

## Πρόσμικτα και βελτιωτικά

### Admixtures



Μπαδογιάννης Ε. - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: Συστατικά

196

## ΔΟΜΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ

- ▶ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΟΡΙΣΜΟΙ
- ▶ ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ- ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ & ΕΛΕΓΧΟΣ)
- ▶ ΕΙΔΗ ΠΡΟΣΜΙΚΤΩΝ (αναλυτικά – έμφαση στα ευρέως χρησιμοποιούμενα)
- ▶ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ
  - ΔΡΑΣΕΙΣ – ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΕΣ/ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ
  - ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

19  
7

197

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Εισαγωγικά στοιχεία

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ:

- χαρακτηρίζεται το σκυρόδεμα που μόλις έχει παρασκευαστεί, περιέχοντας όλα τα συστατικά του.
- παραμένει σε ρευστή - πλαστική κατάσταση και δύναται να συμπυκνωθεί - μορφοποιηθεί σε καλούπια, διατηρώντας την ομοιογένεια του

### ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ:

Ανάμιξη/μεταφορά/διάστρωση/συμπύκνωση/τελείωμα/συντήρηση/αφαίρεση ξυλοτύπων

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

Εργασιμότητα/Απώλεια κάθισης/Απόμιξη/Εξίδρωση/Πλαστική συστολή/Χρόνος πήξης/Ρηγμάτωση σε νεαρή ηλικία

### ΕΛΕΓΧΟΣ

Δοκιμή κάθισης/Δοκιμή Vebe/Δοκιμή βαθμού συμπύκνωσης/Δοκιμή μέτρου εξάπλωσης/Απώλεια κάθισης

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

19  
8

198

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Παραγωγή σκυροδέματος

Σκοπός: Η παραγωγή ομοιογενούς υλικού

Εξοπλισμός: Αναμικτήρες (μπετονιέρες)

Παράμετροι διαδικασίας ανάμιξης:

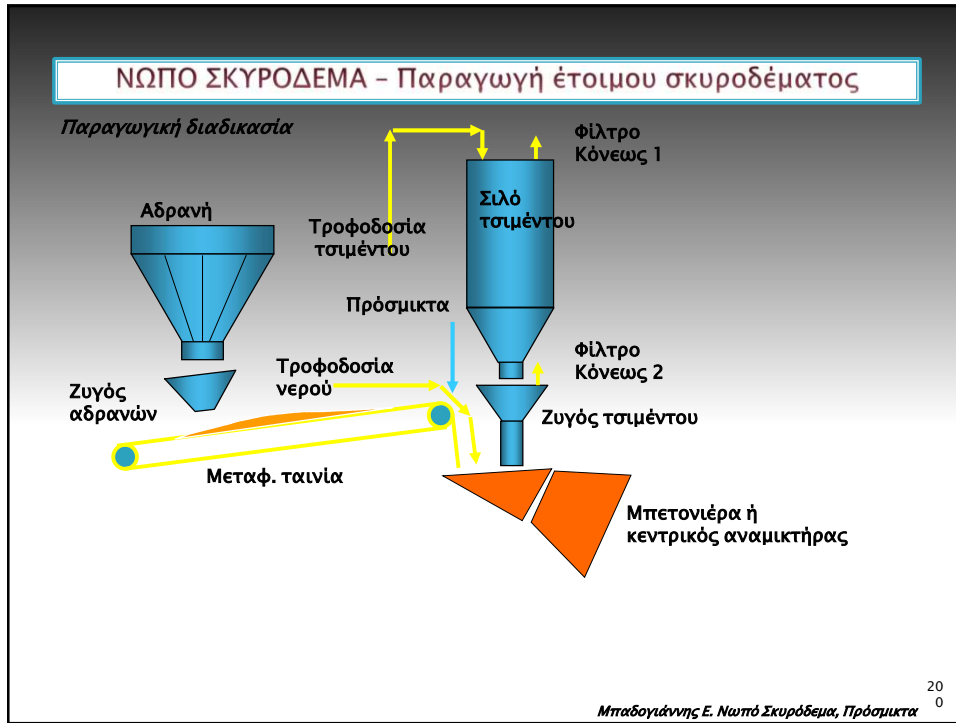
- ▶ Προσθήκη υλικών κ.β.(ακρίβεια 3-5%)
- ▶ Σειρά τροφοδοσίας υλικών: αδρανή (▼) - νερό- τσιμέντο νερό (ρευστοποιητής)
- ▶ Χρόνος ανάμιξης: εξαρτάται από το είδος της μπετονιέρας και τον όγκο του υλικού,  $t=f(D^{1/2})$ . Ενδεικτικοί χρόνοι 1 -2 min.



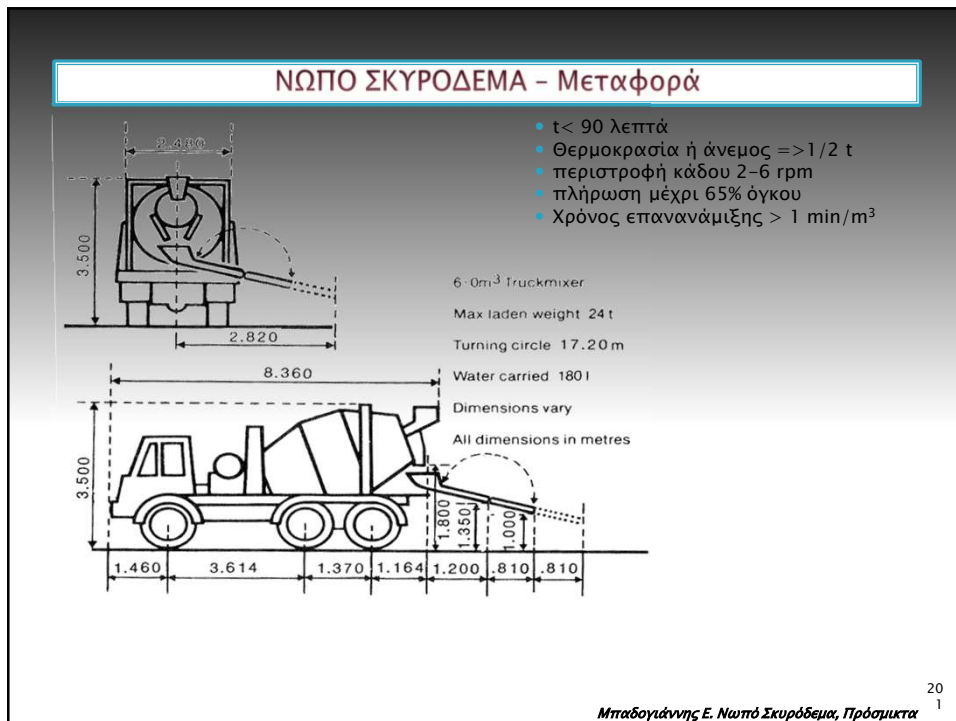
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

19  
9

199



200

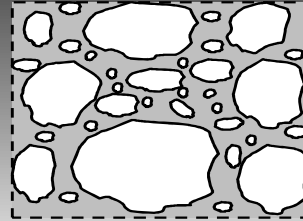


201

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Ιδιότητες & Χαρακτηριστικά

Υμένα ικανού πάχους (γκρίζα περιοχή) από τσιμέντο, νερό και λεπτόκοκκα αδρανή, πάχους συνήθως  $< 0.25 \text{ mm}$  ή  $125 \mu\text{m}$

- Πάχος υμένα ↓ => τριβές αυξάνουν
- Πάχος υμένα ↑ => επιβραδύνεται διατμητική παραμόρφωση
- $N \uparrow$  => πολτός παραμορφώσιμος (διαχωρισμός).
- Σχήμα: λεπτόκοκκα με ανώμαλη επιφάνεια => αντίσταση
- κόκκοι  $< 125 \mu\text{m}$  μειωτές τριβών. ελαττώνουν την απαίτηση σε νερό.



