

Πυρηνοληψία

**EN 13791: Για όλα
(συμμόρφωση, αποτίμηση, αμφισβήτηση)**

**ΚΑΝΕΡΕ 2022
Για επεμβάσεις (ανάγκη για αποτίμηση)**

**ΚΤΣ 2016 - Γ2 → ΕΠΑΝΕΛΕΓΧΟΙ ΣΕ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ
λήψη πυρήνων για επανέλεγχο φορτίου (=βαρέλα) ή παρτίδας (=διάστρωση 1 μέρας)
(ελάχιστη διαφοροποίηση από το EN13791)**

EN 13791 ως προς την αποτίμηση αντοχής σκυροδέματος επί τόπου μιας περιοχής (με διάφορες θέσεις) ενός έργου

A) μόνο με πυρήνες

B) Λήψη πυρήνων για ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ του οργάνου έμμεσης μεθόδου (θέση λήψης πυρήνων ΙΔΙΑ με την εφαρμογή έμμεσης μεθόδου) με σκοπό σε άλλες θέσεις της ίδιας παρτίδας -απ' όπου δεν επιτρέπεται να λάβουμε πυρήνες- να εκτιμήσουμε αντοχή σκυροδέματος με την βαθμονομημένη έμμεση μέθοδο

ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ

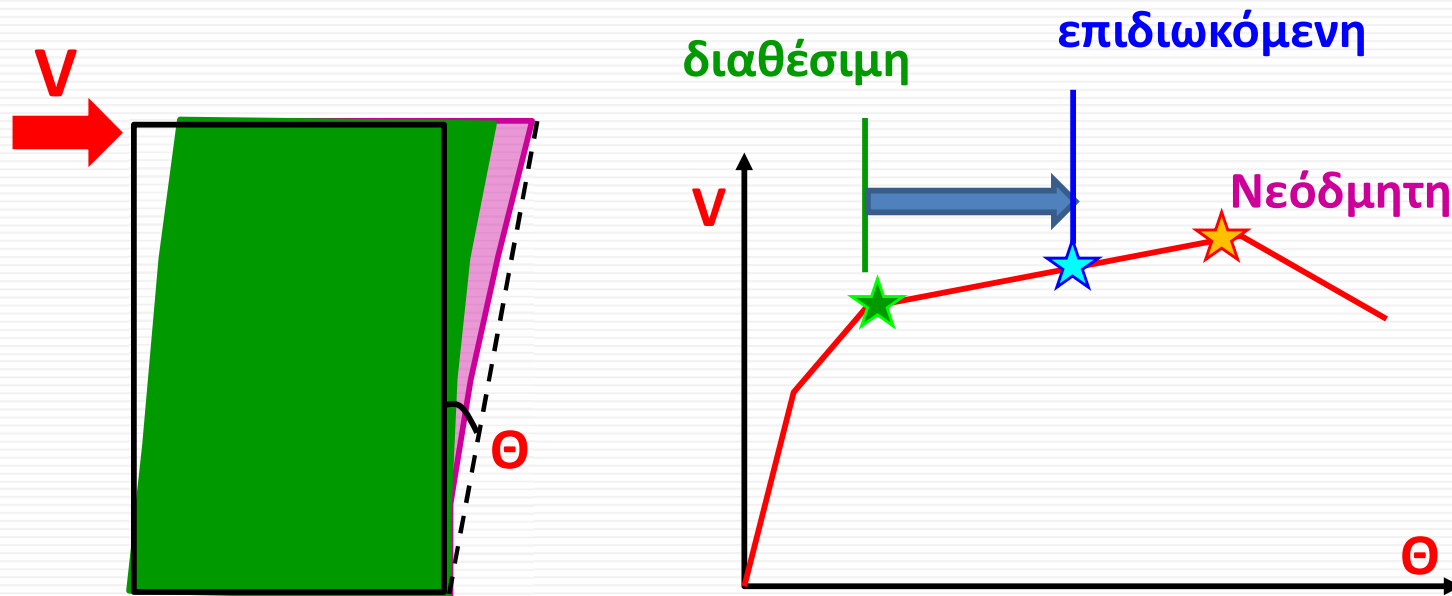
Συμμόρφωση της επιτόπου αντοχής με την κατά EN206 χαρακτηριστική αντοχή

Αποτίμηση υφιστάμενης «παλιάς» κατασκευής προς τροποποίηση (π.χ. επέκταση), ανασχεδιασμό (π.χ. βάσει των σύγχρονων απαιτήσεων) ή επειδή έχει υποστεί βλάβες

Αμφισβήτηση ποιότητας σκυροδέματος, μη συμμόρφωση
Ελαττωματική εργασία

Έλεγχος υφισταμένων δομημάτων

- χωρίς εμφανείς βλάβες ή φθορές (ενδεχόμενος αντισεισμικός ανασχεδιασμός)
- που έχουν υποστεί βλάβες (έλεγχος, επισκευή ή ενίσχυση και αντισεισμικό ανασχεδιασμό)



ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ: διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα **Συλλογή στοιχείων**

ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: επιδιωκόμενη φέρουσα ικανότητα

Συλλογή στοιχείων

Καταγράφονται:

- οι βλάβες ή φθορές ανεξαρτήτως του αν οφείλονται σε σεισμό ή άλλες δράσεις (πυρκαγιά, δράσεις περιβάλλοντος κ.λπ.).
 - Οι περιβαλλοντικές συνθήκες
 - Η γεωμετρία των διατομών
 - Ο τρόπος όπλισης
 - **Η κατάσταση των υλικών (σκυρόδεμα και χάλυβας)**
- Διερευνητικές εργασίες & μετρήσεις: **ΠΟΣΟΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ** ιδιοτήτων των υλικών από πιστοποιημένα Εργαστήρια



Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)



Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

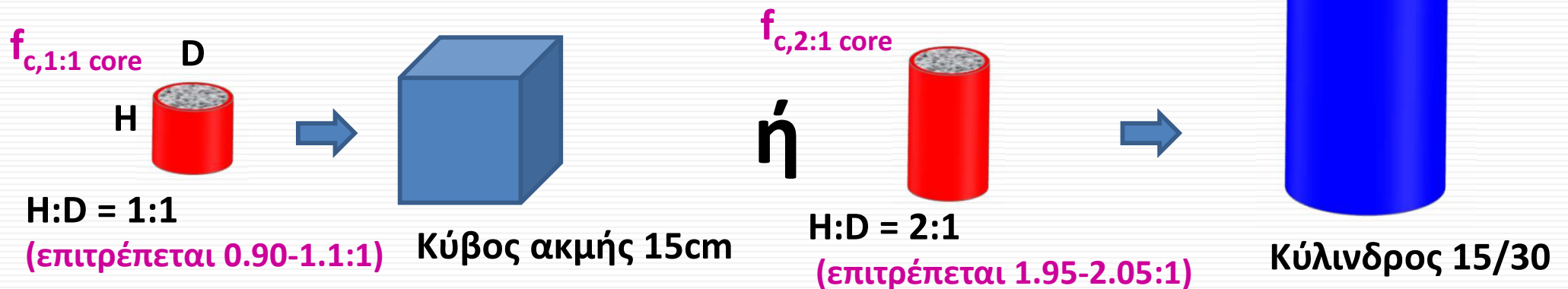
EN 12504-1 → λήψη και δοκιμή πυρήνων

Το μέγεθος του πυρήνα

- $D_{\text{πυρήνα}} > 3 * D_{\text{max, αδρανούς}}$ (αλλιώς επηρεάζει αρνητικά την αντοχή)

κατά EN13791 (2019): $D \geq 7.5\text{cm}$

Γεωμετρία πυρήνα



Για τον καθορισμό της αντοχής $f_{ck, is}$ το αποτέλεσμα του πυρήνα θα πρέπει να μετατρέπεται σε ισοδύναμη τιμή 2:1 (κύλινδρος). Π.χ. για πυρήνα 1:1 ο συντελεστής μετατροπής είναι 0.82, π.χ. $f_{c,2:1 \text{ core}} = 0.82 f_{c,1:1 \text{ core}}$

- Επιπεδότητα, καθετότητα, απόκλιση διαστάσεων 1%
- Αν $D < 10\text{cm}$ & $H/D = 1$ μεγάλες αποκλίσεις f_{is} ($D/d_{\text{αδρανούς}}$)
- Αν $D = 5\text{cm}$ (π.χ. εξαιτίας παρουσίας οπλισμών) → τριπλάσιος αριθμός πυρήνων



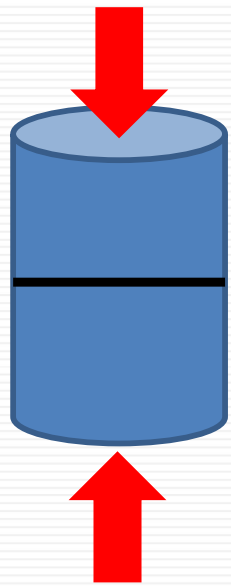
Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

EN 12504-1 → λήψη και δοκιμή πυρήνων

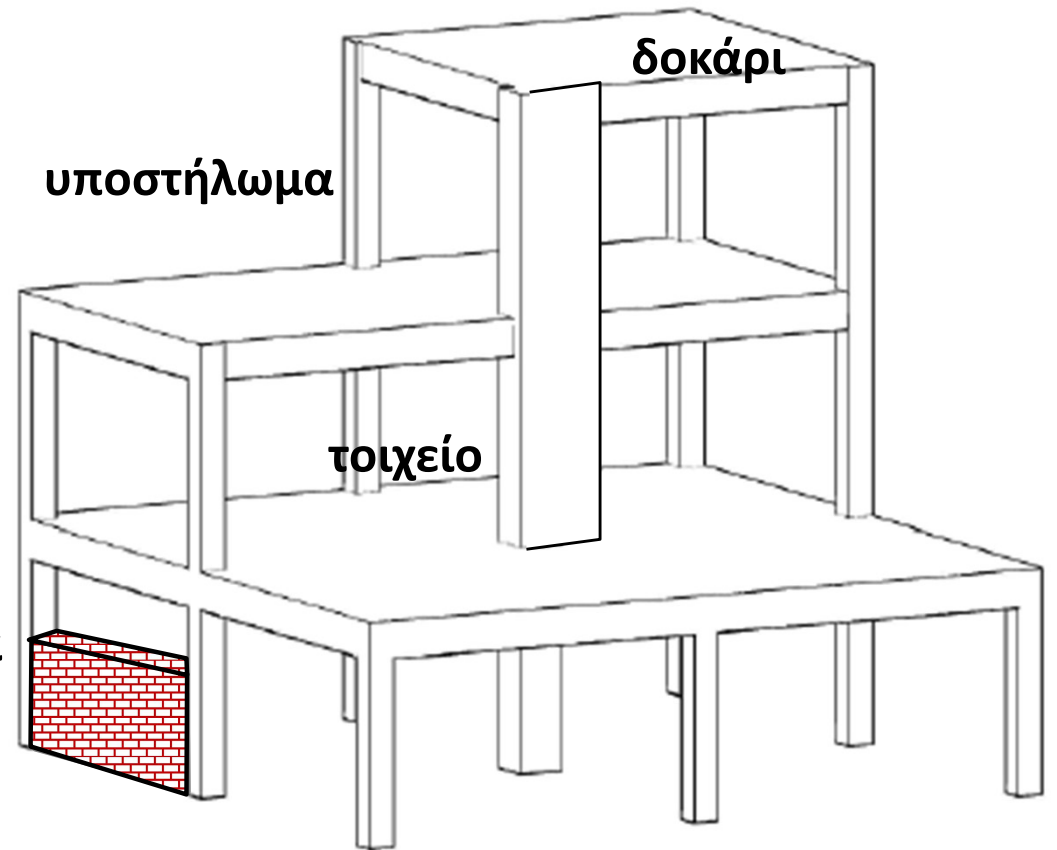
περιοχή μικρής έντασης ώστε να μην υπάρξουν «επιπλοκές» στην κατασκευή

χωρίς οπλισμούς (επιτρέπεται μέχρι $\Phi 8$, κάθετα στον άξονα του πυρήνα)



Κοντό
υποστήλωμα

λυγισμός

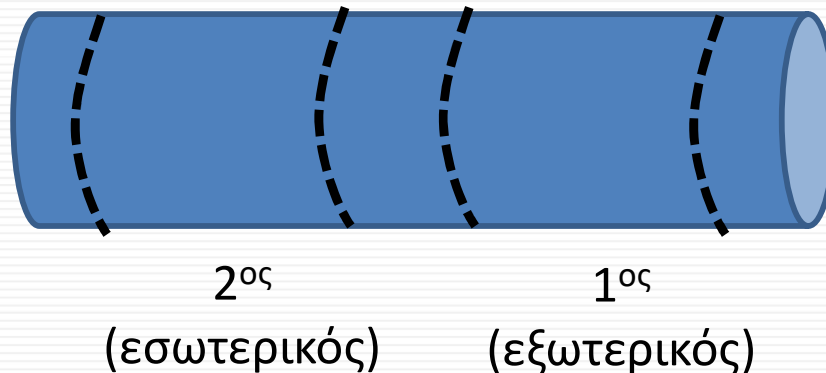


Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

EN 12504-1 → λήψη και δοκιμή πυρήνων

Από μία διάτρηση μπορεί να προκύψουν περισσότεροι από ένας πυρήνες



Αφαίρεση 2cm από περιοχή ελεύθερη ξυλοτύπου

Συντήρηση πριν την δοκιμή: για 48 ώρες μέσα σε νερό, 20°C

→ Δοκιμή σε κατάσταση κορεσμού

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

EN 12504-1 → λήψη και δοκιμή πυρήνων

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΩ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ:



Οι διαμορφούμενες οπές στο σκυρόδεμα από τη λήψη των πυρήνων, ιδιαίτερα αν αυτές έχουν δημιουργηθεί σε κατακόρυφα στοιχεία ή δοκούς, θα γεμίζουν ΑΜΕΣΩΣ και πλήρως με μη συρρικνούμενο σκυρόδεμα.

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

EN 12504-1 → λήψη και δοκιμή πυρήνων

EN 13791 → αποτίμηση αντοχής σκυροδέματος επί τόπου με πυρήνες

Αριθμός πυρήνων

Αν $n = 3 - 14$ πυρήνες «θέσεις»
(για μία περιοχή, π.χ. όροφος)

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \\ f_{ck,is} \leq f_{is,lowest} + 4 \end{cases}$$

Table 2 – Margin k associated with small numbers of test results

n	k
10 to 14	5
7 to 9	6
3 to 6	7

EN 13791 (2019): αν η περιοχή αφορά έως 10m^3
σκυροδέματος → τουλάχιστον 3 πυρήνες με $D \geq 75\text{mm}$

Αν $n \geq 15$ πυρήνες «θέσεις»
(για μία περιοχή, π.χ. όροφος)

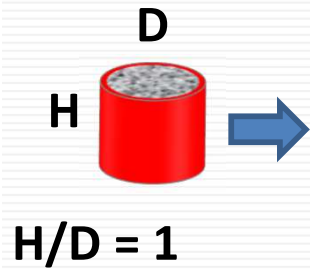
$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k_2 \cdot s \\ f_{ck,is} \leq f_{is,lowest} + 4 \end{cases}$$

$$k_2 = 1.48$$

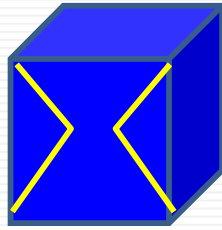
$$s \geq 2\text{MPa}$$

Λόγω μεγαλύτερου δείγματος το k_2 ↓

EN 13791 → αποτίμηση αντοχής σκυροδέματος επιτόπου με πυρήνες



Κύβος 15cm



$$\frac{f_{ck, is}}{f_{ck}} = 0.85$$

Η επιτόπου αντοχή είναι μικρότερη της κλάσης
 Παράδειγμα ως προς την ΜΗ χρήση του Πίνακα:
 $f_{ck, is, cyl} = 18 \text{MPa} \rightarrow 18 / 0,85 = 21.2 \text{MPa} \Rightarrow \text{C20/25}$

Table 1 — Minimum characteristic in-situ compressive strength for the EN 206-1 compressive strength classes

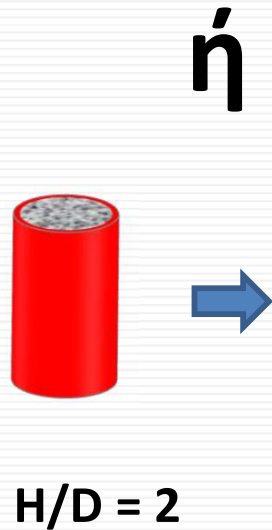
Compressive strength class according to EN 206-1	Ratio of in-situ characteristic strength to characteristic strength of standard specimens	Minimum characteristic in-situ strength N/mm ²	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15	0,85	10	13
C16/20	0,85	14	17
C20/25	0,85	17	21
C25/30	0,85	21	26
C30/37	0,85	26	31

Παράδειγμα ως προς την χρήση του Πίνακα: $f_{ck, is, cyl} = 18 \text{MPa} \rightarrow$

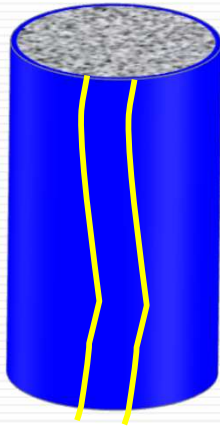
C40/50	0,85	34	43
C45/55	0,85	38	47
C50/60	0,85	43	51
C55/67	0,85	47	57
C60/75	0,85	51	64
C70/85	0,85	60	72
C80/95	0,85	68	81
C90/105	0,85	77	89
C100/115	0,85	85	98

NOTE 1 The in-situ compressive strength may be less than that measured on standard test specimens taken from the same batch of concrete.

NOTE 2 The ratio 0,85 is part of γ_c in EN 1992-1-1: 2004.



Κύλινδρος 15/30



αποτίμηση $f_{ck,is}$ ΜΟΝΟ με πυρήνες

λαμβάνονται από τυχαίες θέσεις μιας «ελεγχόμενης περιοχής» π.χ. ορόφου

• Κατά EN 13791

➤ $n \geq 15$ πυρήνες

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1.48 \cdot s \\ f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4 \end{cases}$$

$$s \geq 2MPa$$

Π.χ. Σε όροφο μιας πενταόροφης οικοδομής (σκυροδετήθηκε από μια παρτίδα σκυροδέματος)

Πυρήνες 1:1

No.	$f_{i,is}$
1	35
2	29
3	33
4	30
5	28
6	33
7	36.5
8	30
9	36
10	30
11	28.5
12	25.5
13	33
14	35
15	26

$$f_{ck,is} = 31.2 - 1.48 \cdot 3.54$$

$$f_{ck,is} = 25.98MPa$$

$$f_{ck,is} = 25.5 + 4 = 29.5MPa$$

$$\Rightarrow \min f_{ck,is} \approx 26MPa$$

$$f_{ck,cube} = \frac{f_{ck,is}}{0.85} = \frac{26}{0.85} = 30.6MPa$$

→ C25/30

$f_{m(n),is} =$	31.2
$s =$	3.54

$$s \geq 2MPa$$

αποτίμηση $f_{ck,is}$ ΜΟΝΟ με πυρήνες

λαμβάνονται από τυχαίες θέσεις μιας «ελεγχόμενης περιοχής» π.χ. ορόφου

• Κατά EN 13791

→ C25/30

→ C20/25

➤ $n > 15$ πυρήνες

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1.48 \cdot s \\ f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4 \end{cases}$$

$$s \geq 2MPa$$

➤ $n = 3 - 14$ πυρήνες → 9

$$\min \begin{cases} f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \\ f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4 \end{cases}$$

n	k
10 to 14	5
7 to 9	6
3 to 6	7

$$\frac{f_{ck,is}}{f_{ck,cube}} = 0.85 \Rightarrow f_{ck,cube} = \frac{f_{ck,is}}{0.85}$$

No.	$f_{i,is}$
1	35
2	29
3	33
4	30
5	28
6	33
7	36.5
8	30
9	36
10	30
11	28.5
12	25.5
13	33
14	35
15	26

No.	$f_{i,is}$
1	36.5
2	30
3	36
4	30
5	28.5
6	25.5
7	33
8	35
9	26

Πυρήνες 1:1

$$f_{m(n),is} = 31.2$$

$$f_{ck,is} = 31.2 - 6 = 25.2MPa$$

$$f_{ck,is} = 25.5 + 4 = 29.5MPa$$

$$\Rightarrow \min f_{ck,is} = 25.2MPa$$

$$\begin{aligned} f_{m(n),is} &= 31.2 \\ s &= 3.6 \end{aligned}$$

$$f_{ck,cube} = \frac{f_{ck,is}}{0.85} = \frac{25.2}{0.85} = 29.6MPa$$

αποτίμηση $f_{ck, is}$ ΜΟΝΟ με πυρήνες

λαμβάνονται από τυχαίες θέσεις μιας «ελεγχόμενης περιοχής» π.χ. ορόφου

Κατά τον Νέο

Ευρωκώδικα:

Οιοδήποτε δείγμα

πυρήνων πρέπει να

συμμορφώνεται στην

εξής απαίτηση:

$\ln(f_{i, is}) \rightarrow \text{mean } \ln(f_{i, is})$

$\rightarrow \text{Standard deviation } s$

Θα πρέπει $s < 0.1-0.2$

No.	$f_{i, is}$	$\ln(f_{i, is})$
1	35	3,6
2	29	3,4
3	33	3,5
4	30	3,4
5	28	3,3
6	33	3,5
7	36.5	3,6
8	30	3,4
9	36	3,6
10	30	3,4
11	28.5	3,3
12	25.5	3,2
13	33	3,5
14	35	3,6
15	26	3,3
Mean[$\ln(f_{i, is})$]=		3.44
s=		0.11

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

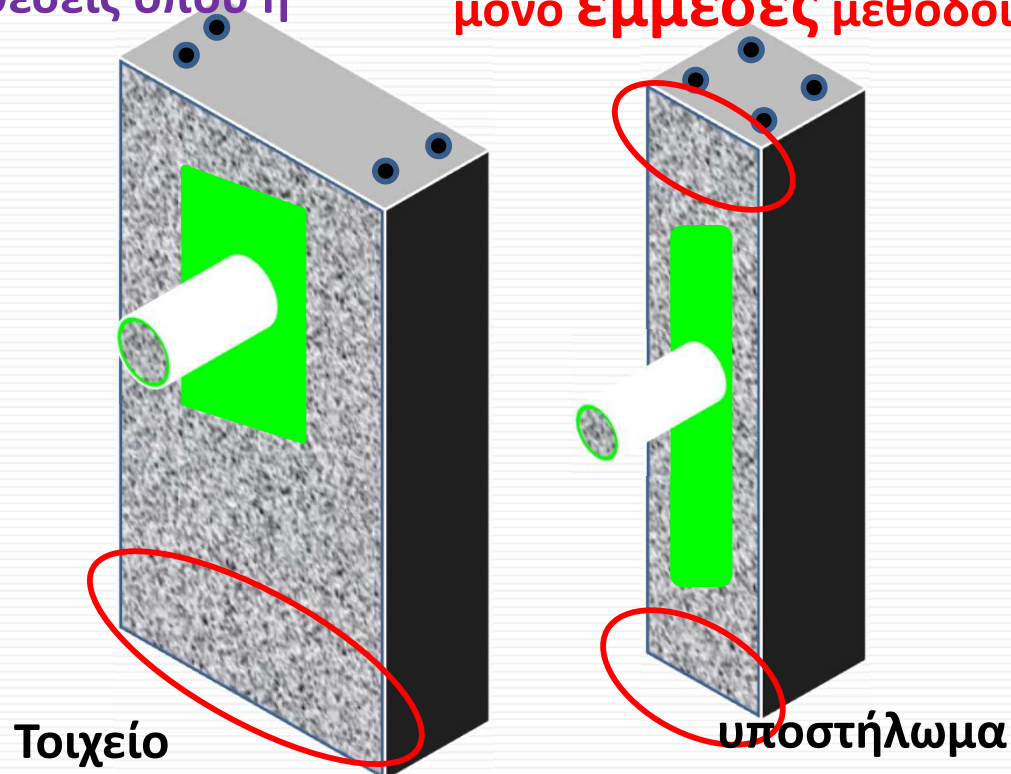
Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής (σκληρότητα, πυκνότητα)

- Μειωμένου κόστους μετρήσεις,
- Αύξηση του αριθμού μετρήσεων (δεδομένων)
- Εφαρμογή πριν την απόφαση για θέση πυρηνοληψίας ώστε να αναγνωρισθεί η παρτίδα σκυροδέτησης (homogeneous area). Κατά τον νέο Ευρωκώδικα, 5 πυρήνες θα πρέπει να ληφθούν από τις θέσεις όπου η έμμεση μέθοδος έδωσε ακραίες τιμές!

Όταν θα προκύψει η καμπύλη συσχέτισης πυρήνων – έμμεσης μεθόδου, ακολούθως μπορεί η Εμ. Μέθοδος να εφαρμοσθεί σε περιοχές κρίσιμες για την κατασκευή, όπου απαγορεύεται να ληφθούν πυρήνες
Λόγω σκυροδέτησης/ συμπύκνωσης υπάρχει διαφορά αντοχής σκυροδέματος στα άκρα στύλων

ΈΜΜΕΣΗ πάντα σε ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ με ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ!!!

Κρίσιμες περιοχές: μόνο έμμεσες μέθοδοι



Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

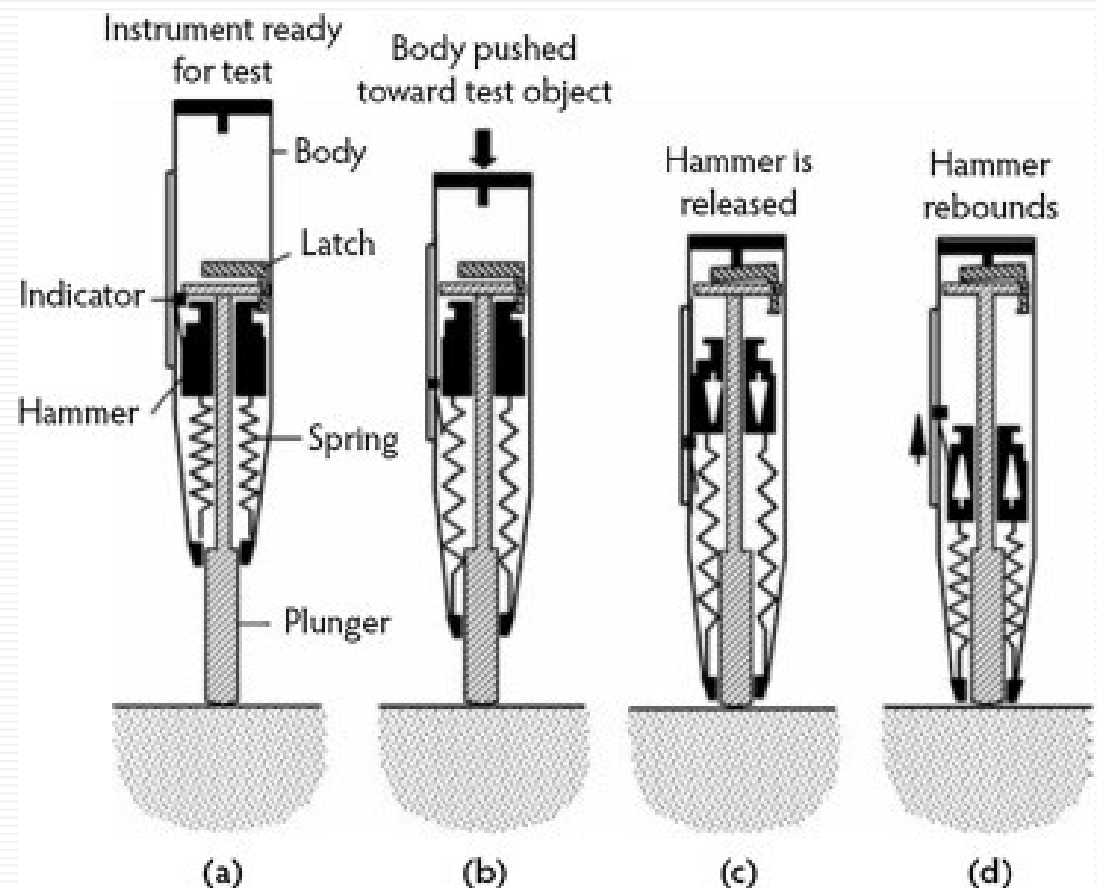
Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟ: ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (EN 12504-2)



Βάθος επιρροής έως 30mm!!!



Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

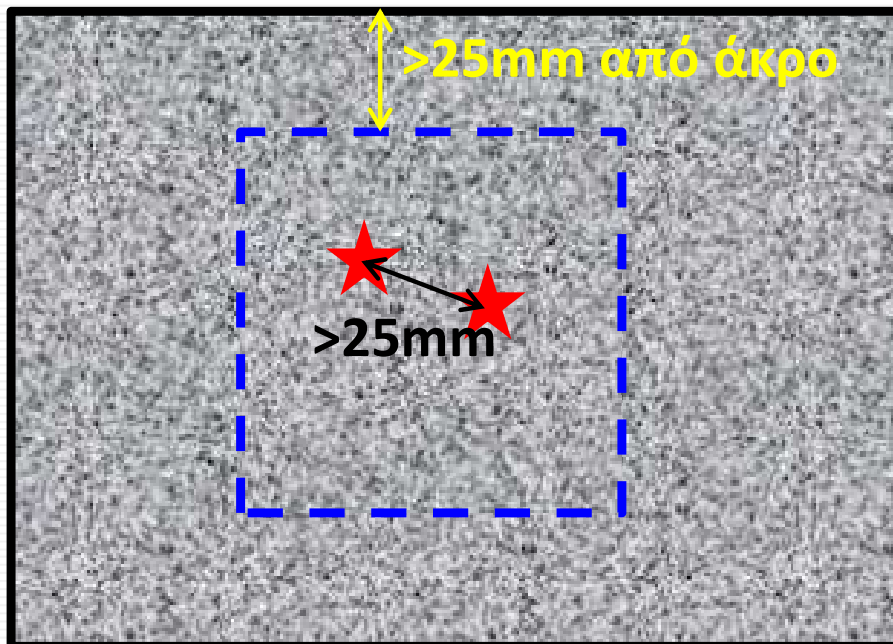
Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟ: ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (EN 12504-2)

Περιοχή δοκιμής **300mm x 300mm**: εκτελούνται κατ' ελάχιστον **9 δοκιμές** με απόσταση μεταξύ τους **>25mm** (και μακριά από τις ακμές) => ο μέσος όρος είναι μία μέτρηση (**meanR_i = R₁**)

Η μέτρηση (π.χ. R₁) απορρίπτεται αν 20% των δοκιμών διαφέρει περισσότερο από 6 μονάδες από την μέση τιμή!



No.	R _i	R _{ave} - R _i
1	26	3.4
2	31	8.4 (>6)
3	20	2.6
4	16	6.6 (>6)
5	25	2.4
6	22	0.6
7	20	2.6
8	18	4.6
9	29	6.4 (>6)
R _{ave} =R ₁	22.6	

3/9=33%

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟ: ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (EN 12504-2)

Ακατάλληλο όταν η επιφάνεια είναι εξαιρετικά πορώδης, ή αδρή!!!

Πάντα το κρουσίμετρο κάθετα στην επιφάνεια

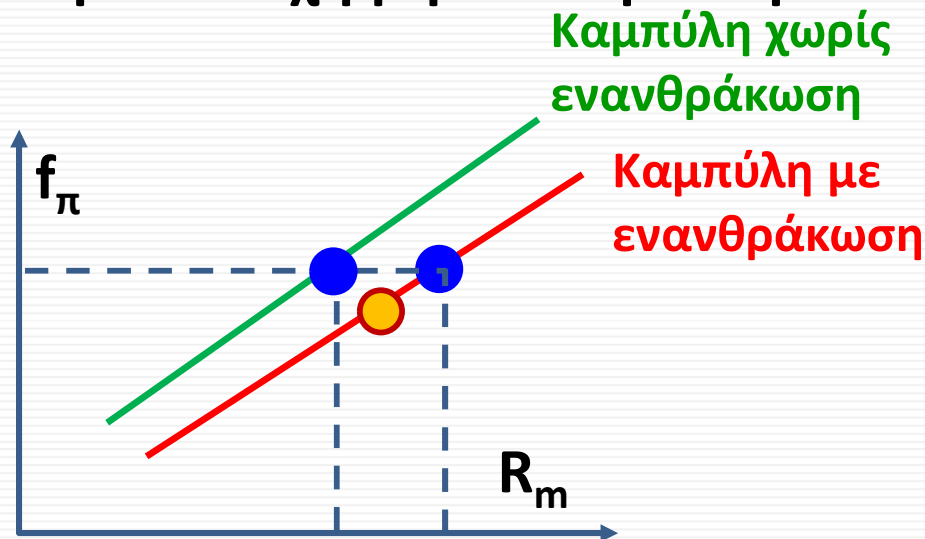
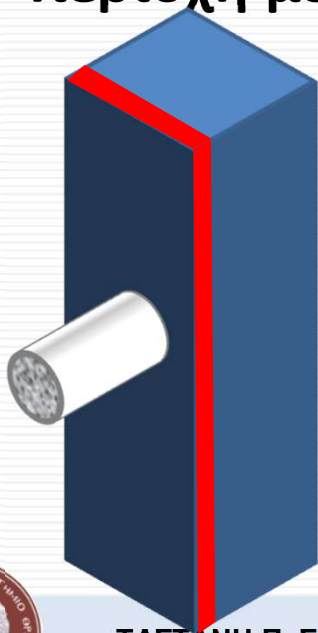
Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη:

- Υγρασία (μειώνει τις ενδείξεις, έως και 20% ως προς ξηρή επιφάνεια)
- διεύθυνση μέτρησης
- η ενανθράκωση (αυξάνει τις μετρήσεις, έως και 50%!!! => αφαίρεση στρώσης 5mm. Εάν το βάθος ενανθράκωσης είναι <5mm δεν λαμβάνεται υπόψη το φαινόμενο)
- Ακατάλληλο για πάχη στοιχείων <100mm λόγω ταλάντωσης (μειωμένες ενδείξεις)

ΘΕΣΕΙΣ: κρουσίμετρο και ενανθράκωση

Συμβαίνει π.χ. σε γκαράζ

- Οι ενδείξεις κρουσιμέτρου είναι αυξημένες λόγω **ενανθράκωσης** (π.χ. με το τριβείο δεν αφαιρέσω όλο το πάχος ενανθράκωσης)
- Συνδυάζονται όμως με μετρήσεις αντοχής πυρήνων που το τμήμα ενανθράκωσης έχει αφαιρεθεί (αποκοπή 1-2 εκ)
- Η **πραγματική καμπύλη** βρίσκεται αριστερά αυτής με ενανθράκωση (δική μας καμπύλη)
- Η **καμπύλη** υποεκτιμά αντοχή μη ενανθρακωμένου στοιχείου στην περιοχή μελέτης



Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

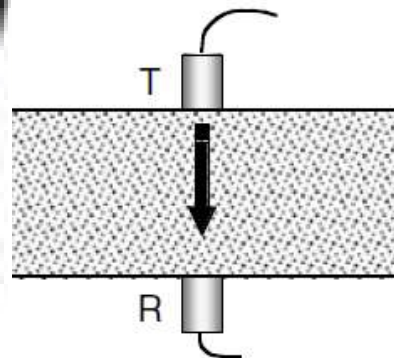
ΥΠΕΡΗΧΟΙ: ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ (EN 12504-4)

Παράγεται από τον πομπό ένα διαμήκες κύμα που ταξιδεύει δεδομένη απόσταση μέχρι τον δέκτη και μετριέται ο χρόνος T σε μs .

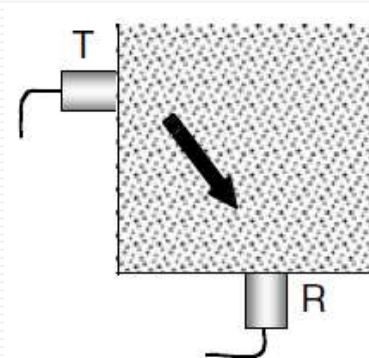
Χρήση και για αναγνώριση κενών/ρωγμών, για αλλαγή ιδιοτήτων συν τω χρόνω

Σε λείες επιφάνειες (βέλτιστη επαφή, γράσο)

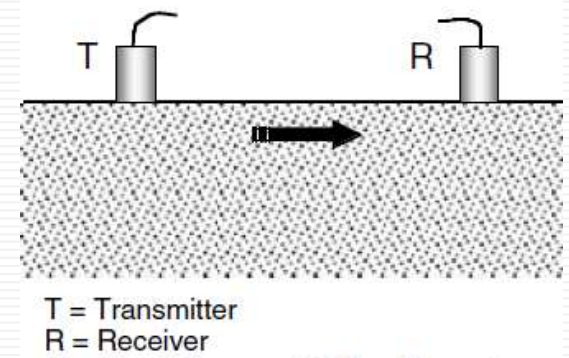
Σε μία θέση: Επαναλαμβανόμενες αναγνώσεις του χρόνου διάδοσης μέχρις ότου επιτευχθεί ελάχιστη τιμή



A Direct



B Semidirect



T = Transmitter
R = Receiver

C Indirect

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

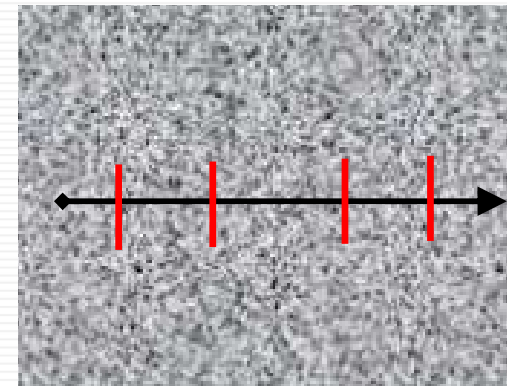
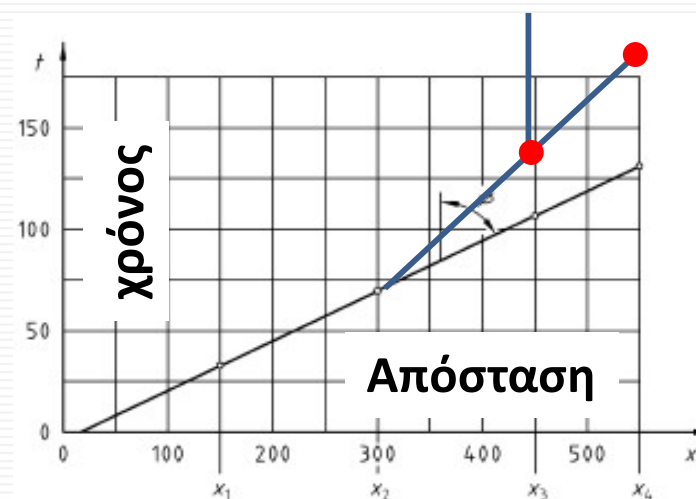
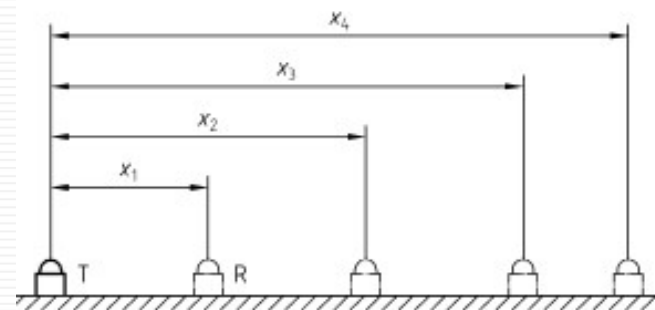
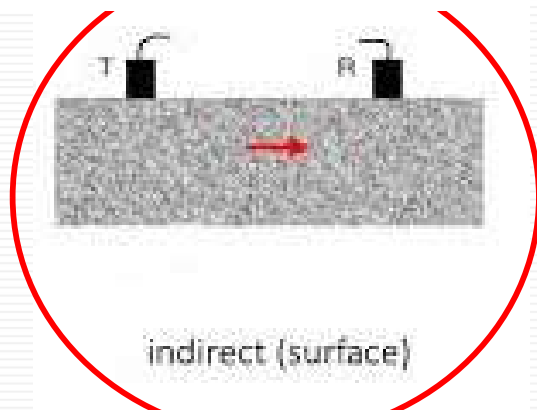
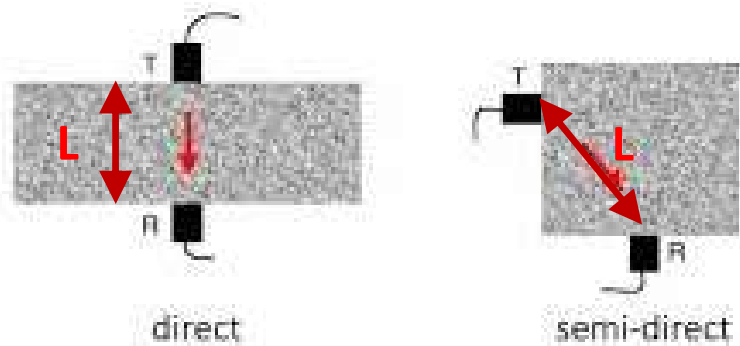
Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

ΥΠΕΡΗΧΟΙ: ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

Το αποτέλεσμα: ταχύτητα V (Km/s) = $L(\text{mm})/T(\mu\text{s})$

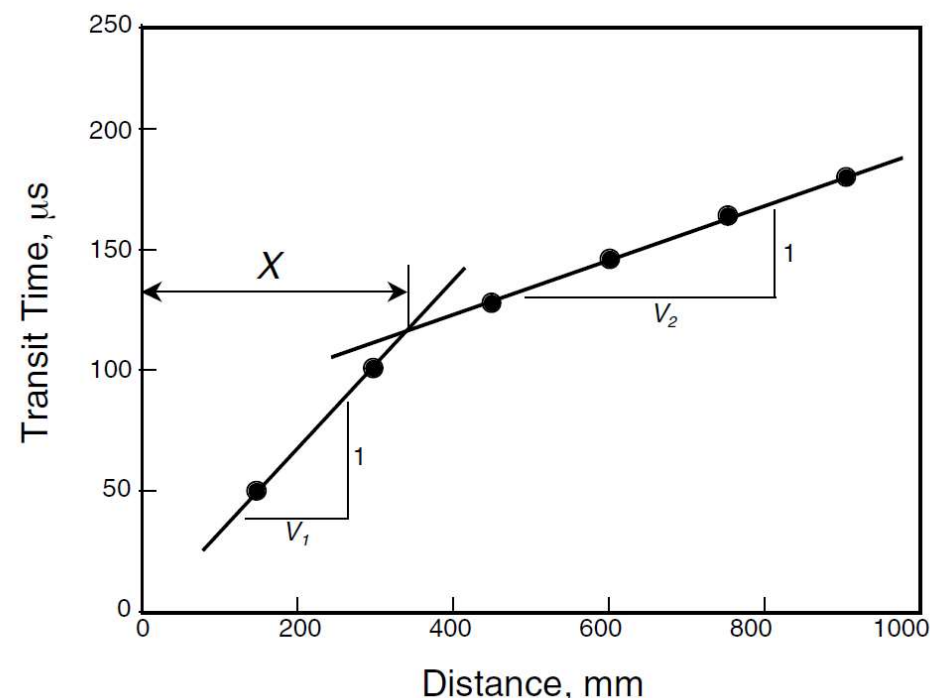
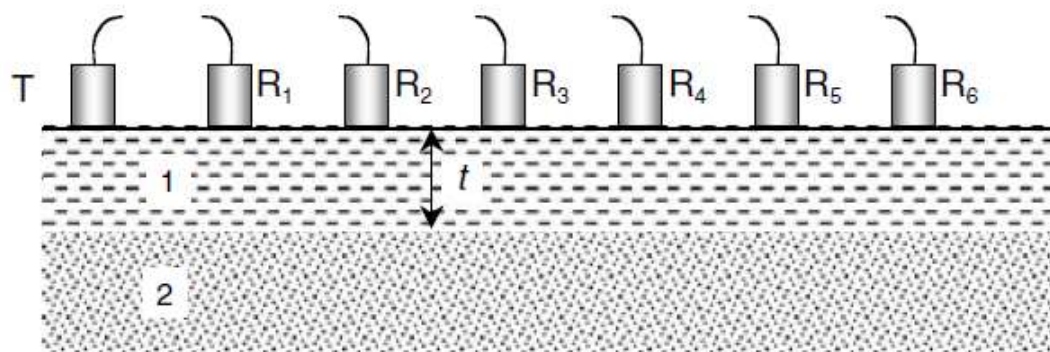
Μήκος διαδρομής L



ταυφ = μέση
ταχύτητα (αφορά
την επιλεγθείσα
γραμμή επί της
επιφάνειας)
Αν η κλίση δεν είναι
μία τότε υπάρχει
θέμα (π.χ. ρωγμή, ή
ενδιάμεσα υπάρχει
άλλο υλικό)

Η μεθοδολογία μπορεί να εφαρμοσθεί και σε περιπτώσεις ανομοιομορφής κατάστασης κατά το βάθος εξαιτίας π.χ. κακής συμπύκνωσης/συντήρησης κ.α.

be turned into a means to detect and estimate the thickness of a layer of different quality material. A layer of lower quality concrete may occur due to improper construction practices (e.g., poor vibration and finishing, poor curing, cold joints due to delay, incorrect placement), damage due to weathering action (e.g., freezing and thawing, sulfate attack, and corrosion of reinforcement and other embedded items), and damage by fire. The layer thickness can be estimated by using the surface transmission procedure. When the two transducers are closer together, the fastest travel path is through the upper layer of concrete, and as the transducers are moved further apart, the fastest travel path is the combined path through both layers. The pulse velocity through the upper layer (V_1) and the lower layer (V_2) will be indicated on the plot by the different slopes of the two straight lines fitted to the data (Figure 8.4). The distance X in Figure 8.4 at which the change in these slopes occurs is measured and the thickness of the upper layer, t , is estimated from the following equation:⁹



$$t = \frac{X}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Πως μπορούμε να μετρήσουμε την θλιπτική αντοχή σκυροδέματος;

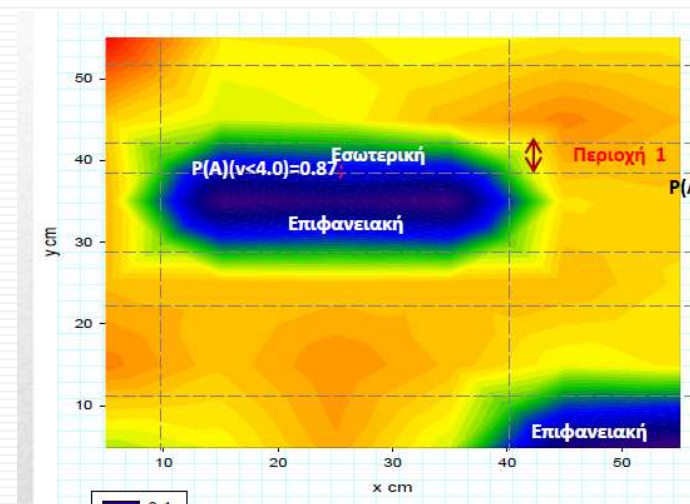
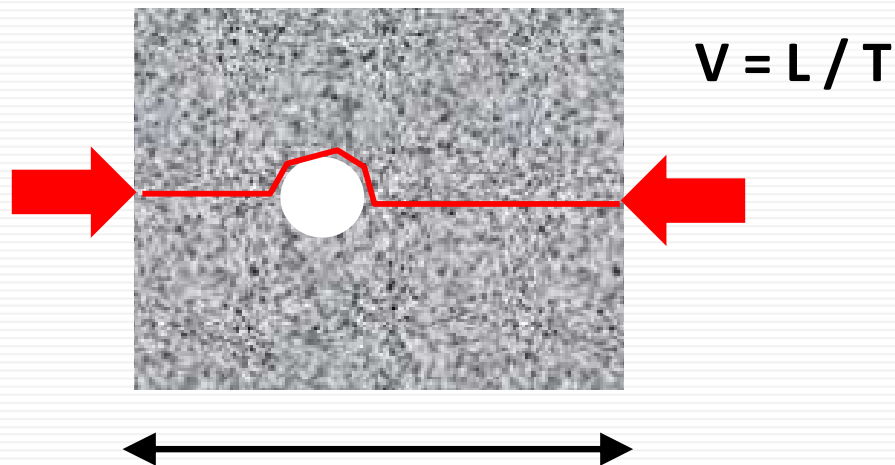
Άμεση μέθοδος: Πυρηνοληψία (δείκτης αντοχής)

Έμμεσες μέθοδοι: μέτρηση ιδιότητας διάφορης της αντοχής
(σκληρότητα, πυκνότητα)

ΥΠΕΡΗΧΟΙ: ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ

Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη:

- Αν υπάρχουν οπλισμοί, να μην είναι παράλληλοι στην διεύθυνση μετάδοσης του υπερήχου.
- Αν υπάρχουν κενά (πόροι ξεροί) => ο χρόνος μετάδοσης T αυξάνει διότι αλλάζει η τροχιά του κύματος => εμείς υπολογίζουμε μικρότερη ταχύτητα



Κατάλληλη μέθοδος για διερεύνηση δομής

Σχέση Ταχύτητας και Δυναμικού Μέτρου Ελαστικότητας.

$$V = \sqrt{\frac{K \cdot E_d}{\rho}} \text{ (km/s)}$$

where E_d = Dynamic modulus of elasticity (N/mm²)

ρ = density (kg/m³)

$$K = \frac{(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

and ν = dynamic Poisson's ratio

Στατικό Μέτρο Ελαστικότητας (E_c)

Το στατικό μέτρο ελαστικότητας, E , ενός υλικού ορίζεται ως ο λόγος της τάσης, σ , η οποία εφαρμόζεται στο υλικό, προς την παραμόρφωση, ϵ , την οποία προκαλεί στο υλικό. Δηλαδή είναι: $E = \sigma/\epsilon$.

Όταν ένα υλικό υποβάλλεται σε σταθερή καταπόνηση το μέτρο ελαστικότητας είναι η κλίση ή η εφαπτομένη της καμπύλης του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων του υλικού.

Δυναμικό Μέτρο Ελαστικότητας (E_d)

Το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας E_d χαρακτηρίζεται από τις δυναμικές ελαστικές σταθερές του υλικού. Αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για τον έλεγχο βιοκροελαστικών υλικών, τα οποία υποβάλλονται σε δυναμική καταπόνηση.

Π.χ. για καινούργιο σκυρόδεμα, $f_{ck} = 16 \text{ MPa}$, $\rho = 2400 \text{ Kg/m}^3$, $\alpha_E = 0.9$, $\nu = 0.2$

→ $E_{ci} = 25900 \text{ MPa}$ και $V = 3.46 \text{ Km/s}$. Αν μετρήσω $V = 3.1 \text{ Km/s} \Rightarrow E_d = 20758 \text{ MPa}$

Υπέρηχος EN12504-4

Fib MC2010

$$E_{ci} = E_{c0} \cdot \alpha_E \cdot \left(\frac{f_{ck} + \Delta f}{10} \right)^{1/3} \quad (5)$$

where

E_{ci} is the modulus of elasticity in [MPa] at concrete age of 28 days

f_{ck} is the characteristic strength in [MPa] according to sub-clause

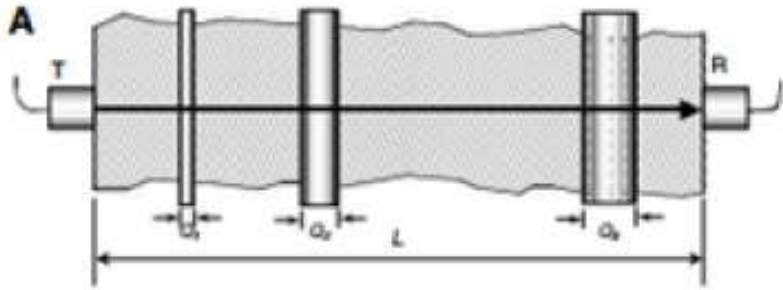
$\Delta f = 8 \text{ MPa}$

$E_{c0} = 21.5 \cdot 10^3 \text{ MPa}$

Types of aggregate	α_E
Basalt, dense limestone aggregates	1.2
Quartzite aggregates	1.0
Limestone aggregates	0.9
Sandstone aggregates	0.7

ΥΠΕΡΗΧΟΙ & ΟΠΛΙΣΜΟΙ

Ψάχνω το V_c



$$L_s = \sum_1^n Q_i, \text{ the path length through steel}$$

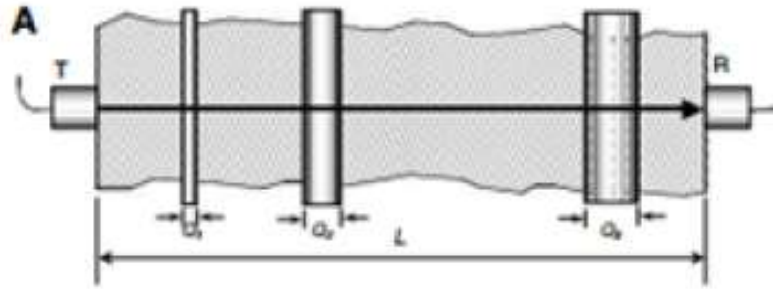
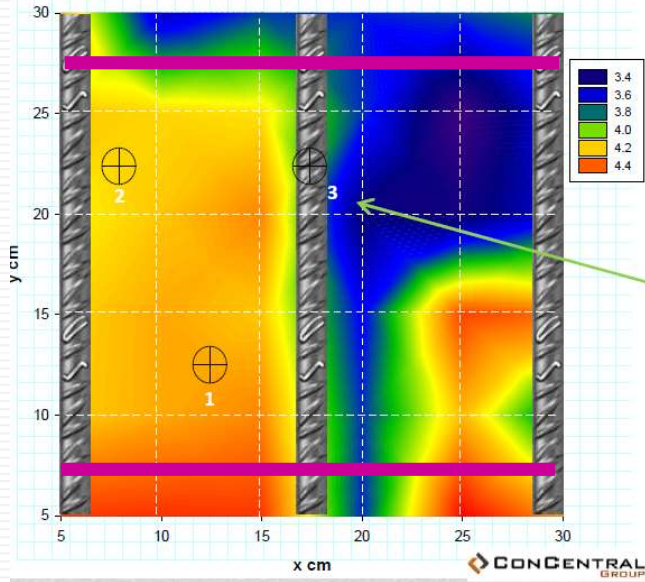
TABLE 8.3 Influence of Steel Reinforcement — Line of Measurement Perpendicular to Axis of Bar

$$\frac{V_c}{V} = \frac{\text{pulse velocity in plain concrete}}{\text{measured pulse velocity in reinforced concrete}}$$

L_s/L	Very poor quality, $V_c = 3000 \text{ m/s}$	Fair quality, $V_c = 4000 \text{ m/s}$	Very good quality, $V_c = 5000 \text{ m/s}$
1/12	0.96	0.97	0.99
1/8	0.94	0.96	0.98
1/6	0.92	0.94	0.97
1/4	0.88	0.92	0.96
1/3	0.83	0.89	0.94
1/2	0.75	0.83	0.92

Παράδειγμα μέτρησης κάθετα στη διεύθυνση οπλισμού.

Μετρήσεις Υπερήχου(UPV Km/sec)



$$L_s = \sum_1^n Q_i, \text{ the path length through steel}$$

Θέση 3 – μακριά από συνδετήρα

$$L_s = 12+12 = 24\text{mm}, L = 400\text{mm} \quad L_s/L = 2.4/40 = 1/17$$

$$V_s = 6\text{Km/s (5.2-6)}, V = 4.48\text{Km/s}$$

Αυτό που μετρήθηκε

$$V_c = 0.97 \times 4.48 = 4.35\text{Km/s}$$

Τιμές V_s χάλυβα (από βιβλιογραφία)

$V_s = 5.2\text{Km/s}$ κατά μήκος ράβδου

$V_s = 5.9\text{Km/s}$ κατά την διατομή

Επιλέγω στήλη

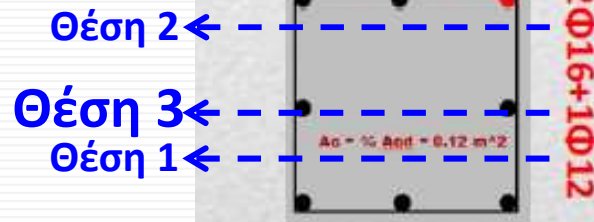


TABLE 8.3 Influence of Steel Reinforcement — Line of Measurement Perpendicular to Axis of Bar

L_s/L	$\frac{V_c}{V} = \frac{\text{pulse velocity in plain concrete}}{\text{measured pulse velocity in reinforced concrete}}$		
	Very poor quality, $V_c = 3000 \text{ m/s}$	Fair quality, $V_c = 4000 \text{ m/s}$	Very good quality, $V_c = 5000 \text{ m/s}$
1/12	0.96	0.97	0.99
1/8	0.94	0.96	0.98
1/6	0.92	0.94	0.97
1/4	0.88	0.92	0.96
1/3	0.83	0.89	0.94
1/2	0.75	0.83	0.92

συντηρητική τιμή ως προς 1

ΥΠΕΡΗΧΟΙ & ΟΠΛΙΣΜΟΙ

Ψάχνω το V_c

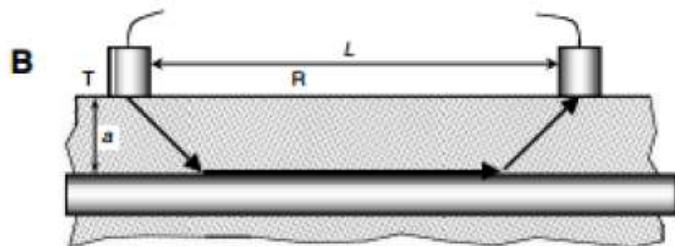


TABLE 8.4 Influence of Steel Reinforcement — Line of Measurements Parallel to Axis of Bar

$$\frac{V_c}{V} = \frac{\text{pulse velocity in plain concrete}}{\text{measured pulse velocity in reinforced concrete}}$$

a/L	$\frac{V_c}{V_s} = 0.90$	$\frac{V_c}{V_s} = 0.80$	$\frac{V_c}{V_s} = 0.71$	$\frac{V_c}{V_s} = 0.60$
0	0.90	0.80	0.71	0.60
1/20	0.94	0.86	0.78	0.68
1/15	0.96	0.88	0.80	0.71
1/10	0.99	0.92	0.85	0.76
1/7	1.00	0.97	0.91	0.83
1/5	1.00	1.00	0.99	0.92
1/4	1.00	1.00	1.00	1.00

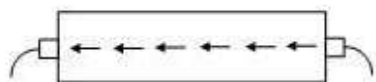
Του χάλυβα: $V_s = 5.2 \text{ Km/sec}$

Μέτρηση: $V = 4.5 \text{ Km/s} \Rightarrow$ εκτίμηση: $V/V_s = 0.82$

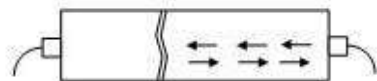
$a/L = 1/10 \Rightarrow V_c/V = 0.92 \Rightarrow V_c = 0.92 \times 4.5 = 4.14 \text{ Km/s}$

Διαδικασία Διαγνωστικού Ελέγχου με Υπέρηχο.

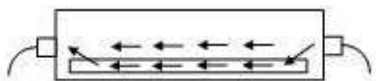
Παράδειγμα εντοπισμού περιοχής διατομής με βλάβη



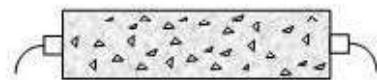
Sound travels shortest distance



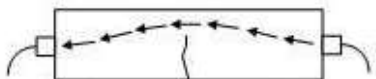
Wide cracks: no signal received



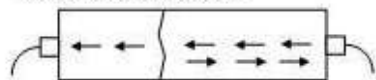
Sound travels through steel fasteners



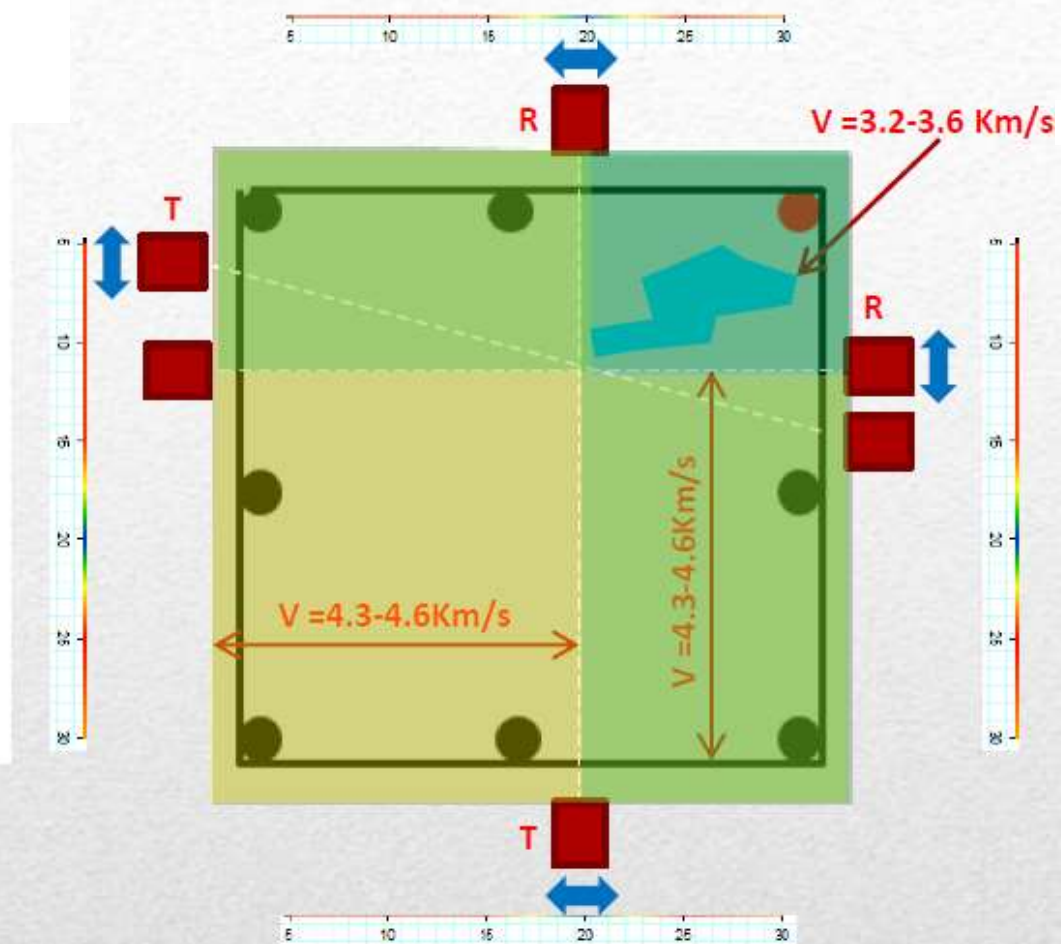
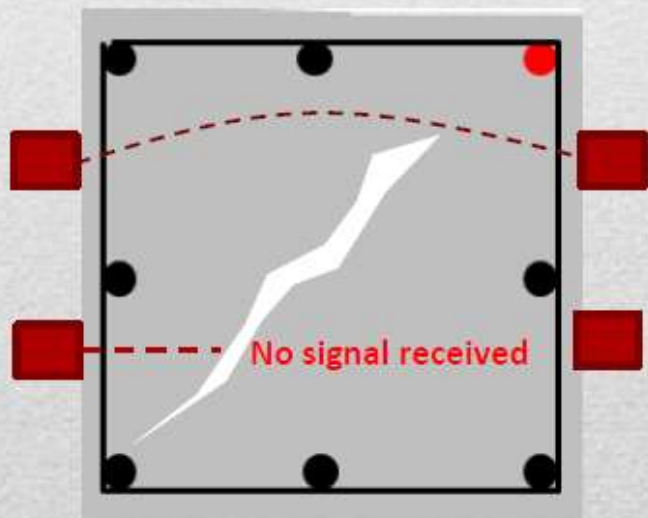
Voids and micro cracks: sound travels around with increase in transit time



Sound travels around cracks, transit time increases

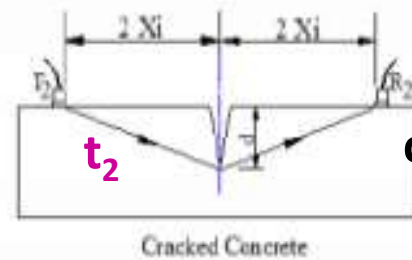
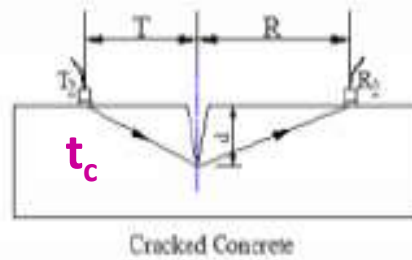
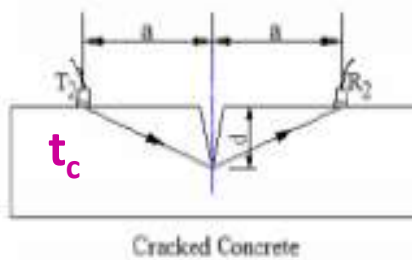
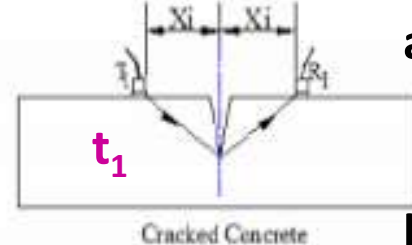
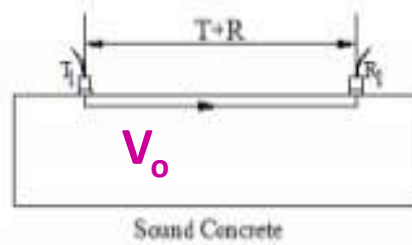
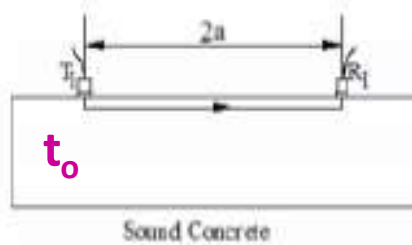
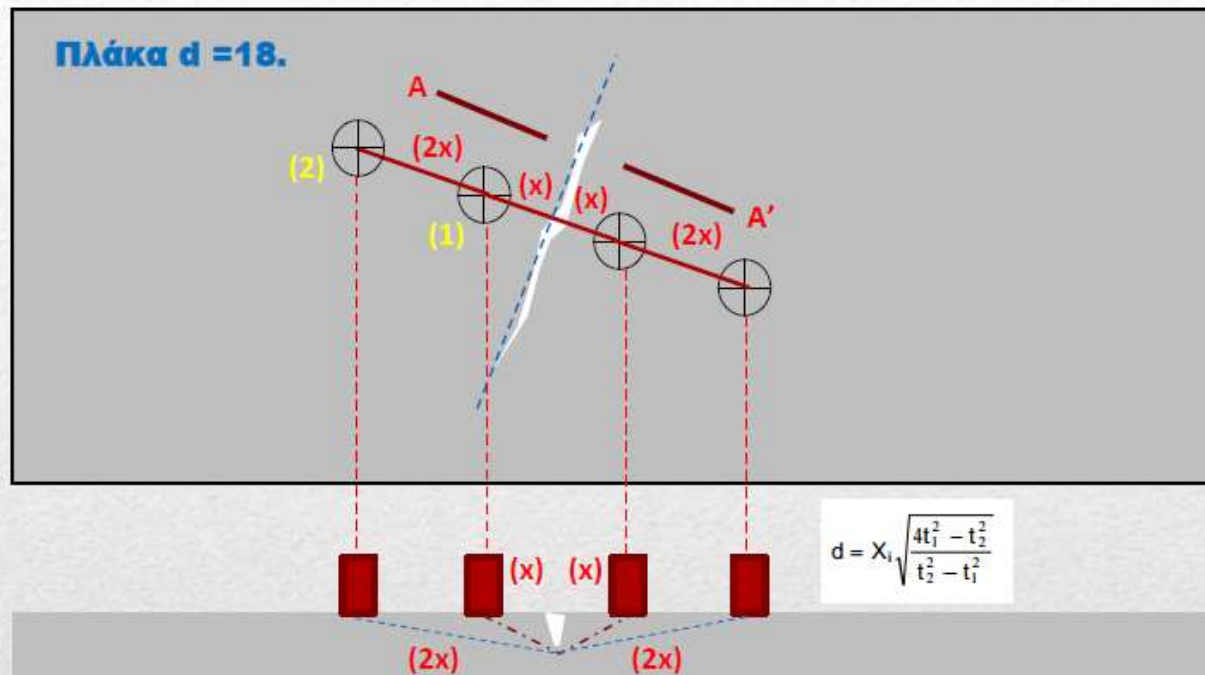


Narrow cracks: slight increases in transit time



Διαδικασία Διαγνωστικού Ελέγχου με Υπέρηχο.

Παράδειγμα υπολογισμού βάθους ρωγμής.



(a) Tc-To Method

(b) Delta Method

(c) BS Method

$$d = a \sqrt{\left(\frac{t_c}{t_o}\right)^2 - 1}$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{T^2 - R^2 + (V_0 - t_c)^2}{2V_0 t_c}\right)^2 - T^2}$$

$$d = X_i \sqrt{\frac{4t_1^2 - t_2^2}{t_2^2 - t_1^2}}$$

ΕΜΜΕΣΗ ΜΕΘΟΔΟΣ πάντα σε συνδυασμό με ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ

Πρέπει το όργανο (κρουσίμετρο, υπέρηχοι) να βαθμονομείται σε σχέση με την περιοχή του δομήματος που εξετάζουμε.

EN 13791

- 18 πυρήνες σε αντιστοιχία με 18 έμμεσες μετρήσεις στις ίδιες θέσεις → best fit line
- 9 πυρήνες «θέσεις» & 9 έμμεσες μετρήσεις για μετατόπιση κανονιστικής καμπύλης

