

“ANGELHY”

Τίτλος: ANGELHY – Καινοτόμες λύσεις για τον σχεδιασμό και την ενίσχυση δικτυωτών πύργων τηλεπικοινωνιών και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση μεγάλων γωνιακών διατομών από χάλυβα υψηλής αντοχής και υβριδικές τεχνολογίες από γωνιακά ενισχυμένα με ελάσματα FRP

Χρηματοδότηση: Ερευνητικά κονδύλια για Άνθρακα και Χάλυβα (RFCS-2016)

Συμμετέχοντες: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), ArcelorMittal Belval & Differdange SA (AMBD), Πανεπιστήμιο της Λιέγης (ULG), COSMOTE Κινητές Τηλεπικοινωνίες ΑΕ (COSMOTE), Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM), SIKA France SAS (SIKA).

Συντονιστής: Καθηγητής Ι. Βάγιας (ΕΜΠ)

Ερευνητική ομάδα (ΕΜΠ): Καθ. Ι. Βάγιας, Επ. καθ. Δ. Βαμβάτσικος, Λέκτορας Π. Θανόπουλος, Δρ. Ξ. Λιγνός, Σ. Κατσασιδής, Κ. Βλαχάκης, Δ. Μπιλιώνης, Ζ. Μπέζας

Διάρκεια: 01/07/17 - 31/12/20

Προϋπολογισμός: 732,235.50 €

Περίληψη

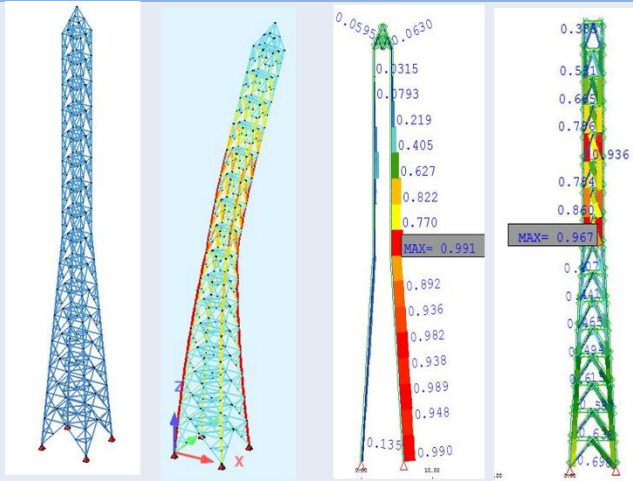
Οι γωνιακές διατομές χρησιμοποιούνται εκτενώς σε δικτυωτούς πύργους και ιστούς για την τηλεπικοινωνία και για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, μεμονωμένα ή σύνθετα μέλη από γωνιακές διατομές χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών πολιτικού μηχανικού συμπεριλαμβανομένων κτηρίων, γεφυρών ή για την ενίσχυση υφιστάμενων κατασκευών. Παρόλ' αυτά, υπάρχει έλλειψη συνεκτικών Ευρωπαϊκών κανονισμών για τον σχεδιασμό μελών κατασκευασμένων από γωνιακές διατομές. Οι πρόσφατες εξελίξεις έχουν οδηγήσει σε ευρύτερη εφαρμογή μεγάλων γωνιακών διατομών από χάλυβα υψηλής αντοχής, για τις οποίες δεν υπάρχουν Ευρωπαϊκοί κανόνες σχεδιασμού. Λόγω της αύξησης των φορτίων, η ενίσχυση υφιστάμενων πύργων, ειδικά των τηλεπικοινωνιακών, είναι ένα θέμα που εμφανίζεται ως συνήθης πρακτική. Ωστόσο, οι κανονισμοί σχεδιασμού καλύπτουν μόνο μία συγκεκριμένη διάταξη ενίσχυσης. Ο στόχος αυτού του προγράμματος είναι η ανάπτυξη κανόνων σχεδιασμού που αξιοποιούν πλήρως την φέρουσα ικανότητα των γωνιακών διατομών, που περιλαμβάνουν μεγάλες γωνιακές διατομές από χάλυβα υψηλής αντοχής, την βελτίωση των υφιστάμενων κανόνων για σύνθετες διατομές και την ενσωμάτωση καινοτόμων τύπων σύνθετων μελών που αποτελούνται από δύο γωνιακές διατομές διαφορετικού μεγέθους. Επιπρόσθετα, θα διερευνηθούν υβριδικές διατομές που αποτελούνται από γωνιακές διατομές και ελάσματα FRP και θα αναπτυχθούν σχετικοί κανόνες σχεδιασμού. Αυτά τα υβριδικά μέλη παρέχουν καινοτόμες και οικονομικά αποδοτικές λύσεις για την ενίσχυση υφιστάμενων δικτυωτών πύργων. Θα πραγματοποιηθούν πειραματικές και αριθμητικές διερευνήσεις σε επίπεδο διατομών, μελών όπως επίσης και σε ολόκληρα τμήματα πύργων για να διερευνηθεί η επιρροή των πραγματικών συνθηκών των συνδέσεων, οι υπάρχουσες εκκεντρότητες και οι διαφορές φόρτισης μεταξύ των τοιχωμάτων των πύργων. Θα εξεταστούν παραδείγματα εφαρμογής και θα γίνει εκτίμηση με βάση την επιτελεσματικότητα της πραγματικής ασφάλειας του συστήματος, η οποία θα περιλαμβάνει αβεβαιότητες στα φορτία, στο υλικό και στη γεωμετρία. Θα γίνει μια συνολική αποτίμηση της αξιοπιστίας που προκύπτει από τους νέους κανόνες σχεδιασμού. Οι προτεινόμενοι κανόνες θα ενσωματωθούν στα λογισμικά σχεδιασμού των πύργων.

