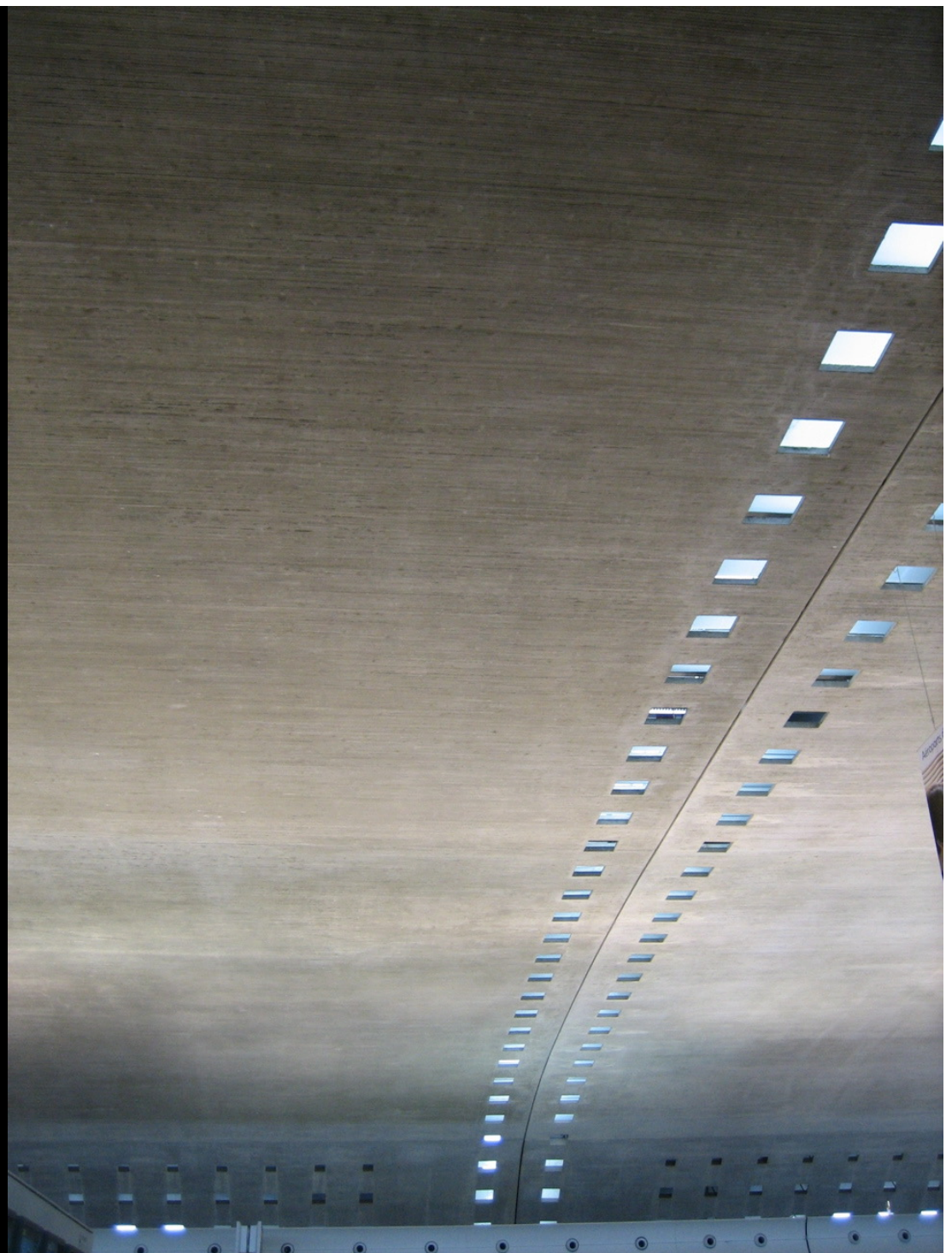


Σκυρόδεμα

Nicolas REMY

Αέρογαρε 2F CDG - Paris (Arch. Paul Andreu)



1- Ορισμοί – Εισαγωγή

Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (ΚΤΣ-97)

Το σκυρόδεμα παράγεται από την ανάμιξη

- χαλίκια και άμμου
- αδρανών υλικών
- τσιμέντου
- νερού

Τα αδρανή υλικά των σκυροδεμάτων είναι

- φυσικά ή θραυστά
- καθαρά
- προερχόμενα από ανθεκτικά και σκληρά πετρώματα
- που παρουσιάζουν επαρκή σταθερότητα έναντι αποσαθώσεως από τον ατμοσφαιρικό αέρα, το νερό ή τον παγετό

Το οπλισμένο σκυρόδεμα είναι το σκυρόδεμα που έχει μέσα στην μάζα του σιδερένιες ράβδους ώστε να αντέχει στον εφελκυσμό

Η δοσολογία, είναι το βάρος του τσιμέντου για ένα κυβικό μέτρο σκυροδέματος που τοποθετείται

παράδειγμα :

. Ένα σκυρόδεμα 250kg είναι το σκυρόδεμα με το οποίο όταν κατασκευάζουμε ένα 1m^3 χρησιμοποιούμε 250kg τσιμέντου.



1- Ορισμοί – Εισαγωγή

Το τσιμέντο παράγεται κυρίως από ασβεστόλιθος και άργιλο και όταν αναμιχθεί με νερό στερεοποιείται και γίνεται σκληρό.

Σύνθεση ενός σκυροδέματος (παράδειγμα)

	Νερό	Αέρας	Τσιμέντο	Άμμος Χαλίκια	Adjuvants (Πρόσθετα)
όγκος (%)	14-22	1-6	7-14	60-78	-
βάρος (%)	5-9	-	9-18	63-85	<1
1m ³ σκυροδέματος	150-180 l		250 à 350 l	400 l άμμο + 800 l χαλίκια	



2- Άμμος και χαλίκια

2.1 Η άμμος αποτελείται από κόκκους που προέρχονται από την αποσύνθεση πετρωμάτων.

. η διάμετρος των κόκκων της άμμου $< 5\text{mm}$

. Αυτή είναι η φυσική άμμος (από την θάλασσα, τα ποτάμια) ή η τεχνητή (τρίψιμο σκληρών βράχων – γρανιτών -, **quartzite, porphyre**, ασβεστόλιθος, κ.λπ.)

. Κυβικό βάρος = 1600 kg/m^3

. Πυκνότητα = 1,6

. Η άμμος που χρησιμοποιείται θα πρέπει να είναι καθαρή: δεν θα πρέπει να περιέχει ούτε χώμα, ούτε οργανικές ύλες, ούτε άργιλο

λέμε ότι « η άμμος δεν πρέπει να λερώνει τα χέρια μας »

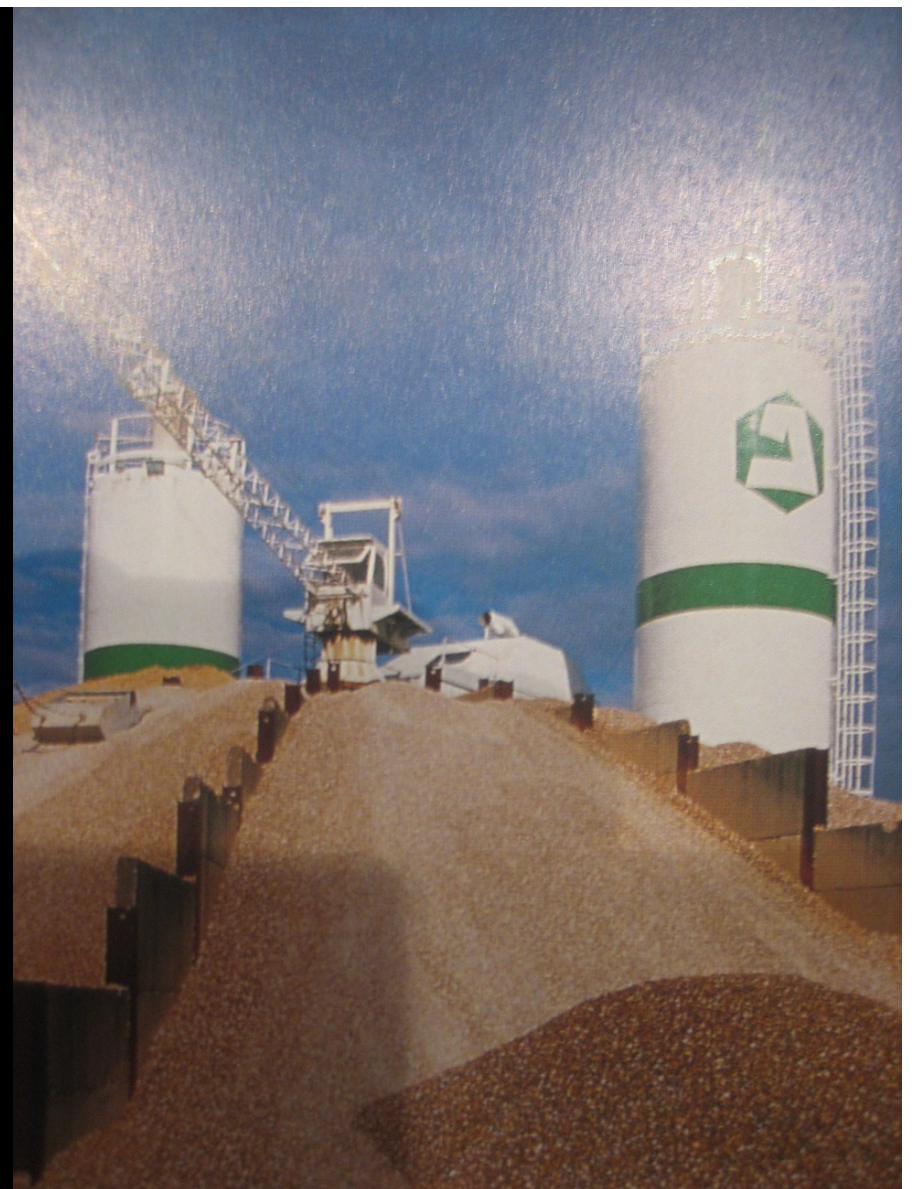
. Η σύνθεση της άμμου όσο αφορά το πάχος των κόκκων έχει καθοριστική σημασία στην ποιότητα του σκυροδέματος που δημιουργούμε



