

ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ

ΤΥΠΟΥ « N » SCHMIDT

ΓΕΝΙΚΑ

1. Η πρώτη καμπύλη του Πίνακα, δείχνει όταν χτυπάς από πάνω προς τα κάτω
2. Η μεσαία καμπύλη όταν χτυπάς στα ίσια (κατά γωνία 90ο)
- 3) Η κάτω καμπύλη δείχνει όταν χτυπάς από κάτω προς τα πάνω
- 4) Όταν το μπετόν είναι παλιό πάνω από 5 χρόνια, η ένδειξη υπολογίζεται με 0,60 και στη συνέχεια πηγαίνεις στον πίνακα των ενδείξεων με τις συντεταγμένες

Ανάκρουση R & αντοχή W κυβικού δοκιμίου 20*20*20				
R	14 - 56 Days		7 Days	
	Wmax	Wmin	Wmax	Wmin
Kg/cm ²				
20	101	54	121	74
21	113	64	132	83
22	126	75	145	94
23	139	86	157	104
24	152	98	169	115
25	166	110	183	127
26	180	122	196	138
27	195	135	210	150
28	210	149	225	164
29	225	163	239	177
30	241	178	254	191
31	257	193	269	205
32	274	209	285	220
33	291	225	300	234
34	307	240	315	248
35	324	256	331	263
36	342	273	348	279
37	360	290	365	295
38	377	307	381	311
39	395	324	398	327
40	413	341	416	344
41	432	359	434	361
42	450	377	451	373
43	469	395	470	396
44	488	414	488	414
45	507	432	507	432
46	526	451	526	451
47	546	470	546	470
48	565	489	565	489
49	584	508	584	508
50	604	527	604	527
51	623	546	623	546
52	643	565	643	565
53	663	584	663	584
54	683	603	683	603
55	703	622	703	622

Correction for inclination angle				
R	DRa			
	upwards		downwards	
	+90	+45	-45	-90
a=0				
10	0.0	0.0	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.6	+2.2
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7

$R = R + DRa$

Ανάκρουση R & αντοχή W κυβικού δοκιμίου 20*20*20		
R	Wmax	Wmin
	Kg/cm ²	
20	110	60
21	120	60
22	130	70
23	140	80
24	150	90
25	160	90
26	170	100
27	190	120
28	200	130
29	220	140
30	230	150
31	250	170
32	270	190
33	290	210
34	310	230
35	330	250
36	350	270
37	370	280
38	390	300
39	410	320
40	430	340
41	450	360
42	470	380
43	510	400
44	510	420
45	530	440
46	550	460
47	570	470
48	590	490
49	610	510
50	630	530

Correction for inclination angle			
R	DRa		
	upwards		downwards
	+90	+45	-90
a=0			
20	-7.0	-3.5	+2.0
30	-6.0	-3.0	+2.0
40	-5.0	-2.5	+2.0
50	-4.0	-2.0	+2.0
60	-3.0	-1.5	+1.0

$R = R + DRa$

age of concrete	ta
10	1.20
20	1.04
30	1.00
50	0.98
100	0.95
150	0.91
200	0.86
300	0.78
500	0.70
1000	0.63
>1000	0.60

$R = R * ta$

Ε Ν Η Μ Ε Ρ Ω Τ Ι Κ Ο Δ Ε Λ Τ Ι Ο

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΜΕ ΤΟ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟ ΤΥΠΟΥ "N" SCHMIDT (ORIGINAL)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει αναφερθεί στα άλλα Ενημερωτικά Δελτία σχετικά με τις χρήσεις και τις εφαρμογές του Κρουσιμέτρου, η αρχή λειτουργίας του οργάνου στηρίζεται στη σχέση μεταξύ της Ανάκρουσης (rebound) της χαλύβδινης σφαίρας του Κρουσιμέτρου με την σκληρότητα της επιφανείας του μπετόν και κατ' επέκταση με τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος επάνω στο οποίο προσκρούει η σφαίρα.

Στην ουσία, δηλαδή, με τη κρούση μετριέται η σκληρότητα (hardness) της επιφανείας του μπετόν, η οποία με τη σειρά της συσχετίζεται με τη θλιπτική αντοχή δοκιμίων σκυροδέματος που προκύπτει από τη κλασική μονοαξονική δοκιμή θραύσης. Ητοι,

$$\text{ανάκρουση } R = f \text{ (επίφ. σκληρότητα)} = g \text{ (θλιπτική αντοχή)} \quad (1)$$

οπότε,

$$\text{ανάκρουση } R = g \text{ (θλιπτική αντοχή)} \quad (2)$$

Πολύχρονες, πολυάριθμες και σχολαστικές έρευνες συσχέτισης των μεταβλητών αυτών:

[ΑΝΑΚΡΟΥΣΗ - ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ - ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ]

έχουν πραγματοποιηθεί στα μεγαλύτερα Ερευνητικά Κέντρα και τα περισσότερα Πολυτεχνεία του κόσμου. Αποτέλεσμα των ερευνών αυτών εί-

ναι η κατάρτιση αξιοπίστων Νομογραφημάτων και Πινάκων συσχέτισης της ανάκρουσης R με τη ελλειπτική αντοχή του μπετόν της μορφής:

$$R = F (W28 \quad 20 \times 20 \times 20) \quad (3)$$

$$R = G (W7 \quad 20 \times 20 \times 20) \quad (4)$$

$$R = K (W28 \quad \phi 15 \times 30) \quad (5)$$

$$R = L (W7 \quad \phi 15 \times 30), \text{ κλπ.} \quad (6)$$

Η περισσότερο διαδεδομένη συσχέτιση είναι αυτή της μορφής (3) κατά την οποία η ελλειπτική αντοχή κυβικών δοκιμίων $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$ (όπως αυτή προσδιορίζεται από τη κλασική δοκιμή θραύσεως) ευρίσκεται σαν συνάρτηση του αριθμού ανάκρουσης R του Κρουσίμετρου.

Υπενθυμίζεται ότι στη Διεθνή Βιβλιογραφία έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες ανάλογες συσχετίσεις μεταξύ της W28 $20 \times 20 \times 20$ και των αποτελεσμάτων άλλων εμμέσων (καταστροφικών και μή-καταστροφικών) δοκιμών ελέγχου, όπως: υπέρηχοι, εξόλκευση βησμάτων, εξόλκευση ήλων, εκτόξευση βησμάτων, διεϊσδυση ήλων, κλπ.

2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΛΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΤΑ DIN 4240

Η μέθοδος αυτή υπολογισμού της ελλειπτικής αντοχής στηρίζεται σε ανακρούσεις που πραγματοποιούνται με το κρουσίμετρο Schmidt (ή άλλα κρουσίμετρα της διεθνούς αγοράς ομοειδή και ομότιμα προς το κρουσίμετρο του Schmidt).

Ο υπολογισμός της ελλειπτικής αντοχής φαίνεται στον Πίνακα 1 σε συνδυασμό με το Σχήμα 1.

