

# Ταχεία αποκατάσταση ζημιών σε γραμμή μεταφοράς 150 KV Ακτίου – Κεφαλονιάς. Θεμελίωση πύργων με ειδικά σκυροδέματα.

Α. Γ. Σακελλαρίου  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός

*Λέξεις κλειδιά:* Οπλισμένο σκυρόδεμα, αντοχές, μέτρο ελαστικότητας, δοκιμές επί τόπου

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ:** Η γρήγορη αποκατάσταση 8 πύργων υψηλής τάσης της ΔΕΗ στην Κεφαλονιά που είχαν υποστεί καθολική βλάβη από την κακοκαιρία του Ιανουαρίου του 2006 απαιτούσε την άμεση θεμελίωσή τους από σκυρόδεμα και την όσο το δυνατόν άμεση ανάληψη των φορτίων λειτουργίας. Η τεχνολογία που εφαρμόστηκε για την παραγωγή κατάλληλων σκυροδεμάτων καθώς και ο τρόπος παρασκευής, διάστρωσης, συμπύκνωσης, συντήρησης και ο έλεγχος που έγινε πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την κατασκευή του έργου αναλύονται σ' αυτό το άρθρο.

## 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι χιονοπτώσεις και οι θυελλώδεις άνεμοι που έπληξαν τη χώρα, ιδιαίτερα τη Δυτική Ελλάδα, προκάλεσαν την κατάρρευση ενός αριθμού πύργων υψηλής τάσης στο νησί της Κεφαλονιάς, τόσο από την πλευρά τροφοδοσίας του από τη Λευκάδα όσο και από την πλευρά τροφοδοσίας του από τη Ζάκυνθο. Η κατάρρευση των πύργων και από τις δύο πλευρές ηλεκτροδότησης του νησιού έθεσε το δίκτυο εκτός λειτουργίας από τις 24.01.06. Η ΔΕΗ (σε συνεννόηση με: ΥΠΙΑΝ, ΥΠΕΘΑ, και Γ.Γ. Πολιτικής Προστασίας) απέστειλε στο νησί εξειδικευμένα συνεργεία για την αποκατάσταση των ζημιών το συντομότερο δυνατό. Επειδή η διαδικασία επισκευής σοβαρών βλαβών υψηλής τάσης είναι χρονοβόρα, η ΔΕΗ προσπάθησε και αποκατέστησε την ηλεκτροδότηση της Κεφαλονιάς (και συνεπακόλουθα και της Ιθάκης) με προσωρινές λύσεις εντός πέντε ημερών (μεταφορά ηλεκτροπαραγωγών ζευγών στο νησί, επιπλέον παροχή φορτίων μέσης τάσης μέσω υποβρυχίου καλωδίου κλπ.). Έτσι άρχισε να ηλεκτροδοτείται σταδιακά το νησί από τις 26.01.06 μέχρι τις 29.01.06 που έγινε ολική ηλεκτροδότηση του νησιού.

Η αποκατάσταση των ζημιών Υψηλής Τάσης άρχισε αμέσως από τις βλάβες στους τρεις πύργους στο βόρειο τμήμα του νησιού. Η βλάβη αυτή αποκαταστάθηκε πρώτη, προσωρινά. Η μόνιμη αποκατάσταση των βλαβών άρχισε στο νότιο τμήμα του νησιού στις αρχές Φεβρουαρίου.

Προκειμένου να υλοποιηθεί η αποκατάσταση των ζημιών όσο το δυνατόν ταχύτερα, ζητήθηκε από το Εργαστήριο Σκυροδέματος της ΔΕΗ, η συνδρομή του για εφαρμογή θεμελίωσης των πύργων Γ.Μ. με σκυροδέματα ταχύτερης ανάληψης αντοχών. Παρόμοια λύση είχε ζητηθεί από τη ΔΕΗ και εφαρμόστηκε και σε άλλες επείγουσες περιπτώσεις όπως:

- Θεμελίωση πύργων στην Πάρνηθα. Black out Αθηνών – Μάρτιος 1998
- Θεμελίωση πύργων στην Ανθούσα. Πυρκαγιά Αθηνών – Αύγουστος 1998
- Θεμελίωση πύργων στο Κρυονέρι. Σύνδεση Αθήνας – Πτολεμαΐδας με 2<sup>η</sup> Γ.Μ. Δεκέμβριος 1998
- Θεμελίωση βάσεων ΚΥΤ Αχαρνών. Σεισμός Αθηνών. Σεπτέμβριος 1999
- Θεμελίωση βάσεων ΚΥΤ Κουμουνδούρου. Σεισμός Αθηνών. Σεπτέμβριος 1999

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις είχαν παρασκευαστεί κατάλληλα σκυροδέματα γρήγορης ανάπτυξης αντοχών. Η λύση αυτή εφαρμόστηκε και στους πύργους της Κεφαλονιάς.

Η θεμελίωση των πύργων αυτών έγινε στο διάστημα 9 Φεβρουαρίου έως 18 Φεβρουαρίου 2006 όπου ηλεκτροδοτήθηκε μόνιμα η Γραμμή Μεταφοράς 150KV Ακτίου – Κεφαλονιάς. Στις επόμενες τέσσερις φωτογραφίες (φωτ. 1, ... φωτ. 4) φαίνεται η κατάσταση των αγωγών μετά τις χιονοπτώσεις καθώς και η καταστροφή που υπέστησαν οι πύργοι.