2- Άμμος και χαλίκια

2.2 Τα χαλίκια αποτελούνται από κόκκους πετρωμάτων που προέρχονται από την **θραύση** των πετρωμάτων.

- . $5\text{mm} < \varnothing \text{ των κόκκων} < 25\text{mm}$
- . Είναι είτε φυσικά (ποτάμια, θάλασσα) είτε τεχνητά (από θραύση σκληρών πετρωμάτων)
- . Κυβικό βάρος = 1400 kg/m^3
- . Πυκνότητα = 1,4
- . Τα πετρώματα από τα οποία αποτελούνται τα χαλίκια πρέπει να είναι καθαρά, σκληρά και **non gélives***



**Pierre gélive, pierre qui se délite après une gelée*



3- δοσολογία νέρου

3.1 Ποιότητα νερού

(ΕΛΟΤ-345, &4.4 ΚΤΣ-97)

Το νερό που θα χρησιμοποιηθεί, τόσο για την παρασκευή όσο και για τη συντήρηση του σκυροδέματος:

- πρέπει να μην περιέχει ελεύθερα οργανικά ή ανόργανα οξέα
- οργανικές ουσίες και άργιλο, διαλυτά σάκχαρα σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη του 0,25%
- θειικά και χλωριούχα άλατα κ.λπ.

Η χρήση πάντως θαλασσινού νερού απαγορεύεται.



3- Δοσολογία σε νερό

3.2 Ποσότητα νερού

Η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στην σύνθεση του τσιμέντου ή του σκυροδέματος επηρεάζει :

- . Στην ευκολία της εφαρμογής (ρευστότητα)
- . Στην αντοχή του σκυροδέματος

-Αν δεν υπάρχει αρκετό νερό

- . Το σκυρόδεμα είναι πολύ ξηρό : δύσκολο στην εφαρμογή
- . Κίνδυνος να δημιουργηθούν «φωλιές» από πετραδάκια - ανομοιομορφία
- . Η ποσότητα του νερού μπορεί να μην αρκεί ώστε να επιτρέψει την σκλήρυνση του τσιμέντου.

-Αν υπάρχει πολύ νερό

- . Η υπερβολική εξάτμιση του νερού θα αφήσει κενά : πορώδες σκυρόδεμα
- . Αυτό το σκυρόδεμα δεν κολλάει σωστά με τις σιδερένιες ράβδους



4 - Η αντοχή

Χαρακτηριστική αντοχή κυλινδρικού δοκιμίου $f_{ck,cyl}$ ή κυβικού δοκιμίου $f_{ck,cube}$, ή γενικώς f_{ck} , θεωρείται εκείνη η τιμή αντοχής κάτω της οποίας υπάρχει 5% πιθανότητα να βρεθεί η τιμή αντοχής ενός τυχαίου δοκιμίου»

Ο προσδιορισμός της αντοχής γίνεται με **συμβατικά δοκίμια** που παρασκευάζονται, συντηρούνται και ελέγχονται σε θλίψη σε ηλικία 28 ημερών (Μεθόδος Ελέγχου ΣΚ-350, ΣΚ-303 και ΣΚ-304)



4 - Η αντοχή

Στο άρθρο 3 του ΚΤΣ-97 αναφέρονται οι απαραίτητοι ορισμοί για την κατανόηση και εφαρμογή του. Ήδη έχει γίνει αναφορά στον ορισμό της **χαρακτηριστικής αντοχής σκυροδέματος σε θλίψη f_{ck}** (§ 3.2), ενώ πρέπει να αναφερθούν επίσης η **μέση αντοχή σκυροδέματος f_m** , και η **απαιτούμενη αντοχή f_a** .

Μια τυπική συσχέτιση αυτών των αντοχών π.χ. για το εργοταξιακό σκυρόδεμα Μεγάλων Έργων δίδεται από την σχέση :

$$f_a = f_{ck} + 2,01s$$

Όπου

. s = η τυπική απόκλιση του σκυροδέματος (σε MPa) υπό τις προϋποθέσεις των διατάξεων της § 5.2.2 του ΚΤΣ-97.

Το «περιθώριο αυτό αντοχής» 2,01s μεταξύ της απαιτούμενης και της χαρακτηριστικής αντοχής υπάρχει για να τηρηθεί η προϋπόθεση του ΚΤΣ-97 για max πιθανότητα υποαντοχής από την f_{ck} , 5%.

4 –Κατηγορίες αντοχής (strength classes)

Το σκυρόδεμα διακρίνεται σε διάφορες κατηγορίες αναλόγως της αντοχής του σε θλίψη, σε ηλικία 28 ημερών, της εργασιμότητάς του, της ανθεκτικότητάς (διάρκεια στο χρόνο) και της κατηγορίας έκθεσης σε διάφορα περιβάλλοντα, κ.λ.π., σύμφωνα με τα επόμενα (ειδικές απαιτήσεις που μπορεί να υπάρχουν ανάλογα με τις ανάγκες και τις συνθήκες του έργου).

Κατηγορίες αντοχής

(ΚΤΣ-97, πίνακα 2.2)

Ο πρώτος αριθμός κάθε κατηγορίας ορίζει την χαρακτηριστική αντοχή εκφραζόμενη σε MPa που διαπιστώνεται όταν ο έλεγχος γίνεται με κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 15 και ύψους 30 cm και ο δεύτερος την χαρακτηριστική αντοχή όταν ο έλεγχος γίνεται με κυβικά δοκίμια ακμής 15 cm.