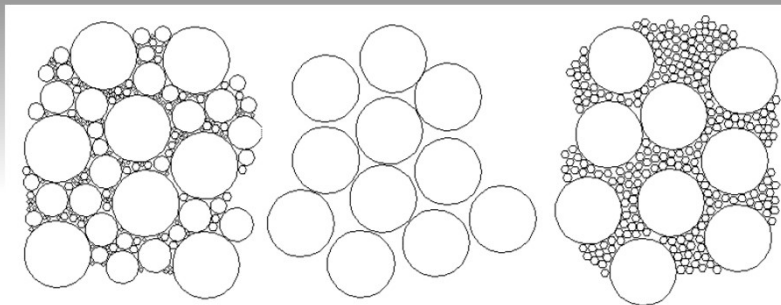
Προσομοίωση νωπού σκυροδέματος

20  
2

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

202

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Επίδραση κοκκομετρ. διαβάθμισης



20  
3

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

203

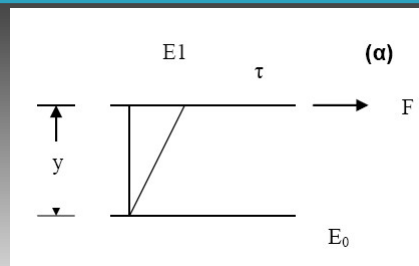
### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Παράγοντες:

- ποσοστό του νερού
- ποσοστό και λεπτότητα τσιμέντου
- μορφή, διαβάθμιση και ποσοστό αδρανών
- παρουσία πρόσμικτων
- χρόνος
- θερμοκρασία
- υγρασία του περιβάλλοντος
- ταχύτητα του ανέμου.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>20</sup><sub>4</sub>

204

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Βασικές αρχές ρεολογίας



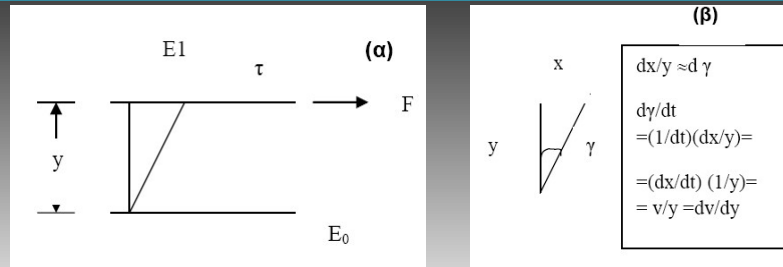
Σχ. 1 Ομαλή-στρωτή ροή υγρού μεταξύ επιπέδων

- με την επίδραση δύναμης  $F$  (αναπτύσσεται διατμητική τάση), η επιφάνεια  $E_1$  κινείται με ταχύτητα  $v=v_1$ ,
- η  $v$  μειώνεται στα άλλα επίπεδα  $E_i$  όσο μεγαλώνει η απόστασή τους από το επίπεδο  $E_0$
- Σε απόσταση  $y$  από την επιφάνεια  $E_0$ , η ταχύτητα μετακίνησης του υγρού είναι μηδενική

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>20</sup><sub>5</sub>

205

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Βασικές αρχές ρεολογίας



Σχ. 1 Ομαλή-στρωτή ροή υγρού μεταξύ επιπέδων

### Κατά τη διεύθυνση $y$ :

- μεταβολή της ταχύτητας  $dv/dy$  που οφείλεται στη μεταξύ των μορίων αναπτυσσόμενη αντίσταση (τριβή).
- Για τα ιδεατά - υγρά, με ομαλή ροή, η μεταβολή της ταχύτητας ως προς την απόσταση είναι γραμμική και ισχύει η σχέση:  $\tau = \eta \, dv/dy$ , όπου
  - $\eta$  είναι το ιξώδες του υγρού και
  - $dv/dy$  η μεταβολή της ταχύτητας κατά τον άξονα  $y$
- Αποδεικνύεται ότι  $dv/dy = d\gamma/dt$ ,  $d\gamma/dt$  είναι η ταχύτητα μεταβολής της γωνίας ήτοι ο ρυθμός της διατμητικής παραμόρφωσης

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

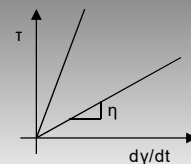
20  
6

206

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Βασικές αρχές ρεολογίας

$\tau = \eta \, d\gamma/dt$ , όπου:

- $\eta$  είναι το ιξώδες του υγρού (κινηματικό ιξώδες)
- $d\gamma/dt$  είναι η ταχύτητα μεταβολής της γωνίας ήτοι ο ρυθμός της διατμητικής παραμόρφωσης



Διάγραμμα ροής υγρού. Ορισμός ιξώδους

Συνήθεις μονάδες ιξώδους:  $\text{N/m}^2 / 1/\text{s} = \text{s}$   
 $\text{N/m}^2$  ή  $\text{Pa s}$ , [1 Poise = 0.1  $\text{N.s/m}^2$ ]

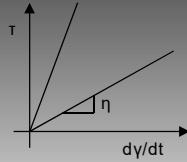
Μεγάλες τιμές του “ $\eta$ ” σημαίνουν παχύρρευστο υγρό ενώ μικρές τιμές λεπτόρρευστο.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

20  
7

207

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Βασικές αρχές ρεολογίας

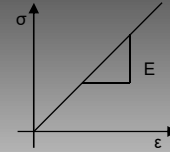


Σχ. 2 Διάγραμμα ροής υγρού. Ορισμός ιξώδους

$$\tau = \eta \, d\gamma / dt$$

$$\sigma = E \, \epsilon$$

Το ιξώδες αντιστοιχεί στο μέτρο ελαστικότητας και η ταχύτητα μεταβολής της γωνίας, στην ανηγμένη παραμόρφωση

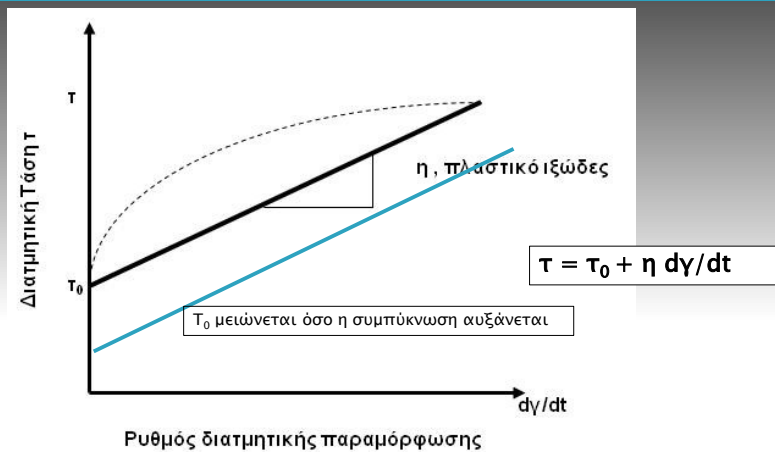


Σχ. 3 Διάγραμμα σ-ε στερεού υλικού

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα <sup>20</sup>/<sub>8</sub>

208

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Βασικές αρχές ρεολογίας



Σχέση Bingham ροής ρευστού και συνήθεις μη γραμμικές σχέσεις για σκυρόδεμα και επίδραση της συμπύκνωσης

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα <sup>20</sup>/<sub>9</sub>

209

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Ιδιότητες & Χαρακτηριστικά

### **Εργασιμότητα:**

εκφράζει την "προσπάθεια" (δηλαδή το έργο) που απαιτείται για τη μεταφορά, διάστρωση, συμπύκνωση και τελείωμα του σκυροδέματος χωρίς απόμιξη των υλικών.

το έργο που απαιτείται για να υπερνικηθούν οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των κόκκων του σκυροδέματος και μεταξύ σκυροδέματος και των επιφανειών των καλουπιών και των επιφανειών των ράβδων οπλισμού.