Φωτ. 1. Κεφαλονιά: Εναπομείναντες αγωγοί μετά τις ζημιές.



Φωτ. 2. Πολλαπλασιασμός της επιφάνειας προσβολής από τους ανέμους λόγω του πάγου και υπερβολική αύξηση του βάρους του.



Φωτ. 3. Κατεστραμμένος πύλωνα.



Φωτ. 4. Κατεστραμμένος πύλωνα στην Κεφαλονιά μετά τα δυσμενή καιρικά φαινόμενα του Ιανουαρίου 2006.

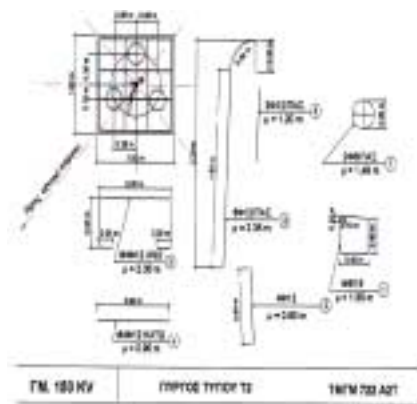
## 2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η αποκατάσταση των ζημιών της Γ.Μ. 400 KV Ακτίου-Κεφαλονιάς στο Νότιο τμήμα της Κεφαλονιάς μετά από δυσμενή καιρικά φαινόμενα, ανάμεσα στα άλλα απαιτούσε και την εκ νέου θεμελίωση οκτώ (8) πύργων. Η ανάγκη της όσο το δυνατόν πιο γρήγορης αποκατάστασης των ζημιών, οδηγούσε επομένως και στην όσο το δυνατόν γρηγορότερη χρονικά απόκτηση των τελικών ιδιοτήτων (αντοχή, μέτρο ελαστικότητας κλπ.) του σκυροδέματος θεμελίωσης. Ο κεντρικός σκοπός όλου του project ήταν η ικανοποιητική ανάπτυξη των αντοχών του σκυροδέματος θεμελίωσης των πύργων σε διάστημα όσο το δυνατόν μικρότερο της συμβατικής ηλικίας των 28 ημερών.

Σύμφωνα με την προδιαγραφή Νο TR-8 της ΔΕΗ και συγκεκριμένα στα σχέδια θεμελίωσης τύπου Α2 για πύργους τύπου S2 (ΤΜΓΜ 722 Α2S) και T2 (ΤΜΓΜ 722 Α2Τ) η απαίτηση αντοχής των σκυροδεμάτων των πύργων ήταν 20 ΜΡα σε ηλικία 28 ημερών (κατηγορία σκυροδέματος θεμελίωσης C16/20). Τυπικό σχέδιο θεμελίωσης για τους πύργους που θεμελιώθηκαν στην Κεφαλονιά καθώς και λεπτομέρειες αυτού δίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 1. Σχέδιο θεμελίωσης πύργου.



Σχήμα 2. Λεπτομέρειες σχεδίου θεμελίωσης.

### 3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΠΑΡΑΓΩΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ, ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ, ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΡΓΩΝ

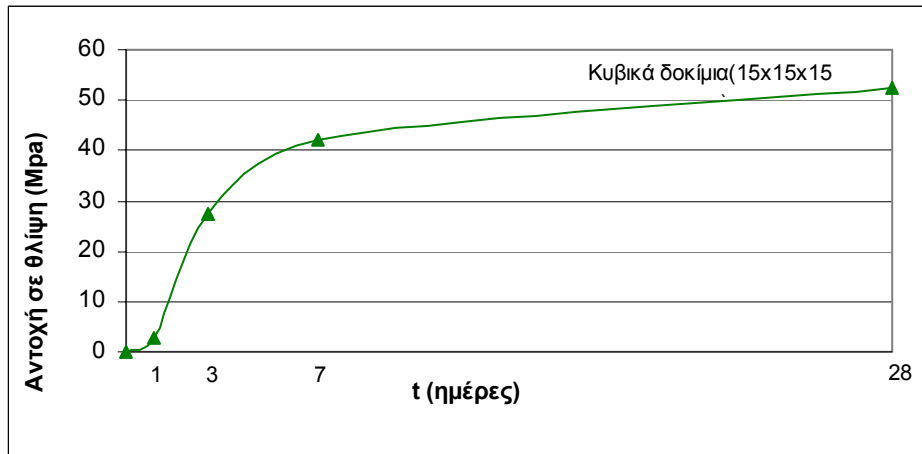
Μετά από μια σειρά κατάλληλων ενεργειών επιλέχθηκαν:

- Το κεντρικό Εργοστάσιο παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος στη Σάμη Κεφαλληνίας που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση των δοκιμαστικών συνθέσεων σκυροδέματος. Οι δοκιμαστικές συνθέσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν εκεί, τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν, καθώς και η ανάπτυξη των αντοχών τους, αναφέρονται αναλυτικά στο Πιστοποιητικό Δοκιμών του ΚΔΕΠ 481/2006.
- Το 2<sup>ο</sup> Εργοστάσιο παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος στα Σιμωνάτα Κεφαλληνίας που ήταν το εγγύτερο στο έργο παρασκευαστήριο. Εκεί, επαναλήφθηκαν οι τελικές συνθέσεις και έγινε η παρασκευή όλων των ποσοτήτων σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκαν στο έργο.
- Τελικά χρησιμοποιήθηκαν δύο συνθέσεις για τις σκυροδετήσεις των πύργων: μία σύνθεση σκυροδέματος για την κάθε βάση των πύργων και μια σύνθεση γαρμπιλοσκυροδέματος για τη σκυροδέτηση των αγκυρίων της θεμελίωσης (βλ. Σχ. 1 και Σχ. 2). Οι αναλογίες των συστατικών καθώς και οι δοκιμές σε νωπό σκυρόδεμα δίνονται στους πίνακες 1 και 2. Η ανάπτυξη των αντοχών τους δίνεται στα διαγράμματα 1 και 2 αντίστοιχα.

Πίνακας 1. Αναλογίες συστατικών και δοκιμές νωπού σκυροδέματος

Υλικό	Ποσότητα για 1m <sup>3</sup> σκυροδέματος	Δοκιμές	Νωπό σκυρόδεμα
Τσιμέντο τύπου Π42.5 (kg)	450	Κάθιση (slump) (cm)	14
Νερό (kg)	160	Θερμοκρασία (°C)	11.5
Άμμος (kg)	890	Ποσοστό αέρα (%)	1.7
Γαρμπίλι – Χαλίκι (kg)	820		
Υπερρευστοποιητής (l)	1		
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>2321</b>		

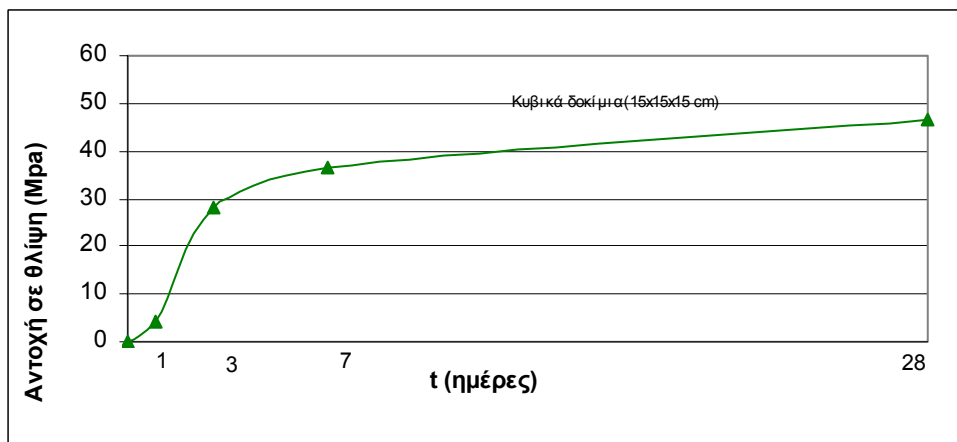
Διάγραμμα 1: Εξέλιξη θλιπτικών αντοχών κυβικών δοκιμών σκυροδέματος.



Πίνακας 2. Αναλογίες συστατικών και δοκιμές νωπού γαρμπιλοσκυροδέματος

Υλικό	Ποσότητα για 1m <sup>3</sup> σκυροδέματος (kg)	Δοκιμές	Νωπό σκυρόδεμα
Τσιμέντο τύπου Π42.5	500	Κάθιση (slump) (cm)	16
Νερό	170	Θερμοκρασία (°C)	10
Άμμος	1000	Ποσοστό αέρα (%)	1.8
Γαρμπίλι	650		
Υπερρευστοποιητής	1		
ΣΥΝΟΛΟ	2321		

Διάγραμμα 2: Εξέλιξη θλιπτικών αντοχών κυβικών δοκιμών γαρμπιλοσκυροδέματος.



Για τις ανάγκες του έργου χρησιμοποιήθηκαν τσιμέντα και πρόσμικτα που δεν υπάρχουν στα Εργοστάσια της Κεφαλονιάς, από Εταιρείες Τσιμέντων και πρόσμικτων από Πάτρα και Αθήνα, αντίστοιχα. Οι πύργοι προς θεμελίωση ήταν οκτώ (8). Οι σκυροδετήσεις έγιναν σε δύο (2) ημέρες στις 9/2/06 (για τους πύργους Νο 52, Νο 54 και Νο 53) και στις 10/2/06 (στους πύργους Νο 50, Νο 49, Νο 48, Νο 51 και Νο 47). Συνολικά κατασκευάστηκαν 32 βάσεις πύργων θεμελίωσης.

Αναλυτικά στοιχεία με τις ημερομηνίες σκυροδετήσεων, τον όγκο των σκυροδεμάτων ανά ημέρα, τους πύργους που σκυροδετήθηκαν καθώς και τα δοκίμια που λήφθηκαν για δοκιμές δίνονται στο αντίστοιχο Πιστοποιητικό του ΚΔΕΠ (481/2006).

Η μεταφορά, διάστρωση και συμπύκνωση του σκυροδέματος έγινε από το εκεί εξειδικευμένο προσωπικό της Διεύθυνσης Νέων Έργων Μεταφοράς της ΔΕΗ (ΔΝΕΜ/ΔΕΗ) υπό την επίβλεψη της ομάδας του ΚΔΕΠ.