C16/20

κυλινδρικά δοκίμια 15cm
και ύψους 30cm

16 MPa

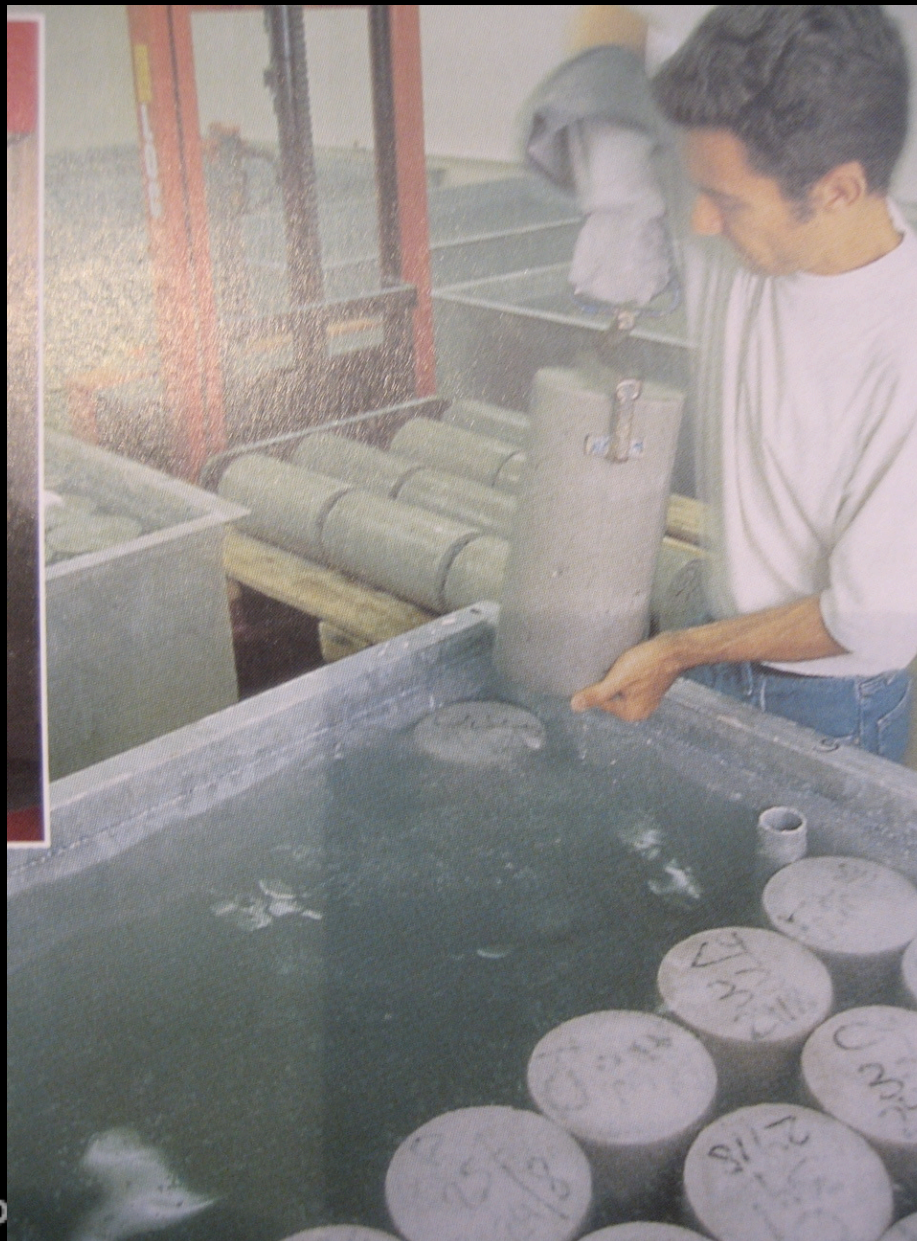
Κυβικά δοκίμια ακμής 15cm

20 MPa



4 –Κατηγορίες αντοχής (strength classes)

Έλεγχος των κυλινδρικών δοκιμιών



4 –Κατηγορίες αντοχής (strength classes)

Κατηγορίες αντοχής

(ΚΤΣ-97, πίνακα 2.2)

Παράδειγμα της μέτρησης της αντοχής του σκυροδέματος στην συμπίεση ανάλογα με την ηλικία του.

ηλικία του σκυροδέματος ημέρα	% της αντοχής
2	30
3	40
7	65
28	100



4 – Κατηγορίες αντοχής (strength classes)

Κατηγορία σκυροδέματος

Κατηγορία σκυροδέματος	f_{ck} , κυλ. (MPa)	f_{ck} , κύβου (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

- . η χρήση της κατηγορίας C12/15 σε οπλισμένο σκυρόδεμα επιτρέπεται μόνο για κτίρια με τρεις το πολύ ορόφους και χωρίς αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας
- . η χρήση της κατηγορίας C16/20 για κτίρια με τρεις το πολύ ορόφους και αυξημένες απαιτήσεις πλαστιμότητας.
- . Τέλος για προεντεταμένο σκυρόδεμα δεν επιτρέπονται οι κατηγορίες C12/15, C16/20 και C20/25, αλλά μόνον μεγαλύτερες.

5 - Κατηγορίες κάθισης (workability classes)

Οι ορισμοί για το Εργοταξιακό και το Εργοστασιακό σκυρόδεμα θα αναφερθούν στα επόμενα, ενώ παρατίθεται εδώ και ο ορισμός της «**εργασιμότητας**» (§ 3.15).

«Εργασιμότητα, είναι η ιδιότητα του νωπού σκυροδέματος, που χαρακτηρίζει την ευκολία με την οποία αυτό μεταφέρεται, διαστρώνεται και συμπυκνώνεται».

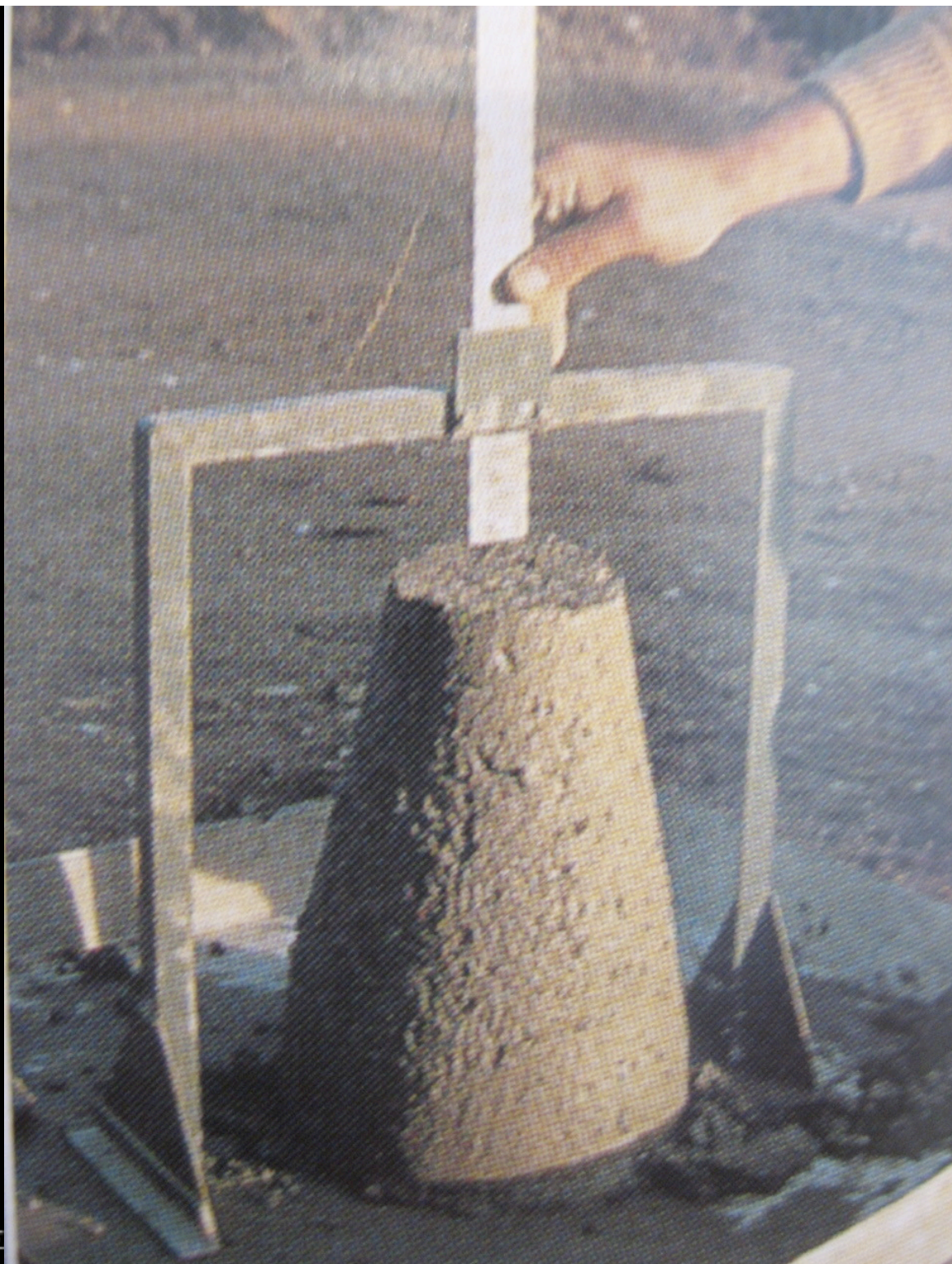
Η εργασιμότητα του σκυροδέματος θα εκφράζεται σε εκατοστά κάθισης (slump test) σύμφωνα με την Μέθοδο Ελέγχου ΣΚ-309.