- ❑ Πλαστιμότητα ή πλαστικότητα:
- ❑ Ρευστότητα
- ❑ Σταθερότητα (ή αναπόμικτον)
- ❑ Τελειωσιμότητα:
- ❑ Αντλησιμότητα

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>0</sub>

210

## ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Ιδιότητες & Χαρακτηριστικά

**Εξίδρωση:** διαχωρισμός υγρών (νερού) - στερεών, από το μίγμα.

**Απόμιξη:** διαφορική κατά ύψος κατανομή των αδρανών



Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>1</sub>

211



### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ: ΕΛΕΓΧΟΣ - ΔΟΚΙΜΕΣ

Δοκιμή	Πρότυπο ΕΛΟΤ/ΕΝ	Συνιστώμενη Περιοχή Μέτρησης (ΕΛΟΤ/ΕΝ 206)	Ανοχές μετρήσεων	
			Για τιμές	Ανοχή
Κάθιση	12350-2	$\geq 10$ mm και $\leq 210$ mm	$\leq 40$ mm > 50 mm < 90 mm $\geq 100$ mm	$\pm 10$ mm $\pm 20$ mm $\pm 30$ mm
Εξάπλωση	12350-5	$\geq 340$ mm $\leq 620$ mm	$\pm 30$ mm για όλες τις τιμές	
VeBe	12350-3	$\leq 30$ s > 5 s	$\geq 11$ s Μεταξύ 10 και 6 s $\leq 5$ s	$\pm 3$ s $\pm 2$ s $\pm 1$ s
Βαθμός Συμπύκνωσης	12350-4	$\geq 1.04$ και $\leq 1.45$	$\leq 1.10$ 1.25 έως 1.11 $\geq 1.26$	$\pm 0.05$ $\pm 0.08$ $\pm 0.10$

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>2</sub>

212

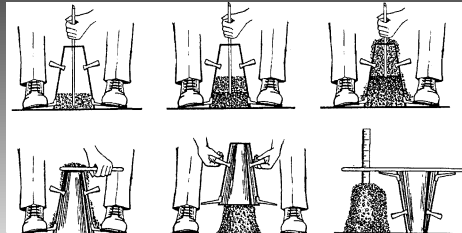
### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος: Δοκιμή κάθισης

#### Σκοπός:

- εκτίμηση της ρευστότητας
- έλεγχος ομοιομορφίας παρτίδων

#### Εξοπλισμός:

- μεταλλικός κόλουρος κώνος (φ200/φ100, h=300 mm)
- μεταλλική ράβδος (φ16, 600 mm)



Δοκιμή κάθισης

Κατηγορίες κάθισης	
Κατηγορία	Κάθιση (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	$\geq 220$

Κάθιση (S1) < 40 mm, ύφυγρο

Κάθιση (S4-S5) > 160 mm, ρευστό

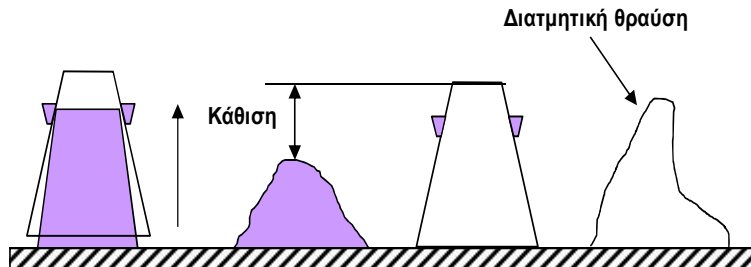
Τυπική κατηγορία σκυροδέματος (C20/25):

- 50-70 mm, χωρίς πρόσμικτα
- 120-140 mm, με πρόσμικτα

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>3</sub>

213

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος: Δοκιμή κάθισης

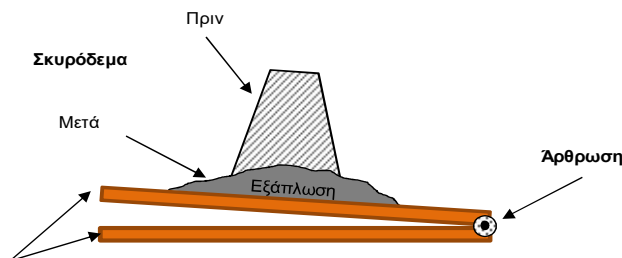


Κολουροκωνικό καλούπι καθορισμένων διαστάσεων πληρούται με σκυρόδεμα που συμπακνώνεται σε 3 ισούψεις στρώσεις με 25 κτυπήματα με ράβδο  $\varnothing 16$ . Ανασύρεται το καλούπι και μετράται πόσο "κάθισε" το σκυρόδεμα. Η διαμητική θραύση δεν λαμβάνεται υπόψη.

21  
4  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

214

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος: Δοκιμή εξάπλωσης

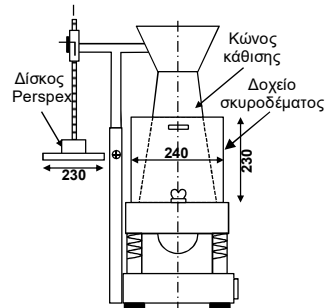


Η τράπεζα ανυψώνεται και αφήνεται να πέσει από προκαθορισμένο ύψος (40mm). Μετρούνται δύο διάμετροι (σε ορθή γωνία) της τελικής επιφάνειας εξάπλωσης του σκυροδέματος μετά από 15 πτώσεις της τράπεζας και η μέση τιμή αποτελεί την "εξάπλωση" του σκυροδέματος.

21  
5  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

215

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος - Δοκιμή Vebe



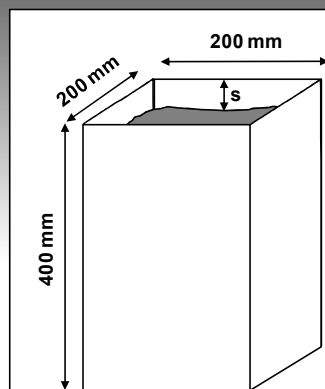
Το σκυρόδεμα συμπυκνώνεται στον κώνο της κάθισης όπως και στην ομώνυμη δοκιμή. Εν συνεχεία ανασύρεται το καλούπι και φέρεται ο δίσκος Perspex σε επαφή με την επιφάνεια του σκυροδέματος. Αμέσως μετά, τίθεται σε λειτουργία δονητική τράπεζα και μετράται ο χρόνος που χρειάζεται το σκυρόδεμα να πάρει την μορφή του δοχείου. Ο διαφανής δίσκος Perspex βοηθάει στον καθορισμό του πέρατος της δοκιμής.

Σε περιπτώσεις σκυροδεμάτων που συμπυκνώνονται με οδοστρώτηρα, χρησιμοποιείται μια διαφοροποιημένη δοκιμή. Ο δίσκος Perspex αντικαθίσταται με ορισμένο βάρος για να γίνει η συμπύκνωση με ταυτόχρονη δόνηση και συμπίεση

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>6</sub>

216

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος - Βαθμός συμπύκνωσης (Walz) EN 12350-4.



Γεμίζεται το καλούπι με σκυρόδεμα χωρίς συμπύκνωση και μετά συμπυκνώνεται με δονητή ή με ραβδισμούς. Σημειώνονται οι αποστάσεις  $s_{1,2,3,4}$  στις 4 γωνίες της επιφάνειας του σκυροδέματος από τις κορυφές των ακμών

$$\text{Βαθμός Συμπύκνωσης} = \frac{400}{400 - \frac{s_1 + s_2 + s_3 + s_4}{4}}$$

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>7</sub>

217

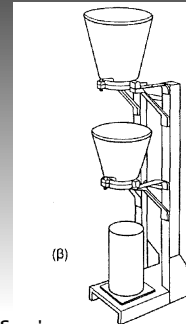
### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος συμπίκνωσης - πυκνότητας

#### Δοκιμή βαθμού συμπίκνωσης

- εκτίμηση της συμπίκνωσης που επιτυγχάνεται όταν το σκυρόδεμα υπόκειται σε δεδομένο έργο και εμμέσως των κενών

#### Δοκιμή απώλειας κάθισης

- εκτίμηση της μείωσης της ρευστότητας μίας σύνθεσης. Οφείλεται στην ελάττωση νερού, εξαιτίας:
  - Αντιδράσεων ενυδάτωσης (ιδιαίτερα ταχείες για ειδικά σκυροδέματα)
  - Προσρόφησης στις επιφάνειες των προϊόντων ενυδάτωσης
  - Απορρόφησης από τα αδρανή
  - Εξάτμισης



Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>8</sub>

218

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος- Άλλες δοκιμές

#### Μοναδιαίο βάρος (video)

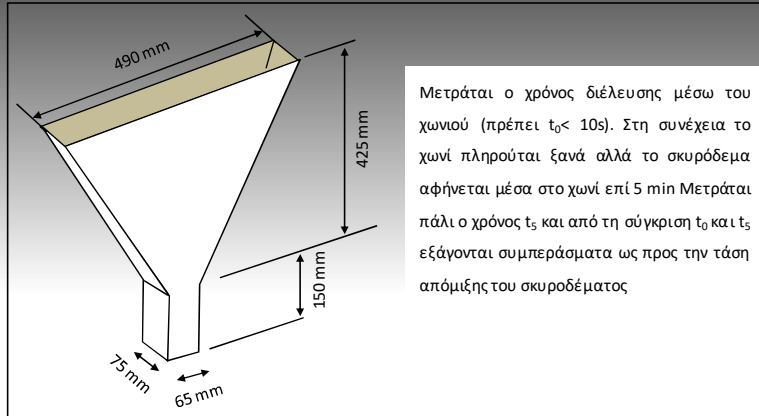
- εκτίμηση της πυκνότητας του νωπού σκυροδέματος
- πυκνότητα σκυροδέματος στο τέλος της δοκιμής/ πυκνότητα τέλεια συμπτυκνωμένου σκυροδέματος

#### Εγκλωβισμένος αέρας (κενά) (video)

- εκτίμηση του ποσοστού εγκλωβισμένου αέρα.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>21</sup><sub>9</sub>

219

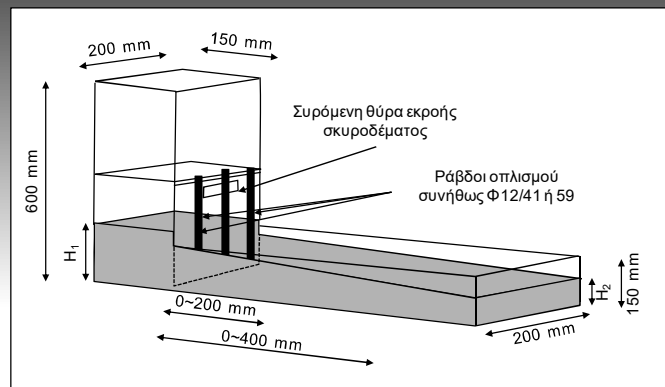
**ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος χωνιού σχήματος V.**


Μετράται ο χρόνος διέλευσης μέσω του χωνιού (πρέπει  $t_0 < 10s$ ). Στη συνέχεια το χωνί πληρούται ξανά αλλά το σκυρόδεμα αφήνεται μέσα στο χωνί επί 5 min. Μετράται πάλι ο χρόνος  $t_5$  και από τη σύγκριση  $t_0$  και  $t_5$  εξάγονται συμπεράσματα ως προς την τάση απόμειξης του σκυροδέματος.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

22  
0

220

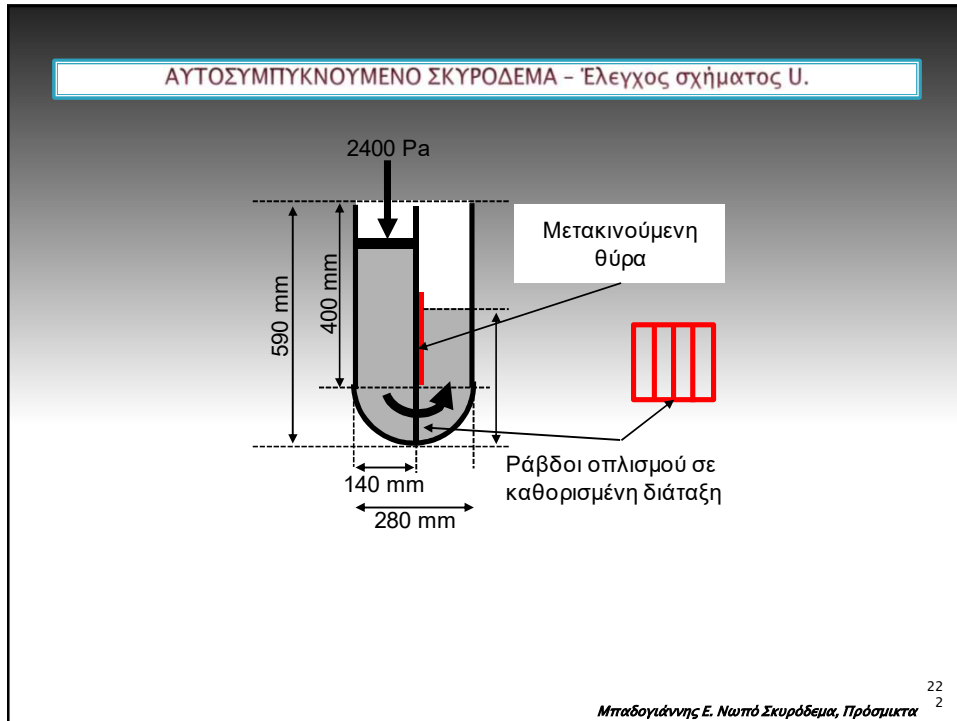
**ΑΥΤΟΣΥΜΠΥΚΝΟΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έλεγχος σχήματος L.**


Πληρούται με σκυρόδεμα χωρίς συμπύκνωση το αριστερό ορθογώνιο καλούπι. Εν συνεχεία ανασύρεται η διαχωριστική θύρα και μετράται ο χρόνος που χρειάζεται το σκυρόδεμα για να φθάσει στις αποστάσεις 200 mm και 400 mm. Σημειώνονται και τα ύψη ισορροπίας του σκυροδέματος  $H_1, H_2$ .

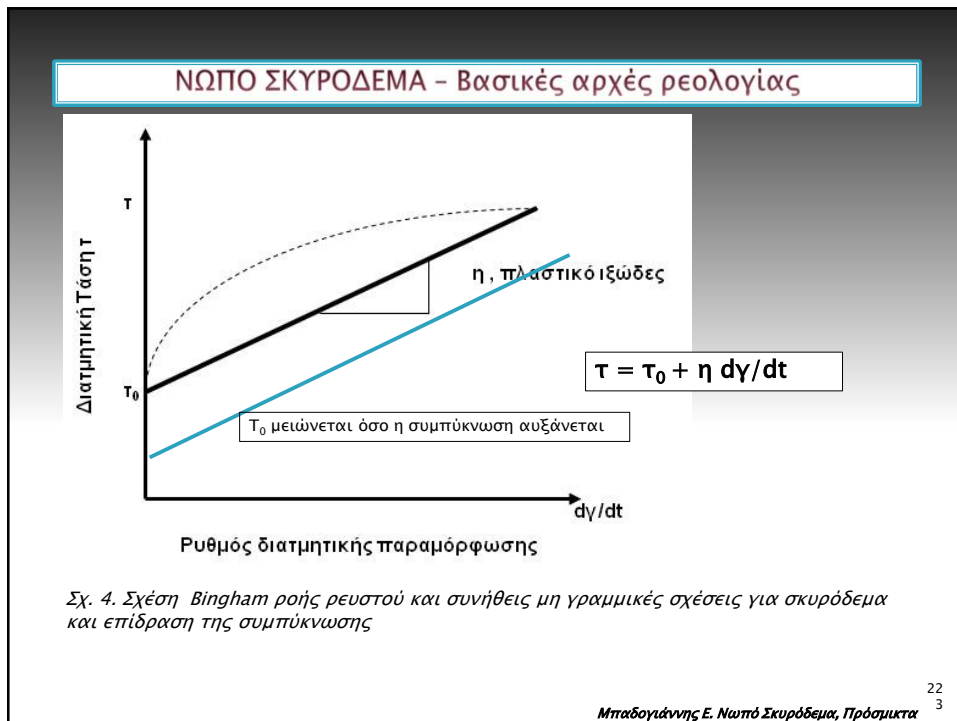
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

22  
1

221



222



223

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Έκφραση ρεολογικής συμπεριφοράς

Δύο παράμετροι:

- «πλαστικό ιξώδες»,  $\mu$
- «τάση διαρροής»,  $\tau_0$

**Εργασιμότητα:** εκτίμηση μόνο για μία από τις παραμέτρους:

- **Κάθιση** δίνει εκτίμηση της τάσης  $\tau_0$  (τάση διαρροής)
- **τροποποιήσεις** δοκιμής κάθισης για την εκτίμηση και του ιξώδους:
  - μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για να καθίσει ο κώνος κατά 100 mm
  - τροποποιημένη εξάπλωση του σκυροδέματος (μέσος όρος δύο καθέτων μεταξύ τους διαμέτρων) χωρίς συμπύκνωση
  - μέτρηση χρόνου που χρειάζεται το σκυρόδεμα να αποκτήσει διάμετρο 500 mm
- **Ve-Be** και **δοκιμή εξάπλωσης** δίνουν εκτίμηση ιξώδους, καθώς υπερνικάται η αρχική τάση  $\tau_0$

