

**ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009**

**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ  
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ  
HELLENIC TECHNICAL  
SPECIFICATION**



**Προένταση σκυροδέματος**

**Concrete post- and pre-tensioning**

**Κλάση τιμολόγησης: 7**

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009

## Πρόλογος

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00 «**Προένταση σκυροδέματος**» βασίζεται στην Προσωρινή Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή (ΠΕΤΕΠ) που συντάχθηκε από το Ινστιτούτο Οικονομίας Κατασκευών (ΙΟΚ) υπό την εποπτεία της 2<sup>ης</sup> Ομάδας Διοίκησης Έργου (2<sup>η</sup> ΟΔΕ) του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).

Την επεξεργασία και την έκδοση της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00, ανέλαβε η Ειδική Ομάδα Έργου ΕΟΕ Α της ΕΛΟΤ ΤΕ 99 «Προδιαγραφές τεχνικών έργων», την γραμματεία της οποίας έχει η Διεύθυνση Τυποποίησης του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Το κείμενο της παρούσας Ελληνικής Τεχνικής Προδιαγραφής ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00 εγκρίθηκε την 23<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2009 από την ΕΛΟΤ ΤΕ 99 σύμφωνα με τον κανονισμό σύνταξης και έκδοσης ελληνικών προτύπων και προδιαγραφών.

© ΕΛΟΤ 2009

Όλα τα δικαιώματα έχουν κατοχυρωθεί. Εκτός αν καθορίζεται διαφορετικά, κανένα μέρος αυτού του Προτύπου δεν επιτρέπεται να αναπαραχθεί ή χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε τρόπο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, περιλαμβανομένων φωτοαντιγράφισης και μικροφίλμ, δίχως γραπτή άδεια από τον εκδότη.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.  
Αχαρνών 313, 111 45 Αθήνα

**Περιεχόμενα**

Εισαγωγή.....	4
1 Αντικείμενο .....	5
2 Τυποποιητικές παραπομπές.....	5
3 Όροι και ορισμοί .....	5
4 Απαιτήσεις.....	6
4.1 Χαρακτηριστικά υλικών .....	6
4.1.1 Χάλυβες Προέντασης .....	6
4.1.2 Περιβλήματα τενόντων (σωλήνες).....	7
4.2 Πιστοποιητικά χαλύβων προέντασης .....	8
5 Μέθοδος εκτέλεσης εργασιών - έλεγχοι .....	8
5.1 Τένοντες.....	9
5.2 Αγκυρώσεις .....	10
5.3 Περιβλήματα τενόντων.....	10
5.4 Εφαρμογή της προέντασης .....	11
5.5 Τροποποίηση συστήματος προέντασης από τον Ανάδοχο.....	15
5.6 Κριτήρια αποδοχής εργασιών .....	15
6 Όροι και απαιτήσεις προστασίας εργαζομένων .....	16
6.1 Ανάλυση επικινδυνότητας .....	16
6.2 Μέτρα αντιμετώπισης κινδύνων .....	16
7 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών .....	17
Βιβλιογραφία.....	18

## Εισαγωγή

Η παρούσα Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή εντάσσεται στη σειρά των ΠΕΤΕΠ που έχουν προετοιμασθεί από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το ΙΟΚ και οι οποίες πρόκειται να εφαρμοστούν στην κατασκευή των δημοσίων τεχνικών έργων στην χώρα, με σκοπό την παραγωγή έργων άριτων και ικανών να ανταποκριθούν και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες που υπέδειξαν την κατασκευή τους και να αποβούν επωφελή για το κοινωνικό σύνολο.

Ο ΕΛΟΤ ανέλαβε την υποχρέωση να επεξεργασθεί και να εκδώσει τις ΠΕΤΕΠ ως Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΛΟΤ ΤΠ - ΕΤΕΠ) σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στον Κανονισμό σύνταξης και έκδοσης Ελληνικών Προτύπων και Προδιαγραφών και στον Κανονισμό σύστασης και λειτουργίας Τεχνικών Οργάνων Τυποποίησης.

## Προένταση σκυροδέματος

### 1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της παρούσας Προδιαγραφής είναι η προένταση δομικών στοιχείων από πρόχυτο ή επί τόπου σκυρόδεμα, ήτοι η προμήθεια, μορφοποίηση, τοποθέτηση και τάνυση του χάλυβα προέντασης, η προμήθεια και τοποθέτηση των στοιχείων που είναι αναγκαία για την εφαρμογή του συστήματος προέντασης (κεφαλές αγκυρώσεως, μούφες, περιβλήματα τενόντων κλπ) και η τσιμεντένεση των τενόντων.

Η προδιαγραφή καλύπτει θέματα προέντασης με άμεση ή μεταγενέστερη συνάφεια· δεν καλύπτει θέματα εξωτερικής ή εσωτερικής προέντασης χωρίς συνάφεια.

### 2 Τυποποιητικές παραπομπές

Η παρούσα Προδιαγραφή ενσωματώνει, μέσω παραπομπών, προβλέψεις άλλων δημοσιεύσεων, χρονολογημένων ή μη. Οι παραπομπές αυτές αναφέρονται στα αντίστοιχα σημεία του κειμένου και κατάλογος των δημοσιεύσεων αυτών παρουσιάζεται στη συνέχεια. Προκειμένου περί παραπομπών σε χρονολογημένες δημοσιεύσεις, τυχόν μεταγενέστερες τροποποιήσεις ή αναθεωρήσεις αυτών θα έχουν εφαρμογή στην παρούσα όταν θα ενσωματωθούν σε αυτή, με τροποποίηση ή αναθεώρησή της. Όσον αφορά τις παραπομπές σε μη χρονολογημένες δημοσιεύσεις ισχύει η τελευταία έκδοσή τους.

ΕΛΟΤ EN ISO 15630-3	Steel for the reinforcement and prestressing of concrete - Test methods - Part 3: Prestressing steel -- Χάλυβες οπλισμού και προέντασης σκυροδέματος - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 3: Χάλυβες προέντασης
prEN 10138-1	Prestressing steels - Part 1: General requirements -- Χάλυβες προέντασης - Μέρος 1 : Γενικές απαιτήσεις
prEN 10138-2	Prestressing steels - Part 2: Wire -- Χάλυβες προέντασης - Μέρος 2 : Σύρματα
prEN 10138-3	Prestressing steels - Part 3: Strand -- Χάλυβες προέντασης - Μέρος 3 : καλώδια
prEN 10138-4	Prestressing steels - Part 4: Bars -- Χάλυβες προέντασης - Μέρος 4 : ράβδοι
prEN 10337	Zinc and zinc alloy coated wires and strands for prestressing steels -- Χαλυβδόσύρματα και συρματόσχοινα προέντασης με επικάλυψη ψευδαργύρου ή κράματος ψευδαργύρου.
ΕΛΟΤ EN 445 E2	Grout for prestressing tendons - Test methods -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Μέθοδοι δοκιμής.
ΕΛΟΤ EN 446 E2	Grout for prestressing tendons - Test methods -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Διαδικασίες έκχυσης.
ΕΛΟΤ EN 447 E2	Grout for prestressing tendons - Basic requirements -- Ενέματα προεντεταμένων τενόντων - Προδιαγραφή για συνήθη ενέματα.
ETAG 013	Guideline for European Technical Approval of post-tensioning kits for the prestressing of structures – Οδηγίες για την Ευρωπαϊκή Τεχνική Έγκριση συστημάτων προέντασης των κατασκευών.

### 3 Όροι και ορισμοί

Στην παρούσα προδιαγραφή δεν χρησιμοποιούνται ιδιαίτεροι όροι και ορισμοί.

## 4 Απαιτήσεις

Στις εργασίες της προέντασης ενσωματώνονται τα ακόλουθα υλικά:

- α. Χάλυβες προέντασης
- β. Περιβλήματα τενόντων
- γ. Κεφαλές αγκύρωσης (σύστημα προέντασης)
- δ. Επεκτατήρες τενόντων (couplers, μούφες)
- ε. Τσιμεντένεμα προστασίας

### 4.1 Χαρακτηριστικά υλικών

#### 4.1.1 Χάλυβες Προέντασης

Οι χάλυβες προέντασης διακρίνονται ως εξής:

- i) ως προς την μεθοδολογία κατεργασίας:
  - ia) θερμική κατεργασία
    - χάλυβες ειδικής κατεργασίας.
    - χάλυβες σκληρυμένοι με βαφή.
  - ib) μηχανική κατεργασία
    - χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με διέγκυση ή εξέλαση.
    - χάλυβες ψυχρής κατεργασίας με συστροφή ή έλξη.
- ii) ως προς τον τύπο:
  - σύρματα και ράβδοι.
  - συρματόσχοινα ή τένοντες.
- iii) ως προς την μορφή:
  - σύρματα ή ράβδοι, λεία και στρογγυλά (τα σύρματα μπορούν να είναι ίσια ή με οδοντώσεις).
  - σύρματα ή ράβδοι, με ραβδώσεις, στρογγυλά ή μή.

Η κατηγορία του χάλυβα προέντασης προσδιορίζεται με βάση το χαρακτηριστικό όριο διαρροής  $f_{p0,1k}$  και την χαρακτηριστική εφελκυστική αντοχή  $f_{pk}$ .

Το μέτρο ελαστικότητας μπορεί να λαμβάνεται ίσο με 195 GPa για τα συρματόσχοινα και 205 GPa για τα χαλυβδοσύρματα και τις ράβδους προεντάσεως.

Οι γενικές απαιτήσεις για χάλυβες έχουν ως εξής:

- α) Τα σύρματα θα προέρχονται από ψυχρή κατεργασία με διέγκυση και/ή εξέλαση χάλυβα που θα έχει παραχθεί με τη μέθοδο της ανοικτής εστίας ή σε ηλεκτρική κάμινο. Ηλεκτροσυγκολλημένες ενώσεις δεν γίνονται αποδεκτές.
- β) Τα σύρματα θα έχουν υποστεί θερμική κατεργασία για την απαλοιφή των εσωτερικών τάσεων.
- γ) Τα σύρματα (λεία ή μή) θα είναι καθαρά, στεγνά και χωρίς εργοστασιακές απολεπίσεις.
- δ) Στην περίπτωση που το σύστημα προέντασης απαιτεί τη διαμόρφωση κεφαλών στα σύρματα, θα ελεγχθεί η καταλληλότητά του για τη συγκεκριμένη εργασία με τυχαία δειγματοληψία πριν από την παράδοση τού υλικού στο εργοτάξιο.
- ε) Συρματόσχοινο ή σύρμα που ξετυλίγεται ελεύθερα σε επίπεδο και λείο δάπεδο από σκυρόδεμα πρέπει να παραμένει ευθύγραμμο.

στ) Εάν απαιτείται, η επιφάνεια μπορεί να εμφανίζει μικρές νευρώσεις το ύψος των οποίων δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 0,1 mm. Οι νευρώσεις δεν θα πρέπει να διαφοροποιούν τις μηχανικές ιδιότητες του λείου καλωδίου.

Όσον δε αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά τίθενται οι ακόλουθες απαιτήσεις:

1. Η ελάχιστη διάμετρος συρμάτων δεν θα είναι μικρότερη από 5,0 mm. Για κυκλικές διατομές η ελάχιστη διατομή συρμάτων δεν θα είναι μικρότερη από 30mm<sup>2</sup>.
2. Οι ανοχές της μάζας θα κυμαίνονται από +2,0% έως -2,0% της ονομαστικής τιμής. Για τις μη κυκλικές διατομές, οι ανοχές των διαστάσεων θα κυμαίνονται από +4,0% έως -2,0% των ονομαστικών τιμών.
3. Η ελάχιστη εφελκυστική αντοχή θραύσης θα είναι η προδιαγραφόμενη από την στατική μελέτη.
4. Το συμβατικό όριο διαρροής, που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση 0,1% θα είναι ίσο προς 85-89% της χαρακτηριστικής Εφελκυστικής Αντοχής Θραύσης (ΕΑΘ).
5. Η επιμήκυνση θραύσης, μετρούμενη σε δοκίμιο μήκους  $L_0 \geq 500$  mm θα είναι τουλάχιστον 3,5%.
6. Η μείωση της πραγματικής διατομής στην θέση θραύσης θα είναι  $\geq 25\%$  (στένωση θραύσης).
7. Αντοχή κόπωσης: Τουλάχιστον 2 εκατομμύρια κύκλοι φόρτισης, μεταξύ τάσης ίσης προς 55% και 70% της χαρακτηριστικής ΕΑΘ.
8. Χαλάρωση: Υπό αρχική τάση ίση προς το 70% και 80% της χαρακτηριστικής ΕΑΘ και υπό κανονική θερμοκρασία, η χαλάρωση δεν θα υπερβαίνει το 2,5% και 4,5% αντίστοιχα, ύστερα από διάρκεια δοκιμής 1000 ωρών.

#### 4.1.2 Περιβλήματα τενόντων (σωλήνες)

Τα περιβλήματα των τενόντων θα είναι από γαλβανισμένο ημιάκαμπτο χαλυβδοέλασμα με σπειροειδείς πτυχώσεις, πάχους κατ' ελάχιστο σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα για κάθε κλάση. Οι γαλβανισμένοι αυτοί σωλήνες θα είναι ηλεκτροχημικώς παθητικοί με εφαρμογή μεθόδου καταιονισμού χρωμίου.

Η κλάση 1 αφορά συνήθη σωλήνα

Η κλάση 2 αφορά δύσκαμπτο σωλήνα

**Πίνακας 1 - Χαρακτηριστικά σωλήνων τενόντων**

Εσωτερική διάμετρος σωλήνας σε mm		25	25-35	35-45	45-55	55-65	65-75	75-85	85-100	100-130
Πάχος ελάσματος σε mm	Κλάση 1	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,35	0,40	$\geq 0,40$
	Κλάση 2	-	-	0,40	0,45	0,45	0,50	0,50	0,60	$\geq 0,60$

Τα περιβλήματα των τενόντων θα έχουν ελαχίστη εσωτερική διάμετρο κατά 6 mm τουλάχιστον μεγαλύτερη από την ονομαστική διάμετρο του τένοντα και επιφάνεια διατομής τουλάχιστον 2,5 φορές εκείνης του χάλυβα. Το πλήθος των αρμών θα περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατόν, κάθε δε αρμός θα σφραγίζεται πλήρως έναντι εισχωρήσεως οιοδήποτε υλικού. Συνιστάται η παραγωγή των σωλήνων επί τόπου του έργου, λίγο πριν τη χρησιμοποίησή τους για λόγους μείωσης της επιφανειακής διάβρωσης και των ενώσεων.

Όλα τα περιβλήματα (εκτός αν ορίζεται διαφορετικά από τη μελέτη) θα είναι κλάσης 2, είτε με ηλεκτροσυγκολλούμενα άκρα, είτε με διαμόρφωση αλληλοεμπλεκόμενης συναρμογής. Συνδετήρια τεμάχια, που τοποθετούνται για την σύνδεση των παραπάνω δύσκαμπτων περιβλημάτων προς τις συσκευές αγκύρωσης, μπορεί να είναι και μη γαλβανισμένα.

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009

© ΕΛΟΤ

Τα περιβλήματα των τενόντων πρέπει να είναι στεγανά, ώστε να μην εισρέει σκυρόδεμα κατά τη σκυροδέτηση. Το πάχος του χαλυβδοελάσματος διαμόρφωσης αυτών πρέπει να είναι σύμφωνο με τα προαναφερθέντα.

Η επιφανειακή κατάσταση του εσωτερικού των σωλήνων πρέπει να είναι γενικά καθαρή. Μπορεί να γίνει δεκτή και ελαφρώς οξειδωμένη επιφάνεια υπό την προϋπόθεση ότι θα ληφθεί κατάλληλα υπόψη στον υπολογισμό των τριβών.

#### 4.2 Πιστοποιητικά χαλύβων προέντασης

Τα στροφέια (καρούλια, μπομπίνες) ή οι δέσμες χάλυβα προέντασης θα συνοδεύονται από εργοστασιακό πιστοποιητικό ποιότητας/προέλευσης, το οποίο θα παρέχει κατ' ελάχιστον τα ακόλουθα στοιχεία:

- ονομασία εργοστασίου παραγωγής.
- αριθμό παρτίδας.
- αριθμό δέματος/ συσκευασίας.
- καθαρό βάρος συσκευασίας (lot net weight).
- ονομαστική διατομή σύρματος/ συρματοσχοίνου.
- ποιότητα χάλυβος.
- μεθοδολογία παραγωγής (π.χ. ψυχρής εξέλασης, με θερμική κατεργασία).

Επιπρόσθετα οι παρτίδες του υλικού που μεταφέρονται στο εργοτάξιο θα συνοδεύονται από πιστοποιητικό εργαστηριακών δοκιμών σε διαπιστευμένο εργαστήριο - σύμφωνα με τις ισχύουσες Κοινοτικές διατάξεις περί διαπίστευσης εργαστηρίων δοκιμών - το οποίο θα αναφέρεται:

- Στο εύρος των αποκλίσεων από τις ονομαστικές διαστάσεις
- Στην τάση θραύσης
- Στην επιμήκυνση κατά την θραύση
- Στο διαπιστούμενο όριο ελαστικότητας, με βάση διαγράμματα τάσης-μήκυνσης
- Στις τιμές χαλάρωσης (απώλεια τάσης μετά από φόρτιση με αρχική τάση ίση προς 60%, 70% και 80% της χαρακτηριστικής εφελκυστικής αντοχής θραύσης, υπό κανονική θερμοκρασία, ύστερα από δοκιμασία διάρκειας 1.000 ωρών).
- Στα αποτελέσματα των δοκιμών διάβρωσης

Τα πιστοποιητικά θα είναι στην Ελληνική ή Αγγλική γλώσσα, αλλιώς θα συνοδεύονται από μετάφραση υπογεγραμμένη από Διπλωματούχο Μηχανικό.

Ο Ανάδοχος υποχρεούται να παρέχει στην Υπηρεσία δείγματα από παρτίδες προσκομιζόμενων υλικών, της επιλογής της, προς έλεγχο. Τα δείγματα θα συνοδεύονται από αντίγραφα των αντιστοίχων εργοστασιακών και εργαστηριακών πιστοποιητικών (δέματος και παρτίδας, αντίστοιχα). Ουδεμία ενσωμάτωση προσκομισθέντων υλικών επιτρέπεται, προ της αποδοχής των υλικών από την Υπηρεσία.

#### 5 Μέθοδος εκτέλεσης εργασιών - έλεγχου

Οι εργασίες προέντασης θα εκτελούνται μόνον υπό την εποπτεία εμπείρου Μηχανικού του Αναδόχου. Το προσωπικό που θα χειρίζεται τον εξοπλισμό τάνυσης θα είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο στην χρήση του.

Ο Ανάδοχος οφείλει να υποβάλλει λεπτομερές πρόγραμμα των εργασιών προέντασης, στο οποίο θα περιλαμβάνονται:

- οι έλεγχοι και βαθμονομήσεις των συσκευών και οργάνων που θα χρησιμοποιηθούν,
- στοιχεία εμπειρίας των συνεργείων στα οποία ο Ανάδοχος προτίθεται να αναθέσει τις εργασίες προέντασης,



- οι απαιτούμενες υποβολές στοιχείων στην Υπηρεσία προς έγκριση, σύμφωνα με τους όρους της παρούσας Προδιαγραφής.
- οι απαιτούμενες δοκιμές και έλεγχοι,
- η υποβολή των προβλεπομένων πιστοποιητικών και συναφών στοιχείων,
- οι παραλαβές επί τόπου του χάλυβα και των υλικών προέντασης,
- οι επι μέρους φάσεις εκτέλεσης των εργασιών προέντασης.

## 5.1 Τένοντες

### Ευθύτητα

Επιτρέπονται μόνον μικροδιορθώσεις για την ευθυγράμμιση των συρμάτων ή των ράβδων στο εργοτάξιο, οι οποίες θα γίνονται εν ψυχρώ αλλά όχι σε θερμοκρασία μικρότερη των 5° C. Ράβδοι που έχουν υποστεί αναδίπλωση θα απορρίπτονται.

Τα σύρματα θα ομαδοποιούνται ανά τένοντα και θα απλώνονται σε επαρκώς λεία επιφάνεια πριν από την εισαγωγή τους στα περιβλήματα.

### Κατάσταση επιφανείας

Οι τένοντες και οι εσωτερικές και εξωτερικές επιφάνειες των περιβλημάτων θα είναι καθαρές και απαλλαγμένες από διάβρωση, χαλαρή σκουριά και χαλαρά προϊόντα απολέπισης κατά την ενσωμάτωσή τους στο έργο.

### Διαμόρφωση κεφαλών

Η διαμόρφωση κεφαλών στα σύρματα, όταν προβλέπεται, θα γίνεται εν ψυχρώ και συμμετρικά ως προς τον άξονα των συρμάτων χωρίς να δημιουργούνται κοιλώματα και εγκοπές στα σύρματα. Για την αγκύρωση των κεφαλών θα εφαρμόζονται τα καθοριζόμενα στα σχέδια λεπτομερειών της μελέτης.

### Προφυλάξεις κατά την μεταφορά και αποθήκευση

Ο χάλυβας προέντασης θα προφυλάσσεται από τραυματισμούς, σκωρίαση και εν γένει διάβρωση μέχρι την ενσωμάτωσή του στο έργο και την εφαρμογή της τσιμεντένεσης.

Η εμφάνιση σκουριάς που δεν απομακρύνεται με ένα στεγνό πανί, ή άλλων αποτελεσμάτων διάβρωσης, συνιστά λόγο απόρριψης της παρτίδας του χάλυβα από την Υπηρεσία.

Θα φέρεται συσκευασμένος σε εμπορευματοκιβώτια ή άλλες ανάλογες συσκευασίες μεταφοράς, για να προστατεύεται από τραυματισμούς και διάβρωση κατά την μεταφορά και αποθήκευσή του.

Οι συσκευασίες θα περιέχουν αντιδιαβρωτική ουσία (κατά της σκουριάς ή άλλων επιρρεϊών της διάβρωσης). Η Υπηρεσία μπορεί να εγκρίνει την εφαρμογή αντιδιαβρωτικής προστασίας κατ' ευθείαν επί του χάλυβα, μετά από πλήρως τεκμηριωμένη αίτηση του Αναδόχου. Σε κάθε περίπτωση, η αντιδιαβρωτική προστασία δεν θα πρέπει να επιρρεάζει την συνάφεια χάλυβα και σκυροδέματος.

Συσκευασίες που εβλάβησαν από οποιαδήποτε αιτία θα πρέπει να αντικαθίστανται ή να επιδιορθώνονται και να επαναφέρονται στην αρχική τους κατάσταση.

Τα στροφέα του χάλυβα προέντασης (κουλούρες) και όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα θα αποθηκεύονται πάνω από την στάθμη του εδάφους και θα προστατεύονται από τις καιρικές συνθήκες.

### Προφυλάξεις μετά την τοποθέτηση:

Μετά την τοποθέτηση του χάλυβα προέντασης στο δομικό στοιχείο δεν θα γίνονται ηλεκτροσυγκολλήσεις και δεν θα γειώνονται οι συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης στον σιδηροπλισμό ή στους τυχόν χρησιμοποιούμενους σιδηροτύπους.

Από την στιγμή της τοποθέτησης μέχρι την στιγμή της τάνυσης, θα λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή διεύθυνσης υγρασίας στο εσωτερικό των περιβλημάτων των τενόντων.

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009

© ΕΛΟΤ

Όλοι οι τανυθέντες οπλισμοί θα αποκόπτονται σύρριζα με την επιφάνεια του δομικού στοιχείου, χωρίς να αφήνουν προεξέχοντα τμήματα, και τα εκτιθέμενα άκρα του χάλυβα προέντασης, μαζί με μια επιφάνεια σκυροδέματος 2,5 cm γύρω από τον οπλισμό, θα καθαρίζονται επιμελώς με συρματοβουρτσα ή αμμοβολή και θα βάφονται με δύο στρώσεις αντισκωριακής βαφής ψευδαργυρικής βάσεως (zinc rust primer).

## 5.2 Αγκυρώσεις

Οι τένοντες, που τανύονται μετά την σκλήρυνση του σκυροδέματος, θα εξασφαλίζονται στα άκρα τους μέσω των διατάξεων μόνιμης αγκύρωσης που προβλέπονται από το εφαρμοζόμενο σύστημα προέντασης.

Οι αγκυρώσεις της προέντασης των εσωτερικών τενόντων θα τοποθετούνται σε εσοχές που θα τσιμεντενεθούν ή θα σκυροδετηθούν μετά την ολοκλήρωση της τάνυσης. Πριν από την σκυροδέτηση, όλες οι ακάλυπτες επιφάνειες της αγκύρωσης και των άκρων των τενόντων θα επαλειφθούν με εποξειδική συγκολλητική ουσία. Στις περιοχές που καταλήγουν ομάδες αγκυρώσεων σε πυκνή διάταξη, θα διαμορφώνεται εσοχή και θα τοποθετείται ο πρόσθετος σιδηροπλισμός, ο οποίος προβλέπεται στα σχέδια λεπτομερειών. Ο σιδηροπλισμός αυτός θα προεξέχει από την επιφάνεια του σκυροδέματος και θα κάμπτεται μετά την ολοκλήρωση της τάνυσης.

## 5.3 Περιβλήματα τενόντων

### Τοποθέτηση

Τα περιβλήματα των τενόντων θα στηρίζονται σε ράβδους χαλαρού οπλισμού διατομής τουλάχιστον  $\varnothing 12$  ανά αποστάσεις έως 1,00 m όταν ο χάλυβας τοποθετείται πριν από την σκυροδέτηση, ή 0,50 m όταν ο χάλυβας θα τοποθετηθεί μετά τη σκυροδέτηση, έτσι ώστε να διατηρούν τη χάραξή τους. Απαγορεύεται σε οποιοδήποτε εργαζόμενο να πατάει επάνω στους σωλήνες προέντασης για οποιοδήποτε λόγο.

Εκτός εάν δηλώνεται διαφορετικά στα κατασκευαστικά σχέδια, η ανοχή της χάραξης καθορίζεται στον κατακόρυφο άξονα ως εξής:

- για πάχος δομικού στοιχείου  $h \leq 200$  mm  
 $\Delta h = \pm 0.025 h$  για κάθε τένοντα
- για πάχος δομικού στοιχείου  $h > 200$  mm  
 $\Delta h = \pm 0.025 h \leq \pm 20$  mm για τη συνισταμένη των τενόντων  
 $\Delta h = \pm 0.040 h \leq \pm 30$  mm για μεμονωμένο τένοντα

Η ανοχή της χάραξης στους δύο άλλους άξονες δεν θα είναι μεγαλύτερη των  $\pm 20$  mm.

Μετά την τοποθέτηση και στερέωση των περιβλημάτων στους ξυλοτύπους, τα άκρα τους θα εμφράσσονται για να αποφευχθεί η είσοδος στους τένοντες νερού ή άλλων ουσιών. Όταν προβλέπεται η τοποθέτηση του χάλυβα προέντασης μετά την σκυροδέτηση, τα περιβλήματα θα καθαρίζονται με πεπιεσμένο αέρα αμέσως πριν την τοποθέτηση του χάλυβα προέντασης.

Στις περιπτώσεις προέντασης συνεχών φορέων τα περιβλήματα θα εφοδιάζονται με σωληνίσκους εξαερισμού στις θέσεις των ενδιαμέσων στηριγμάτων (υψηλά σημεία της χάραξης των τενόντων) ή/και σε πρόσθετα σημεία που τυχόν καθορίζονται στα σχέδια.

Οι σωλήνες εξαερισμού θα έχουν διάμετρο 1/2" κατ' ελάχιστο. Οι συνδέσεις προς τα περιβλήματα θα γίνουν με μεταλλικούς δομικούς συνδετήρες και θα παρέχουν την δυνατότητα να γίνει η τσιμεντένεση από τους σωλήνες εξαερισμού όπως και τη δυνατότητα να σφραγισθούν οι εξαεριστήρες. Τα προεξέχοντα άκρα των σωληνών εξαερισμού θα κοπούν μετά την ολοκλήρωση της τσιμεντένεσης.

### Ενώσεις

Οι ενώσεις των περιβλημάτων των τενόντων θα γίνονται μέσω συνδέσμων (μουφών), μήκους κατ' ελάχιστον 25cm, και θα σφραγίζονται με αυτοκόλλητη ταινία ώστε να διασφαλίζεται η στεγανότητα. Δεν επιτρέπεται η ένωση των περιβλημάτων μόνο με ταινία.

Στα άκρα των περιβλημάτων των τενόντων (θέσεις διατάξεων αγκύρωσης) καθώς και στα υψηλά σημεία τους (περίπτωση συνεχών φορέων) θα στερεωθούν σωληνίσκοι για την εκτέλεση της τσιμεντένευσης μετά την προένταση. Οι συνδέσεις σωληνίσκων περιβλήματος θα στεγανοποιούνται με αυτοκόλλητη ταινία για την αποφυγή έμφραξης κατά την σκυροδέτηση.

#### Ευθυγράμμιση

Στις περιπτώσεις τμηματικής σκυροδέτησης των στοιχείων (π.χ. κατά την προβολοδόμηση φορέων γεφυρών), θα λαμβάνονται μέτρα για την διασφάλιση της ευθυγράμμισης των περιβλημάτων, την ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων των άκρων και την αποφυγή διείσδυσης αριανιού. Για τον σκοπό αυτό θα εφαρμόζονται εντός του περιβλήματος πλαστικοί σωλήνες κατάλληλης διατομής (ελαχιστοποίηση διακένου μεταξύ πλαστικού σωλήνα και περιβλήματος), οι οποίοι θα εισχωρούν τουλάχιστον 60 cm. Οι πλαστικοί σωλήνες θα ανασύρονται μετά την σκυροδέτηση.

### **5.4 Εφαρμογή της προέντασης**

#### Γενικά

Το υλικό των προβλεπομένων να προενταθούν συγχρόνως τενόντων (σύρματα, συρματόσχοινα ή ράβδοι) θα λαμβάνεται, κατά το δυνατόν, από την ίδια συσκευασία.

Τα συρματόσχοινα και τα σύρματα δεν επιτρέπεται να σχηματίζουν γωνίες (γόνατα) και να εμφανίζουν συστροφή. Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση συρματόσχοινων με ξετυλιγμένα σύρματα και για τον λόγο αυτό τα άκρα των καλωδίων μετά την κοπή τους θα πρέπει να ματίζονται με σύρμα πρόσδεσης.

Οι τένοντες μπορούν να επαλείφονται ή να ψεκάζονται με υδατοδιαλυτό έλαιο για την διευκόλυνση της τοποθέτησής τους στα περιβλήματα.

#### Συσκευές τάνυσης (γρύλλοι)

Οι υδραυλικοί γρύλλοι που θα χρησιμοποιηθούν για την τάνυση θα φέρουν υποχρεωτικά μανόμετρο με ευδιάκριτο δίσκο αναγνώσεως που θα συνοδεύεται από πιστοποιητικό βαθμονόμησης αναγνωρισμένου εργαστηρίου και θα έχουν δυνατότητα μέτρησης της επιμήκυνσης. Η ακριβεία τους θα πρέπει κατ' ελάχιστον ίση προς το 5% της δύναμης προέντασης.

Η επιμήκυνση του τένοντα θα μετράται με ακρίβεια 2% ή 1 mm με κατάλληλα μέσα, για τον συγκεκριμένο τύπο γρύλλου. Εάν ο γρύλλος διαθέτει και δυναμόμετρο, το όργανο αυτό θα πρέπει επίσης να συνοδεύεται από πιστοποιητικό βαθμονόμησης. Επισημαίνεται εν προκειμένω ότι μετρήσεις μεγέθους μικρότερου του 10% της κλίμακας του δυναμομέτρου δεν θα λαμβάνονται υπόψη.

Οι υδραυλικοί γρύλλοι θα ελέγχονται και θα βαθμονομούνται ανά εξάμηνο τουλάχιστον. Τα μανόμετρα της αντλίας θα ελέγχονται μετά από 100 τανύσεις ή έξι μήνες ανάλογα πιο από τα δύο συμβεί πρώτο (ανανέωση πιστοποιητικού). Σε περίπτωση βλάβης, μετά την αποκατάστασή της, απαιτείται επαναβαθμονόμηση των συσκευών.

#### Διαδικασία τάνυσης

Η τάνυση θα γίνεται υπό την παρουσία Μηχανικού του Αναδόχου. Θα τηρείται πρωτόκολλο προέντασης για τον κάθε τένοντα και για την κάθε φάση της προέντασης, στο οποίο θα αναγράφονται: η θέση του τένοντα, η ημερομηνία και ο χρόνος προέντασης, ο αριθμός της πρέσσας, τα τυχόν προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν κατά την διάρκεια της προέντασης και οι ενδείξεις των πιέσεων ή/και των δυνάμεων (όταν υπάρχει δυναμόμετρο) σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες μετρούμενες επιμηκύνσεις. Τα πρωτόκολλα προέντασης θα υπογράφονται από τον υπεύθυνο Μηχανικό του Αναδόχου και τον εκπρόσωπο της Υπηρεσίας.

Επί τόπου του έργου θα υπάρχουν διαθέσιμα λεπτομερή στοιχεία για τα προβλεπόμενα φορτία των τενόντων και τις αναλογούσες επιμηκύνσεις.

Προϋπόθεση για την εφαρμογή της προέντασης είναι η διαπίστωση της προβλεπομένης από την μελέτη αντοχής του σκυροδέματος με την θραύση τριών τουλάχιστον δοκιμίων. Απαιτείται η λήψη αρκετών δοκιμίων κατά την σκυροδέτηση προκειμένου να παρακολουθείται η εξέλιξη της αντοχής (π.χ. 2, 3, 7, 12, 14 ημερών).

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009

© ΕΛΟΤ

Τα δοκίμια θα προετοιμάζονται σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στον Κ.Τ.Σ., αλλά θα συντηρούνται υπό συνθήκες ανάλογες με το δομικό στοιχείο με το οποίο σχετίζονται.

Πριν αρχίσει η τάνυση, θα εξακριβώνεται εάν οι τένοντες μπορούν να κινηθούν ελεύθερα μέσα στα περιβλήματα. Η τάνυση θα είναι σύγχρονη για όλα τα σύρματα ή συρματόσχοινα του τένοντος και θα προχωρά σταδιακά και με σταθερό ρυθμό, μέχρι την ανάπτυξη της προβλεπόμενης στο πρόγραμμα προέντασης δύναμης. Κατά τακτά χρονικά διαστήματα θα γίνεται μέτρηση και καταγραφή της μήκυνσης του τένοντα και της αντίστοιχης ένδειξης του μανομέτρου.

Η τάνυση θεωρείται επιτυχής εφόσον η απόκλιση μεταξύ των θεωρητικών προβλέψεων και της εφαρμογής (δύναμη, επιμήκυνση) δεν υπερβαίνει

- το  $\pm 5\%$  της θεωρητικής δύναμης ή επιμήκυνσης για το σύνολο των τενόντων μιας διατομής
- το  $\pm 10\%$  της θεωρητικής δύναμης ή επιμήκυνσης για τον μεμονωμένο τένοντα.

Εάν οι αποκλίσεις είναι μεγαλύτερες των παραπάνω ορίων ενημερώνεται η Επίβλεψη και ο Μελετητής, ελέγχεται η πηγή του σφάλματος, οι επιπτώσεις του επί της μελέτης και οι δυνατότητες αντιμετώπισής του, μη αποκλεισμένης και της χαλάρωσης / επανατάνυσης του τένοντα (χωρίς όμως να αποτελεί την πρώτη ενέργεια, λόγω του κινδύνου πρόσθετης καταπόνησης των συρματόσχοινων).

Η επιμήκυνση ελέγχεται μετά από ένα συγκεκριμένο επίπεδο φόρτισης και όχι από μηδενική βάση και επανελέγχεται μετά από 24 ώρες από την τάνυση, ώστε να διαπιστωθεί τυχόν λανθάνουσα ολίσθηση.

Σε περίπτωση που για διάφορους λόγους (αστοχία, ατύχημα, αποκλίσεις από τις θεωρητικές επιμήκυνσεις) απαιτηθεί αποτάνυση – χαλάρωση του τένοντα, θα πρέπει ο Ανάδοχος να υποβάλει μεθοδολογία αποτάνυσης, η οποία εγκρίνεται από την Υπηρεσία προκειμένου να συνεχισθούν οι εργασίες· εάν απαιτηθεί ζητείται και η γνώμη του Μελετητή.

Η μέγιστη προσωρινή εφελκυστική τάση (τάση στην πρέσσα) του χάλυβα προέντασης δεν θα ξεπερνά το 80% της ελάχιστης αντοχής θραύσης ( $f_{pk}$ ) ή το 90% του συμβατικού ορίου διαρροής ( $f_{p01,k}$ ). Η αντίστοιχη τάση μετά την αγκύρωση δεν θα ξεπερνά το 75% της ελάχιστης αντοχής θραύσης ( $f_{pk}$ ) ή το 85% του συμβατικού ορίου διαρροής ( $f_{p01,k}$ ).

Τυχόν πλεονάζον μήκος τένοντα μετά την επιβολή της προέντασης θα κόβεται μόνον μετά από την ολοκλήρωση των διαδικασιών παραλαβής από την Επίβλεψη.

Η αποκοπή του πλεονάζοντος μήκους θα γίνεται μόνο με τροχό κοπής και σε απόσταση 12 έως 20 mm από την αγκύρωση. Κοπή με μέσα που προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του χάλυβα προέντασης απαγορεύεται. Εάν υπάρχει λόγος να αφεθούν τα συρματόσχοινα με μήκος >20 mm, θα κόβονται με τροχό κοπής, στο προεξέχον δε τμήμα θα τοποθετούνται ειδικά καπάκια προστασίας.

#### Προεντεταμένη κλίνη

Η εφελκυστική δύναμη θα διατηρείται αμετάβλητη κατά την περίοδο μεταξύ της τάνυσης και της μεταβίβασης των τάσεων, η οποία θα προχωρά με αργό ρυθμό για να ελαχιστοποιηθούν οι κραδασμοί.

- α) Ευθύγραμμοι τένοντες: Για προένταση με την μέθοδο της μακράς γραμμής, θα διαταχθεί επαρκής αριθμός πλακών στήριξης κατά μήκος της κλίνης ώστε να διασφαλίζεται το αμετάβλητο της χάραξης των τενόντων κατά την σκυροδέτηση.

Οι σιδηρότυποι θα διαθέτουν επαρκή ακαμψία και θα παραλαμβάνουν την δύναμη προέντασης χωρίς την ανάπτυξη παραμορφώσεων.

- β) Τεθλασμένοι τένοντες: Οι διατάξεις συγκράτησης των τενόντων στην προβλεπόμενη θέση θα εξασφαλίζουν ελευθερία κινήσεων για την αποφυγή απωλειών λόγω τριβής. Εάν χρησιμοποιηθεί σύστημα που οδηγεί στην ανάπτυξη τριβών, η εφαρμοζόμενη δύναμη προέντασης θα προσαρμοσθεί ανάλογα με δοκιμές ή μετρήσεις και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστού του συστήματος.

Οι εκτροπείς που εφάπτονται των τενόντων θα έχουν ακτίνα τουλάχιστον 5D (D = διάμετρος του τένοντα) στην περίπτωση τένοντος από σύρματα και 10D στην περίπτωση τενόντων από συρματοσχοίνα. Η συνολική γωνία εκτροπής δεν θα υπερβαίνει τις 15°.

Η μεταβίβαση της δύναμης προέντασης στο σκυρόδεμα θα πραγματοποιείται σε συνδυασμό με την απελευθέρωση των δυνάμεων συγκράτησης του τένοντα προς τα κάτω ή προς τα πάνω.

#### Εξωτερική προένταση

Οι ακόλουθες ειδικές απαιτήσεις αφορούν την εξωτερική προένταση και έχουν χαρακτήρα συμπληρωματικό ως προς τις παραπάνω γενικές απαιτήσεις για τα υλικά και την τσιμεντένεση.

- α) Η διάταξη των σωλήνων εκτροπής και των σαγμάτων θα γίνεται σύμφωνα με την προβλεπόμενη από την μελέτη χάραξη, με ανοχές που δεν θα υπερβαίνουν τα  $\pm 3$  mm. Οι χαλύβδινοι σωλήνες εκτροπής θα απέχουν τουλάχιστον 75 mm από την επιφάνεια του σκυροδέματος και θα διαμορφώνονται ομαλά εν θερμώ (π.χ. με οξυγόνο) για την αποφυγή της τοπικής συγκέντρωσης τάσεων έδρασης στην είσοδο και την έξοδο από σώμα εκτροπής.
- β) Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην ένωση τμημάτων του σωλήνα για να εξασφαλισθεί η πλήρης αεροστεγανότητά τους. Οι σωλήνες δεν θα ενώνονται σε σημεία μεγάλων τάσεων έδρασης.

#### Τσιμεντένεσεις

Έχουν εφαρμογή τα πρότυπα που αναφέρονται στα ενέματα προεντεταμένων τενόντων: ΕΛΟΤ EN 445 E2, ΕΛΟΤ EN 446 E2 και ΕΛΟΤ EN 447 E2. Ιδιαίτερως επισημαίνονται τα ακόλουθα:

Θα εκπονείται μελέτη σύνθεσης του ενέματος στην οποία θα καθορίζονται: η ποσότητα του τσιμέντου κατά βάρος ανά παρτίδα παραγωγής (χαρμάνι), η ποσότητα του νερού (η αναλογία του εν γένει δεν πρέπει να υπερβαίνει το 44% κατά βάρος του τσιμέντου), η κατά βάρος αναλογία των πρόσθετων (λαμβανομένων υπόψη των οδηγίων και των ορίων αναλογιών που συνιστά ο προμηθευτής τους), η σειρά προσθήκης των υλικών στον αναμικτήρα, ο τύπος του αναμικτήρα και ο χρόνος ανάμιξης.

Το ενσακκισμένο τσιμέντο θα φυλάσσεται μέχρι την ενσωμάτωσή του σε κλειστό και ξηρό χώρο και δεν θα έρχεται σε επαφή με το έδαφος.

Γενικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό πόσιμο ή προερχόμενο από πηγές ή ποτάμια καθαρό χωρίς ορατές προσμίξεις. Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται νερό που πιθανώς περιέχει χημικά που μπορεί να προσβάλουν τον χάλυβα προέντασης ή έχει προσμίξεις ικανές να μεταβάλουν την σύνθεση του ενέματος.

Το τσιμέντο των ενεμάτων θα είναι τύπου CEM I, και θα παραδίδεται ενσακκισμένο. Όταν το τσιμέντο δεν παραδίδεται σε σάκους θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη διαδικασία ζύγισης ώστε να διασφαλίζεται η προβλεπόμενη αναλογία του μίγματος.

Θα διατίθεται υποχρεωτικά και ο κώνος για την μέτρηση της ρευστότητας του ενέματος, σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 445 E2. Η ρευστότητα πρέπει να διατηρείται στα όρια 10~25 sec. Οι σχετικές διαδικασίες (ανάμιξης και ελέγχων) θα γίνονται μόνον από έμπειρο προσωπικό.

Η ανάμιξη του ενέματος θα γίνεται σε αναμικτήρα μέχρις ότου το μίγμα γίνει ομοιογενές και χωρίς συσσωματώσεις και αποκτήσει ρευστότητα (σύμφωνα με τα οριζόμενα στην μελέτη). Το παραγόμενο μίγμα θα διέρχεται σε ποσοστό 100 % από κόσκινο βροχίδας 2,0 mm.

Στο εργοτάξιο θα υπάρχει βοηθητικός εξοπλισμός για τις ακριβείς μετρήσεις των ποσοτήτων των αναλογιών των υγρών και στερεών συστατικών του μίγματος.

Πριν από την εφαρμογή του ενέματος θα ελέγχεται το εσωτερικό των σωληνώσεων με πεπιεσμένο αέρα για την διαπίστωση τυχόν εμφράξεων.

Εάν κατά την εφαρμογή του ενέματος παρατηρηθεί έμφραξη, θα επιχειρείται εξώθησή του από τα κατάντη με χρήση πεπιεσμένου αέρα. Μόνον εάν η εφαρμογή πεπιεσμένου αέρα αποδειχθεί ως μη αποτελεσματική θα

ΕΛΟΤ ΤΠ 1501-01-02-02-00:2009

© ΕΛΟΤ

εισπίζεται – πάντοτε από τα κατάντη – νερό υπό πίεση. Συνιστάται η αντλία νερού να εξασφαλίζει πίεση τουλάχιστον 1,2 MPa (12,0 atm).

Στον αναμικτήρα θα προστίθεται πρώτα το νερό και θα ακολουθούν τα υπόλοιπα υλικά (τσιμέντο – πρόσθετα) σύμφωνα με την μελέτη συνθέσεως που έγινε αποδεκτή από την Υπηρεσία.

Οι τσιμεντενέσεις θα εκτελούνται εντός 30 min από την ενσωμάτωση των προσθέτων, το δε τσιμεντένεμα θα αναδεύεται συνεχώς καθ' όλην την διάρκεια των εργασιών. Θα χρησιμοποιείται αντλητικό σύστημα θετικής μετατόπισης, ικανό να δημιουργήσει πίεση εξόδου τουλάχιστον ίση με 1 MPa. Μεταξύ εξόδου της αντλίας και εισόδου του περιβλήματος του τένοντα, θα προσαρμόζεται μετρητής πίεσης με κλίμακα αναγνώσεων μέχρι 2 MPa.

Πριν την εισαγωγή στο αντλητικό σύστημα, η τσιμεντοκονία θα διέρχεται από φίλτρο συγκράτησης κόκκων μεγέθους άνω των 2,0 mm.

Η τροφοδοσία της αντλίας με τσιμεντοκονία θα γίνεται μέσω χοάνης, η οποία θα διατηρείται γεμισμένη μέχρι την μέση για την αποφυγή εισχώρησης φυσαλίδων αέρα στο εσωτερικό του περιβλήματος του τένοντα.

Κατά την ανάμιξη ή την εισπίεση, η θερμοκρασία της τσιμεντοκονίας θα διατηρείται μεταξύ 10° και 25°C, σε καμία δε περίπτωση δεν θα υπερβαίνει, έστω παροδικά τους 35°C.

Επί τρεις μέρες από την εφαρμογή της τσιμεντένεσης, ή μέχρις ότου το κονίαμα αποκτήσει παράγοντα ωριμότητας 1000°C·h, η θερμοκρασία του οποιουδήποτε τμήματος του μέλους του προεντεταμένου φορέα σκυροδέματος δεν πρέπει να κατέβει κάτω από 5°C. Ως παράγων ωριμότητας ορίζεται το το εμβαδόν που προκύπτει από διάγραμμα θερμοκρασία - χρόνος, για θερμοκρασίες άνω των -10°C.

Οι εργασίες δεν θα εκτελούνται υπό υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος για την αποφυγή της ταχείας πήξης του κονιάματος που μπορεί να οδηγήσει σε έμφραξη των διακένων και διακοπή της ροής. Ανάλογα φαινόμενα μπορεί να παρατηρηθούν και υπό εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες (παγοπληξία ενέματος), οπότε και στην περίπτωση αυτή δεν θα εκτελούνται εργασίες.

Εάν πρικήψει ανάγκη εκτέλεσης των εργασιών υπό ακραίες θερμοκρασίες πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προστασίας της εγκρίσεως της Υπηρεσίας.

Πριν από έναρξη της τσιμεντένεσης του τένοντα θα ανοίγονται όλες οι οπές αερισμού στις αγκυρώσεις και στα υψηλά σημεία.

Για να ελαχιστοποιηθεί η εξίδρωση του ενέματος η πίεση ενεμάτωσης θα πρέπει να διατηρείται σε περί τα 0,5 MPa και δεν θα υπερβαίνει ποτέ τα 1,0 MPa. Αν, λόγω μειωμένης ρευστότητας της τσιμεντοκονίας, απαιτείται συνεχώς η διατήρηση της πίεσης της αντλίας σε τιμές άνω του 1,0 MPa η τσιμεντοκονία θεωρείται ακατάλληλη και θα απορρίπτεται, οι δε εργασίες θα συνεχίζονται με νέα παρτίδα υλικού.

Αν κατά την διάρκεια των τσιμεντενέσεων, η πίεση υπερβεί την ως άνω συνιστώμενη, η εργασία μπορεί να συνεχιστεί από κάποια άλλη οπή του περιβλήματος. Αν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, στις οπές θα εγκατασταθούν βαλβίδες σφραγίσματος. Στις περιπτώσεις που δεν μπορεί να διατηρηθεί ροή της τσιμεντοκονίας προς μία κατεύθυνση θα γίνεται πλήρης απόπλυση με νερό.

Η τσιμεντένεση θα συνεχίζεται μέχρι να παύσουν να εμφανίζονται ριπές νερού ή αέρα στις εξόδους και μέχρις ότου η υφή του εξερχόμενου ενέματος να είναι ίδια με την υφή του εισερχόμενου. Στη συνέχεια θα σφραγίζονται όλα τα εξαεριστικά εκτός από τη βαλβίδα εισαγωγής του ενέματος και θα διατηρείται πίεση ενέματος ίση με 0,5 MPa για διάρκεια 1 min προκειμένου να εξασφαλιστεί η πλήρωση του τένοντα με ένεμα και να εντοπισθούν τυχόν διαρροές. Στη συνέχεια θα σφραγίζεται και η οπή εισαγωγής του ενέματος, η δε πίεση στην σωλήνωση της αντλίας θα εκτονώνεται μέσω των ειδικών προς τούτο βαλβίδων του μηχανήματος.

Πριν από την έναρξη εκτέλεσης των εργασιών ο Ανάδοχος θα πραγματοποιήσει δοκιμές τσιμεντένεσης σε τμήμα τένοντα και περιβλήματος μήκους τουλάχιστον 10 m. Η δοκιμή θα γίνει υπό συνθήκες αντίστοιχες εκείνων υπό τις οποίες θα γίνει η τσιμεντένεση των τεσσάρων του φορέα.



Όταν το τσιμεντένεμα θα έχει σκληρυνθεί, ο τένοντας θα κοπεί καθαρά σε 5 τουλάχιστον σημεία και θα εξετασθεί η έκταση τυχόν κενών.

Η αντοχή σε θλίψη κυβικών δοκιμίων 100 mm κατασκευασμένων από το τσιμεντένεμα θα υπερβαίνει τα 17 N/mm<sup>2</sup> εντός 7 ημερών. Τα δοκίμια θα συντηρηθούν σε υγρό ατμοσφαιρικό περιβάλλον κατά το πρώτο εικοσιτετράωρο και ακολούθως μέσα σε νερό.

Η τσιμεντένεση θα γίνεται πάντα από το χαμηλότερο σημείο του τένοντα προς το υψηλότερο για την αποφυγή του σχηματισμού θυλάκων εγκλωβισμένου αέρα, και δεν θα διακόπτεται πλήρως για κανένα λόγο πριν από την ολοκλήρωσή της.

#### Αποκαταστάσεις επιφανειών σκυροδέματος και καθαρισμός

Μετά το πέρας των τσιμεντενέσεων και την πήξη της τσιμεντοκονίας, θα αποκόπτονται όλοι οι σωλήνες αερισμού, θα καθαρίζονται οι εσοχές των αγκυρώσεων με συρματόβουρτσά ή αμμοβολή και θα γίνεται επάλειψη εποξειδικής ρητίνης δύο συστατικών στις εκτεθειμένες επιφάνειες των αγκυρώσεων και του οπλισμού προέντασης, καθώς και πέριξ αυτών στις επιφάνειες σκυροδέματος.

Στα σημεία των αποτιμήσεων και στις εσοχές των αγκυρώσεων στο μέτωπο του φορέα θα διαστρώνεται τσιμεντοκονίαμα πριν από την πήξη της εποξειδικής συγκολλητικής ουσίας. Σε αντίστοιχες θέσεις στην επιφάνεια του φορέα αντί τσιμεντοκονιάματος θα διαστρώνεται σκυρόδεμα της αυτής κατηγορίας με το υπόλοιπο σκυρόδεμα του φορέα, με ιδιαίτερη επιμέλεια ώστε να ευθυγραμμισθεί απόλυτα με την επιφάνεια του φορέα.

### **5.5 Τροποποίηση συστήματος προέντασης από τον Ανάδοχο**

Ο Ανάδοχος δικαιούται να εφαρμόσει, κατόπιν σχετικής εγκρίσεως της Διευθύνουσας το Έργο Υπηρεσίας, εναλλακτικό σύστημα προέντασης, ισοδύναμο με αυτό που προβλέπεται στην εγκεκριμένη μελέτη, υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

- α) Θα καλύπτονται στο σύνολό τους οι απαιτήσεις της παρούσας Προδιαγραφής.
- β) Η καθαρή συνολική δύναμη προέντασης, μετά την αφαίρεση των απωλειών, δεν θα είναι μικρότερη αυτής του συμβατικού συστήματος.
- γ) Η αντοχή θραύσης των τενόντων δεν θα είναι μικρότερη από αυτή του συμβατικού συστήματος.
- δ) Η χάραξη των τενόντων θα συμφωνεί γενικά με εκείνη των σχεδίων της μελέτης.
- ε) Οι τάσεις του σκυροδέματος σε όλες τις διατομές και σε όλα τα στάδια της κατασκευής, δεν θα υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες τάσεις των προδιαγραφών.
- στ) Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει στην Υπηρεσία προς έλεγχο, σχέδια λεπτομερειών και υπολογισμούς των προσωρινών και μονίμων απωλειών που προκύπτουν από το προτεινόμενο σύστημα προέντασης.

Νοείται ότι με την αποδοχή εκ μέρους της Υπηρεσίας του εναλλακτικού συστήματος προέντασης, ο Ανάδοχος διατηρεί στο ακέραιο τις συμβατικές υποχρεώσεις του για την τήρηση του χρονοδιαγράμματος του έργου.

### **5.6 Κριτήρια αποδοχής εργασιών**

Επισημαίνεται η απαίτηση των παραγράφων 10.4 και 10.5 του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97), σε ότι αφορά τον έλεγχο προόδου σκλήρυνσης με δοκίμια. Τούτο θα γίνεται σε ηλικίες σκυροδέματος που αντιστοιχούν στις ακόλουθες ιδιαίτερα σημαντικές φάσεις της κατασκευής: αφαίρεση ξυλοτύπων, επιβολή μέρους της προέντασης, επιβολή του συνόλου της προέντασης, φόρτιση.

Εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις στις απαιτήσεις της παρούσας Προδιαγραφής, η Υπηρεσία μπορεί να αποδεχθεί την κατάσκευή υπό όρους ή να δώσει εντολή καθαίρεσης και επανακατασκευής των μη συμμορφωμένων στοιχείων. Οι σχετικές επιβαρύνσεις και καθυστερήσεις βαρύνουν αποκλειστικά τον Ανάδοχο.

## 6 Οροι και απαιτήσεις προστασίας εργαζομένων

### 6.1 Ανάλυση επικινδυνότητας

Για κάθε μία από τις διαδοχικές εργασίες προετοιμασίας και εκτέλεσης της προεντάσεως, ήτοι τοποθέτηση περιβλήματος και τενόντων, τάνυση και τσιμεντένεση, αναλόγως των συνθηκών του εργοταξίου, του συστήματος προεντάσεως που θα εφαρμοσθεί και του συγκεκριμένου εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί (γερανών, συσκευών και εξαρτημάτων αναρτήσεως και ανυψώσεως, γρύλλων, αντλιών, συσκευών τανύσεως, οργάνων παρακολουθήσεως, μηχανών ηλεκτροπαραγωγής, συσκευών προετοιμασίας ενέματος και τσιμεντένεσης κλπ.) θα εκτελεσθεί από τον ανάδοχο, πριν από την έναρξη οποιασδήποτε εργασίας, εκτίμηση, προσδιορισμός και καταγραφή των ενδεχομένων κινδύνων, που καθεμιά τους συνεπάγεται.

Με βάση την ως άνω ανάλυση επικινδυνότητας ο ανάδοχος θα προτείνει μέτρα αντιμετώπισης και θα έχει την ευθύνη για την εφαρμογή τους, καθώς και για την εξασφάλιση και διάθεση του αναγκαίου πάσης φύσεως εξοπλισμού και μέσων, και την ενημέρωση – εκπαίδευση του προσωπικού που θα χρησιμοποιήσει.

Οι κίνδυνοι που προέρχονται από τη διαχείριση, τη διαμόρφωση και τη χρήση των ικριωμάτων, των ξυλοτύπων, του χαλαρού χάλυβα, του σκυροδέματος κλπ. και τη χρήση των μεταφορικών μέσων, αλλά επίσης τον θόρυβο, την θερμοπληξία και τις λοιπές συνθήκες περιβάλλοντος, τις πτώσεις κλπ. θα αντιμετωπισθούν κατά τα προβλεπόμενα στην αντίστοιχη Προδιαγραφή, τη γενική Μελέτη Μέτρων Υγιεινής και Ασφαλείας (Ν 1396/83, άρθρο 6) ή το Πρόγραμμα Ασφαλείας και την υφισταμένη Νομοθεσία.

Η ανάλυση επικινδυνότητας καθώς και οι προτεινόμενες από τον ανάδοχο διαδικασίες και τα μέσα αποφυγής τους, θα τεθούν υπ' όψη της Επίβλεψης, για να εγκριθούν ή να συμπληρωθούν πριν από την έναρξη των εργασιών προέντασης.

### 6.2 Μέτρα αντιμετώπισης κινδύνων

Τα παρακάτω αναφερόμενα μέτρα αντιμετώπισης κινδύνων είναι ενδεικτικά, υπομνηστικά και τα κατ' ελάχιστον απαιτούμενα, και δεν εξαντλούν τις υποχρεώσεις του αναδόχου, δεδομένου ότι αυτές προσδιορίζονται από τις κείμενες διατάξεις της Νομοθεσίας και προσεγγίζονται από την ως άνω ανάλυση επικινδυνότητας και τις προτάσεις του για την αντιμετώπιση, όπως θα εγκριθούν από τον Κύριο του Έργου και την Επίβλεψη.

#### Μέσα Ατομικής Προστασίας

- ο κράνος για την ασφάλεια από πτώσεις αντικειμένων και πάσης μορφής κρούσεις
- ο γυαλιά ασφαλείας κατά την κοπή θυσάνων καλωδίων
- ο γάντια
- ο παπούτσια ασφαλείας για προστασία από πτώσεις βαρειών αντικειμένων, καρφιά ή αιχμηρά αντικείμενα και εργαλεία κλπ.
- ο αδιάβροχη στολή με κάλυμμα κεφαλής για προστασία από δυσμενείς καιρικές συνθήκες

#### Εξοπλισμός

- ο Ηλεκτρική εγκατάσταση κατά τον κανονισμό της ΔΕΗ και επεμβάσεις – συντήρηση μόνο από ειδικευμένα, εξουσιοδοτημένα, αρμόδια πρόσωπα
- ο Υδραυλικός εξοπλισμός (γρύλλοι, αντλίες, μηχανές τανύσεως ή ενέσεως), θα χρησιμοποιούνται και συντηρούνται κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή
- ο Αγωγοί λειτουργούντες υπό πίεση, ως εξαρτήματα του μηχανολογικού εξοπλισμού, θα ελέγχονται οπτικά για βλάβες ή διαρροές
- ο Όλες οι μηχανές, τα εργαλεία, τα εξαρτήματα, τα όργανα κλπ. που χρησιμοποιούνται θα συντηρούνται συνεχώς και θα ελέγχονται προ της χρήσεως

#### Διαδικασίες – ενέργειες



- ο Οι εργαζόμενοι σε χειρωνακτικές εργασίες και άρση φορτίων, πρέπει να γνωρίζουν την τεχνική χρησιμοποιήσεως του σώματος, για την αποφυγή βλαβών της σπονδυλικής στήλης
- ο Μια «ζώνη κινδύνου» πρέπει να εξασφαλισθεί και να σημανθεί με κόκκινη ταινία, μέσα στην οποία δεν επιτρέπεται η κίνηση ή στάση του προσωπικού, πέραν του απολύτως αναγκαίου
- ο Αφυψούμενα και μετακινούμενα φορτία δεν πρέπει να διέρχονται πάνω από τους χώρους και τις επιφάνειες εργασίας
- ο Στις εργασίες που συνεπάγονται δονήσεις και θόρυβο θα εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα από τις κείμενες διατάξεις (αποσβεστήρες, ωτασπίδες κλπ.)
- ο Κατά την εφαρμογή του προγράμματος τανύσεως πρέπει να παρακολουθείται η σχέση φορτίου – μηκύνσεως και να συγκρίνεται προς την χορηγούμενη από τους πίνακες του κατασκευαστή του γρύλλου
- ο Κατά τον άξονα του τανυομένου τένοντα και μέχρις αποστάσεως 100m δεν επιτρέπεται σε κανένα να στέκεται ή να διέρχεται, για τον φόβο θραύσεως του τένοντα. Αν η πορεία των λοιπών εργασιών το καθιστά αυτό ανέφικτο, πρέπει στα όρια της περιοχής εργασιών προεντάσεως να κατασκευάζεται ανθεκτικό, προστατευτικό εμπόδιο.
- ο Δεν επιτρέπεται η στάση η διέλευση προσωπικού μπροστά ή πίσω από τον γρύλλο τανύσεως, πριν από την αγκύρωση των τενόντων
- ο Προσοχή στις θέσεις στάσεως του προσωπικού απαιτείται και κατά την κοπή των τενόντων και κατά τον χειρισμό ή την συντήρηση ή την επισκευή του δίσκου κοπής
- ο Επιμελής έλεγχος όλων των σωλήνων και των συνδέσεων που θα βρεθούν υπό πίεσιν
- ο Κατά την παρασκευή του ενέματος, πρέπει να προστατεύονται τα μάτια και τα χέρια
- ο Κατά την χειρωνακτική μεταφορά σάκκων τσιμέντου και την εκκένωσή τους στον αναμικτήρα, πρέπει να προστατεύεται το αναπνευστικό σύστημα με κατάλληλη μάσκα.

## 7 Τρόπος επιμέτρησης εργασιών (όπου απαιτείται)

Επιμετρείται σε kg μόνον το βάρος του σκληρού χάλυβα προέντασης βάσει της χάραξης της καλωδίωσης που προβλέπεται στη μελέτη, (περιλαμβανομένου του μήκους της κεφαλής αγκύρωσης, και του προσθέτου μήκους που είναι αναγκαίο για την τάνυση του καλωδίου), και του ονομαστικού βάρους των τενόντων, ταξινομημένων ανά κατηγορία αντοχής. Στις επιμετρούμενες μονάδες, πέραν της προμήθειας, μεταφοράς επί τόπου, διαμόρφωσης, τοποθέτησης και τάνυσης του οπλισμού, περιλαμβάνονται (ενδεικτικά αλλ' όχι περιοριστικά) ανηγμένα τα ακόλουθα:

- Η ανάρτηση των τενόντων και η τοποθέτησή τους στην τελική θέση που προβλέπεται από τη μελέτη.
- Τα στοιχεία αγκύρωσης
- Η χρήση του εξοπλισμού προέντασης
- Η προμήθεια και τοποθέτηση αρμοκλειδών ή άλλου είδους εγκεκριμένων στοιχείων ενώσεων (εκτός αν στα συμβατικά τεύχη του έργου προβλέπεται ιδιαίτερη επιμέτρηση των στοιχείων ενώσεων).
- Οι πλάγιες μεταφορές και η διακίνηση του οπλισμού σε οποιοδήποτε ύψος από το δάπεδο εργασίας.
- Η τοποθέτηση υποστηρίγματα (καβίλιες, αναβολείς) και ειδικών τεμαχίων ανάρτησης, που τυχόν θα απαιτηθούν (εργασία και υλικά).
- Η απομείωση και φθορά του οπλισμού κατά την κοπή και κατεργασία και οι σταλίες του εξοπλισμού.
- Η πραγματοποίηση όλων των απαιτούμενων δοκιμών, ελέγχων κλπ για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση της εργασίας η εξασφάλιση και η κατανάλωση της ενέργειας, σύμφωνα με την παρούσα Προδιαγραφή, καθώς και των τυχόν διορθωτικών μέτρων (εργασία και υλικά) εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις κατά τις δοκιμές και τους ελέγχους.

## Βιβλιογραφία

- ΚΤΣ** Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97), όπως ισχύει μετά την αναθεώρηση του 2002 (ΦΕΚ/315/Β/17.4.97 και ΦΕΚ/537/Β/1.5.02)
- ΕΚΩΣ 2000** Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (2000)
- DIN 1045-2** *Concrete, reinforced and prestressed concrete structures - Part 2: Specification, properties, production and conformity of concrete (Application document for use with DIN EN 206-1) -- Αοπλο, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα. Μέρος 2: Προδιαγραφή, ιδιότητες, παραγωγή και συμμόρφωση του σκυροδέματος (Γερμανικό κείμενο προσαρμογής προς το EN 206-1)*
- DIN 1045-3** *Concrete, reinforced and prestressed concrete structures - Part 3: Execution of structures -- Αοπλο, οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα. Μέρος 3: Κατασκευές*