Για την απρόσκοπτη, ταχεία ανάπτυξη των αντοχών, τα σκυροδέματα προστατεύτηκαν κατάλληλα (θερμική προστασία) λόγω του ότι οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος ήταν ιδιαίτερος χαμηλές (από  $-2^{\circ}\text{C}$  έως  $10^{\circ}\text{C}$ ). Μερικές από τις παραπάνω δραστηριότητες φαίνονται στις φωτογραφίες που ακολουθούν.



Φωτ. 5. Τοποθέτηση σιδηρού οπλισμού σε βάση πύργου.



Φωτ. 6. Διαδικασία σκυροδέτησης. Διακρίνεται η μεγάλη ομοιογένεια-συνοχή του νωπού σκυροδέματος.



Φωτ. 7. Διαδικασία σκυροδέτησης πύργου.



Φωτ. 8. Διαδικασία σκυροδέτησης πύργου.



Φωτ. 9. Διαδικασία σκυροδέτησης πύργου.



Φωτ. 10. Θερμομονωτική προστασία του σκυροδέματος βάσεων θεμελίωσης πύργων.



Φωτ. 11. Προστασία του σκυροδέματος των βάσεων με νάιλον και θερμομονωτικό υλικό.



Φωτ. 12. Μεταφορά των κυβικών δοκιμίων σκυροδέματος που λήφθηκαν κατά τη σύνθεση των πύργων στο Εργαστήριο Σκυροδέματος του ΚΔΕΠ για δοκιμές

#### 4 ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

Ο έλεγχος των αντοχών των παραπάνω σκυροδετήσεων έγινε με δοκίμια έργου. Τα δοκίμια λήφθηκαν στο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος από τα οχήματα που έφευγαν για το έργο και συντηρήθηκαν μέχρι τις ημερομηνίες θραύσης σε συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος (για ηλικίες μέχρι τριών (3) ημερών τα δοκίμια συντηρήθηκαν και θραύστηκαν στην Κεφαλονιά ενώ για μεταγενέστερες ηλικίες τα δοκίμια συντηρήθηκαν και θραύστηκαν στο περιβάλλον του Εργαστηρίου Σκυροδέματος του ΚΔΕΠ).

Τα δοκίμια συντηρήθηκαν σαν δοκίμια έργου (και όχι συμβατικά) με σκοπό να προσομοιωθεί η αντοχή τους με αυτή των αντοχών των βάσεων των πύργων. Οι αντοχές επομένως των δοκιμίων ανά ηλικία αντικατοπτρίζουν (και μάλιστα επί το δυσμενέστερο) τις πραγματικές αντοχές των σκυροδεμάτων των βάσεων. Οι αντοχές των δοκιμίων αυτών στις διάφορες ηλικίες δίνονται στο τεύχος των σκυροδετήσεων στο Πιστοποιητικό του ΚΔΕΠ 481/2006.

Από ορισμένα από τα κυβικά δοκίμια που λήφθηκαν κατά τις σκυροδετήσεις, λήφθηκαν πυρήνες για τη δοκιμή του υπολογισμού του στατικού μέτρου ελαστικότητας. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών δίνονται στο τεύχος των σκυροδετήσεων του πιο πάνω Πιστοποιητικού.

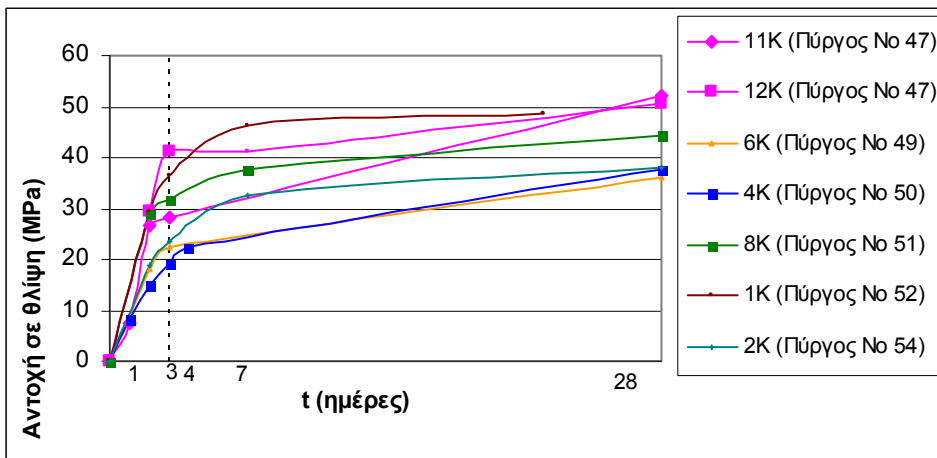
#### 5 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΩΝ

##### 5.1 *Εξέλιξη αντοχών δοκιμίων έργου – Ανέγερση πύργων*

Η ανάπτυξη των αντοχών των σκυροδεμάτων των βάσεων των πύργων από τα δοκίμια έργου που λήφθηκαν από τις σκυροδετήσεις δίνεται στο επόμενο Διάγραμμα 3.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί ο επιδιωκόμενος σκοπός, ήταν η ικανοποιητική ανάπτυξη των αντοχών του σκυροδέματος θεμελίωσης των πύργων, σε διάστημα μικρότερο των 28 ημερών (η απαίτηση αντοχής των σκυροδεμάτων των πύργων βάσει των προδιαγραφών της ΔΕΗ ήταν 20 MPa σε ηλικία 28 ημερών – κατηγορία σκυροδέματος C16/20).