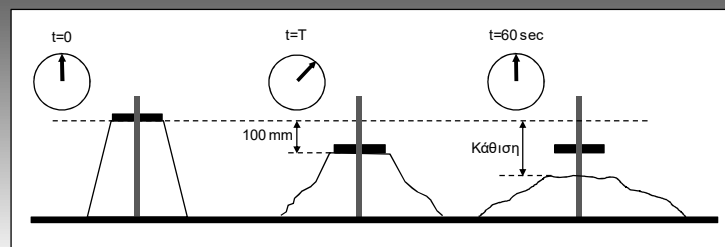
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

22

4

224

### ΝΩΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ - Τροποποιημένη δοκιμή κάθισης



Τροποποιήσεις δοκιμής κάθισης για την εκτίμηση και του ιξώδους

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

22

5

225



226

*Πρόσμικτα*

*Admixtures*

*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

227



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ορισμοί:

- ▶ *Πρόσθετα ή χημικά πρόσθετα:* χημικές ουσίες, που προστίθενται στο μίγμα του σκυροδέματος κατά την ανάμιξη

### Σκοπός:

- ▶ Η βελτίωση των ιδιοτήτων του νωπού (πρωτεύουσα δράση) ή και του σκληρυμένου σκυροδέματος (δευτερεύουσα δράση)

### Προστιθέμενες ποσότητες:

- ▶ ως ποσοστό κατά βάρος (κ.β.) τσιμέντου (+πρόσμικτα).
- ▶ < 5 % κ.β.
- ▶ συνήθως μεταξύ του 0.3 % και 2 % κ.β.

22  
8  
*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

228

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Είδη:

1. Πλαστικοποιητικά ή Ρευστοποιητικά ή μειωτικά νερού,
2. Υπερ πλαστικοποιητικά ή Υπερ-ρευστοποιητικά ή ρευστοποιητικά /μειωτές νερού μεγάλης απόδοσης,
3. Αερακτικά,
4. Επιταχυντικά,
5. Επιβραδυντικά,
6. *Στεγανοποιητικά ή απωθητικά νερού,*
7. *Συνδυασμός ρευστοποιητικών και επιβραδυντικών ή επιταχυντικών,*
8. *Μειωτικά συστολής ξήρανσης,*
9. *Αναστολείς διάβρωσης οπλισμού,*
10. *Παραγωγής αφρού.*

22  
9  
*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

229

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN 934 (καλύπτει τους περισσότερους τύπους),
  - ASTM C 494 (ρευστοποιητικά και ρυθμιστικά της πήξης πρόσθετα)
  - ASTM C 260 (αερακτικά)
  - ASTM D98 (CaCl<sub>2</sub> χλωριούχο ασβέστιο)
  - ASTM C1017 (πρόσθετα για την παραγωγή ρευστού σκυροδέματος),  
ASTM 979 (χρωστικές ύλες για χρήση στο σκυρόδεμα).

23  
0  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

230

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

Οργανικά πολυμερή υλικά, με πολύ μικρότερο μέγεθος από το μέγεθος του τσιμέντου και δράση στην επιφάνεια των συστατικών του σκυροδέματος (μέγεθος 1/1000 σε σχέση με το τσιμέντο).

### Σκοπός/Δράσεις:

- ▶ περαιτέρω μείωση των τριβών μεταξύ των συστατικών του σκυροδέματος
- ▶ (συνήθως) μείωση του λόγου w/c
- ▶ επιβράδυνση της πήξης και της σκλήρυνσης

### Κατηγορίες (για την ίδια εργασιμότητα σκυροδέματος):

- Συνήθη ρευστοποιητικά-πλαστικοποιητικά. Μείωση του ενεργού νερού μέχρι 12 % (συνήθεις τιμές 5 % - 10 %)
- Υπερ-ρευστοποιητικά/υπερ-πλαστικοποιητικά πρόσθετα. Μείωση του ενεργού νερού > 12 % (μέχρι και > 30 %).

23  
1  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

231

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

### Είδη ανά κατηγορία :

Συνήθη ρευστοποιητικά-πλαστικοποιητικά (Μείωση νερού < 12 %)

- i. Λιγνοσουλφονικά άλατα ή παράγωγα λιγνοσουλφονικού οξέος (LS),
- ii. Υδροξυλιωμένα πολυμερή,
- iii. Παράγωγα υδροκαρβοξυλικών οξέων,
- iv. Πολυκαρβοξυλικούς αιθέρες (PCE),
- v. Συνδυασμός προσθέτων λιγνοσουλφονικής βάσης (i), με τα (ii), (iii), (iv) ή άλλα χημικά συστατικά

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>23</sup><sub>2</sub>

232

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

### Είδη ανά κατηγορία :

Υπερ-ρευστοποιητικά/υπερ-πλαστικοποιητικά (Μείωση νερού > 12 %).

- i. Σουλφωριωμένα συμπυκνώματα ναφθαλενίου - φορμαλδεΐδης (SNF),
- ii. Σουλφωριωμένα συμπυκνώματα μελαμίνης φορμαλδεΐδης (SMF),
- iii. Πολυκαρβοξυλικοί αιθέρες,
- iv. Παράγωγα συμπολυμερών βινιλίου και συμπυκνώματα αμινοσουλφονικής φορμαλδεΐδης.
- v. Συνδυασμός των (i) - (iv) μεταξύ τους ή με πρόσθετα λιγνοσουλφονικής βάσης.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>23</sup><sub>3</sub>

233

### ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ: Μηχανισμοί δράσης

α. Σύνδεση των μορίων του νερού μεταξύ των και ανάπτυξη ισχυρής επιφανειακής τάσης

β. Συσσωμάτωμα κόκκων τσιμέντου. Οι κόκκοι του τσιμέντου έλκονται λόγω των επιφανειακών φορτίων

γ. Το συσσωμάτωμα έχει καταστραφεί οι κόκκοι έχουν απομακρυνθεί και η μετακίνησή τους διευκολύνεται. Η ρευστότητα αυξάνει

*Αίτια και συνθήκες που ευνοούν τον σχηματισμό συσσωματώσεων σωματιδίων τσιμέντου, κατά την ανάμιξη με το νερό*

23  
4  
*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

234

### ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ: Μηχανισμοί δράσης

**Κόκκος τσιμέντου**

**Μίγμα νερού τσιμέντου και πρόσθετου SNF**

**SNF** Σουλφορρινωμένο συμπύκνωμα ναφθαλενίου-φορμαλδεΐδης

Πολικά άκρα με υψηλά αρνητικά φορτία

Σχεδιάζεται πολύ μεγαλύτερο από ότι είναι σε σχέση με το μέγεθος του κόκκου του τσιμέντου

**ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΚΤΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ**  
Τα μόρια του SNF είναι πολύ μικρότερα από τους κόκκους του τσιμέντου

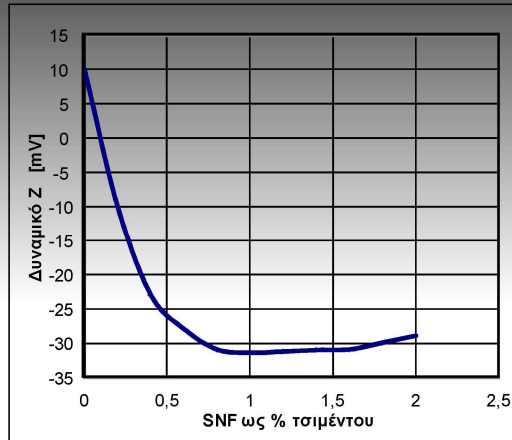
Αντιστροφή φορτίων  
Οι κόκκοι του τσιμέντου συμπεριφέρονται σαν να είναι φορτισμένοι με αρνητικό φορτίο σε όλη τους την επιφάνεια