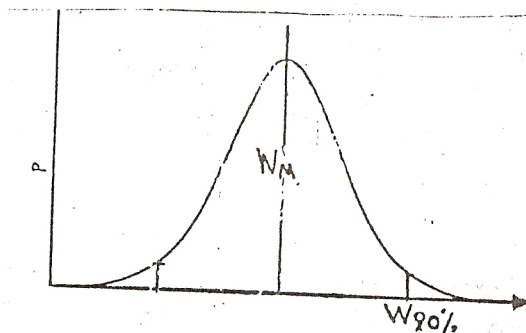
Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινισθεί το "πιθανολογικό" νόημα της αντοχής που υπολογίζεται από τον Πίνακα 1, ήτοι: W_m και $W_{90\%}$. Ο συμβολισμός $W_{90\%}$ δείχνει το επίπεδο εμπιστευτικότητας ώστε να

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΑΝΤΟΧΗ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΑΝΑΚΡΟΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΣΦΥΡΑΣ. Από DIN 4240.

R_M %	W_M kp/cm ²	$W_{90\%}$ kp/cm ²
20	110	60
21	120	60
22	130	70
23	140	80
24	150	90
25	160	90
26	170	100
27	180	120
28	200	130
29	220	140
30	230	150
31	250	170
32	270	190
33	290	210
34	310	230
35	330	250
36	350	270
37	370	280
38	390	300
39	410	320
40	430	340
41	450	360
42	470	380
43	490	400
44	510	420
45	530	440
46	550	400
47	570	470
48	590	490
49	610	510
50	630	530

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- * Η αντοχή του μπετόν του Πίνακα είναι η ελλειπτική αντοχή κυβικών δοκιμίων 20x20x20 cm ηλικίας 28 ημερών.
- * R_m = η αριθμητική μέση τιμή 10 έως 20 τιμών αναπάλλσεως.
- * W_m = η μέση αναμενόμενη τιμή της ελλειπτικής αντοχής.
- * $W_{90\%}$ = η αναμενόμενη αντοχή με πιθανότητα ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ 90%.
- * Η R_m αντιστοιχεί σε οριζόντιες κρούσεις επί κατακορύφου επιφανείας ελέγχου, ήτοι γωνία κρούσης $\varphi=0$.



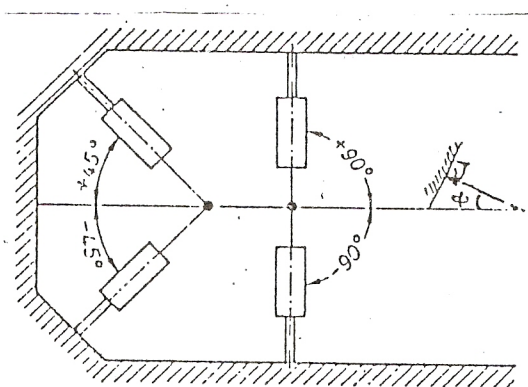
ΣΧΗΜΑ 1: Πιθανολογικό νόημα αντοχής: W_m και $W_{90\%}$

να επιτυγχάνεται minimum τιμή $W_{90\%}$ και μέση τιμή W_m . Με άλλα λόγια η minimum τιμή $W_{90\%}$ επιτυγχάνεται ή υπερβαίνεται με πιθανότητα 90%. Συνεπώς, μόνο μικρή πιθανότητα 10% υπάρχει ώστε η κυβική αντοχή W_{28} να ευρίσκεται εκτός των ορίων. Με στατιστική, λοιπόν, βεβαιότητα 90% εξασφαλίζεται τουλάχιστον αντοχή $W_{90\%}$ και μέση τιμή W_m .

Για παράδειγμα, έστω $R_m = 29$. Τότε, η πιθανότερη τιμή της κυβικής (20x20x20cm) ελιπτικής αντοχής W_{28} είναι $W_m = 220 \text{ Kp/cm}^2$. Με υψηλή πιθανότητα 90% η κυβική ελιπτική αντοχή W_{28} είναι **ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ** $W_{min} = 140 \text{ Kp/cm}^2$. Η πιθανότητα ώστε η αντοχή W_{28} να είναι μικρότερη από 140 Kp/cm^2 είναι χαμηλή και μόνον 10%. Αυτό σημαίνει ότι πρόκειται πιθανότατα για σκυρόδεμα B220 και τουλάχιστον (ακραία περίπτωση) επιτυγχάνεται ποιότητα B140.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Ο Πίνακας 1 ισχύει για κρούση κατά την οριζόντια κατεύθυνση επάνω σε κατακόρυφη επιφάνεια ελέγχου, ήτοι: $\varphi = 0$.

ΣΧΗΜΑ 2: ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ φ ΤΗΣ ΚΡΟΥΣΗΣ. Από DIN 1048, Μέρος 2.



ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ $\Delta R\varphi$ ΓΙΑ ΔΙΑΦΕΡΕΣ ΓΩΝΙΕΣ ΚΡΟΥΣΗΣ φ . (Για άλλες τιμές γίνεται γραμμική παρεμβολή). Από DIN 4220.

R %	φ°	+ 90	+ 00	+ 30	- 30 bis - 90
	20	-7	-6	-3	+2
	30	-6	-4	-2	+2
	40	-6	-3	-2	+2
	50	-4	-3	-2	+2
	60	-3	-2	-1	+1

-5-

Όταν η κρούση γίνεται υπό γωνία $\varphi \neq 0$ (βλ. Σχήμα 2), τότε από τον Πίνακα 2 προσδιορίζεται η διορθωτική τιμή $\Delta R\varphi$ και εφαρμόζεται (αλγεβρικά) η σχέση:

$$R (\varphi=0) = R\varphi + \Delta R\varphi \quad (7)$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Για κατακόρυφη κρούση σε δάπεδο (κατιούσα κρούση) με $\varphi = -90$, η ένδειξη του οργάνου είναι: $R = 40$. Δηλαδή: $R=R\varphi=R\varphi = 40$. Τότε: $\Delta R\varphi = +2$, και η σχέση (7) γράφεται:

$R (\varphi=0) = 40 + 2 = 42$. Τότε από τον Πίνακα 1, είναι:

$$R_m = 42 \quad W_m = 470 \text{ kp/cm}^2 \quad W_{\min} = W_{90\%} = 380 \text{ kp/cm}^2$$

Είναι προφανές ότι όταν η κρούση γίνεται εκ των άνω προς τα κάτω η W_{28} αυξάνει (αφού $\varphi < 0$ και $\Delta R\varphi > 0$) εξαιτίας της επιδράσεως της βαρύτητας. Αντίθετα, όταν η κρούση γίνεται από κάτω προς τα επάνω (ταβάνι) τότε η W_{28} μειώνεται (αφού $\varphi > 0$ και $\Delta R\varphi < 0$).

3. ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΕΞΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΤΟΥ ΜΠΕΤΟΝ

Επειδή η σκληρότητα της άνω επιφανείας του μπετόν (επί της οποίας εκτελείται η δοκιμή κρούσεως) αυξάνει με το χρόνο ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ από την αντοχή ελίψεως, απαιτείται μια διόρθωση των τιμών ανάλογα προς την ηλικία του σκυροδέματος. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ο διορθωτικός χρονικός συντελεστής "ατ" του Πίνακα 3: επί τον οποίον πολλαπλασιάζεται ο αριθμός ανάκρουσης R_m , δηλαδή:

$$R_m' = "ατ" R \quad (8)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΧΡΟΝΙΚΟΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ "ατ". Από DIN 4240.

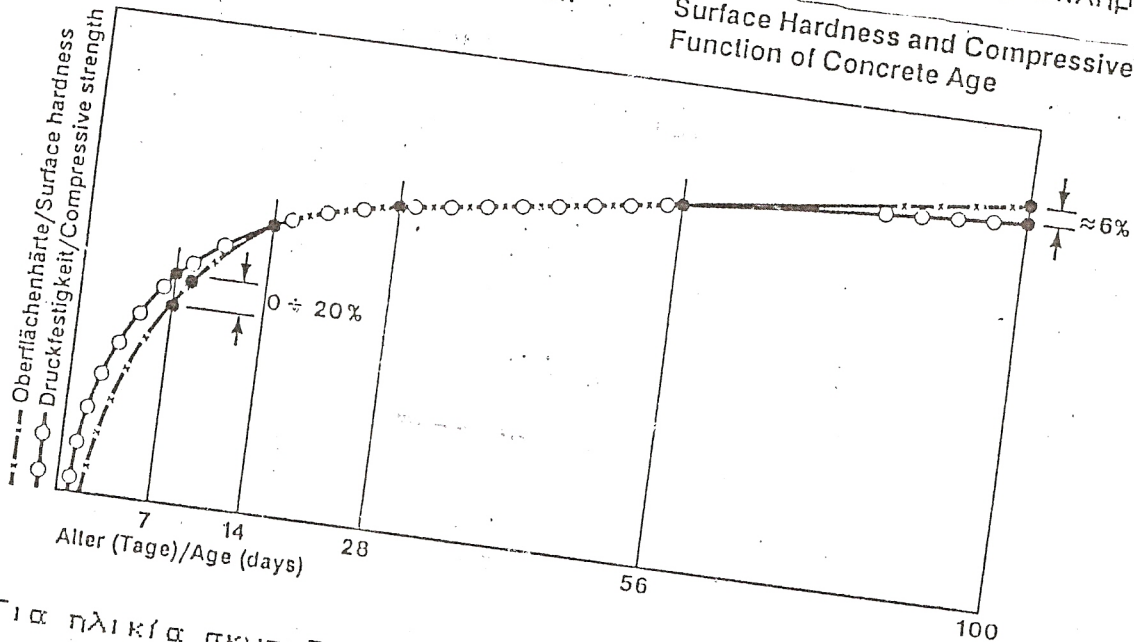
Ηλικία t (ημερών)	α_t	Ηλικία t (ημερών)	α_t
10	1,20	200	0,80
20	1,04	300	0,78
30	1,00	500	0,70
50	0,98	1000	0,63
100	0,95	> 1000	0,60
150	0,91		

Χρως
η εως της οριζωνιας κρουσης

Από τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι για ηλικία του μπετόν t μεταξύ 20 έως 50 ημερών περίπου, η επίδραση του διορθωτικού χρονικού συντελεστή "α_t" είναι αμελητέα (περίπου "α_t"=1). Το θέμα αυτό γίνεται σαφέστερο στο Σχήμα 3.

ΣΧΗΜΑ 3: ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΥΒΙΚΗΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΜΕΤΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ.
 ○—○ = θλιπτική αντοχή
 - - - - = επιφ. σκληρότητα
 Από PROCEED, 1991.

Oberflächenhärte und Druckfestigkeit in Funktion des Betonalters
 Surface Hardness and Compressive Strength as a Function of Concrete Age



Για ηλικία σκυροδέματος μεταξύ 14 έως 56 ημερών η επιφανειακή σκληρότητα και η κυβική θλιπτική αντοχή αυξάνουν με τον ίδιο ρυθμό και οι καμπύλες ταυτίζονται. Συνεπώς, ο αριθμός ανάκρουσης R του σργάνου (που στην ουσία μετράει επιφανειακή σκληρότητα) δεν χρειάζεται διόρθωση εξαιτίας της ηλικίας του μπετόν. Για ηλικία σκυροδέματος μεγαλύτερη των 56 ημερών, ο ρυθμός αύξησης της επιφανειακής σκληρότητας είναι μεγαλύτερος του ρυθμού αύξησης της θλιπτικής αντοχής. Ειδικά στις 100 ημέρες η διαφορά είναι της τάξεως του 6%. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός ανάκρουσης R δίνει υψηλότερες τιμές αντοχής και πρέπει να διορθωθεί (δηλαδή να μειωθεί πολλαπλα-

σιαζόμενος επί "αt", με "αt" < 1). Το αντίθετο συμβαίνει για ηλικία μπετόν έως 14 ημερών. Στο διάστημα αυτό ο αριθμός ανάκρουσης R δίνει χαμηλότερες τιμές ελιπτικής αντοχής και πρέπει να διορθωθεί (δηλαδή να αυξηθεί πολλαπλασιαζόμενος επί "αt", με "αt" > 1).

ΤΕΧΝΑΣΜΑ: Στη περίπτωση κατά την οποία ο Μηχανικός δεν γνωρίζει την ηλικία t του μπετόν το οποίο εξετάζει ώστε να χρησιμοποιήσει τον κατάλληλο διορθωτικό χρονικό συντελεστή "αt", τότε το ακόλουθο τέχνασμα μπορεί να εφαρμοσθεί:

- (α) Εκτελείται η δοκιμή κρούσεως επί της επιφάνειας του σκυροδέματος και λαμβάνεται μια τιμή της κυβικής ελιπτικής αντοχής W28 (1).
- (β) Στο ίδιο περίπου σημείο γίνεται μικρή εκσκαφή του μπετόν σε βάθος περίπου 5 - 10 mm ώστε να ξεπεραστεί το βάθος ενεράκωσης, και
- (γ) Εκτελείται δοκιμή κρούσεως στο πυθμένα της εκσκαφής που δίνει μια τιμή της κυβικής ελιπτικής αντοχής W28 (2).