Ανάλυση αναγκών της αγοράς – Παραδείγματα εφαρμογής – Επισκόπηση κανονισμών

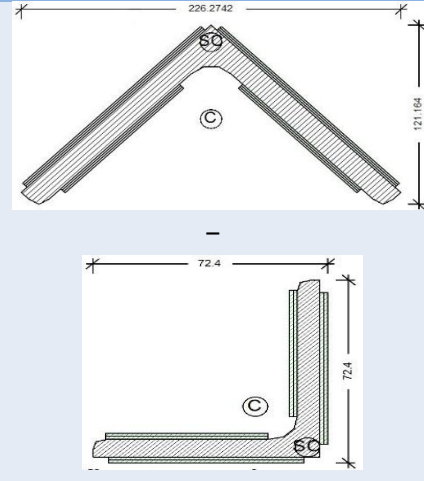
Στα πλαίσια του προγράμματος έχουν πραγματοποιηθεί:

- Ανάλυση των αναγκών της αγοράς και προσδιορισμός των τυπικών χαρακτηριστικών των πύργων τηλεπικοινωνιών και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας
- Ανάλυση και σχεδιασμός έξι παραδειγμάτων εφαρμογής:
 1. Υφιστάμενος πύργος τηλεπικοινωνιών
 2. Συμβατικά ενισχυμένος πύργος τηλεπικοινωνιών

3. Πύργος τηλεπικοινωνιών ενισχυμένος με FRP (Σχήματα 1 και 2)
 4. Συμβατική ελαστική ανάλυση πύργου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας
 5. Μη γραμμική στατική ανάλυση πύργου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας
 6. Δικτυωτή σύνθετη δοκός από μεμονωμένες και σύνθετες γωνιακές διατομές
- Συγκριτική αξιολόγηση των Ευρωπαϊκών κανονισμών για δικτυωτούς πύργους και για το σχεδιασμό με τη χρήση πειραματικών δοκιμών



Σχ. 1: Αριθμητική ανάλυση πύργου τηλεπικοινωνιών



Σχ. 2: Ενισχυμένες διατομές με τη χρήση ελασμάτων CFRP

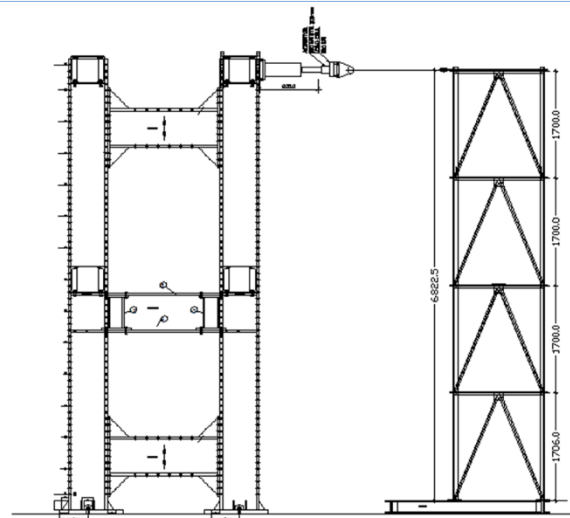
Πειραματικές διερευνήσεις

Έχουν προγραμματιστεί να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες δοκιμές:

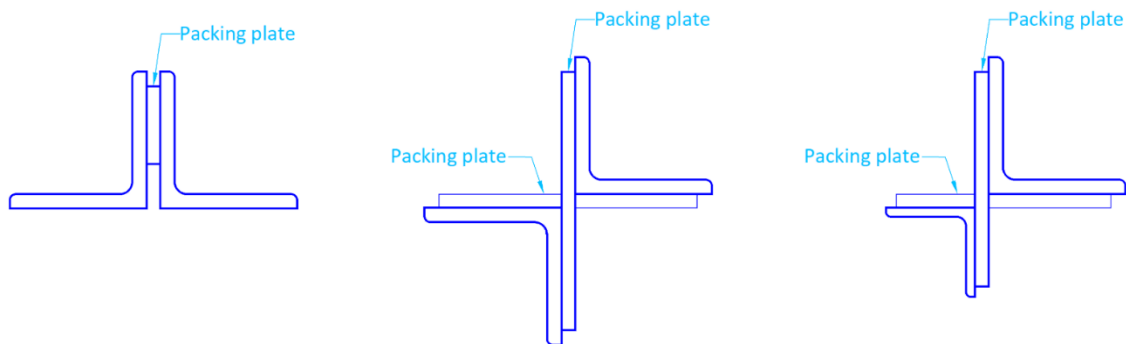
- Δοκιμές θλίψης σε μεγάλες γωνιακές διατομές από χάλυβα υψηλής αντοχής
 - 12 Δοκιμές θλίψης σε μεγάλες γωνιακές διατομές από χάλυβα υψηλής αντοχής (S460)
 - δύο τιμές εκκεντρότητας και δύο τιμές για το μήκος των δοκιμών
 - δύο διατομές (L150x150x18, L200x200x16)
- Δοκιμές σε υβριδικά μέλη από γωνιακές διατομές ενισχυμένες με ελάσματα CFRP (Σχήμα 3)
 - 16 δοκιμές θλίψης σε υποστυλώματα με γωνιακές διατομές (L70.7)
 - δύο τιμές μήκους δοκιμών (1750, 2300 mm)
 - δύο τιμές για το πάχος του CFRP
 - δύο τιμές για το μήκος ενίσχυσης
 - πέντε τιμές εκκεντρότητας της φόρτισης
 - πέντε δοκιμές κάμψης τριών σημείων σε γωνιακές διατομές (L70.7)
 - μία τιμή μήκους δοκιμών (1750 mm)
 - δύο τιμές για το πάχος του CFRP
 - μία τιμή για το μήκος ενίσχυσης
 - Διαφορετικοί άξονες φόρτισης (u και v)
- Δοκιμές πραγματικής κλίμακας σε τμήματα πύργων τηλεπικοινωνιών (Σχήμα 4)
 - Έξι δοκιμές πραγματικής κλίμακας σε τμήματα πύργων, δύο εκ των οποίων σε πύργους ενισχυμένους με ελάσματα CFRP
 - Δύο διευθύνσεις φόρτισης (ορθογωνική και διαγώνια)
- 16 δοκιμές λυγισμού σε σύνθετα μέλη (Σχήμα 5)
 - Έξι δοκιμές λυγισμού σε γωνιακές διατομές συνδεδεμένες κατά πλευρά (back-to-back)
 - Έξι δοκιμές λυγισμού σε ίδιες γωνιακές διατομές συνδεδεμένες κατά κορυφή (star battened)
 - Τέσσερις δοκιμές λυγισμού σε διαφορετικές γωνιακές διατομές συνδεδεμένες κατά κορυφή (star battened)



Σχ. 3: Δοκιμές λυγισμού σε υβριδικά υποστυλώματα από γωνιακές διατομές



Σχ. 4: Πειραματική διάταξη για τις δοκιμές πραγματικής κλίμακας

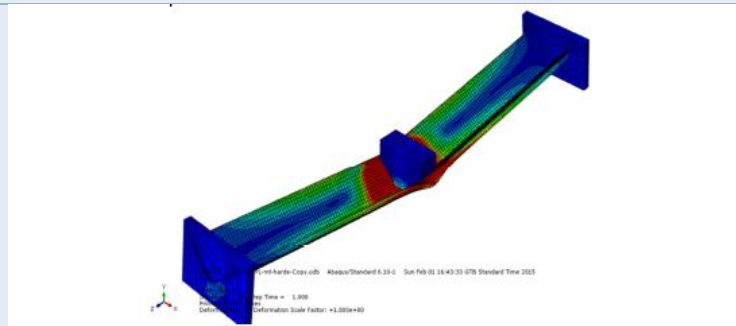


Σχ. 5: Διαμόρφωση σύνθετων μελών

Αριθμητικές διερευνήσεις

Οι ακόλουθες αριθμητικές διερευνήσεις σχεδιάζονται να πραγματοποιηθούν:

- Αριθμητική ανάλυση των δοκιμών λυγισμού και κάμψης τριών σημείων για μέλη με γωνιακές διατομές (Σχήμα 6)
- Αριθμητική ανάλυση των δοκιμών λυγισμού και κάμψης τριών σημείων για τα υβριδικά μέλη με γωνιακές διατομές ενισχυμένες με ελάσματα CFRP
- Εναλλακτικά αριθμητικά προσομοιώματα για δικτυωτούς πύργους τηλεπικοινωνιών
- Αριθμητική διερεύνηση των σύνθετων μελών



Σχ. 6: Αριθμητικό προσομοίωμα με επιφανειακά πεπερασμένα στοιχεία

Κανόνες ελέγχου και σχεδιασμού

Με βάση τα αριθμητικά και πειραματικά αποτελέσματα οι ακόλουθοι κανόνες σχεδιασμού προβλέπεται να αναπτυχθούν:

- Κανόνες σχεδιασμού για μεμονωμένα μέλη από γωνιακές διατομές

- Κανόνες σχεδιασμού για υβριδικά μέλη με FRP
- Κανόνες σχεδιασμού για σύνθετα μέλη (γωνιακές διατομές που συνδέονται μέσω ελασμάτων σύνδεσης και γωνιακές διατομές που συνδέονται σε δύο κάθετα επίπεδα), συμπεριλαμβανομένων σύνθετων μελών με γωνιακές διατομές διαφορετικού μεγέθους

Επίσης, θα δημιουργηθούν παραμετρικά προσομοιώματα των παραδειγμάτων εφαρμογής τόσο για πύργους τηλεπικοινωνιών όσο και για πύργους μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Με βάση αυτά:

- Θα πραγματοποιηθούν στοχαστικές αναλύσεις για τους πύργους
- Θα γίνει ανάλυση με βάση την επιτελεσματικότητα για την εκτίμηση του επιπέδου της αξιοπιστίας των πύργων που υπόκεινται στοχαστικές κλιματικές φορτίσεις ανέμου, πάγου και θερμοκρασίας με το πέρασμα των χρόνων
- Αναλύσεις κόστους/οφέλους θα πραγματοποιηθούν για να προσδιοριστούν οι βελτιώσεις που θα επιφέρουν οι νέες προτάσεις σχεδιασμού
- Θα ελεγχθούν οι προτεινόμενοι κανόνες σχεδιασμού για τις γωνιακές διατομές υψηλής αντοχής και τα υβριδικά χαλύβδινα μέλη με FRP και, όπου κριθεί απαραίτητο, θα βαθμονομηθούν για να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη αξιοπιστία σε επίπεδο μέλους και συστήματος

Προβλέπεται να προταθεί ένας συνολικός οδηγός σχεδιασμού (που θα περιλαμβάνει συστάσεις σχεδιασμού) για τον σχεδιασμό δικτυωτών πύργων και κατασκευών με γωνιακές διατομές από χάλυβα υψηλής αντοχής όπως επίσης για την εφαρμογή και το σχεδιασμό των μέτρων ενίσχυσης σε υφιστάμενους πύργους με την προσθήκη μιας δεύτερης γωνιακής διατομής ή ελασμάτων FRP.

Κωδικοποίηση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Μετά το πέρας της ερευνητικής διαδικασίας και την εξαγωγή των βασικών συμπερασμάτων και κανόνων σχεδιασμού, προβλέπεται να γίνουν:

- Προτάσεις για τροποποιήσεις των κανονισμών (EN 1993-3-1, EN 1993-1-1 και EN 54341)
- Οδηγίες για το σχεδιασμό και την κατασκευή υβριδικών μελών που αποτελούνται από διατομές χάλυβα και FRP
- Παρουσίαση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων του προγράμματος, που περιλαμβάνει δημοσιεύσεις, workshops, παρουσιάσεις, δημιουργία ενημερωμένων εκδόσεων των λογισμικών κλπ.