*Μηχανισμός ηλεκτροστατικής απώθησης*

23  
5  
*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

235

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ: Μηχανισμοί δράσης

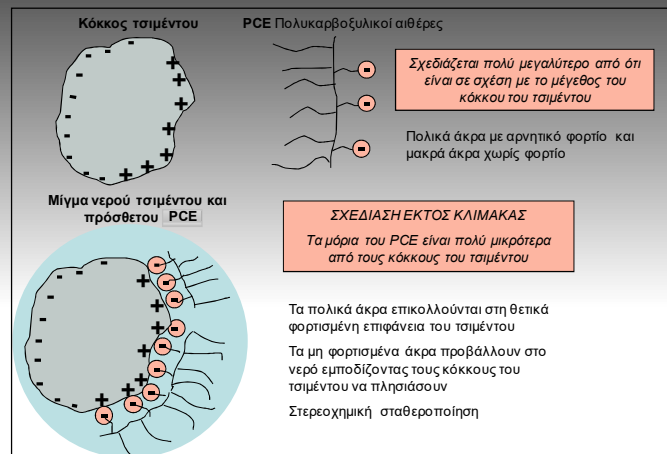


Μεταβολή του δυναμικού Z ως συνάρτηση της ποσότητας του υπερ/κού SNF

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>23</sup><sub>6</sub>

236

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ: Μηχανισμοί δράσης

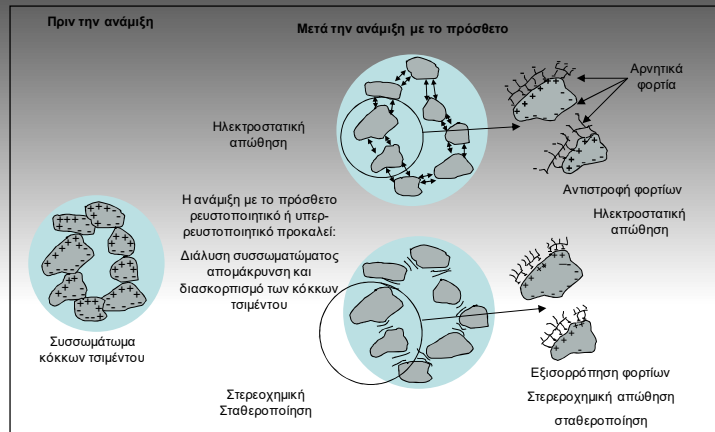


Στεροχημική ή στερεομετρική σταθεροποίηση

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>23</sup><sub>7</sub>

237

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ: Μηχανισμοί δράσης



*Μηχανισμοί δράσης και εξουδετέρωσης των συσσωματωμάτων τσιμέντου από τα ρευστοποιητικά και τα υπερ-ρευστοποιητικά πρόσθετα (σχεδίαση εκτός κλίμακος)*

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

23  
8

238

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ – ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ Επίδραση στις ρεολογικές ιδιότητες του σκυροδέματος

Προσομοίωμα Bingham:  $P = g + h (T\pi)$

Όπου:

P: ροπής αντίστασης

g: ροπή έναρξης περιστροφής (ροής)

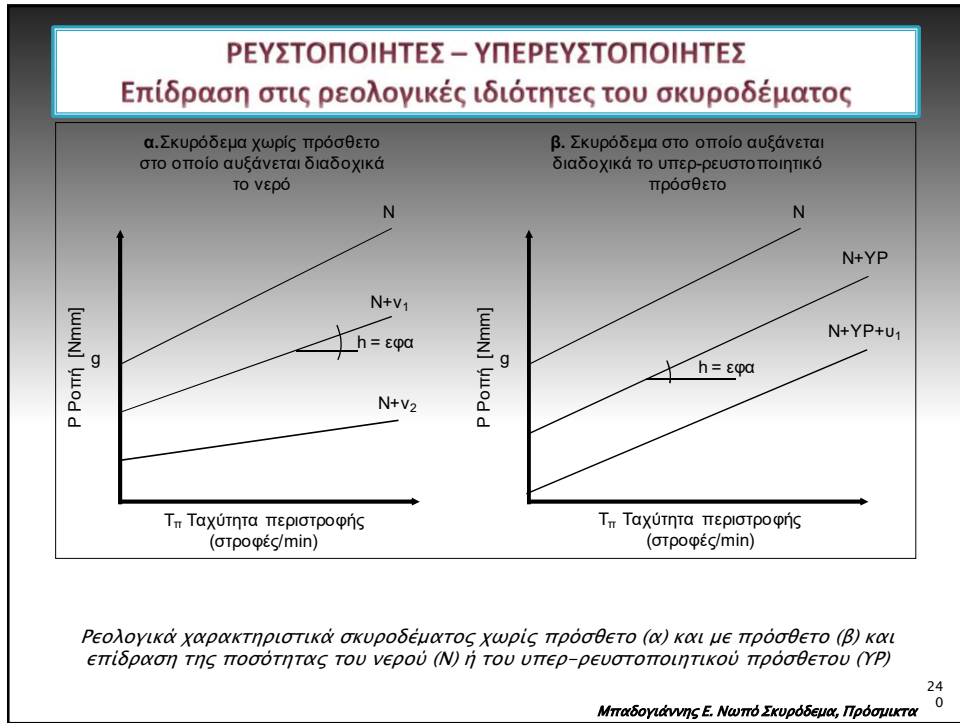
h: πλαστικό ιξώδες τσιμεντοπολτού

Tπ: ταχύτητας περιστροφής

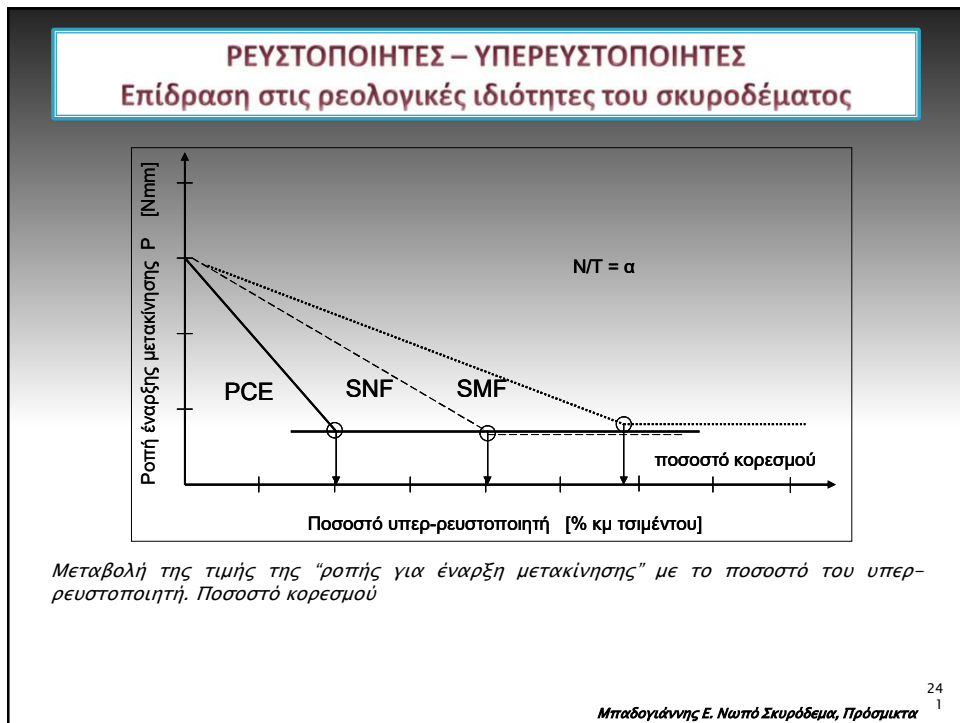
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

23  
9

239



240



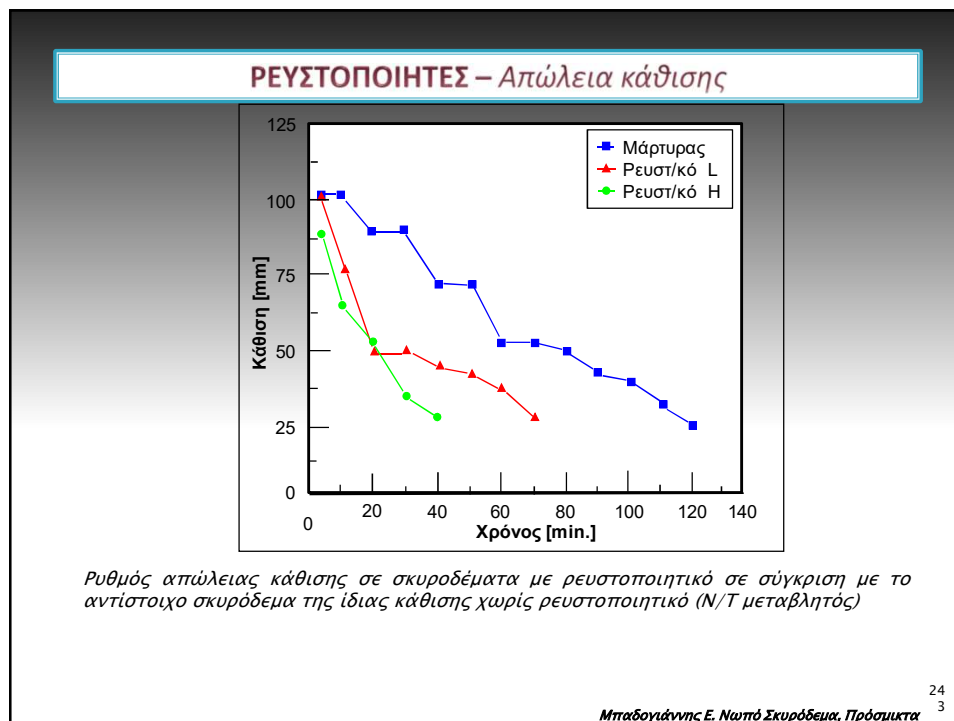
241

ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ –ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ Επίδραση στις ιδιότητες του σκυροδέματος		
	ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ	ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ
Αντοχή	Αύξηση, αν και εφόσον ο λόγος N/T, μειώνεται Αύξηση/μείωση της πρώιμης αντοχής, ανάλογα με τη δοσολογία και τον τύπο	Αύξηση, αν και εφόσον ο λόγος N/T, μειώνεται Αύξηση της πρώιμης αντοχής
Κάθιση	Αύξηση έως και 60 mm	Αύξηση > 120 'mm
Απώλεια κάθισης	Μεγαλύτερη, από το αμιγές	Μεγαλύτερη, από το αμιγές
Χρόνος πήξης	Αύξηση < 90 min, για $\Theta = 15-20^{\circ}\text{C}$ , αναλόγως του τύπου τσιμέντου	αύξηση < 120-180 min, για $\Theta = 15-20^{\circ}\text{C}$ , αναλόγως του τύπου τσιμέντου
Περιεχόμενος αέρας	αύξηση (< 2 %) τα LS's	Πρέπει να είναι < 2%. Γενικά μειώνεται
Εξίδρωση	Γενικά αυξάνει. Μειώνεται μόνο εξαιτίας της αύξησης του περ. αέρα	Γενικά αυξάνει
Παραμορφώσεις	-αύξηση, συγκριτικά για σκυροδέματα σταθερού N/T -μείωση όταν N/T μειώνεται.	Δεν επηρεάζεται
Ανθεκτικότητα	Βελτιώνεται	Βελτιώνεται

24  
2

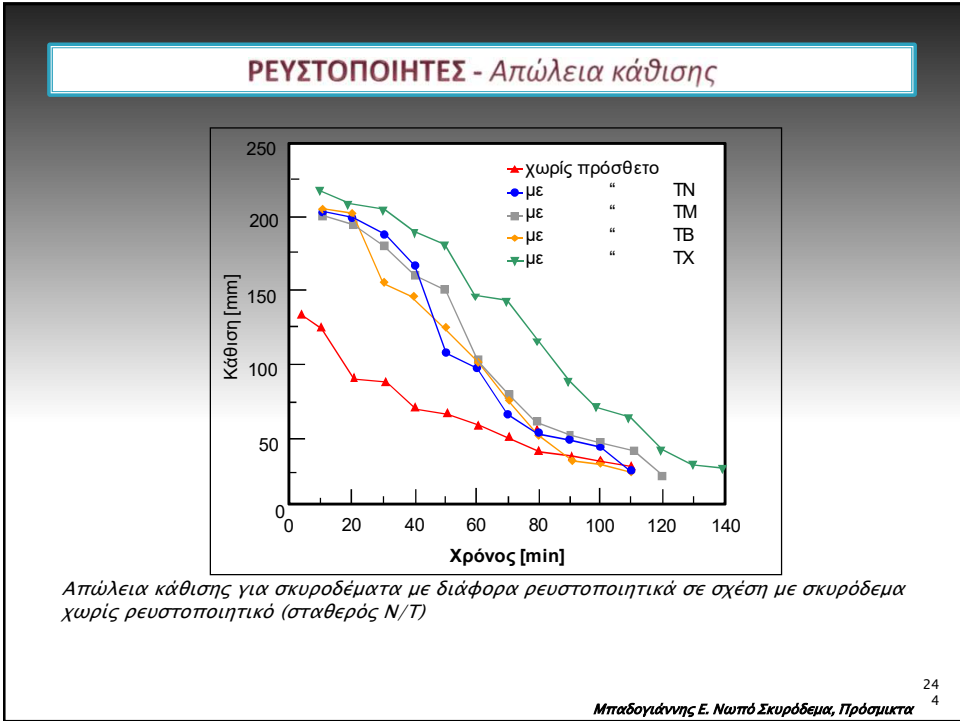
*Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα*

242

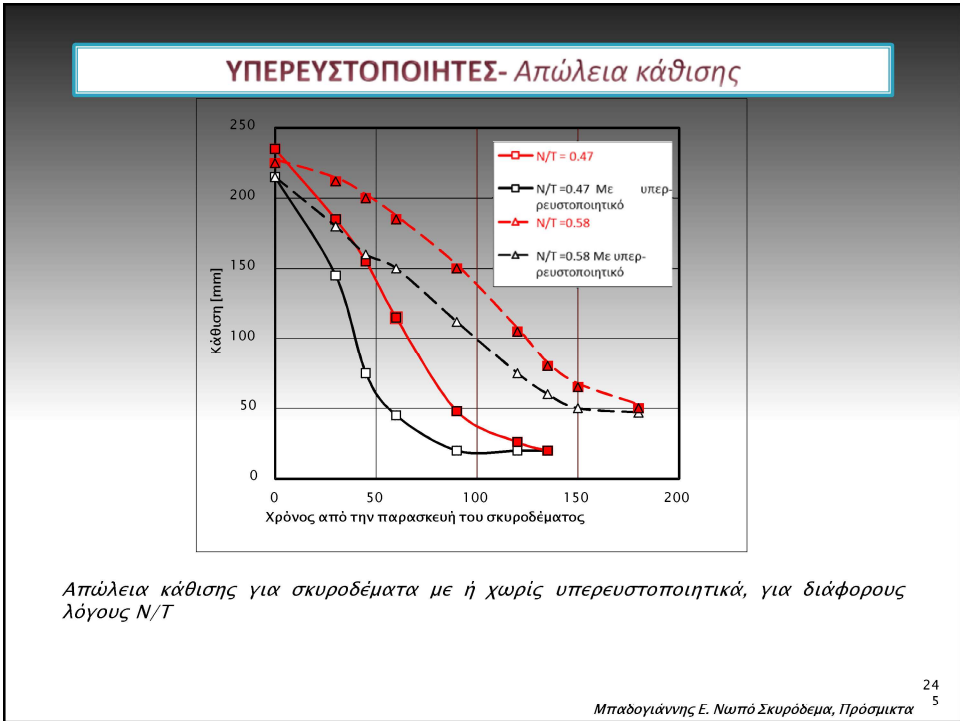


243



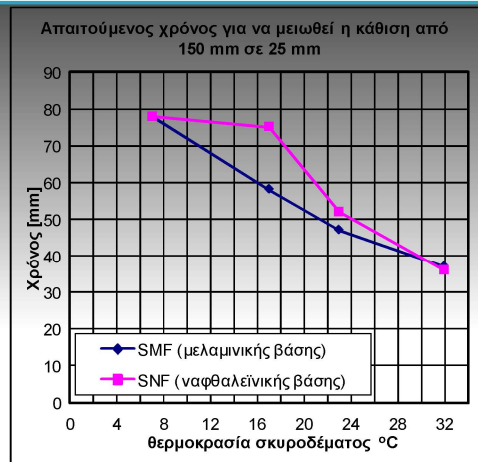


244



245

### ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ- Απώλεια κάθισης



Επίδραση της θερμοκρασίας στον απαιτούμενο χρόνο για να μειωθεί η κάθιση από 150 mm σε 25 mm

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>24</sup><sub>6</sub>

246

### ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ –ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ - Περιορισμοί

#### Υπέρβαση δΟΣΟΛΟΓΙΑΣ

- Απόμιξη
- Εξίδρωση
- Ανεξέλεγκτη μεταβολή του περιεχόμενου ποσοστού αέρα
- Σχετικά μεγάλη επιβράδυνση πήξης.

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>24</sup><sub>7</sub>

247

## ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ –ΥΠΕΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΤΕΣ

### Παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα

- ▶ Πλήρης και ομοιόμορφη ανάμιξη
- ▶ Είδος τσιμέντου (περιεκτικότητα σε  $C_3A$ , αλκάλια K, Na, ποζολάνες,  $SO_3$ , λεπτότητα),
- ▶ Ποσότητα (ενεργού) νερού και τσιμέντου στο μίγμα,
- ▶ Είδος αδρανών,
- ▶ Ύπαρξη εισηγμένου αέρα,
- ▶ Θερμοκρασία,
- ▶ Χρονική στιγμή ανάμιξης του πρόσθετου,
- ▶ Αρχική κάθιση (χωρίς πρόσθετο) του σκυροδέματος.
- ▶ Η αλληλεπίδραση μεταξύ των προσθέτων

24  
8  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

248

## ΑΕΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

Χημικά πρόσθετα που δημιουργούν πλήθος μικροσκοπικών φυσαλίδων με  $d < 0.3 \text{ mm}$

### Σκοπός/Δράσεις:

- ▶ Εξισορρόπηση-εκτόνωση της πίεσεως στο τριχοειδές σύστημα πόρων του σκυροδέματος/Δράση απαραίτητη για περιβαλλοντικές συνθήκες εναλλαγής κύκλων ψύξης - απόψυξης.
- ▶ Βελτίωση ρεολογίας, ελάττωση λόγου N/T

### Μηχανισμός δράσης:

- Επιφανειακώς ενεργά υλικά. Μειώνουν την επιφανειακή τάση του νερού, διευκολύνοντας τη δημιουργία φυσαλίδων
- Επιδρούν στη διεπιφάνεια νερού και αέρα και εμποδίζουν τη συγχώνευση των μικροσκοπικών φυσαλίδων μεταξύ τους

24  
9  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

249

## ΑΕΡΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

### Χρήση-προδιαγραφές:

- ▶ 0.2 % - 0.3 % κ.β. τσιμέντου.
- ▶ Αυξάνει με τη Θ (ιδιαίτερα πάνω από 20 °C) και την περιεκτικότητα των αδρανών σε παιπάλη
- ▶ εξαρτάται από τον τύπο και τη λεπτότητα του τσιμέντου

### Περιορισμοί

- ▶ Η εισαγωγή αέρα => μείωση αντοχής (1 % => ~5%)
- ▶ Υπερβαση της δόσης
- ▶ Συμβατότητα με άλλα πρόσθετα

25  
0  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

250

## ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΠΗΞΗΣ - Επιβραδυντικά/Επιταχυντικά

Χημικά πρόσθετα που αντιδρούν με τις φάσεις του κλίνκερ ή τα προϊόντα ενυδάτωσης του τσιμέντου και επηρεάζουν το χρόνο πήξης του τσιμέντου.

### Σκοπός/Δράσεις:

- ▶ Η ρύθμιση του χρόνου πήξης του τσιμέντου

### Μηχανισμός δράσης:

- Επίδραση στο ρυθμό διάλυσης των ιόντων ασβεστίου/αργιλίου => επιβράδυνση ή επιτάχυνση της ενυδάτωσης των φάσεων του κλίνκερ (συνηθέστερα  $C_3A$ ,  $C_3S$ )
- Επίδραση στο ρυθμό σχηματισμού (κατακρήμνισης)  $Ca(OH)_2$  (Πορτλαντίτη) => επιβράδυνση ή επιτάχυνση αντιδράσεων ενυδάτωσης τσιμέντου

25  
1  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμηκτα

251

## ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΠΗΞΗΣ - Επιβραδυντικά

### Σκοπός/Δράσεις

- ▶ Διατήρηση εργασιμότητας
- ▶ Επιβραδύνουν την πήξη περισσότερο από 90 min αλλά όχι περισσότερο από 360 min.
- ▶ Δύναται να συνδυάζουν και ρευστοποιητική ή υπερ-ρευστοποιητική δράση

### Είδη:

- ▶ σάκχαρο και άλλοι πολυσακχαρίτες
- ▶ κιτρικό οξύ,
- ▶ ταρταρικό οξύ,
- ▶ άλατα βορικού οξέως,
- ▶ άλατα φωσφορικού, πολυφωσφορικού και φοσφονικού οξέως

### επιβραδυντικά/ρευστοποιητικά

- ▶ άλατα υδροξυ-καρβοξυλικού οξέος,
- ▶ υδροξυλιωμένα πολυμερή,
- ▶ άλατα λιγνοσουλφονικού οξέος,

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>25</sup><sub>2</sub>

252

## ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΠΗΞΗΣ - Επιβραδυντικά

### Χρήση-προδιαγραφές:

σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος  
σε τμηματικές διαστρώσεις

### Περιορισμοί - δοσολογία

- εξαρτάται από τη θερμοκρασία (αύξηση δραστηριότητας όταν η Θ μειώνεται)
- εξαρτάται από τον τύπο τσιμέντου (π.χ. αύξηση C<sub>3</sub>A => περισσότερο πρόσθετο)
- Υπέρβαση της δόσης => απόμιξη/επιβάρυνση τύπου/ελλειπής ανάπτυξη αντοχών

Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα <sup>25</sup><sub>3</sub>

253

## ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΠΗΞΗΣ – Επιταχυντικά

### Σκοπός/Δράσεις

- ▶ Επιτάχυνση πήξης
- ▶ Επιτάχυνση σκλήρυνσης
- ▶ Δεν έχουν ταυτόχρονη δράση

### Είδη:

- ▶  $\text{CaCl}_2$  ή  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- ▶ νιτρικό ασβέστιο ή νιτρώδες ασβέστιο
- ▶  $\text{NaCl}$
- ▶ τριαιθανολαμίνη

25  
4  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

254

## ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΠΗΞΗΣ - Επιταχυντικά

### Χρήση-προδιαγραφές:

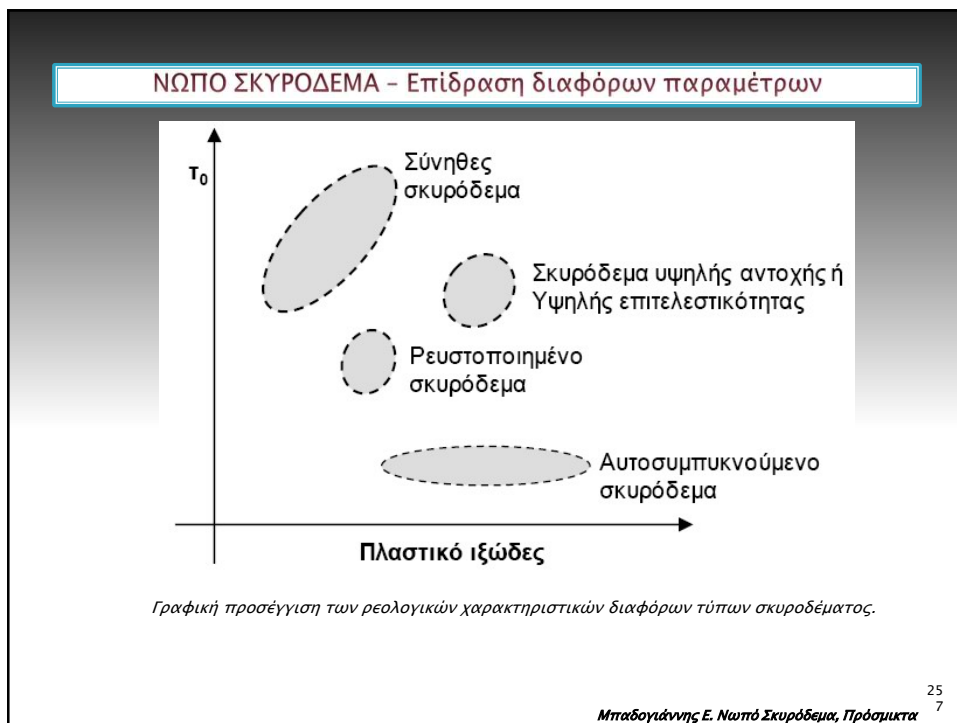
- ▶ σε χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (π.χ. για αποφυγή παγοπληξίας)
- ▶ σε περιπτώσεις έργων ταχείας παράδοσης, δεξαμενές νερού
- ▶ Μπορεί να καλυφθεί από τη χρήση υπερευστοποιητών ( $w/c \downarrow \Rightarrow$  χρόνος πήξης και ανάπτυξης αντοχών  $\downarrow$ )

25  
5  
Μπαδογιάννης Ε. Νωπό Σκυρόδεμα, Πρόσμικτα

255



256



257