και κορυφής
- Σχολαστικός καθαρισμός και εκτράχυνση εξωτερικής επιφάνειας εσωτερικής κοιλοδοκού
- Καθαρισμός εσωτερικής επιφάνειας εξωτερικής κοιλοδοκού
- Συγκόλληση εσωτερικής κοιλοδοκού στην πλάκα έδρασης, τοποθέτηση εξωτερικής κοιλοδοκού και συγκόλληση της στην πλάκα έδρασης
- Συγκόλληση των δύο κοιλοδοκών μεταξύ τους στην άνω διατομή
- Πλήρωση κενού μεταξύ κοιλοδοκών με ειδικό αυτοσυμπυκνόμενο λεπτοσκυρόδεμα εξαιρετικά υψηλής ρευστότητας

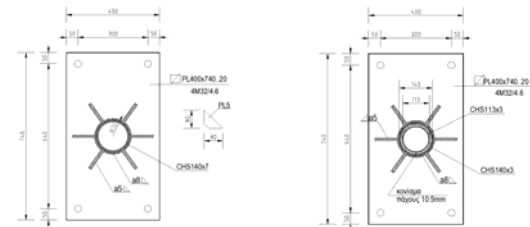
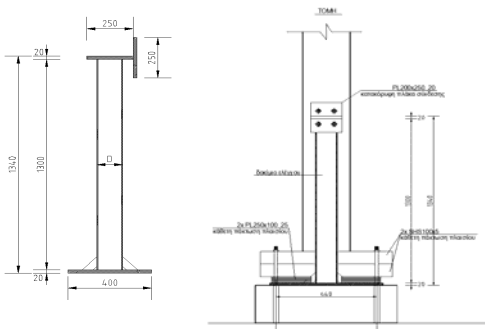


Σύνθεση αυτοσυμπυκνόμενου σκυροδέματος (σε kg ανά m³)

Τσιμέντο	Χαλαζοκή άμμος	Πυρριτική πασάλη	Ασβεστολιθική πασάλη	Ρευστοποιητής	Ποσότητα νερού από λογο Ν/Τ	Συνολική ποσότητα νερού
692	1205	55	172	15	214	235



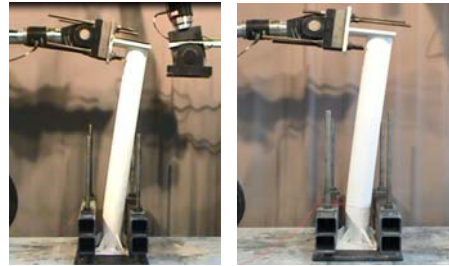
Πειραματική διάταξη



Εφαρμογή μηχανοσιμέτρων



Αποτελέσματα δοκιμών



χάλυβας

«σάντουιτς»



Αποτελέσματα δοκιμών

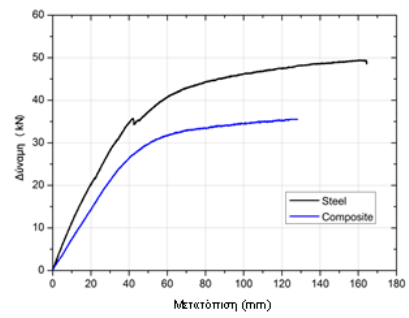


χάλυβας

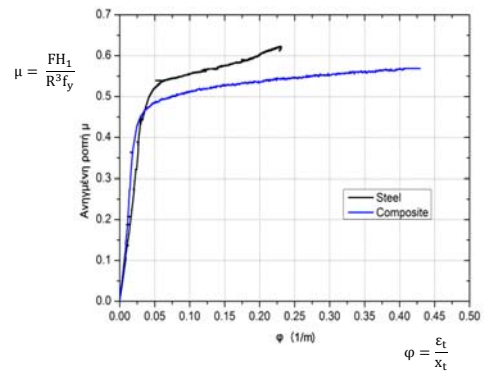
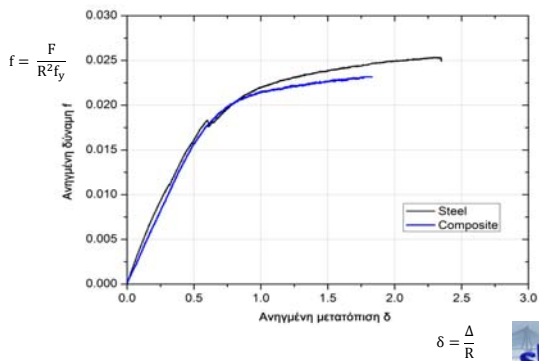
«σάντουιτς»