Διάγραμμα 3. Εξέλιξη θλιπτικών αντοχών δοκιμίων έργου των σκυροδετήσεων των πύργων Κεφαλονιάς.



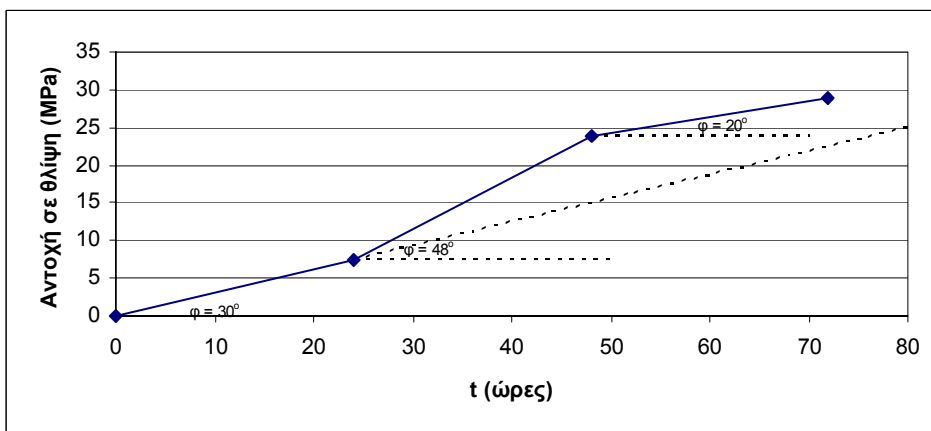
Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα οι αντοχές αυτές «πιάστηκαν» σε ηλικίες μικρότερες των τριών (3) ημερών. Έτσι, δόθηκε εντολή στα συνεργεία της ΔΝΕΜ να αρχίσουν τις εργασίες: Ανέγερση των πύργων και ενσυρμάτωση της γραμμής σε τρεις (3) ημέρες από την ημέρα σκυροδέτησης (δηλαδή από την 13/02/06).

Σημείωση: Σύμφωνα με το EN 206 §7.2 (Πιν. 12) ο λόγος της αντοχής σε θλίψη των 2 ημερών προς την αντοχή σε θλίψη των 28 ημερών δίνει την εξέλιξη της αντοχής. Στην προκειμένη περίπτωση ο λόγος αυτός είναι 0.55, πράγμα που δηλώνει ότι η ανάπτυξη των αντοχών κρίνεται ταχύτατη.

### 5.2 Γενικευμένη ανάπτυξη αντοχών στις 3 πρώτες ημέρες

Στο παρακάτω διάγραμμα 4 απεικονίζεται η ανάπτυξη των αντοχών κατά τις 3 πρώτες ημέρες (72 ώρες). Το διάγραμμα αυτό είναι ένα γενικευμένο διάγραμμα δηλαδή οι τιμές του αποτελούν το μέσο όρο των τιμών των καμπυλών του διαγράμματος 3 έως τις τρεις πρώτες ημέρες.

Διάγραμμα 4. Ανάπτυξη θλιπτικών αντοχών συναρτήσει του χρόνου κατά τις τρεις πρώτες ημέρες.



Από την ανάπτυξη των αντοχών στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι:

- Τα σκυροδέματα παρουσιάζουν τρεις διαφορετικές ταχύτητες ανάπτυξης αντοχών συναρτήσει του χρόνου.
- Η πρώτη ταχύτητα παριστά την ανάπτυξη των αντοχών κατά το πρώτο 24ωρο. Η κλίση της ευθείας είναι περίπου  $30^\circ$  (και οι αντοχές κυμαίνονται γύρω στα 7.5 MPa). Ας σημειωθεί ότι με κλίση  $30^\circ$  περίπου η μέση ανάπτυξη των αντοχών σε 3 ημέρες υπερβαίνει την απαίτηση των 20MPa που ζητείται στη μελέτη θεμελίωσης των πύργων.
- Η δεύτερη ταχύτητα παριστά την ανάπτυξη των αντοχών τις επόμενες 24 ώρες περίπου. Η ανάπτυξη αυτή είναι ραγδαία με κλίση ευθείας  $48^\circ$  (και αντοχές που κυμαίνονται γύρω στα 24 MPa).
- Η τρίτη ταχύτητα τις επόμενες 24 ώρες είναι η πλέον αργή με κλίση ευθείας περίπου  $20^\circ$ .