5 - Κατηγορίες κάθισης (workability classes)

Εκατοστά κάθισης (slump test)



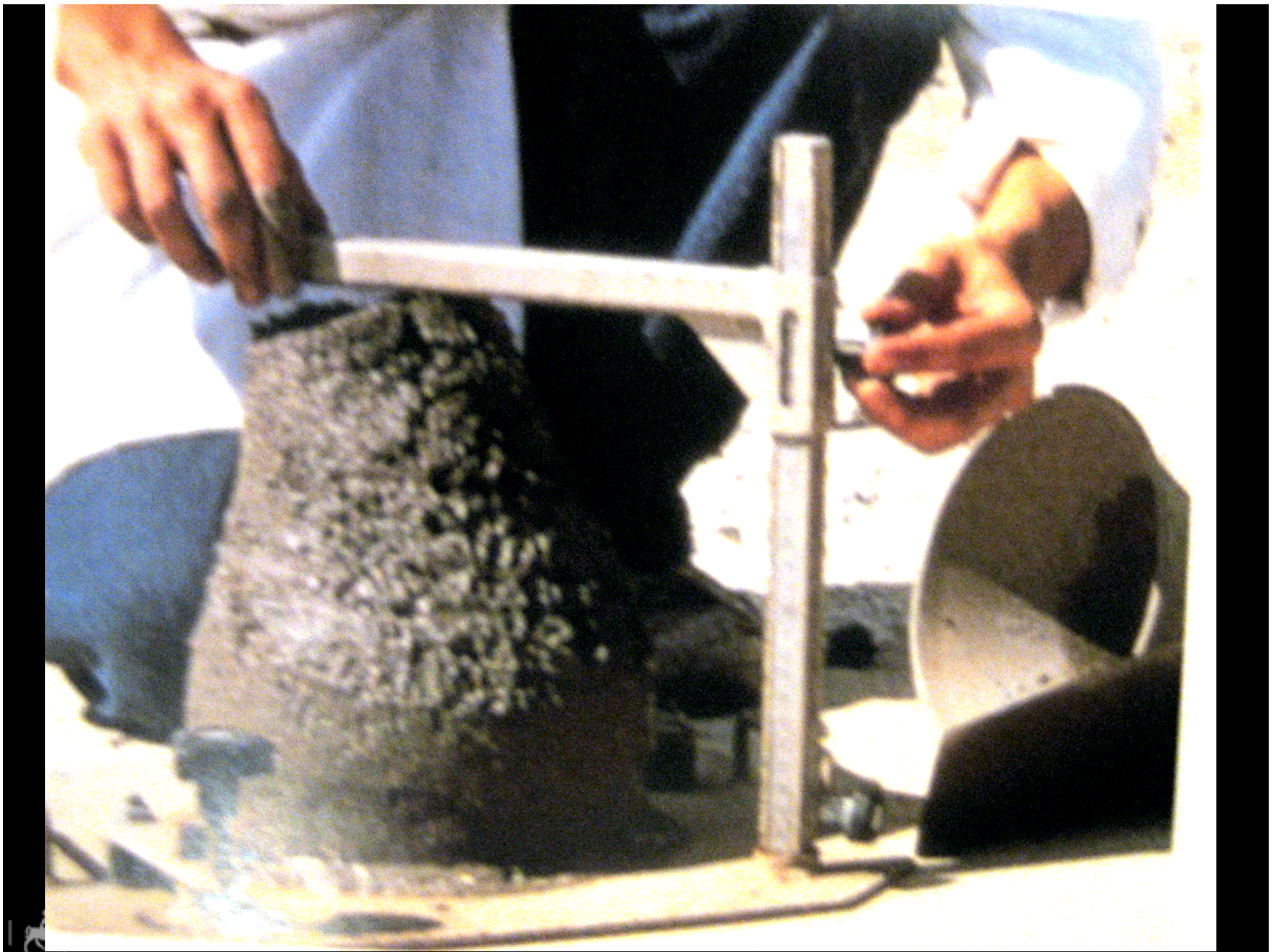


5 - Κατηγορίες κάθισης (workability classes)

Εκατοστά κάθισης (slump test ή κώνος του Abrams)

Κάθιση σε mm	Κατηγορία	
10 – 40	S1	πολύ σκληρό
50 – 90	S2	σκληρό
100 – 150	S3	« πλαστικό »
160 – 210	S4	« πολύ πλαστικό »
> 220	S5	





5 - Κατηγορίες ανθεκτικότητας (durability classes)

(ΚΤΣ-97, ΕΛΟΤ EN 206-1)

Οι κατηγορίες ανθεκτικότητας, δηλαδή εκείνες οι κατηγορίες που εκφράζουν την αντοχή του σκυροδέματος στην διάρκεια του χρόνου και την ικανότητά του να ανταπεξέρχεται ικανοποιητικά στην έκθεσή του σε εξωτερικό περιβάλλον (exposure classes), περισσότερο ή λιγώτερο βλαπτικό ή διαβρωτικό, απαιτούν συνήθως προσοχή σε (5) παράγοντες, τα λεγόμενα “ **5C** ”, δηλαδή :

- α) **Cement content** (ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου)
- β) **Water / Cement ratio** (λόγος Νερού προς Τσιμέντο)
- γ) **Compaction** (συμπύκνωση / δόνηση σκυροδέματος)
- δ) **Curing** (συντήρηση σκυροδέματος)
- ε) **Cover** (πάχος της στρώσεως της επικάλυψης οπλισμού)



5 - Κατηγορίες ανθεκτικότητας (durability classes)

(ΚΤΣ-97, ΕΛΟΤ EN 206-1)

Το σκυρόδεμα διακρίνεται αν είναι σε :

- Εσωτερικό / εξωτερικό χώρο
- Περιβάλλον διαβρωτικό με χλωριόντα, σε θαλάσσιο περιβάλλον
- Περιβάλλον με κίνδυνο παγοπληξίας
- Περιβάλλον με κίνδυνο από ενανθράκωση (carbonation)
- Περιβάλλον με κίνδυνο από δράση θεικών (π.χ. τσιμέντο με αντίσταση στα θειικά, κ.λπ.)
- Επιχρισμένο ή ανεπίχριστο



6 - Οι ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΤΣ-97, ΕΛΟΤ EN 206-1

	Σκυρόδεμα χωρίς απαιτήσεις								Σκυρόδεμα ανθεκτικό σε επιφανειακή φθορά	Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας		Σκυρόδεμα μέσα σε νερό (όχι διαβρωτικό)	Σκυρόδεμ α στη θάλασσα	Σκυρόδεμα εκτεθειμένο σε αέρα κορεσμένο με θαλάσσια άλατα (παραθαλάσσιο περιβάλλον)	Σκυρόδεμ α ανθεκτικό σε χημικές προσβολέ ς
	Επιχρισμένο				Ανεπίχριστο					Μέγιστ ος κόκκο ς 1” ή 31,5 mm	Μέγιστος κόκκος 1/2” ή 16 mm				
	Μέγι- στος κόκκο ς 3/8” ή 8 mm	Μέγι- στος κόκκο ς 1/2” ή 16 mm	Μέγι- στος κόκκο ς 1” ή 31,5 mm	Μέγι-στος κόκκος 1 1/2” ή 63 mm	Μέγι- στος κόκκο ς 3/8” ή 8 mm	Μέγι- στος κόκκο ς 1/2” ή 16 mm	Μέγι- στος κόκκο ς 1” ή 31,5 mm	Μέγι-στος κόκκος 1 1/2” ή 63 mm							
Τύπος τσιμέντου												I ή II			Ισχύει ο Πίνακας 12,4 του Κ.Τ.Σ.
Μέγιστος λόγος νερό/τσιμέντο (N/T)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,67	0,67	0,67	0,67		0,58	0,50	0,60	0,48	0,60	
Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (Kg/m3)	320	300	270	270	350	330	300	300	350	350	400	350	400	330	
Ελάχιστη κατηγορία αντοχής									C 25/30						
Κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών									Κάτω μισό υποζώνης Δ	Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ		Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ	Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ	Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ	Κοντά στη μέση γραμμή της υποζώνης Δ



6 - Οι ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΤΣ-97, ΕΛΟΤ EN 206-1

	Exposure classes																	
	No risk of corrosi on or attack	Carbonation-induced corrosion				Chloride-induced corrosion						Freeze/thaw attack				Aggressive chemical environments		
						Sea water			Chloride other than from the sea									
		X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS 1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2
Maximum w/c	-	0.65	0.60	0.55	0.50	0.50	0.45	0.45	0.55	0.55	0.45	0.55	0.55	0.50	0.45	0.55	0.50	0.45
Minimum strength class	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Minimum cement content (Kg/m³)	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Minimum air content (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-	-
Other requirements												Aggregate in accordance with prEN 12620:2000 with sufficient freeze/thaw resistance					Sulfate-resisting cement ^b	



7 – Μεταφορά σκυροδέματος

(άρθρο 7.2 ΚΤΣ-97)

Όταν η μεταφορά του σκυροδέματος γίνεται με αυτοκίνητα αναδευτήρες, ισχύει η παρ.2 του σχεδίου προτύπου ΕΛΟΤ 346, που ορίζει ως μέγιστο χρόνο ανάμιξης – μεταφοράς – εκφόρτωσης την **1 ½ ώρα**, παρατεινόμενο κατά **20 λεπτά** σε περίπτωση χρήσεως επιβραδυντή.