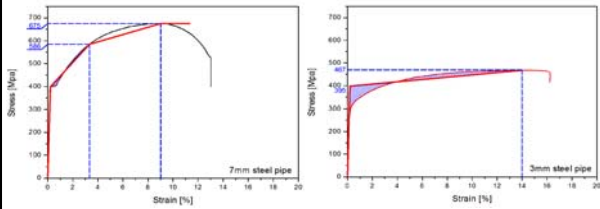
Αποτελέσματα δοκιμών



Αποτελέσματα δοκιμών



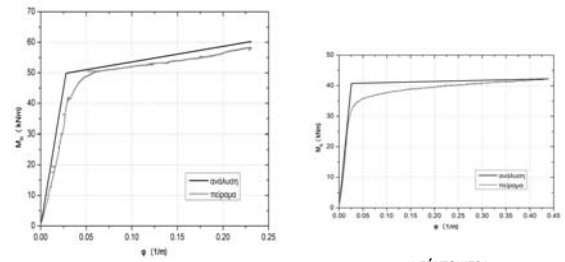
Αναλυτική προσομοίωση – προσομοίωμα ινών (fiber model)



Σκυρόδεμα: ελαστοπλαστικό («διαρροή» στο 0.2%, αστοχία στο 0.4%)



Σύγκριση πειραματικών – αναλυτικών τιμών



χάλυβας

«σάντουιτς»



Προσεγγιστικά στοιχεία κόστους

Οι δύο διατομές έχουν **παραπλήσια ανηγμένη ροπή αντοχής** (για την ακρίβεια, η μεταλλική διατομή έχει «πειραματική» ανηγμένη ροπή αντοχής κατά 14% μικρότερη της σύμμικτης, και «αναλυτική» ανηγμένη ροπή αντοχής κατά 11% μεγαλύτερη της σύμμικτης).

Η διατομή «σάντουιτς» έχει ποσότητα χάλυβα κατά περίπου 25% μικρότερη από τη συμπαγή μεταλλική διατομή, ενώ αυτή τη διαφορά βάρους την έχει περίπου στο δωδεκάσιο σε σκυρόδεμα.

Δεδομένου ότι ο λόγος κόστους χάλυβα προς σκυρόδεμα κατά βάρος είναι υπερπολλαπλάσιος του δύο, συνάγεται ότι η διατομή τύπου «σάντουιτς» είναι οικονομικότερη.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επιτυχής πειραματική διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς δύο απλών προσομοιωμάτων μικρής κλίμακας τυλιγμένων ανεμογεννητριών με συμπαγή μεταλλική διατομή και διατομή τύπου «σάντουιτς».

Τα δύο πειραματικά προσομοιώματα σχεδιάσθηκαν ώστε να έχουν την ίδια εξωτερική διάμετρο και περίπου την ίδια ανηγμένη καμπτική αντίσταση, κάτι το οποίο επιβεβαιώθηκε πειραματικά, ενώ κατεδείχθη ότι το προσομοίωμα σύμμικτης διατομής «σάντουιτς» είναι οικονομικότερο.

Εδείχθη ότι απλή αναλυτική προσομοίωση σε επίπεδο διατομής προβλέπει με ικανοποιητική ακρίβεια την πειραματική απόκριση των προσομοιωμάτων.