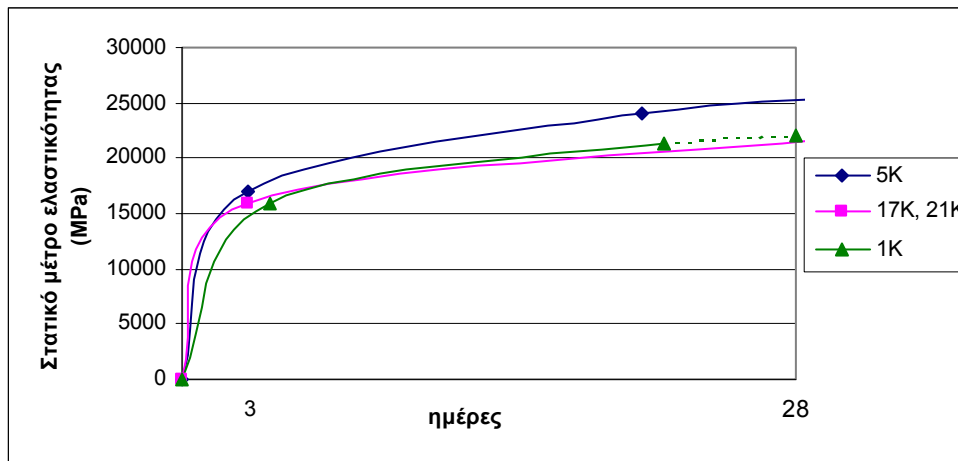
Από το γενικευμένο αυτό διάγραμμα βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο κρίσιμος χρόνος επίτευξης των ζητούμενων αντοχών ήταν για τις συγκεκριμένες σκυροδετήσεις η ηλικία των δύο (2) ημερών. Φυσικά για λόγους ασφαλείας ζητήθηκε από τη ΔΝΕΜ να αρχίσει τις εργασίες αποκατάστασης των πύργων στις τρεις (3) ημέρες όπου οι απαιτούμενες αντοχές είχαν υπερκαλυφθεί.

### 5.3 Εξέλιξη του στατικού μέτρου ελαστικότητας των δοκιμίων έργου

Η εξέλιξη του μέτρου ελαστικότητας των σκυροδεμάτων των βάσεων των πύργων από τα δοκίμια έργου που λήφθηκαν από τις σκυροδετήσεις δίνεται στο επόμενο διάγραμμα 5.

Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι το τελικό στατικό μέτρο ελαστικότητας (E) είναι της τάξης των 22,000 MPa – 25,000 MPa. Το στατικό μέτρο ελαστικότητας (E) στις τρεις (3) πρώτες ημέρες είναι της τάξης των 16,000 MPa, τιμή που επιτρέπει στο σκυρόδεμα να δεχτεί φορτία χωρίς μεγάλες παραμορφώσεις. Αυτό σημαίνει ότι για τις εργασίες ανέγερσης των πύργων η εξέλιξη του μέτρου ελαστικότητας στις 3 πρώτες ημέρες ήταν ικανοποιητική για τις τυχόν καταπονήσεις των θεμελιώσεων από το φορτίο των πύργων.

Διάγραμμα 5. Εξέλιξη μέτρου ελαστικότητας συναρτήσει του χρόνου σκυροδετήσεων πύργων Κεφαλονιάς.



## 6 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΣΤΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΓΩΝ

### 6.1 Πυρηνοληψίες

Προς τελικό έλεγχο της πραγματικής αντοχής των σκυροδεμάτων του έργου έγιναν και πυρηνοληψίες



στις βάσεις των πύργων. Προς τούτο μετέβη συνεργείο επί τόπου. Έγιναν 21 πυρηνοληψίες σε 21 βάσεις από 7 πύργους. Στις παρακάτω 4 φωτογραφίες φαίνεται η διαδικασία πυρηνοληψίας και μόρφωσης δοκιμίων από τους πυρήνες του σκυροδέματος θεμελίωσης.



Φωτ. 13. Πυρηνοληψίες σε βάση θεμελίωσης πύργου.



Φωτ. 14. Πυρηνοληψίες και εκτέλεση δοκιμής εξόλκευσης ήλου.



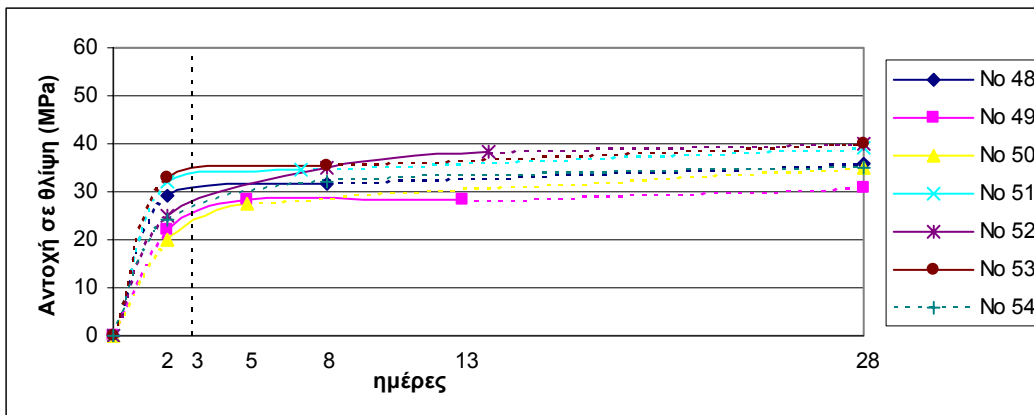
Φωτ. 15. Πυρηνοληψία σε βάση θεμελίωσης πύργου και μέτρηση θερμοκρασίας.