Τότε:

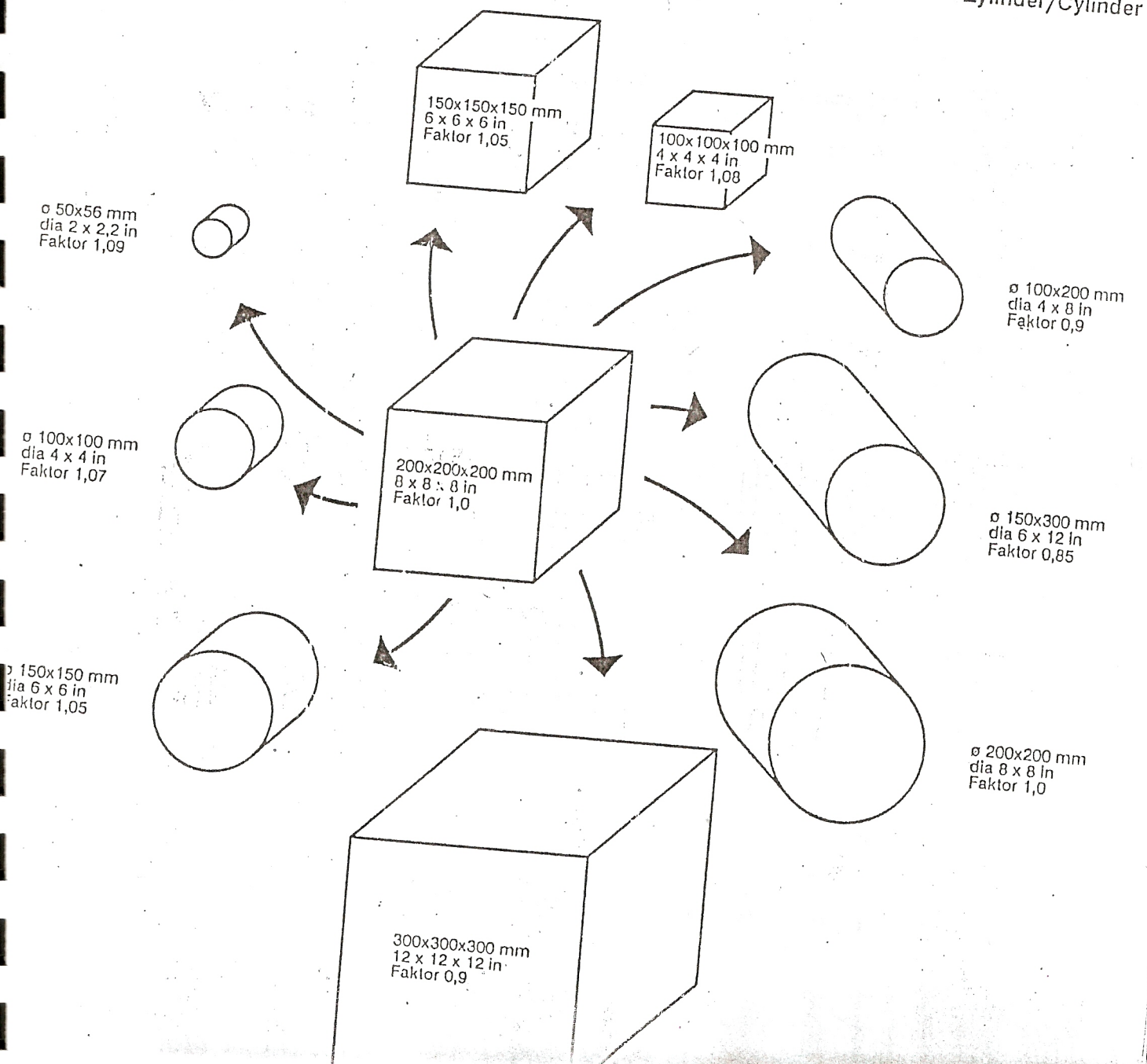
$$\text{"αt"} = \frac{W28 (2) \quad (\text{ΜΕΤΑ})}{W28 (1) \quad (\text{ΠΡΙΝ})} \quad (9)$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Ο υπολογισμός της αντοχής κατά το DIN 4240 αναφέρεται στο Κρουσίμετρο τύπου N του Schmidt (Original).

4. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ

Μέ τη μέθοδο προσδιορισμού της αντοχής κατά DIN 4240 υπολογίζεται η αντοχή κυβικού δοκιμίου 20x20x20 cm. Η αναγωγή της αντοχής αυτής σε ελλειπτική αντοχή δοκιμίων άλλων διαστάσεων ή/και άλλου σχήματος γίνεται με τη χρησιμοποίηση διορθωτικού συντελεστή σχήματος επί τον οποίο πρέπει να πολλαπλασιασθούν οι αντοχές που υπολογίστηκαν από τον Πίνακα 1. Στο Σχήμα 4 δίνονται οι τιμές του διορθωτικού συντελεστή σχήματος για πολλές και ενδιαφέρουσες περιπτώσεις.

ΣΧΗΜΑ 4: ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΧΗΜΑΤΟΣ. Από PROCEQ, 1991.
 Bohrkerne/Drilling cores Würfel/Cubes Zylinder/Cylinder



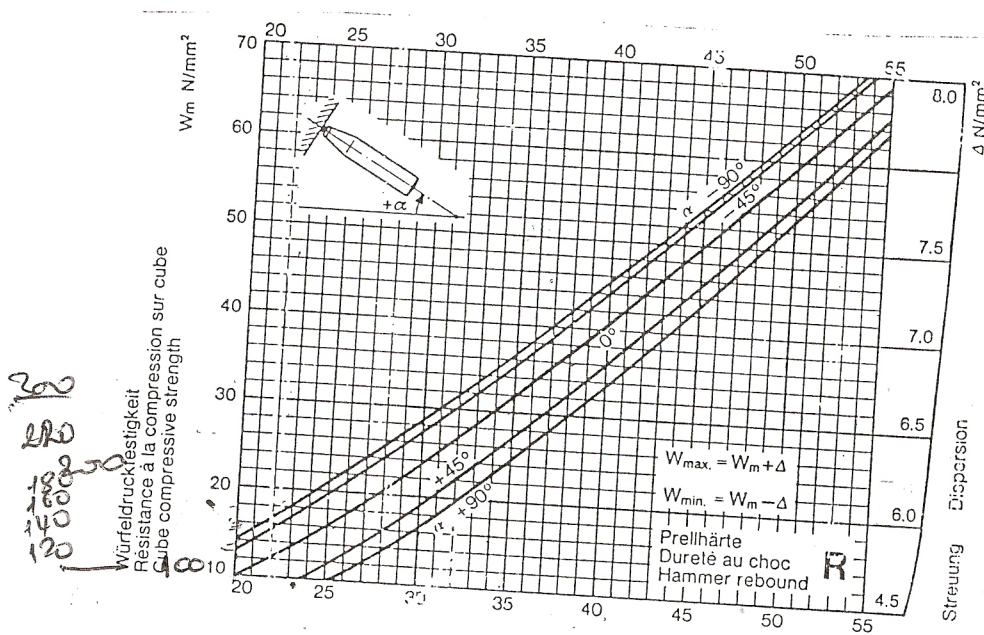
5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΡΙΑ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

Η εταιρεία PROCEO, S.A. που παράγει και διαθέτει στη Διεθνή Αγορά το ΓΝΗΣΙΟ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟ SCHMIDT τύπου N, προτείνει μια μέθοδο υπολογισμού (η οποία δεν διαφέρει ή διαφέρει ελάχιστα της μεθόδου των DIN 4240). Η προτεινόμενη μέθοδος περιλαμβάνει είτε την επίλυση διαμέσου Νομογραφήμάτων είτε διαμέσου Πινάκων.

5.1 ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται το Νομογράφημα συσχέτισης του αριθμού ανάκρουσης (ή αναπήδησης) R του οργάνου με τη θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος.

ΣΧΗΜΑ 5. ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΚΥΒΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ N/mm^2 ΚΑΙ ΑΝΑΚΡΟΥΣΗ R.
Απο: PROCEO, S.A.



Σ Χ Ο Λ Ι Α

Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος είναι η ΚΥΒΙΚΗ 20x20x20 cm και

αναφέρεται σε ηλικία μπετόν από 14 έως 56 ημέρες. Στο διάστημα αυτό εμπίπτει και η ηλικία των 28 ημερών W28. Κατά συνέπεια, από την αναπήδηση του οργάνου R λαμβάνεται κατ' ευθείαν η ΚΥΒΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ 20x20x20 cm ΤΩΝ 28 ΗΜΕΡΩΝ (W28). (Σημ.: στον άξονα των γ)

Η αντοχή δίνεται σε μονάδες N/mm². Η σχέση μεταξύ N/mm² και Kg/cm² είναι: $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ Kg/cm}^2$. Για παράδειγμα, όταν προκύπτει αντοχή 25 N/mm² τότε αυτή είναι $25 \times 10 = 250 \text{ Kg/cm}^2$

Επειδή η αντοχή αναφέρεται σε δοκίμιο 20x20x20 cm, τότε για την αναγωγή της σε αντοχή: κυβικού δοκιμίου άλλων διαστάσεων ή δοκιμίου άλλου σχήματος, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι διορθωτικοί που παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.

Προφανώς, ισχύουν όλα όσα αναφέρονται στη Παράγραφο 3 σχετικά με τη διόρθωση εξαιτίας της ηλικίας του σκυροδέματος (Σχήμα 3, Πίνακας 3 και "τέχνασμα").

Το Νομογράφημα περιλαμβάνει ένα σμήνος 5 καμπυλών. Κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί σε διαφορετική γωνία κρούσης "α". Για γωνία κρούσης α=0° χρησιμοποιείται η καμπύλη α=0°, για γωνία α=45° η καμπύλη α=45°, κ.ο.κ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Κρούση σε δάπεδο (δηλ. α = -90°) έδωσε τιμή αναπήδησης R = 35. Τότε, για R=35 και από τη καμπύλη α=-90°, είναι: ΑΝΤΟΧΗ 20x20x20 cm W28 = 37 N/mm² = 370 Kg/cm². Η ίδια ένδειξη R=35 για οριζόντια κρούση α=0° θα έδινε αντοχή W28 20x20x20 = 32 N/mm² = 320 Kg/cm² κ.ο.κ.

Η αντοχή που λαμβάνεται από το Νομογράφημα αυτό αντιστοιχεί στη ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ W_m κατά το σκεπτικό του Σχήματος 1 και όσων αναφέρονται στα DIN 4240. Για κάθε τιμή του αριθμού ανάκρουσης R

και για κάθε συγκεκριμένη καμπύλη λαμβάνονται επάνω στον άξονα των γ τα εξής στοιχεία:

- (1) ΑΡΙΣΤΕΡΑ η αντοχή σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως, και
- (2) ΔΕΞΙΑ, η απόκλιση $\pm \Delta$. Τότε:

$$W_{min} = W_m - \Delta \quad (10)$$

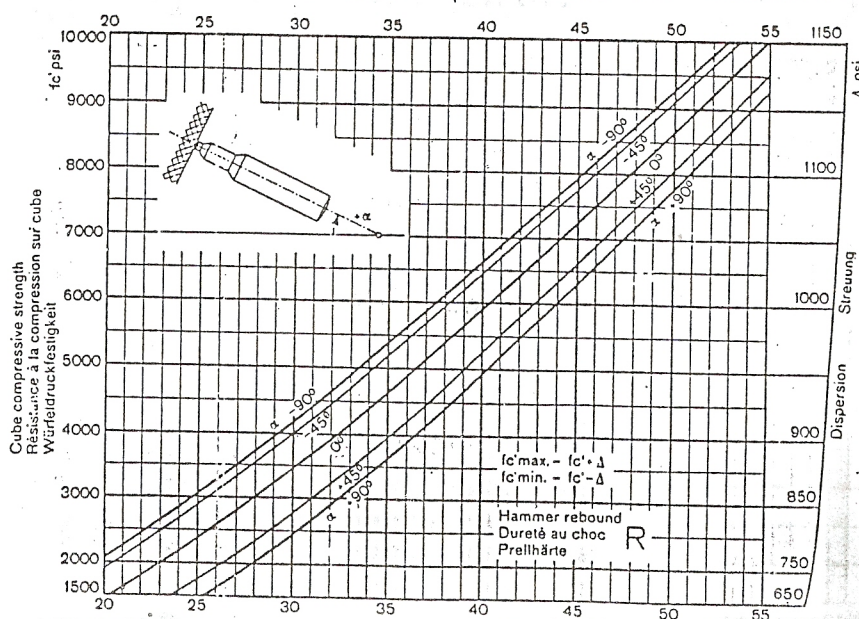
$$W_{max} = W_m + \Delta \quad (11)$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Για οριζόντια κρούση $\alpha=0^\circ$ και $R=35$, είναι: $W_m=32 \text{ N/mm}^2 = 320 \text{ Kg/cm}^2$ και $\Delta = 6,6 \text{ N/mm}^2 = 66 \text{ Kg/cm}^2$. Αυτό σημαίνει ότι: $W_{min} = W_m - \Delta = 320 - 66 = 254 \text{ Kg/cm}^2$. Δηλαδή, με βεβαιότητα 90% το μπατόν έχει αντοχή μεγαλύτερη από 254 Kg/cm^2 και με πιθανή μέση τιμή 320 Kg/cm^2 κατά το σκεπτικό των DIN 4240.

Αν εφαρμοσθεί η μέθοδος των DIN 4240 του Πίνακα 1, είναι: $W_m = 330 \text{ Kg/cm}^2$ και $W_{min} = 250 \text{ Kg/cm}^2$. Από αυτό συμπεραίνεται ότι οι μέθοδοι αυτές δίνουν περίπου τα ίδια αποτελέσματα.

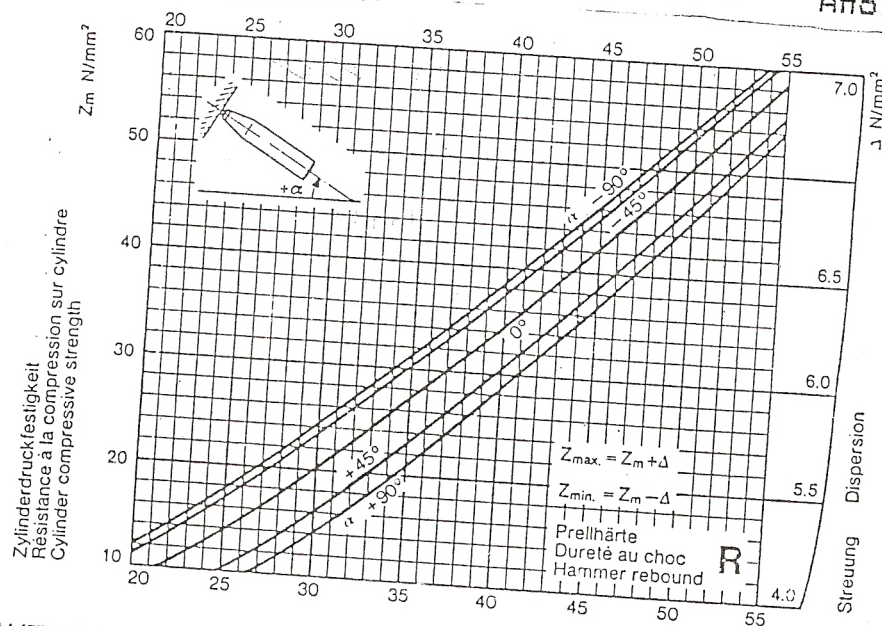
Στο Νομογράφημα του Σχήματος 6, η αντοχή δίνεται σε μονάδες: psi. Κατά τα άλλα ισχύουν τα ίδια σχόλια με αυτά του Σχήματος 5.

ΣΧΗΜΑ 6. ΒΛΗΠΤΙΚΗ ΚΥΒΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ psi ΚΑΙ ΑΝΑΚΡΟΥΣΗ R.
Από: PROCEQ, S.A.

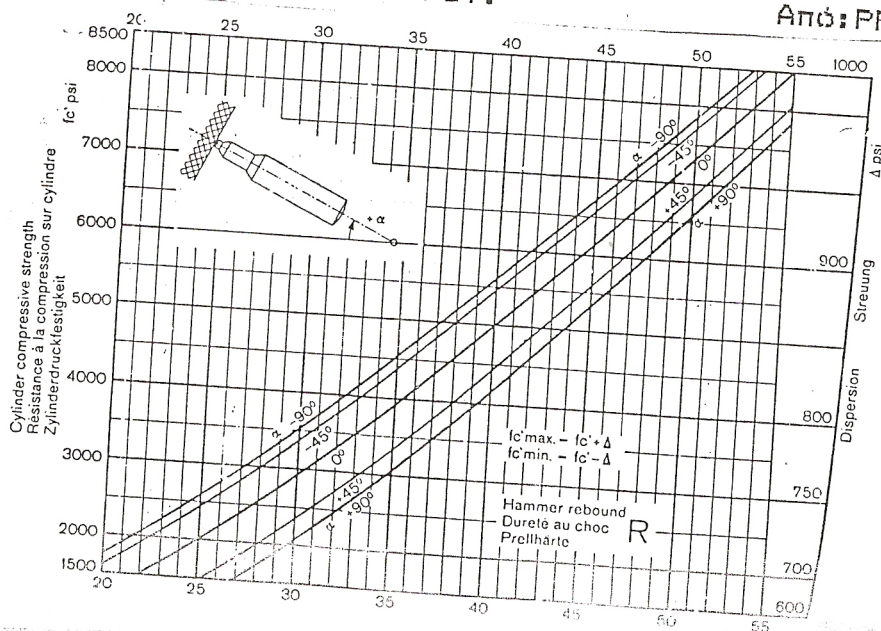


Στα Νομογραφήματα των Σχημάτων 7 και 8 παρέχεται η ελλειπτική αντοχή ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΩΝ δοκιμών $\Phi 150 \times 300$ mm σε μονάδες N/mm² και psi αντίστοιχα σε συνάρτηση προς την αναπήδηση R του Κρουσιμέτρου. Κατά τα άλλα ισχύουν τα ίδια σχόλια με αυτά του Σχήματος 5. Υπενθυμίζεται ότι η αντοχή 28 ημερών κυλινδρικού δοκιμίου $\Phi 150 \times 300$ mm είναι το 85% της αντίστοιχης αντοχής κυβικού δοκιμίου 20x20x20 cm.

ΣΧΗΜΑ 7. ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ $\Phi 150 \times 300$ ΣΕ N/mm² ΚΑΙ ΑΝΑΠΗ- ΔΗΣΗ R ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ. Από: PROCEQ, S.A.



ΣΧΗΜΑ 8. ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ $\Phi 150 \times 300$ mm ΣΕ psi ΚΑΙ ΑΝΑ- ΠΗΔΗΣΗ R ΤΟΥ ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΟΥ. Από: PROCEQ, S.A.



5.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΠΟ ΠΙΝΑΚΕΣ

Στην ουσία πρόκειται για "πινακοποίηση" των Νομογραφημάτων, με τη προσθήκη των τιμών της αντοχής των 7 ημερών.

Στο Πίνακα 4 δίνεται η αντοχή ΚΥΒΙΚΟΥ δοκιμίου 20x20x20 cm σε συνάρτηση προς τη τιμή R της ανάκρουσης του Κρουσιμέτρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΒΙΚΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 20x20x20 cm ΚΑΙ ΑΝΑΚΡΟΥΣΗ R.
Από: PROCEQ, S.A.

R	14-56 Days						7 Days					
	W _π			W _{min}			W _π			W _{min}		
	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi
20	101	9.9	1440	54	5.3	770						
21	113	11.1	1610	64	6.3	910	121	11.9	1720	74	7.3	1050
22	126	12.4	1790	75	7.4	1070	132	12.9	1880	93	8.1	1180
23	139	13.6	1980	86	8.4	1220	145	14.2	2060	34	9.2	1340
24	152	14.9	2160	98	9.6	1390	157	15.4	2230	104	10.2	1480
25	166	16.3	2360	110	10.8	1560	169	16.6	2400	115	11.3	1640
26	180	17.7	2560	122	12.0	1740	183	18.0	2600	127	12.5	1810
27	195	19.1	2770	135	13.2	1920	196	19.2	2790	138	13.5	1960
28	210	20.6	2990	149	14.6	2120	210	20.6	2990	150	14.7	2130
29	225	22.1	3200	163	16.0	2320	225	22.1	3200	164	16.1	2330
30	241	23.6	3430	178	17.5	2530	239	23.4	3400	177	17.4	2520
31	257	25.2	3660	193	18.9	2750	254	24.9	3610	191	18.7	2720
32	274	26.9	3900	209	20.5	2970	269	26.4	3830	205	20.1	2920
33	291	28.6	4140	225	22.1	3200	285	28.0	4050	220	21.6	3130
34	307	30.1	4370	240	23.5	3410	300	29.4	4270	234	23.0	3330
35	324	31.8	4610	256	25.1	3640	315	30.9	4480	248	24.3	3530
36	342	33.5	4860	273	26.8	3880	331	32.5	4710	263	25.8	3740
37	360	35.3	5120	290	28.4	4120	348	34.1	4950	279	27.4	3970
38	377	37.0	5360	307	30.1	4370	365	35.8	5190	295	28.9	4200
39	395	38.7	5620	324	31.8	4610	381	37.4	5420	311	30.5	4420
40	413	40.5	5870	341	33.4	4850	398	39.0	5660	327	32.1	4650
41	432	42.4	6150	359	35.2	5110	416	40.8	5920	344	33.7	4890
42	450	44.1	6400	377	37.0	5360	434	42.6	6170	361	35.4	5130
43	469	46.0	6670	395	38.7	5620	451	44.2	6410	378	37.1	5380
44	488	47.9	6940	414	40.6	5890	470	46.1	6690	396	38.8	5630
45	507	49.7	7210	432	42.4	6140	488	47.9	6940	414	40.6	5890
46	526	51.6	7480	451	44.2	6410	507	49.7	7210	432	42.4	6140
47	546	53.5	7770	470	46.1	6690	526	51.6	7480	451	44.2	6410
48	565	55.4	8040	489	48.0	6960	546	53.5	7770	470	46.1	6690
49	584	57.3	8310	508	49.8	7230	565	55.4	8040	489	48.0	6960
50	604	59.2	8590	527	51.7	7500	584	57.3	8310	508	49.8	7230
51	623	61.1	8860	546	53.5	7770	604	59.2	8590	527	51.7	7500
52	643	63.1	9150	565	55.4	8040	623	61.1	8860	546	53.5	7770
53	663	65.0	9430	584	57.3	8310	643	63.1	9150	565	55.4	8040
54	683	67.0	9710	603	59.1	8580	663	65.0	9430	584	57.3	8310
55	703	68.9	10000	622	61.0	8850	683	67.0	9710	603	59.1	8580
							703	68.9	10000	622	61.0	8850

Σ Χ Ο Λ Ι Α

Η αντοχή αναφέρεται σε κυβικό δοκίμιο 20x20x20 cm. Δίνονται κατ'ε-
θείαν οι τιμές της αντοχής W_m και W_{min} (κατά τα γνωστά) σε μονά-
δες: Kg/cm^2 , N/mm^2 και psi .

Η αντοχή αναφέρεται σε ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΚΡΟΥΣΗ $\alpha=0^\circ$. Όταν η κρούση εκτελεί-
ται κατά γωνία $\alpha \neq 0^\circ$ τότε απαιτείται διόρθωση εξαιτίας της κλί-
σης. Η διόρθωση αυτή μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: (α) Με τη χρη-
σιμοποίηση του Πίνακα 2 και του Σχήματος 2 των DIN 4240, και (β)
σύμφωνα με τον διορθωτικό Πίνακα 4α που προτείνει η εταιρεία κατα-
σκευής του οργάνου: (Σημ.: Οι τιμές των δύο Πινάκων διαφέρουν πο-
λύ λίγο).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4α. ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΛΟΓΩ ΚΛΙΣΕΩΣ. Από: PROCEQ, S.A.



Retound value R_α	Correction for inclination angle α			
	upwards		downwards	
	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°
10			+ 2.4	+ 3.2
20	- 5.4	- 3.5	+ 2.5	+ 3.4
30	- 4.7	- 3.1	+ 2.3	+ 3.1
40	- 3.9	- 2.6	+ 2.0	+ 2.7
50	- 3.1	- 2.1	+ 1.6	+ 2.2
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	+ 1.7

Ο Πίνακας 4 χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο ΑΡΙΣΤΕΡΟ τμήμα δίνεται η αντοχή στο χρονικό διάστημα 14 έως 56 ημέρες. Κατά τα γνωστά, αυτή είναι και η τιμή του δοκιμίου για ΗΛΙΚΙΑ ΜΠΕΤΟΝ 28 ΗΜΕΡΩΝ W28. Στο ΔΕΞΙΟ τμήμα δίνεται η αντοχή των 7 ημερών. ΠΡΟΣΟΧΗ, όμως, οι τιμές ΕΧΟΥΝ ΤΟ ΝΟΗΜΑ ΤΗΣ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ W28 ΟΤΑΝ Η ΚΡΟΥΣΙΜΕΤΡΗΣΗ ΕΚΤΕΛΕΣΘΕΙ ΣΕ ΔΟΚΙΜΙΟ ΗΛΙΚΙΑΣ 7 ΗΜΕΡΩΝ ή και λίγο περισσότερων ημερών.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: για οριζόντια κρούση και $R = 25$, είναι: $W28 = 166 \text{ Kg/cm}^2$ ενώ η $W7 = 183 \text{ Kg/cm}^2 > W28$ (!!!). Αυτό φαίνεται σαν παράλογο και αντιφατικό. Στην ουσία, όμως, το νόημα είναι ότι όταν εκτελεσθεί κρουσιμέτρηση σε μπετόν ηλικίας περίπου 7 ημερών, τότε ΑΝΑΜΕΝΕΤΑΙ ότι ΟΤΑΝ ΤΟ ΜΠΕΤΟΝ ΘΑ ΑΠΟΚΤΗΣΕΙ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ 28 ΗΜΕΡΩΝ η αντοχή του θα είναι 183 Kg/cm^2 . Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης του οργάνου μπορεί να δοκιμάζει το μπετόν σε ηλικία 7 ημερών και να (προ)υπολογίζει την αντοχή που αυτό θα αποκτήσει όταν φθάσει σε ηλικία 28 ημερών (π.χ. 183 Kg/cm^2). Την 28η ημέρα μπορεί να εκτελεσθεί κρουσιμέτρηση που θα δώσει $W28 = \dots \text{ Kg/cm}^2$. Η τιμή αυτή (που θα παρεί από το αριστερό τμήμα του Πίνακα 4) θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στη τιμή 183 Kg/cm^2 .

Προφανώς εφαρμόζονται και στη περίπτωση αυτή όλα όσα έχουν αναφερθεί γύρω από τη διόρθωση εξαιτίας της ηλικίας του σκυροδέματος στη παράγραφο 3 (Σχήμα 3, Πίνακας 3 και "τέχνασμα"), καθώς και όσα αφορούν στην αναγωγή σε αντοχή μπετόν δοκιμίων άλλου σχήματος ή/και άλλων διαστάσεων (Σχήμα 4).

Στο Πίνακα 5 δίνεται η αντοχή ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ δοκιμίου $\phi 150 \times 300 \text{ mm}$.

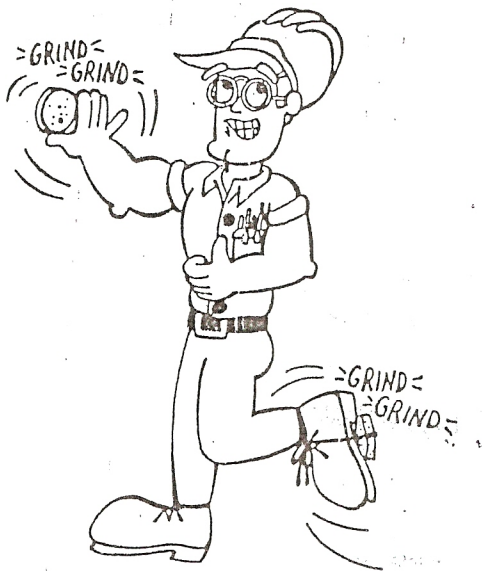
σε συνάρτηση προς την αναπήδηση R του κρουσιμέτρου με σχόλια ανάλογα προς αυτά του Πίνακα 4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΥ ΔΡΚΙΜΙΟΥ Φ150x300 mm ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΑΝΑΚΡΟΥΣΗ R.
Από: PROCEQ, S.A.

R	14-56 Days									7 Days					
	Z _m			Z _{min}			Z _m			Z _{min}					
	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi	kp/cm ²	N/mm ²	psi			
20	86	8.4	1220	46	4.5	650	103	10.1	1470	63	6.2	900			
21	96	9.4	1370	54	5.3	770	112	11.0	1590	71	7.0	1010			
22	107	10.5	1520	64	6.3	910	123	12.1	1750	80	7.9	1140			
23	118	11.6	1680	73	7.2	1040	133	13.0	1890	88	8.6	1250			
24	129	12.7	1830	83	8.1	1180	144	14.1	2050	98	9.6	1390			
25	141	13.8	2010	94	9.2	1340	156	15.3	2220	108	10.6	1540			
26	153	15.0	2180	104	10.2	1480	167	16.4	2380	117	11.5	1660			
27	166	16.3	2360	115	11.3	1640	178	17.5	2530	128	12.6	1820			
28	179	17.6	2550	127	12.5	1810	191	18.7	2720	139	13.6	1980			
29	191	18.7	2720	139	13.6	1980	203	19.9	2890	150	14.7	2130			
30	205	20.1	2920	151	14.8	2150	216	21.2	3070	162	15.9	2300			
31	218	21.4	3100	164	16.1	2330	229	22.5	3260	174	17.1	2470			
32	233	22.9	3310	178	17.5	2530	242	23.7	3440	187	18.3	2660			
33	247	24.2	3510	191	18.7	2720	255	25.0	3630	199	19.5	2830			
34	261	25.6	3710	204	20.0	2900	268	26.3	3810	211	20.7	3000			
35	275	27.0	3910	218	21.4	3100	281	27.6	4000	224	22.0	3190			
36	291	28.5	4140	232	22.8	3300	296	29.0	4210	237	23.2	3370			
37	306	30.0	4350	247	24.2	3510	310	30.4	4410	251	24.6	3570			
38	320	31.4	4550	261	25.6	3710	324	31.8	4610	264	25.9	3750			
39	336	33.0	4780	275	27.0	3910	338	33.2	4810	278	27.3	3950			
40	351	34.4	4990	290	28.4	4120	354	34.7	5040	292	28.6	4150			
41	367	36.0	5220	305	29.9	4340	369	36.2	5250	307	30.1	4370			
42	383	37.6	5450	320	31.4	4550	383	37.6	5450	321	31.5	4570			
43	399	39.1	5680	336	33.0	4780	400	39.2	5690	337	33.1	4790			
44	415	40.7	5900	352	34.5	5010	415	40.7	5900	352	34.5	5010			
45	431	42.3	6130	367	36.0	5220	431	42.3	6130	367	36.0	5220			
46	447	43.3	6360	383	37.6	5450	447	43.8	6360	383	37.6	5450			
47	464	45.5	6600	400	39.2	5690	464	45.5	6600	400	39.2	5690			
48	480	47.1	6830	416	40.8	5920	480	47.1	6830	416	40.8	5920			
49	496	48.6	7050	432	42.4	6140	496	48.6	7050	432	42.4	6140			
50	513	50.3	7300	448	43.9	6370	513	50.3	7300	448	43.9	6370			
51	530	52.0	7540	464	45.5	6600	530	52.0	7540	464	45.5	6600			
52	547	53.3	7780	480	47.1	6830	547	53.6	7780	480	47.1	6830			
53	564	55.3	8020	496	48.6	7050	564	55.3	8020	496	48.6	7050			
54	581	57.0	8260	513	50.3	7300	581	57.0	8260	513	50.3	7300			
55	598	58.6	8510	529	51.9	7520	598	58.6	8510	529	51.9	7520			

Cylinder compressive strength = 0,85 x cube compressive strength.

TO OBTAIN THE BEST RESULTS OBSERVE THE FOLLOWING 8 POINTS:



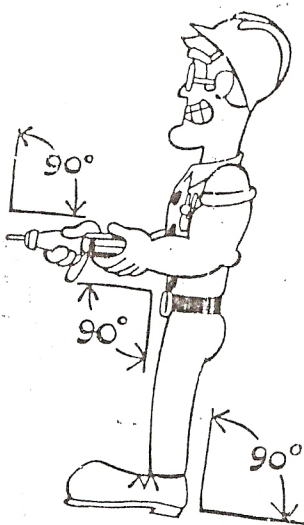
1

Prepare the surface with the grinding stone.



2

On irregular surfaces and old concrete remove $\frac{1}{4}$ inch using an electric grinding wheel.



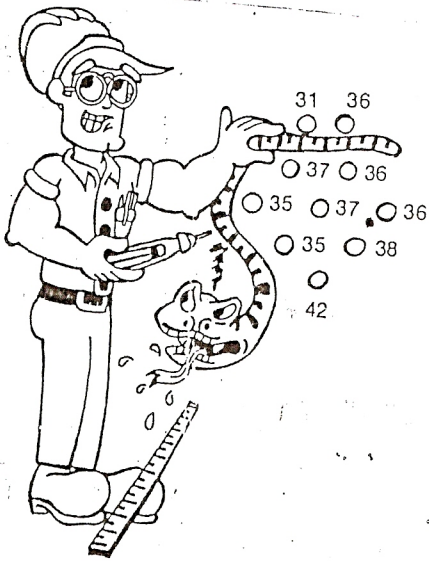
3

Perform the test at right angles to the surface.



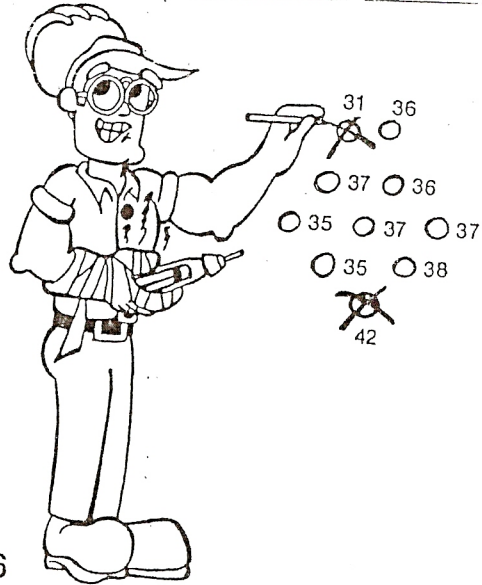
4

Never repeat the test in the same point.



5

Take 10 measurements for each area to be tested and allow 1 to 2 inches between each test point.



6

Exclude any extra large deviation and take additional readings.



7

Check the calibration of the H-Meter at regular intervals using the calibration anvil.



8

Always keep the H-Meter in a clean condition and when not in use keep it in the carrying case provided.