Πριν από την έναρξη εργασιών σκυροδέτησης, ο Ανάδοχος θα υποβάλλει για έγκριση στη Διευθύνουσα Υπηρεσία, λεπτομερή στοιχεία για τη μέθοδο και τα μέσα μεταφοράς του σκυροδέματος στους τόπους και τις θέσεις διάστρωσης.

Κατά την παραλαβή του σκυροδέματος στο έργο πρέπει να γίνονται οι δειγματοληψίες και οι έλεγχοι του σκυροδέματος, όπως καθορίζονται από τον ΚΤΣ-97. Η απαίτηση αντοχής του σκυροδέματος θα ελέγχεται με κυβικά δοκίμια ακμής 15cm, που θα λαμβάνονται στην έξοδο του αυτοκινήτου μεταφοράς αν πρόκειται για εργοστασιακό σκυρόδεμα ή στην έξοδο του αναμικτήρα, αν πρόκειται για εργοταξιακό σκυρόδεμα, σε χυτοσιδηρές μήτρες.



7 – Μεταφορά σκυροδέματος

(άρθρο 7.2 ΚΤΣ-97)

Το σκυρόδεμα που θα παραδίδεται για διάστρωση θα έχει κατά κανόνα **κάθιση S3 (10-15cm)**. Είναι δυνατόν με την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας το σκυρόδεμα να παρασκευάζεται και να μεταφέρεται από το εργοστάσιο κατασκευής με μικρότερη κάθιση, η οποία θα αποκαθίσταται στην απαιτούμενη δαπάνες του αναδόχου, με την προσθήκη υπερρευστοποιητικού στο έργο.

Ο Ανάδοχος υποχρεούται με δικά του και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό να εκτελεί τις δειγματοληψίες και όλους τους επί τόπου ελέγχους και να συμπληρώνει για κάθε παρτίδα παραλαβής σκυροδέματος (για κάθε αυτοκίνητο αναδευτήρα) το “**ΕΝΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ**”, σύμφωνα με το υπόδειγμα που επισυνάπτεται στην παρούσα Τεχνική Προδιαγραφή και να το υποβάλλει μηνιαίως στη Διευθύνουσα Υπηρεσία.

Οι έλεγχοι ποιότητας του σκυροδέματος θα γίνονται από τα εργαστήρια του ΥΠΕΧΩΔΕ, τα εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων και από αναγνωρισμένα από το ΚΕΔΕ/ΥΠΕΧΩΔΕ εργαστήρια, με φροντίδα και δαπάνη του Αναδόχου, υπό τον έλεγχο και την έγκριση της Διευθύνουσας Υπηρεσίας.



CaCO - Μπετόν ΑΕ

Βιομηχανία Παραγωγής Ετοιμού Σκυροδέματος

CaCO₁ :Κεντρικό

Λυκοφιλίας 666

Κατασκοχώρι

000 568 2445

CaCO₂

Χρυσόκοτας 99

Πουρνάρι

000 568 1046

CaCO₃

Αλεποφωλιάς 1

Αρκούδωρεμα

000 568 1362

ΔΕΛΤΙΟ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Αριθμός
Δελτίου

ΠΕΛΑΤΗΣ

ΠΟΝΗΡΟΥΛΗΣ ΑΕ
Εφιάλη 13
Φιδόκαμπος
ΑΦΜ : 0001453
ΔΟΥ : ΧΕ'
Κωδικός : 01313

Ε
Ρ
Λ
Ο

Πολυκατοικία
Αρ. Αδ. 999/1999
Κερκόπορτας 99
Κακοσάλεσι

ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑ

Παρήγγειλε : Πονηρούλης Ιούδας , 29.2.99 - 18.30
Σκυρόδεμα : C20/25 120 m³
Κάθιση : S3 10 - 12 cm
Μεγ. κόκκος : 31.5 mm
Δοκίμια : κυβ. 15X15X15
Επίχρισμα : ναι
Αντλήσιμο : ναι
Κριτήριο Ε : όχι

Χημικά : όχι
Επ.φθορά : όχι
Περιβ.θαλ.: όχι
Στο νερό : όχι
Μικρή θερμ: όχι
Δονητές μάζας
.....

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΟΡΤΙΟΥ

Ποσότητα : m³ 10 δέκα
ton. 24
Κατηγορία : C 20/25
Κάθιση : S3 , 10 - 12 cm
Θερμ. ατμοσφ : 26 ° C
Ειδ.βάρος : 2.4 t/m³
Ημερομηνία : 31-2-1999
Φόρτωση : 12.40 °
Αυτοκίνητο : ΦΕΥ 6969
Οδηγός : Ν. Πατούχας

Τύπος τσιμέντου : II / 35
Νερό : πόσιμο
Επιβραδυντικό : ναι °
Πρόσθ.υπερρευσ. : 4 kg
Σύνθεση
τσιμέντο : 330 kg
άμμος : 1000 kg
σκύρα : 700 kg
γαρμπίλι : 170 kg
N / T : 0.62

ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΛΑΤΗ

Μονομερής Προαιρετική Συμπλήρωση

Λαβή : 13.10
Έναρξη σκυροδέτησης : 13.25
Αναχώρηση : 14.10
Δοκίμιο/α : Ν° 4 13.50

Θέση σκυροδέτησης : πέδιλα Π₂,
Π₃, Π₄, Π₅

ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΕΛΑΤΗ

Υπογραφή

Εντολέας: Δημ. Μαλακός
Επιβλέπων Μηχανικός

Ο Παραδίδων

Ο Παραλαμβάνων

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ η προσθήκη νερού στο σκυρόδεμα - ΚΤΣ άρθρο 6.9
Η επιθυμητή εργασιμότητα θα επιτευχθεί μόνο με υπερρευστοποιητικό- τιμή 500 δρχ/kg

• ΠΡΟΣΟΧΗ : Η ΔΙΑΣΤΡΩΣΗ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΜΕΧΡΙΣ ΩΡΑΣ 14.30



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

8- Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του σκυροδέματος

8.1 Κυβική Μαζά

Σκυρόδεμα : 2,2 - 2,4t /m³

οπλισμένο σκυρόδεμα : 2,5 t / m³

8.2 Θερμική διαστολή

Μέση τιμή: $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ (proche de l'acier)



8- *Caractéristiques physiques et mécaniques du béton*

8.4 Αντοχή σε θλίψη

C16/20 ... C35/45

8.5 Αντοχή σε εφελκυσμό

- . Πολύ πιο μικρή από την αντοχή στην συμπίεση ($\approx 1/10e$)
- . $R_{\text{εφελκυσμό}} = 15 \text{ à } 20 \text{ daN/cm}^2$

8.6 *E, Young Modulus*, . E, η σταθερά της ελαστικότητας
E= 20 GPa



Exemple

Paul Andreu et Jean-Michel Fourcade, Aérogare 2F CDG

Source Construire avec les bétons + photos personnelles





10
of the
12
Top
Hostellers

Aéroport de Paris présente

Prix L'ORÉAL-UNESCO 2004
Prix de la recherche scientifique

Pr. Jennifer GRAVES
Généticienne, spécialiste des maladies génétiques rares et de l'évolution humaine

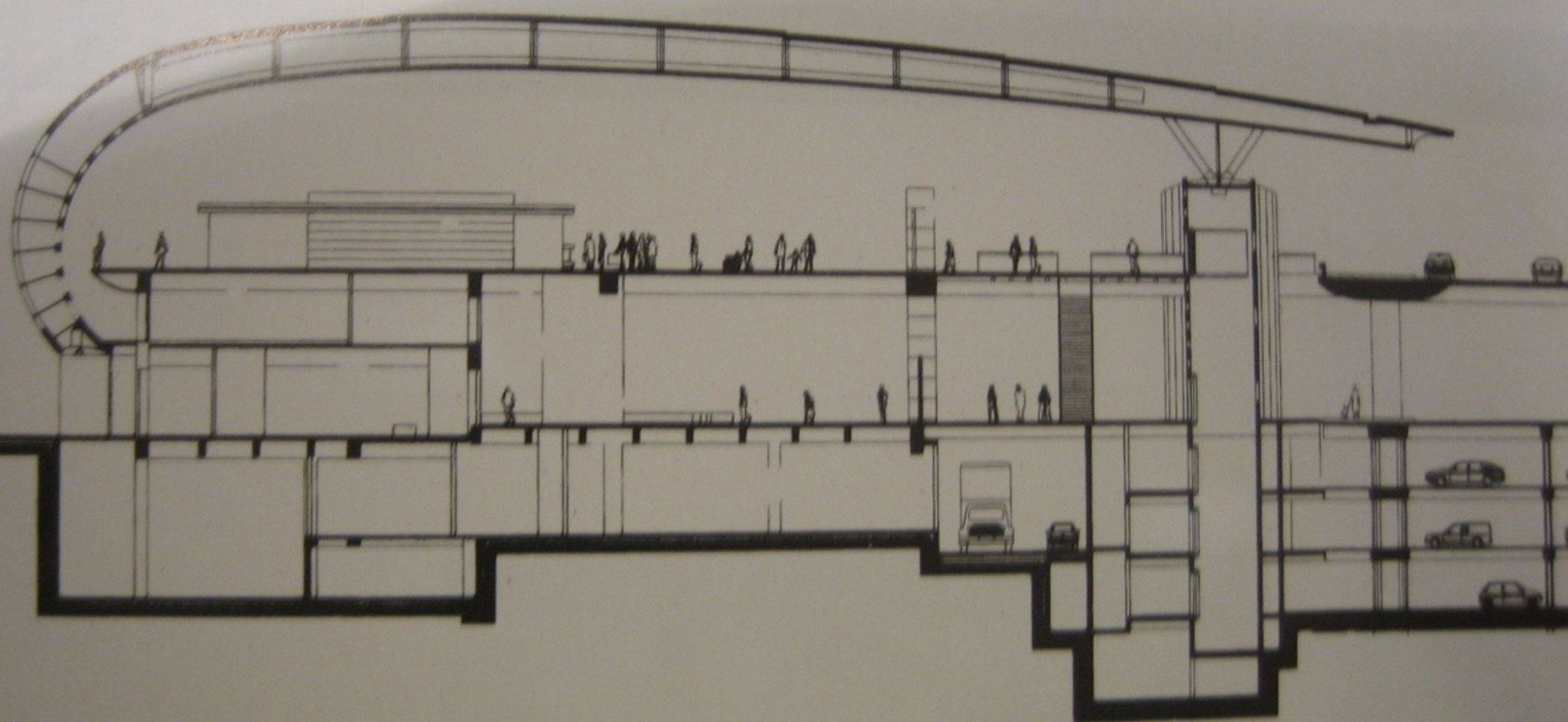
L'ORÉAL, partenaire scientifique

F21-36
1-7



Terminal 2





Une varié





Άπλες Καταπονήσεις : η ροπή της κάμψης

<http://www.youtube.com/watch?v=PQllipMokq4>



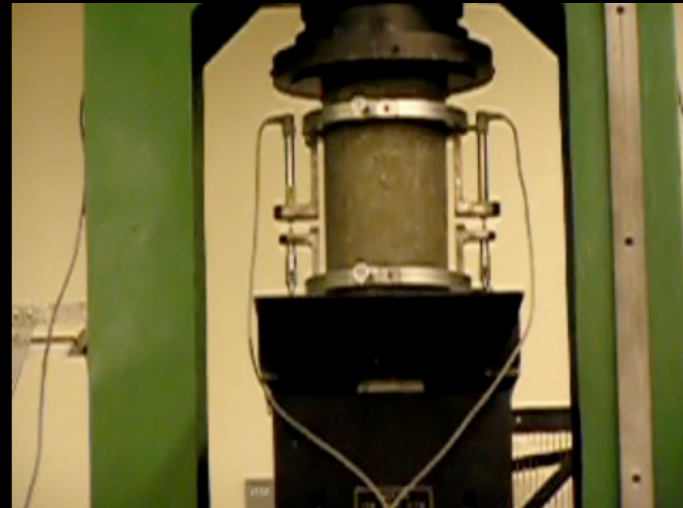
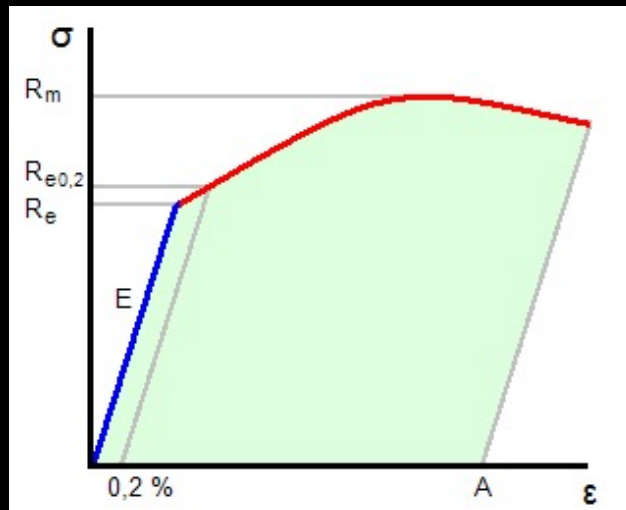
Άπλες Καταπονήσεις : συμπίεση / θλιψή

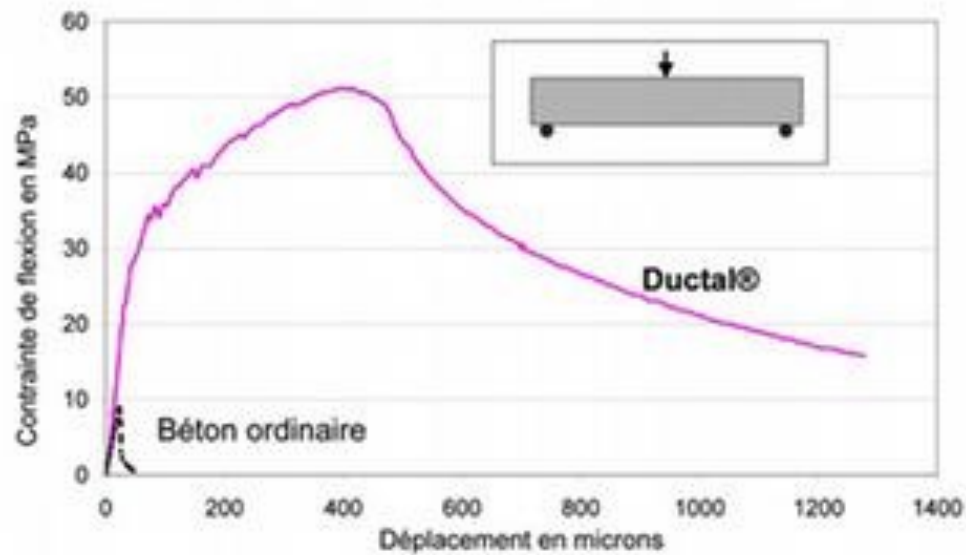
“Ductility is a mechanical property that describes the extent in which solid materials can be plastically deformed without fracture.”



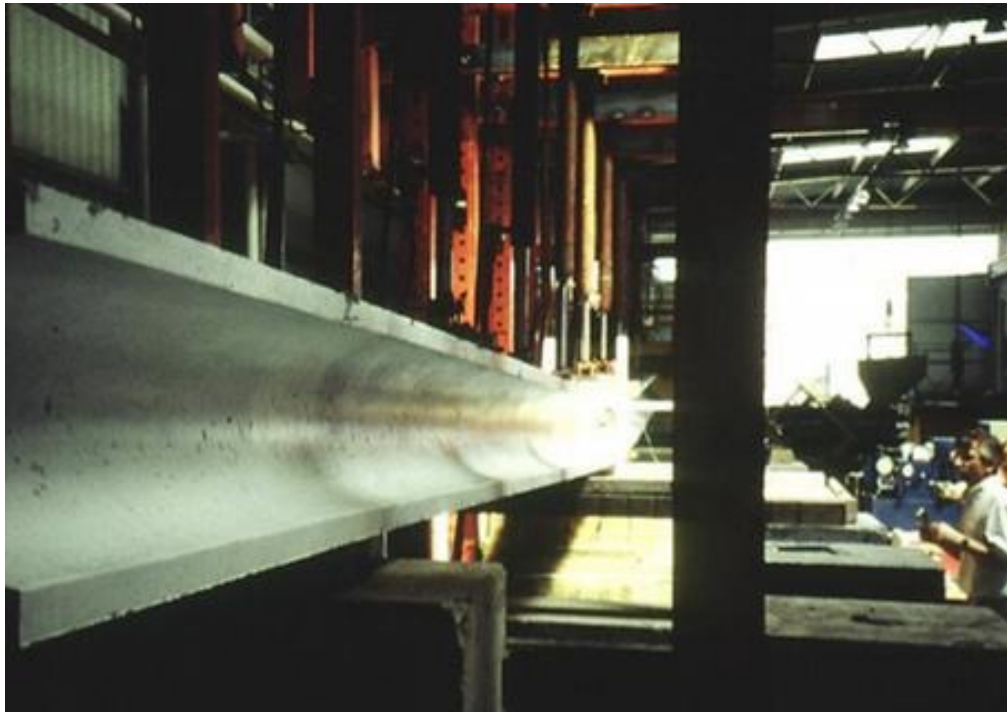
<http://www.youtube.com/watch?v=VDbN6lp-OcE>

<http://www.youtube.com/watch?v=mMDWCWDVVdU>





Le Ductal®-FM contient 2% en volume de fibres métalliques, soit plus de 50 millions de fibres métalliques par mètres cubes. Ces fibres confèrent au matériau un comportement ductile en flexion : ceci signifie qu'une fois dépassées les premières micro-fissurations et la valeur maximale, la contrainte supportée par le matériau ne chute pas brutalement mais progressivement tandis que la déformation augmente, comme le montre le graphe ci-après.



Ductal is a proprietary pre-mixed ultra-high performance concrete whose physical characteristics exceed those of common concrete used in the construction of buildings. It is manufactured by Lafarge and Bouygues. Ductal has high compressive strength and flexural resistance compared to other concretes. It also has high durability, abrasion resistance, and chemical/environmental resistances (e.g. freeze and thaw, salt water, etc.). Due to these properties.

Ductal can be used in thinner cross-sections and in more varied applications than common concrete. Ductal is almost self placing and is best suited for precast elements or in-situ repair or upgrade works.

The constituents of Ductal are cement, fine sand, silica fume and silica flour as a filler, additive and water, using a low water cement ratio and may include high-strength steel fibres or non-metallic fibres.

[*http://en.wikipedia.org/wiki/Ductal*](http://en.wikipedia.org/wiki/Ductal)



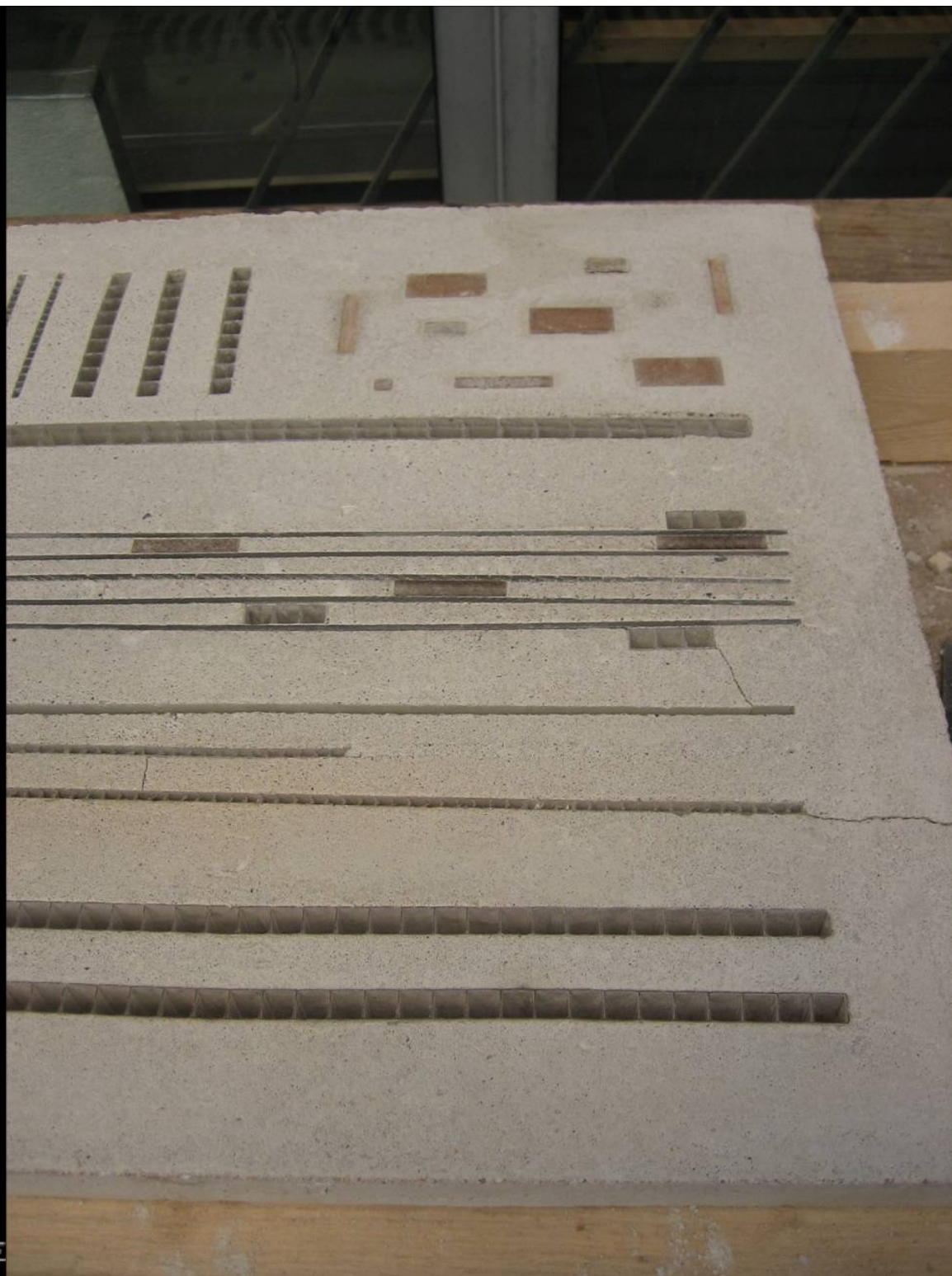
Exemple

*Panneau en béton BFUP, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble
Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau - Juin 2006*

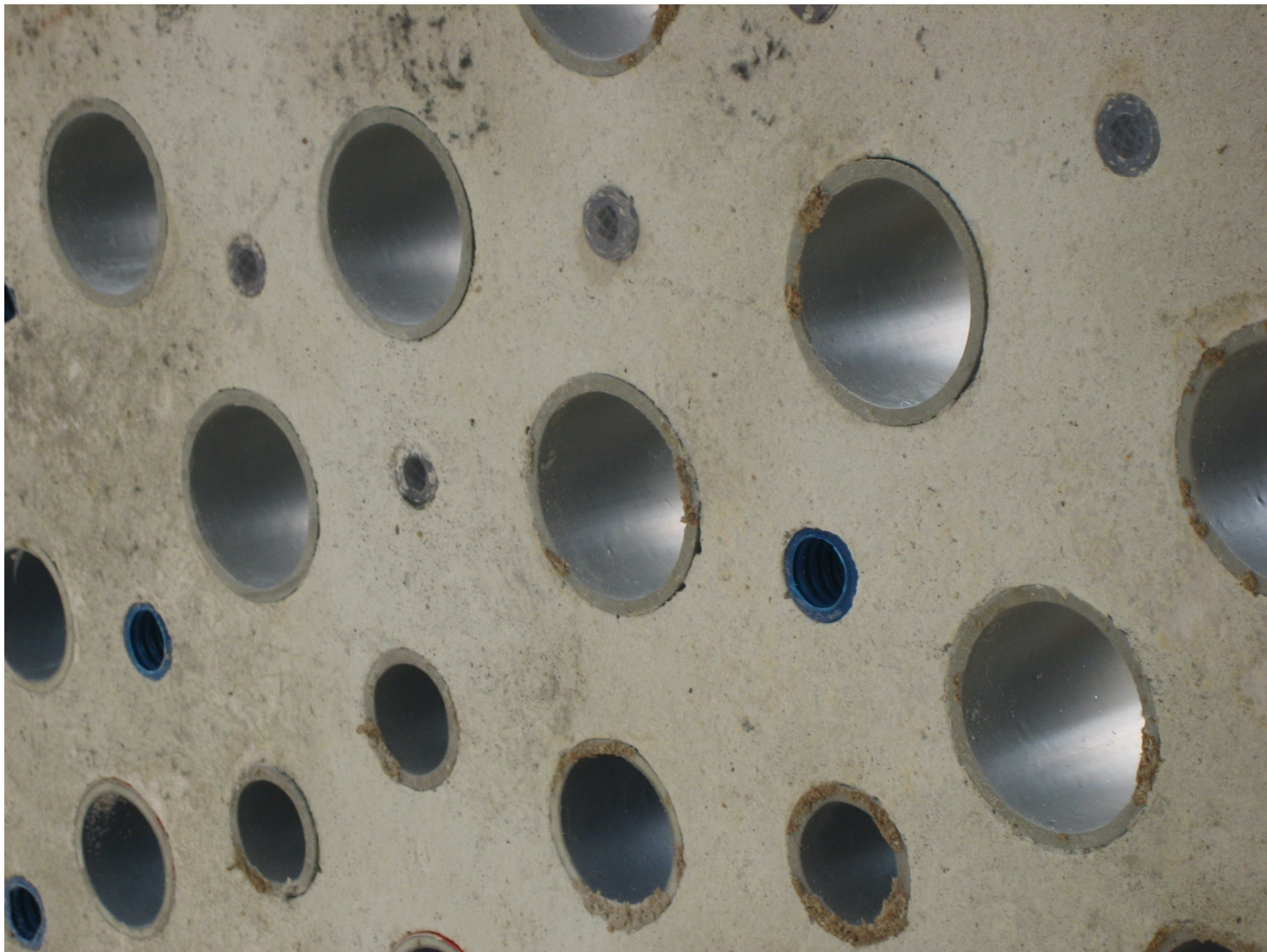
Photos personnelles















MUCEM Rudy Ricciotti (in association with Roland Carta), 2013, Marseille, France

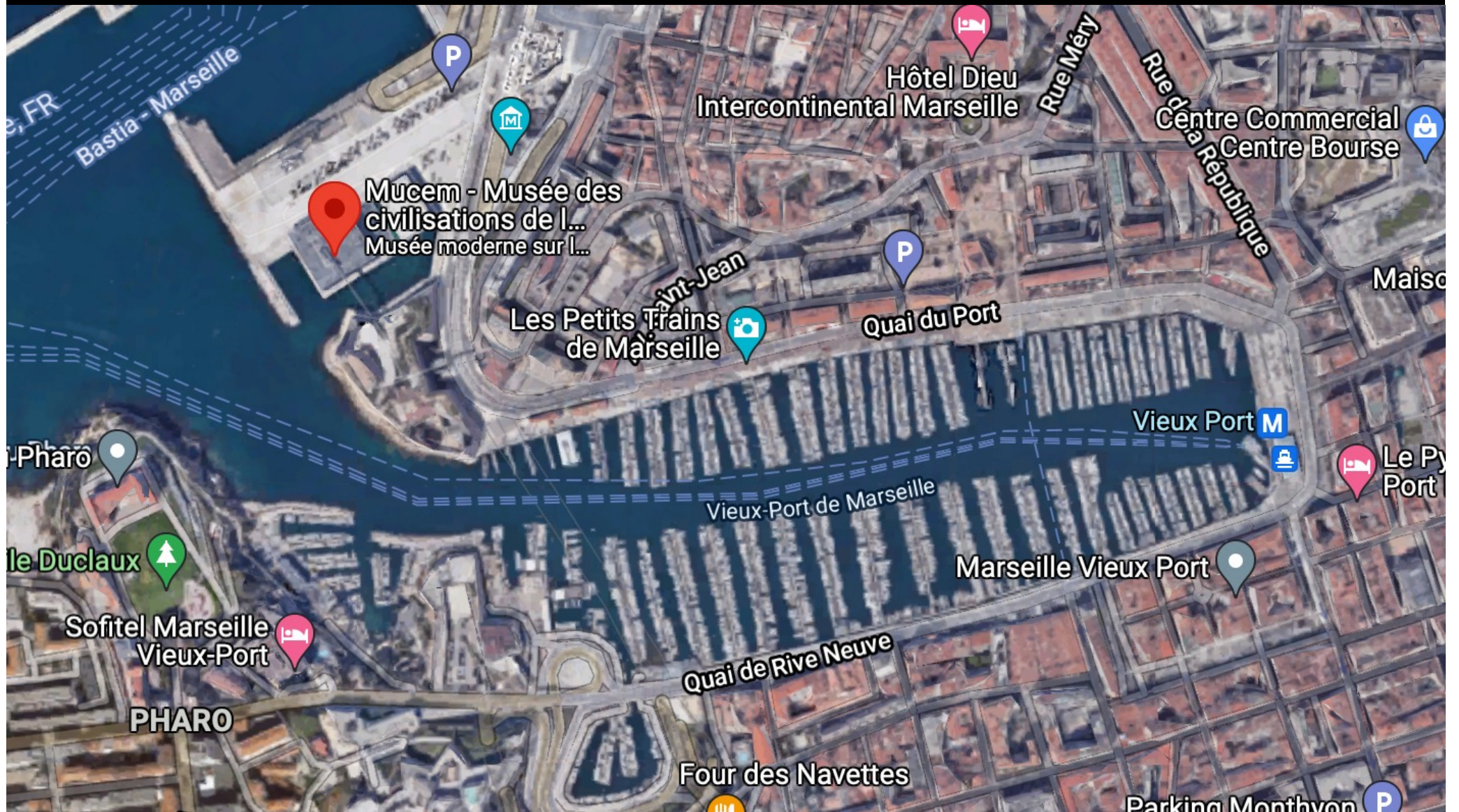


Musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée



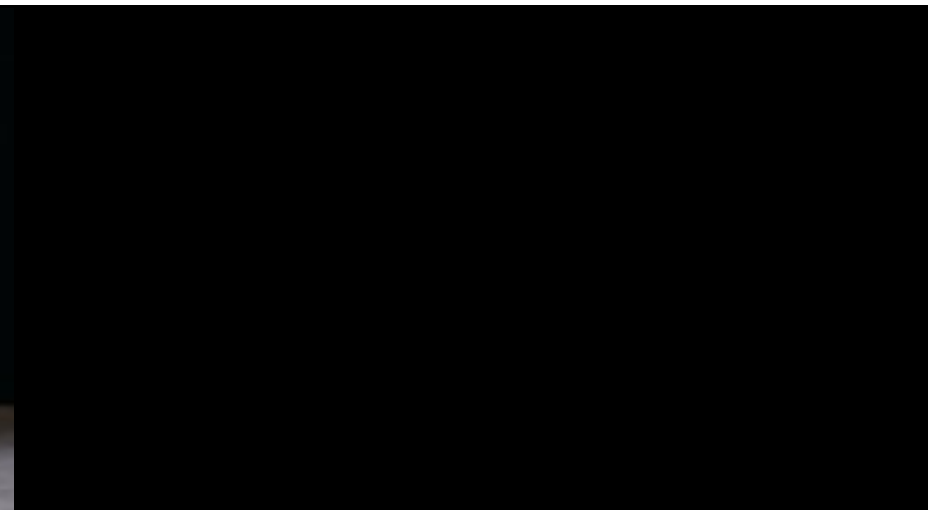
<https://www.google.com/maps/place/Mucem+-+Musée+des+civilisations+de+l'Europe+et+de+la+Méditerranée/@43.2948762,5.3692459,1418m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x12c9c09a8f9df3ed:0xa5f38246ce5239fe!8m2!3d43.2966941!4d5.3610825?authuser=1&hl=fr>

+Musée+des+civilisations+de+l'Europe+et+de+la+Méditerranée/@43.2948762,5.3692459,1418m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x12c9c09a8f9df3ed:0xa5f38246ce5239fe!8m2!3d43.2966941!4d5.3610825?authuser=1&hl=fr





Fauteuil et table basse ou repose-pied "Spline", en Ductal de 2,5 cm d'épaisseur, coloris au choix, création David Rouyer, L 102 x l 60 x H 74 cm et L 63 x l 60 x H 33 cm (2 115 € les 2, La Bétonnerie Francesco Passatini



Ductal street furniture by Olivier Chabaud and Leveque





1- έλξη / εφελκυσμό

Τιμές :

- . Ξύλο : $\sigma_{max} = 10-30 \text{ MPa}$
- . Χάλυβας : $\sigma_{max} = 240 - 360 \text{ MPa}$
- . Σκυρόδεμα : $\sigma_{max} = 2,1 \text{ à } 2,7 \text{ Mpa}$
- . Ductal : $\sigma_{max} = 8 \text{ Mpa}$

(x5)

2- συμπίεση / θλιπή

Τιμές :

- . Ξύλο : $\sigma_{max} = 10-30 \text{ MPa}$
- . Χάλυβας : $\sigma_{max} = 85 - 125 \text{ MPa}$
- . Σκυρόδεμα : $\sigma_{max} = 10 - 60 \text{ MPa}$
C12/15C50/60
- . Ductal : $\sigma_{max} = 160 - 230 \text{ Mpa}$

(x8 –

10)

3. E, η σταθερά της ελαστικότητας

Τιμές : *E « young modulus »*

- . Ξύλο : $E = 7-13 \text{ GPa}$
- . Χάλυβας : $E = 210 \text{ GPa}$
- . Σκυρόδεμα : $E = 20 \text{ GPa}$
- . Ductal : $E = 55-60 \text{ GPa}$

1 Pa = 1N/m²

10⁶ Pa = 1 GPa = 1N/mm²