Φωτ. 16. Δοκίμια που διαμορφώθηκαν από πυρήνες που λήφθηκαν από τις βάσεις θεμελίωσης.

Στο παρακάτω Διάγραμμα 6 δίνεται η εξέλιξη των αντοχών των πυρήνων που λήφθηκαν από τους πύργους.

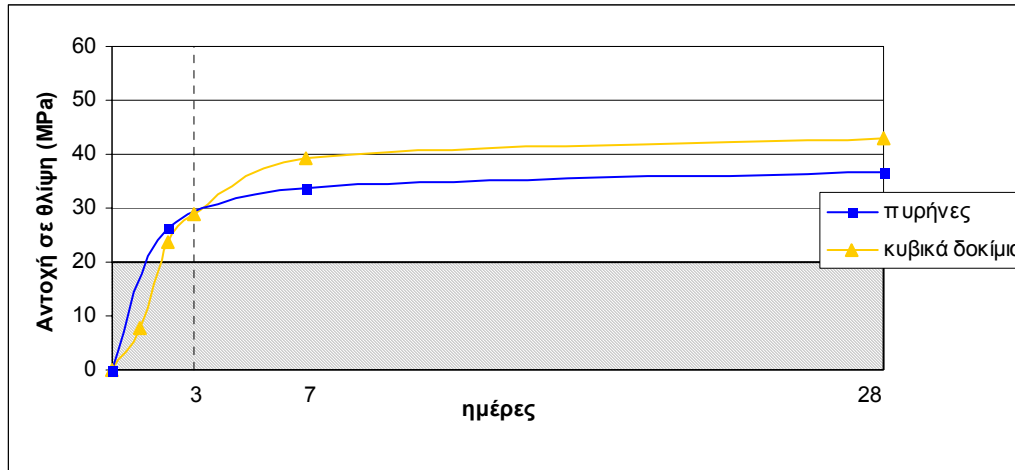
Διάγραμμα 6. Ανάπτυξη θλιπτικών αντοχών πυρήνων που λήφθηκαν από τους πύργους.



### 6.2 Σύγκριση εξέλιξης αντοχών δοκιμίων έργου και πυρήνων θεμελίωσης

Στο παρακάτω Διάγραμμα 7 δίνονται η γενικευμένη εξέλιξη των θλιπτικών αντοχών των κυβικών δοκιμίων καθώς και η εξέλιξη των θλιπτικών αντοχών των πυρήνων που λήφθηκαν από τους πύργους.

Διάγραμμα 7. Εξέλιξη θλιπτικών αντοχών κυβικών δοκιμίων σκυροδέματος και πυρήνων που λήφθηκαν από τους πύργους. Σκιασμένο διακρίνεται το όριο των 20MPa που απαιτείται από την προδιαγραφή της ΔΕΗ.



Από το παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι η ανάπτυξη των αντοχών σε πυρήνες που λήφθηκαν από τους πύργους κατά τις τρεις πρώτες ημέρες ήταν ταχύτερη σε σχέση με αυτή των κυβικών δοκιμίων έργου. Τούτο εν μέρει οφείλεται στη θερμική προστασία της θεμελίωσης.

### 6.3 Επί τόπου μη καταστροφικές δοκιμές

Για την εκτίμηση της ομοιομορφίας του σκυροδέματος των βάσεων όπως και τον προσδιορισμό περιοχών καλής και κακής ποιότητας σκυροδέματος ως προς την αντοχή, έγιναν κρουσιμετρήσεις με το SCHMIDT HAMMER.

Στον παρακάτω Πίνακα 3 δίνονται τα αποτελέσματα των κρουσιμετρήσεων συγκριτικά με τα αποτελέσματα των αντοχών των πυρήνων που λήφθηκαν από τους πύργους έτσι ώστε να αξιολογηθούν (οι κρουσιμετρήσεις) σαν επιπλέον εργαλείο εκτίμησης αντοχών των βάσεων. Από τα στοιχεία των πινάκων αυτών φαίνεται ότι η ζώνη εκτίμησης της αντοχής βάσει κρουσιμέτρησης εμπεριέχει την τιμή αντοχής των πυρήνων.

Πίνακας 3. Ζώνη εκτιμούμενης αντοχής σκυροδέματος μέσω κρουσιμέτρησης και αντοχή σε θλίψη πυρήνων από τις βάσεις θεμελίωσης των πύργων.

Πύργος	Βάση πύργου	Ηλικία σκυροδεμάτων (ημ.)	Αντοχή σε θλίψη βάσει κρουσιμετρήσεων (MPa)	Διασπορά (%)	Ζώνη εκτιμούμενης αντοχής σκυροδέματος βάσει κρουσιμετρήσεων (MPa)	Αντοχή σε θλίψη πυρήνων σκυροδέματος (MPa)
No 49	B49-1	5	27.0	±21.4	21.2 – 32.8	27.0
	B49-2	5	30.5	±20.0	24.4 – 36.6	29.5
No 50	B50-1	5	32.0	±19.6	25.7 – 38.3	24.5
	B50-2	5	32.0	±19.6	25.7 – 38.3	30.9
No 51	B51-1	6	37.0	±20.0	29.6 – 44.4	36.7
	B51-2	6	30.0	±20.0	24.0 – 36.0	32.6
No 48	B48-1	7	27.5	±21.0	21.7 – 33.3	31.8
	B52-1	7	30.5	±20.0	24.4 – 36.6	27.7
No 52	B52-2	7	32.5	±19.6	26.1 – 38.9	32.3
	B53-1	7	29.5	±20.0	23.6 – 35.1	32.3
No 53	B53-2	7	30.0	±20.0	24.0 – 36.0	38.9
	B54-1	7	32.0	±19.6	25.7 – 38.3	32.5

## 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η αποκατάσταση των βλαβών στους πύργους υψηλής τάσης της γραμμής Ακτίου – Κεφαλονιάς άρχισε στο νότιο τμήμα του νησιού στις αρχές Φεβρουαρίου 2006. Εκεί είχαν υποστεί καθολική βλάβη 8 πύργοι οι οποίοι έπρεπε να ανεγερθούν εκ νέου. Κρίσιμος παράγοντας για την επιτάχυνση της ανέγερσης των πύργων είναι ο χρόνος ανάληψης φορτίων από την εκ σκυροδέματος θεμελίωσή τους. Η αποκατάσταση ενός πύργου κατ' εκτίμηση χρειάζεται περίπου 3 ημέρες προεργασία (οδοί προσπέλασης, αποτύπωση θεμελίωσης, εκσκαφή, τοποθέτηση οπλισμού και σκυροδέτηση), 28 ημέρες πήξης, σκλήρυνσης και ανάληψης μηχανικών αντοχών του σκυροδέματος και 3 ημέρες ανέγερση πύργων, καλωδίωση και παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Περισσότερο δηλαδή από το 80% του χρονικού διαστήματος αυτών των 34 ημερών απαιτείται για την ανάληψη φορτίων από τη θεμελίωση. Για την ελαχιστοποίηση αυτού του χρόνου αποκατάστασης παρασκευάστηκαν κατάλληλα σκυροδέματα που έδωσαν τη δυνατότητα ανέγερσης των πύργων και επομένως της μόνιμης ηλεκτροδότησης των νησιών Κεφαλονιάς και Ιθάκης στο ¼ περίπου του απαιτούμενου χρόνου θωρακίζοντας έτσι τα νησιά μέσα σε μόνο 9 ημέρες. Η ανάληψη των φορτίων των πύργων από τα σκυροδέματα θεμελίωσης σε 3 ημέρες αντί των 28 ημερών που απαιτείται από τους κανονισμούς οφείλεται στα κατάλληλα σκυροδέματα που παρασκευάστηκαν εκεί (φωτ. 17, 18).



Φωτ. 17. Εργασίες ανέγερσης πύργων μετά την πάροδο των τριών ημερών από την ημερομηνία σκυροδέτησης των βάσεων θεμελίωσης.



Φωτ. 18. Εργασίες ανέγερσης πύργων και ενσυρμάτωσης της γραμμής μεταφοράς μετά την πάροδο των τριών ημερών από την ημερομηνία σκυροδέτησης των βάσεων θεμελίωσης.

## 8 ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο συγγραφέας επιθυμεί να ευχαριστήσει τους Μηχανικούς στελέχη της ΔΝΕΜ/ΔΕΗ, Σ. Τσαλίκη, Β. Χατζηβασιλείου, Σ. Καλαφάτη, Α. Αθανασιάδη, Θ. Θωμά για την άριστη συνεργασία στην επίτευξη αυτού του στόχου. Επίσης ευχαριστεί όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Σκυροδέματος του ΚΔΕΠ/ΔΕΗ.

## 9 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206.01. 2000. Σκυρόδεμα – Μέρος 1: Προδιαγραφή, απόδοση, παραγωγή και συμμόρφωση.
2. Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος. Έκδοση 1997.
3. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 37873/222/Ω. 1998. Θεμελίωση πύργων στην Πάρνηθα στη γραμμή «ΑΧΑΡΝΑΙ – ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ».
4. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 39917/222/Α. 1998. Θεμελίωση πύργου στην Ανθούσα Αττικής στη γραμμή «ΠΑΛΛΗΝΗ – ΝΕΑ ΜΑΚΡΗ».
5. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 41752/222/Ω. 1998. Θεμελίωση έξι πύργων στο Κρυονέρι της γραμμής «ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ – ΚΡΥΟΝΕΡΙ».
6. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 47277/222/Ω. 1999. Κατασκευή βάσεων από σκυρόδεμα πάνω στις οποίες τοποθετείται ο Η/Μ εξοπλισμός του ΚΥΤ Αχαρνών μετά το σεισμό της 7.9.1999 με επίκεντρο την Πάρνηθα.
7. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 47396/222/Ω. 1999. Κατασκευή βάσεων από σκυρόδεμα πάνω στις οποίες τοποθετείται ο Η/Μ εξοπλισμός του ΚΥΤ Κουμουνδούρου μετά το σεισμό της 7.9.1999 με επίκεντρο την Πάρνηθα.
8. Πιστοποιητικό ΚΔΕΠ 481/2006/ΕΣΚ/Α. 2006. Θεμελίωση πύργων στην Κεφαλονιά στη γραμμή «ΑΚΤΙΟ– ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ».