

Μέτρα Υποστήριξης Υπογείων Έργων



Σκοπός

- Εξασφάλιση ευστάθειας υπόγειου ανοίγματος.
- Προστασία εργαζομένων από καταπτώσεις.
- Σε περίπτωση ρηχής σήραγγας σε αστικό ιστό → περιορισμός επιφανειακών καθιζήσεων.



Διάκριση Υποστήριξης

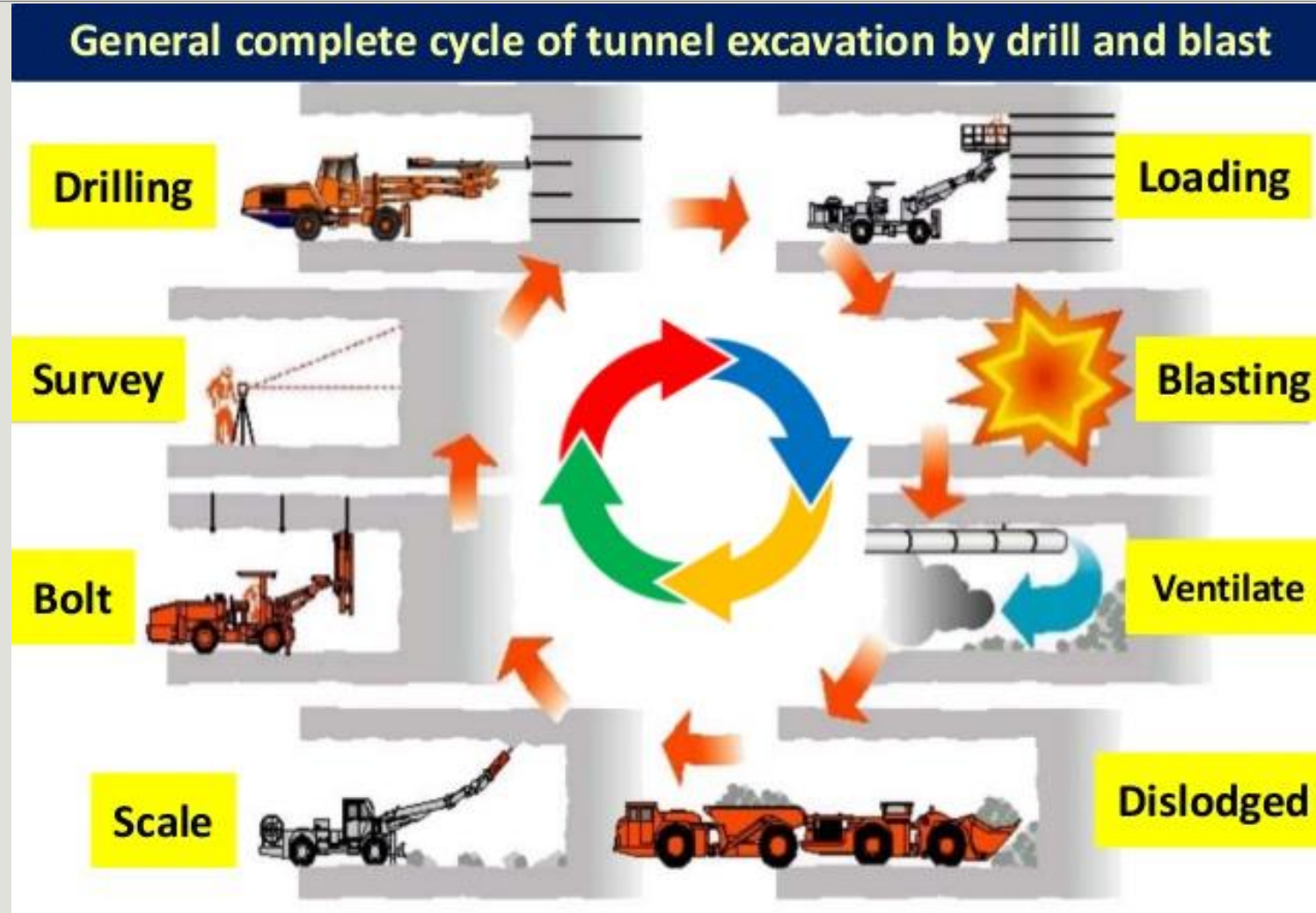
- Προσωρινή υποστήριξη (primary lining): Υποστήριξη υπογείου ανοίγματος μόνο για την περίοδο κατασκευής.
- Μόνιμη υποστήριξη (final lining): Υποστήριξη υπογείου ανοίγματος καθ' όλη την διάρκεια της λειτουργίας του.



Διάκριση Υποστήριξης - Κόστος

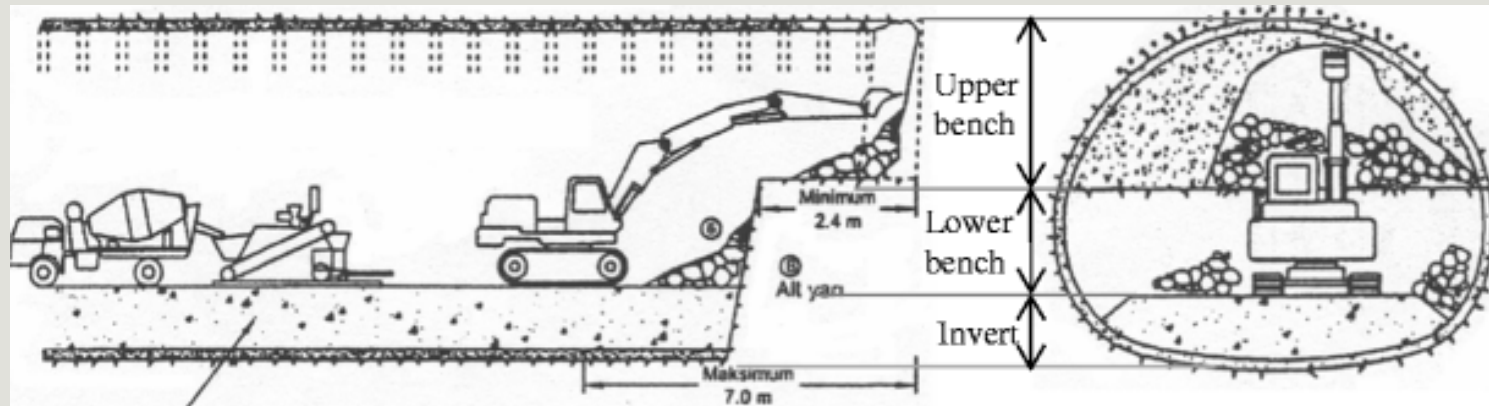


Κύκλος Εργασιών Διάνοιξης Σήραγγας



Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

- Η σήραγγα διανοίγεται με τη χρήση μηχανικών μέσων διάνοιξης.
- Η προχώρηση είναι μικρή ανά βήμα εκσκαφής (1- 4m) και καθορίζεται από τις γεωτεχνικές συνθήκες στην περιοχή του έργου.
- Το ανυποστήρικτο τμήμα υποστηρίζεται ελάχιστα βήματα πιο πίσω.
- Συνήθως η διάνοιξη πραγματοποιείται σε περισσότερες από μια φάσεις εκσκαφής.



Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

- Διάνοιξη με χρήση μηχανικών μέσων (Εκσκαφέας Υπογείων):



Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

- Διάνοιξη με χρήση μηχανικών μέσων (Roadheader):



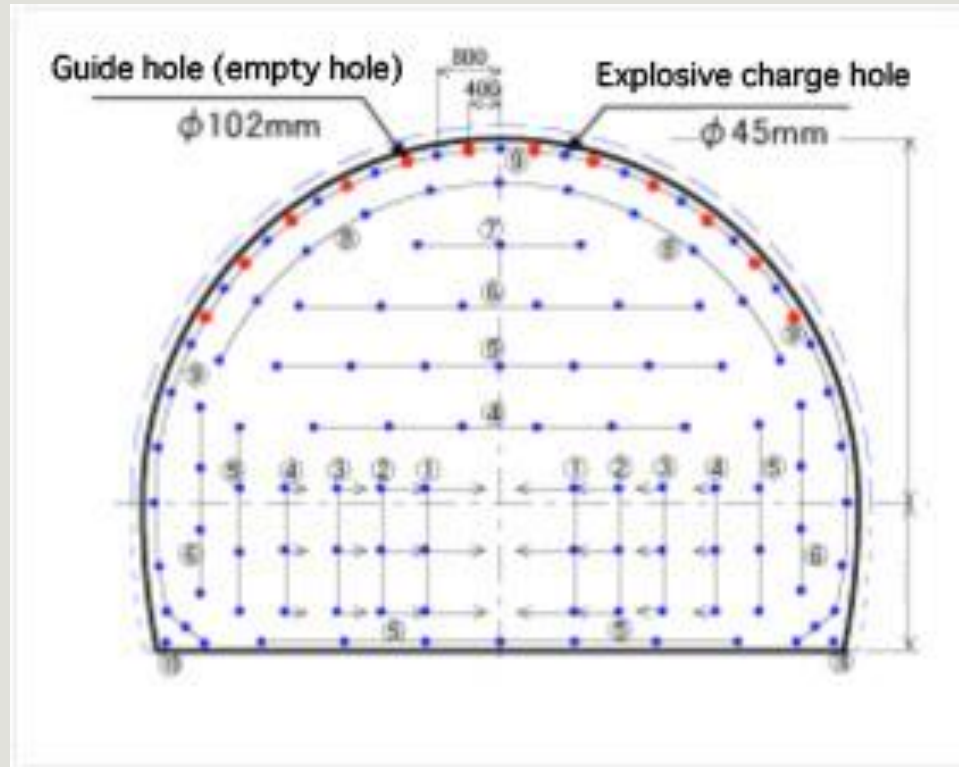
Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

- Διάνοιξη με την μέθοδο διάτρησης- ανατίναξης:



Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

- Διάνοιξη με την μέθοδο διάτρησης- ανατίναξης:

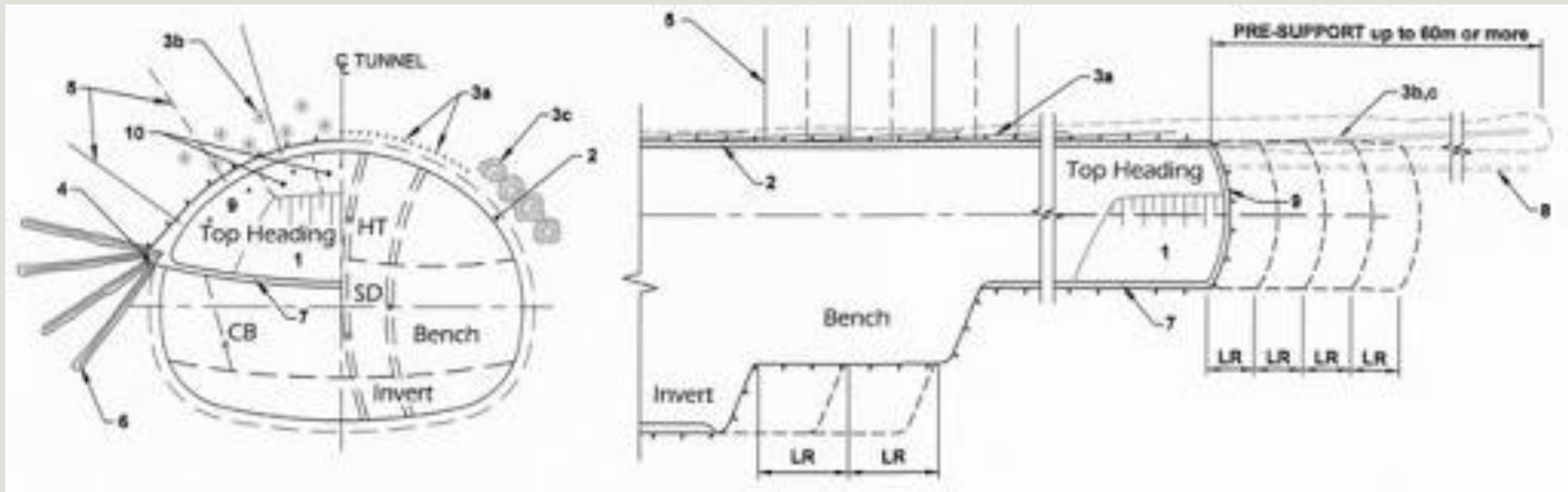


Διάνοιξη Σήραγγας με Συμβατικά Μέσα (NATM)

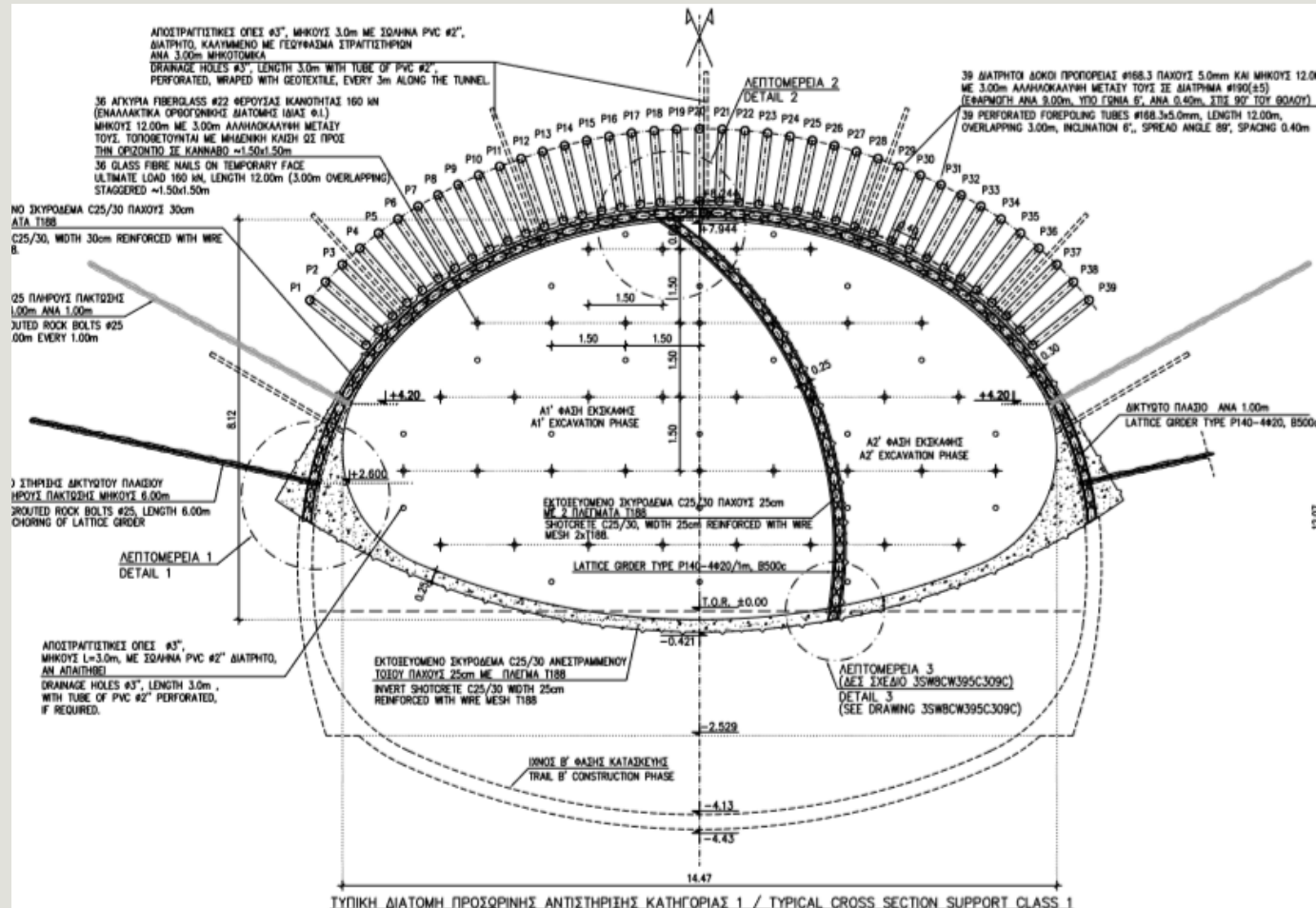
- Διάνοιξη με την μέθοδο διάτρησης- ανατίναξης:



Τμηματική Διάνοιξη Σήραγγας



Τμηματική Διάνοιξη Σήραγγας



Τμηματική Διάνοιξη Σήραγγας

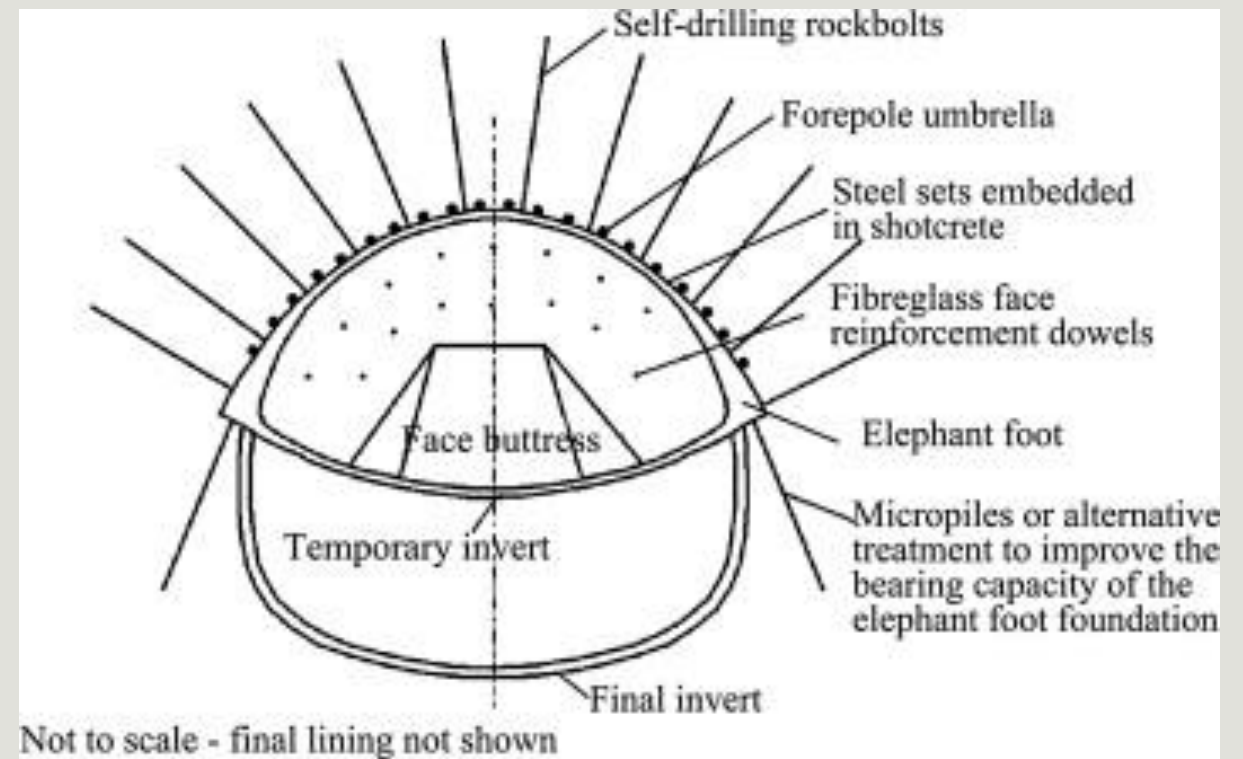


Τμηματική Διάνοιξη Σήραγγας

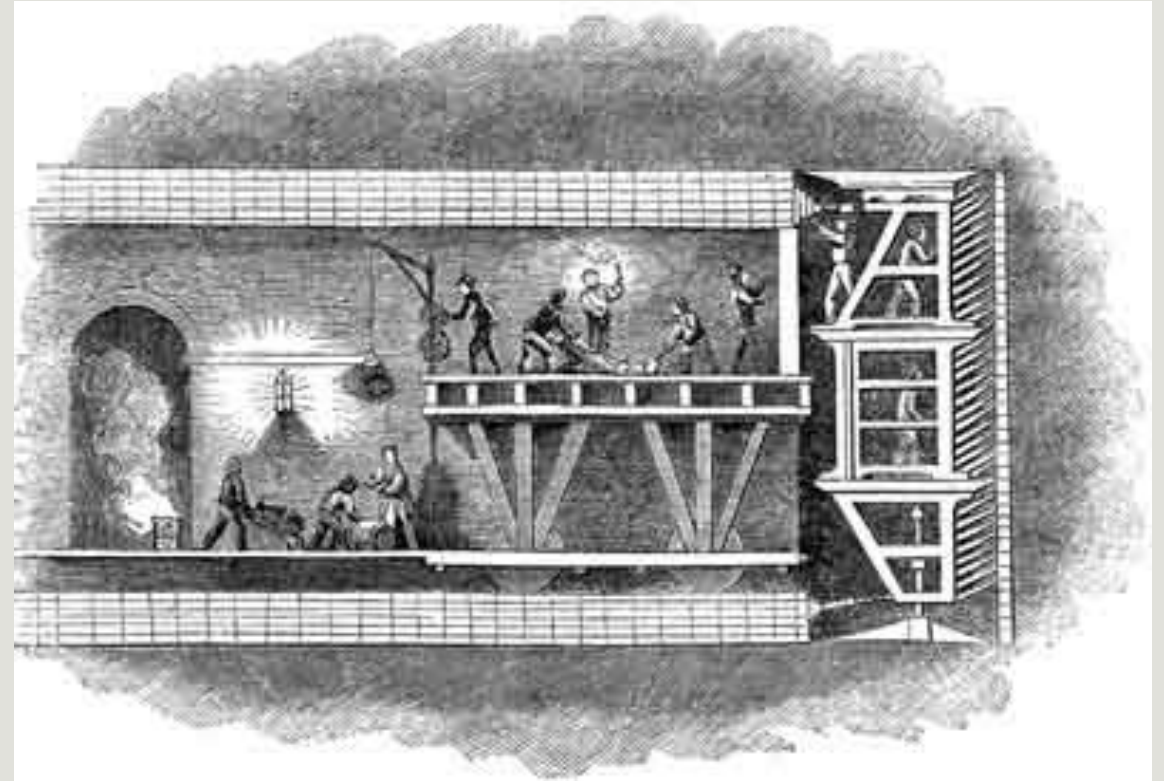


Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης

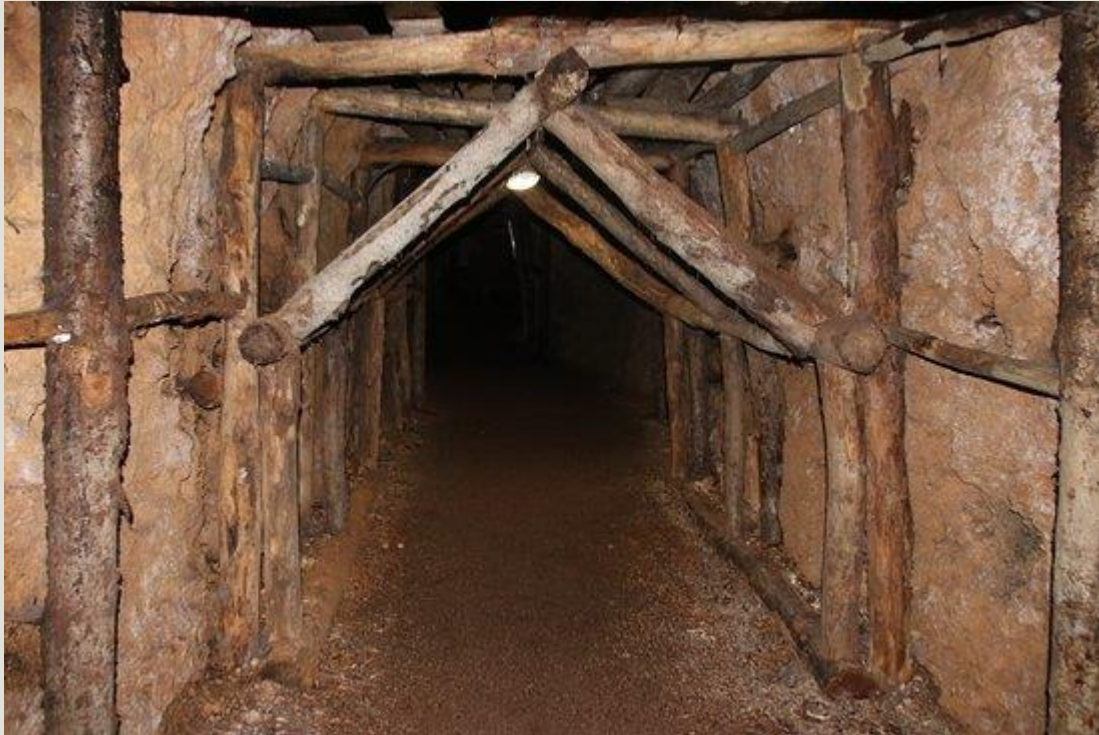
- Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα (**Shotcrete**)
- Αγκύρια (**Bolts**)
- Μεταλλικά Πλαίσια (**Steel Ribs**)



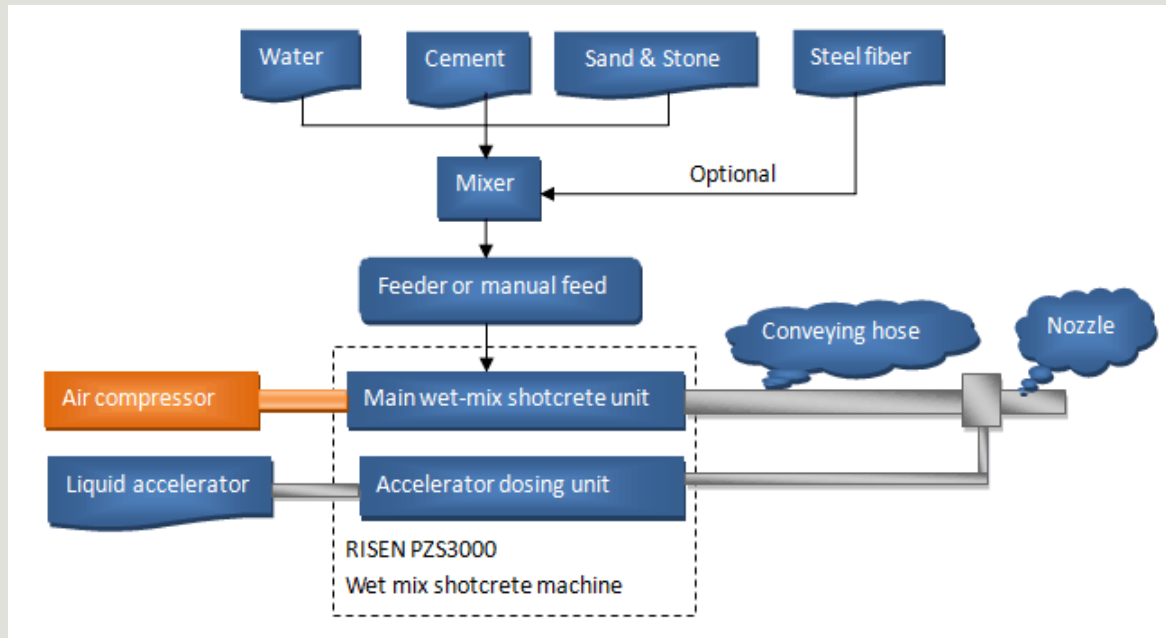
Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης – Παλαιές Μέθοδοι



Μέτρα Προσωρινής Υποστήριξης – Παλαιές Μέθοδοι



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα - Σκοπός

- Δημιουργία ενιαίου κελύφους περιμετρικά της εκσκαφής.
- Άμεση προστασία από καταπτώσεις τεμαχών.
- Περιορισμός συγκλίσεων.



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Σύσταση

Cement + aggregates + water + admixture



+

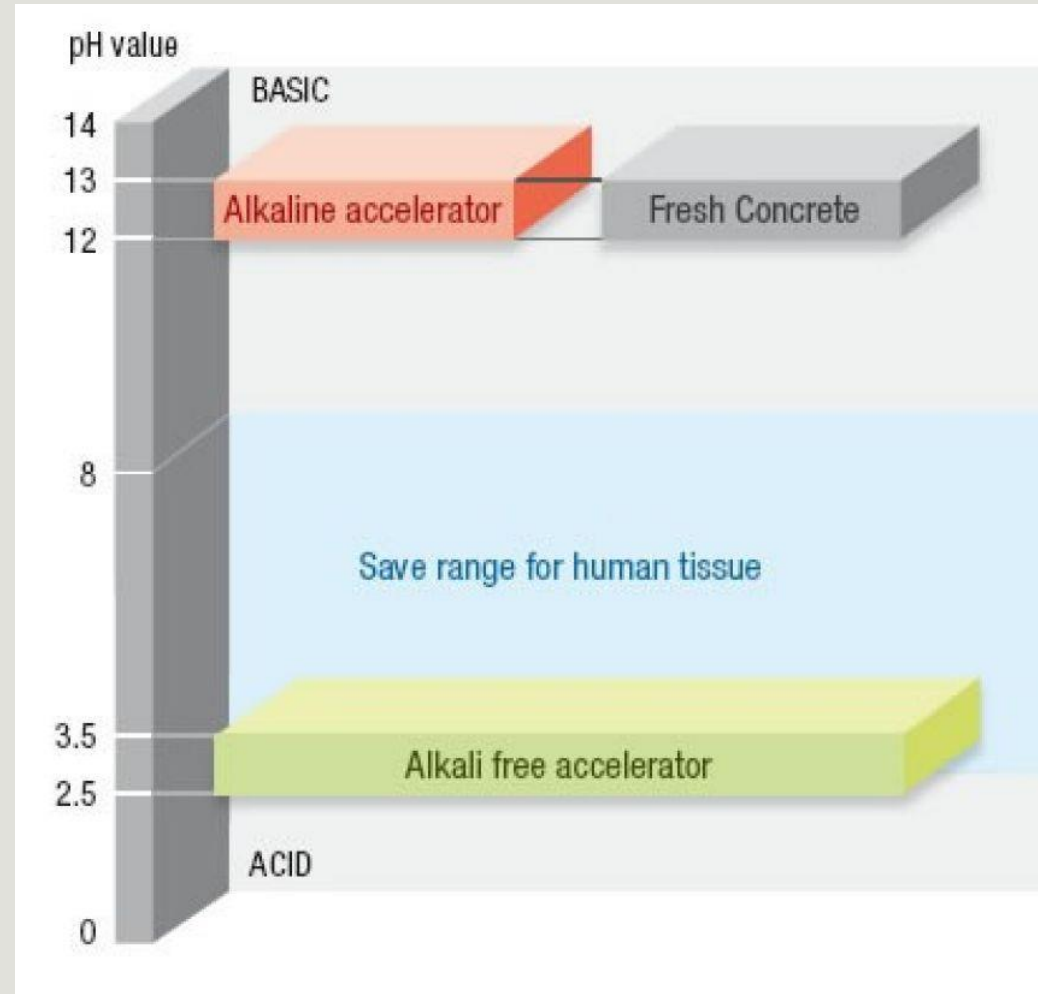
non-alkaline accelerator

Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Επιταχυντές

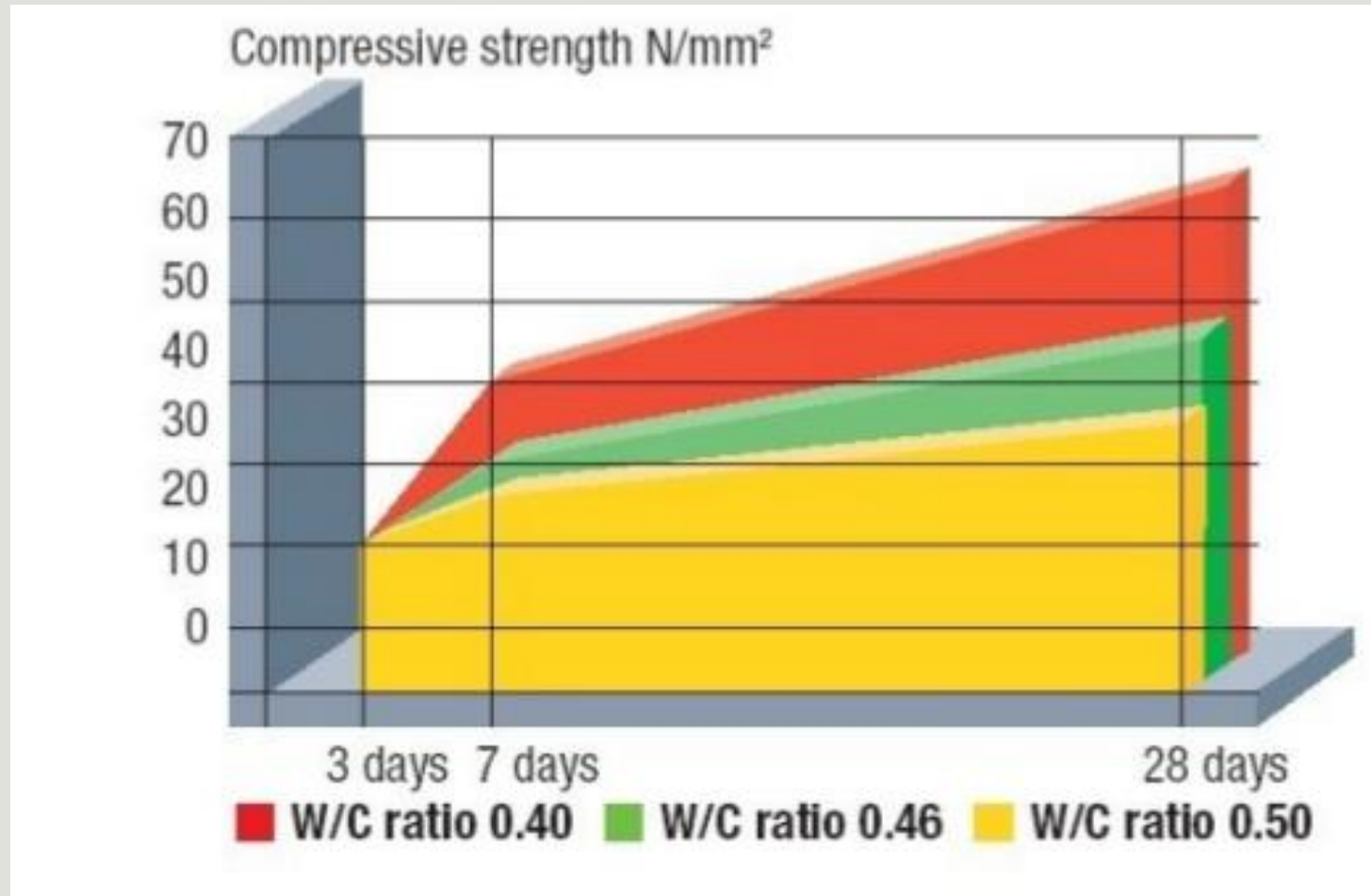
Ιδιότητες	Τύπος επιταχυντή		
	Αλκαλιούχος αργιλικός	Αλκαλιούχος πυριτικός	Ελεύθερος αλκαλίων
Εύρος δόσης	3÷6%	12÷15%	4÷7%
pH	13÷14	12÷13	3
Ισοδύναμο Na ₂ O	20%	12%	<1%
Πολύ πρόωμη αντοχή για την ίδια δόση	++++	++++	++
Τελική αντοχή	+	--	+++
Υδατοστεγανότητα	++	--	+++
Έκπλυση	---	--	-
Υγιεινή	---	-	+++
Ασφάλεια μεταφοράς	--	-	+++

+ βελτίωση, - επιδείνωση

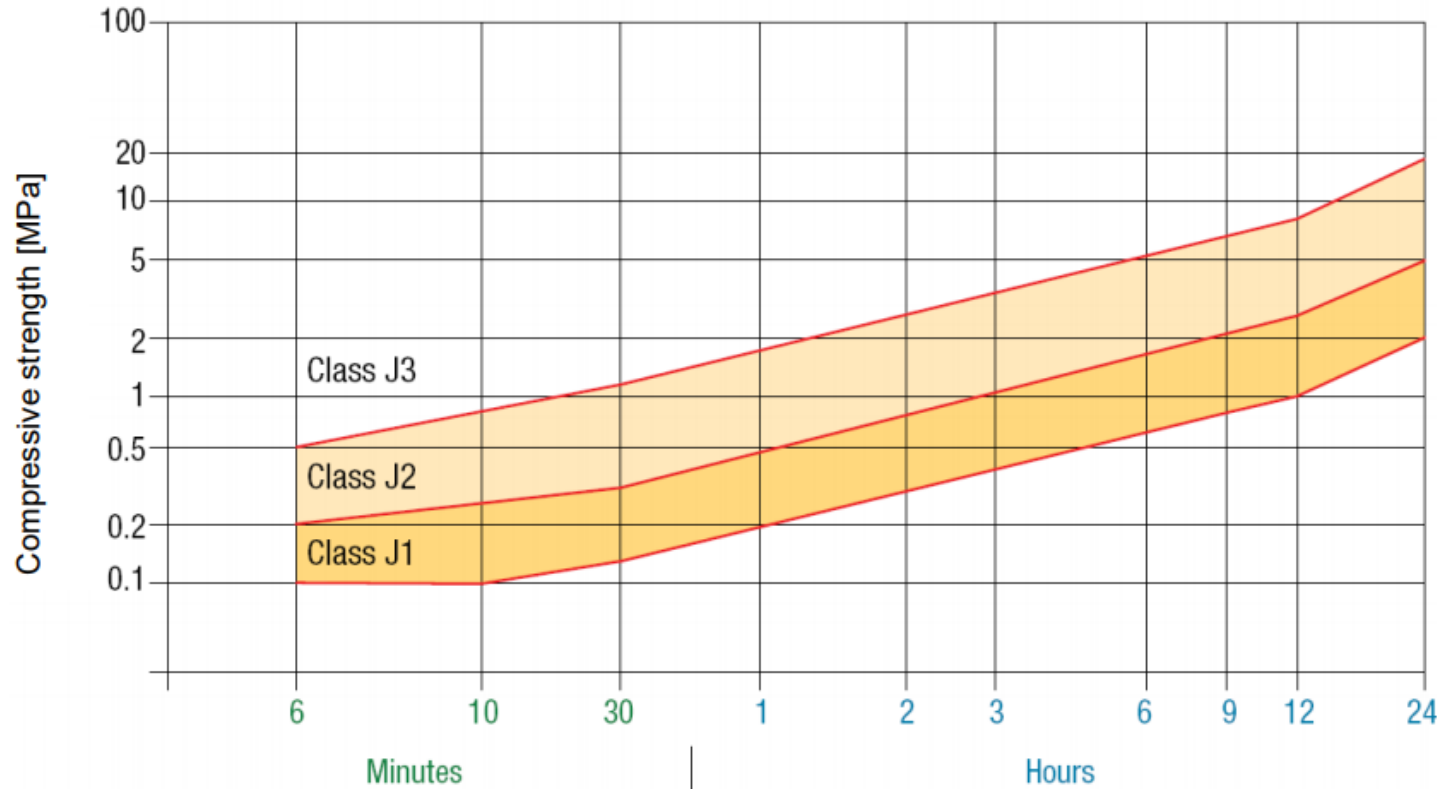
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Επιταχυντές



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Επιταχυντές



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Επιταχυντές



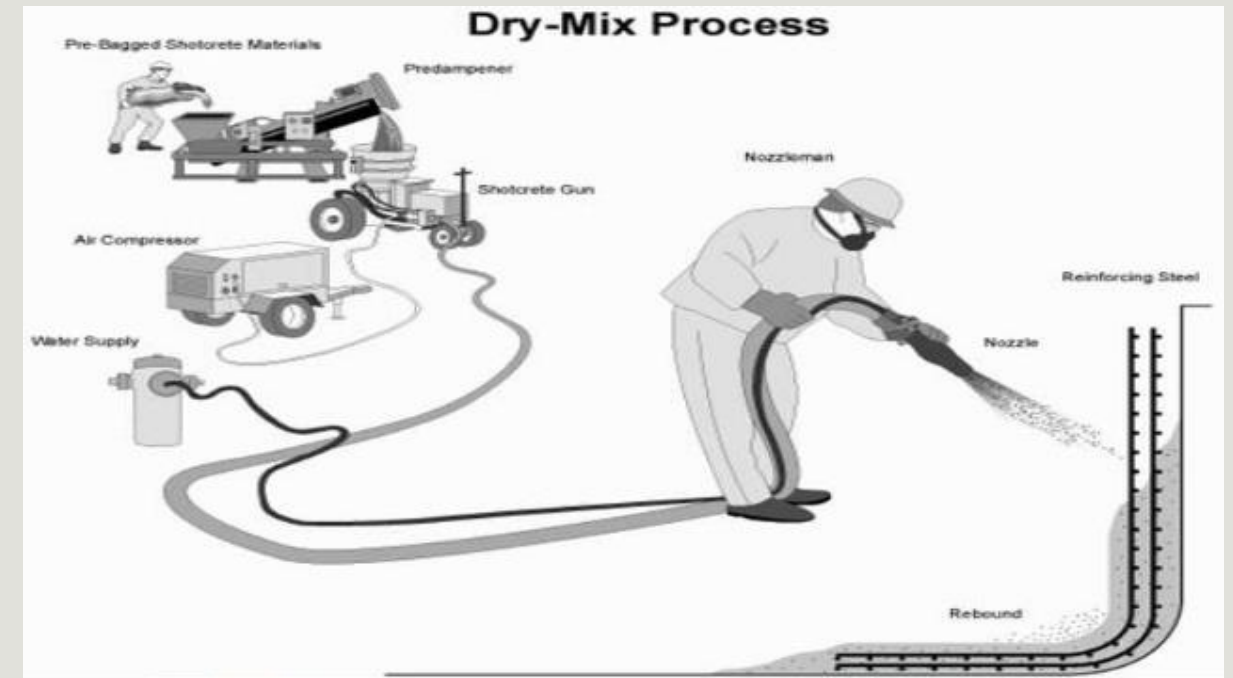
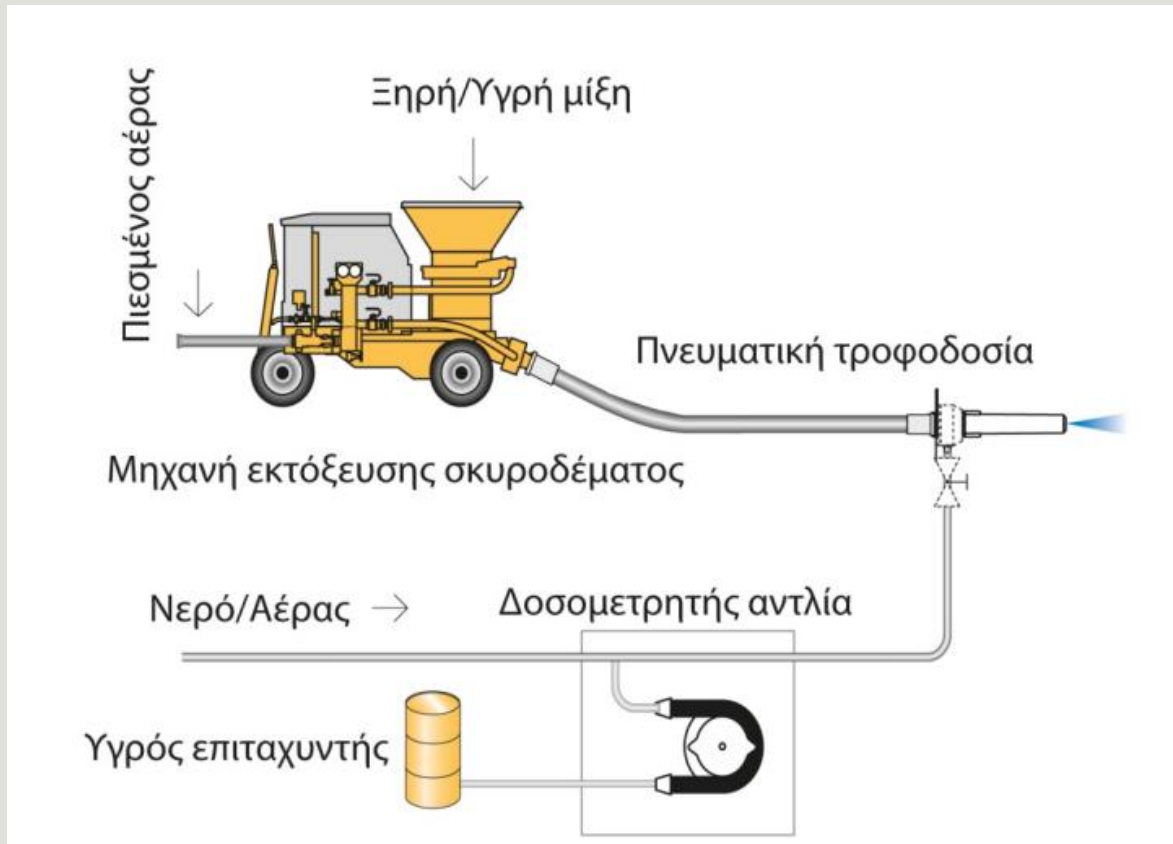
Sprayed Concrete Class	Application
J₁	Sprayed concrete suitable for the placing of thin layers on a dry base without special load bearing requirements to be met during the first hours after placing; it offers the advantages of low dust formation and rebound.
J₂	Sprayed concrete that is required to be placed as quickly as possible in thick layers (including overhead). Additionally, sprayed concrete can be applied to water bearing ground, and sections of lining that are immediately adjacent to construction operations involving immediate stress and strain changes, such as new excavations or spiling. In normal tunnel conditions J ₂ should not be exceeded.
J₃	Sprayed concrete for support to highly friable rock or excessive ingress of water. Due to the high level of dust and rebound, this class should only be used in limited areas.

Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Δειγματοληψία



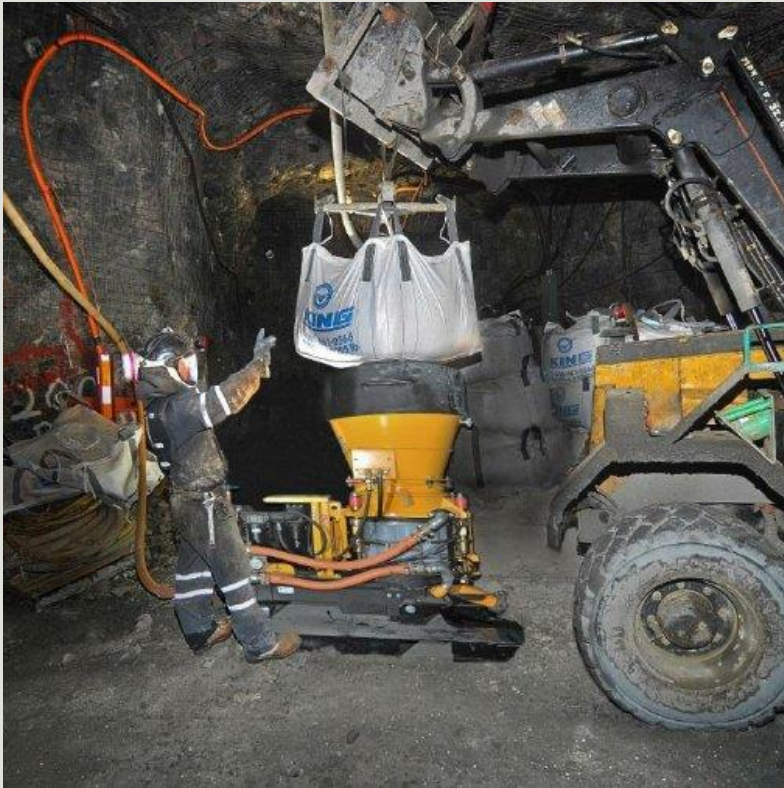
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Μίξη

Ξηρή Μέθοδος (Dry Mix)



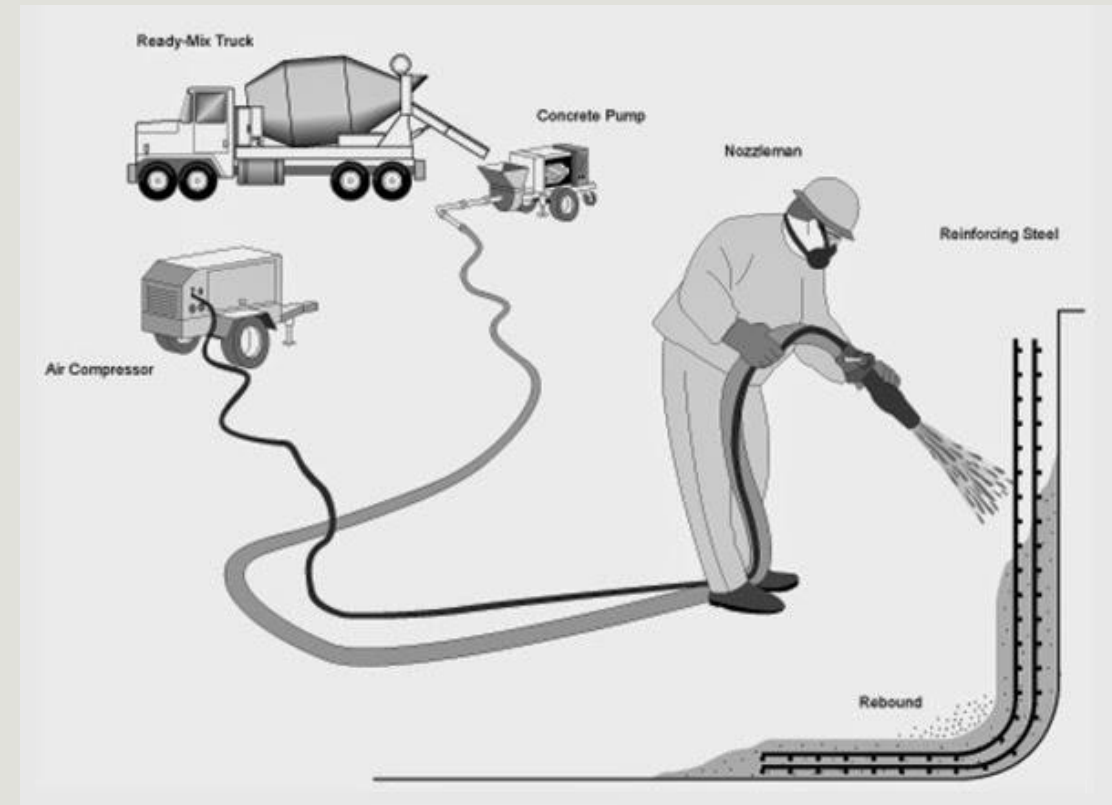
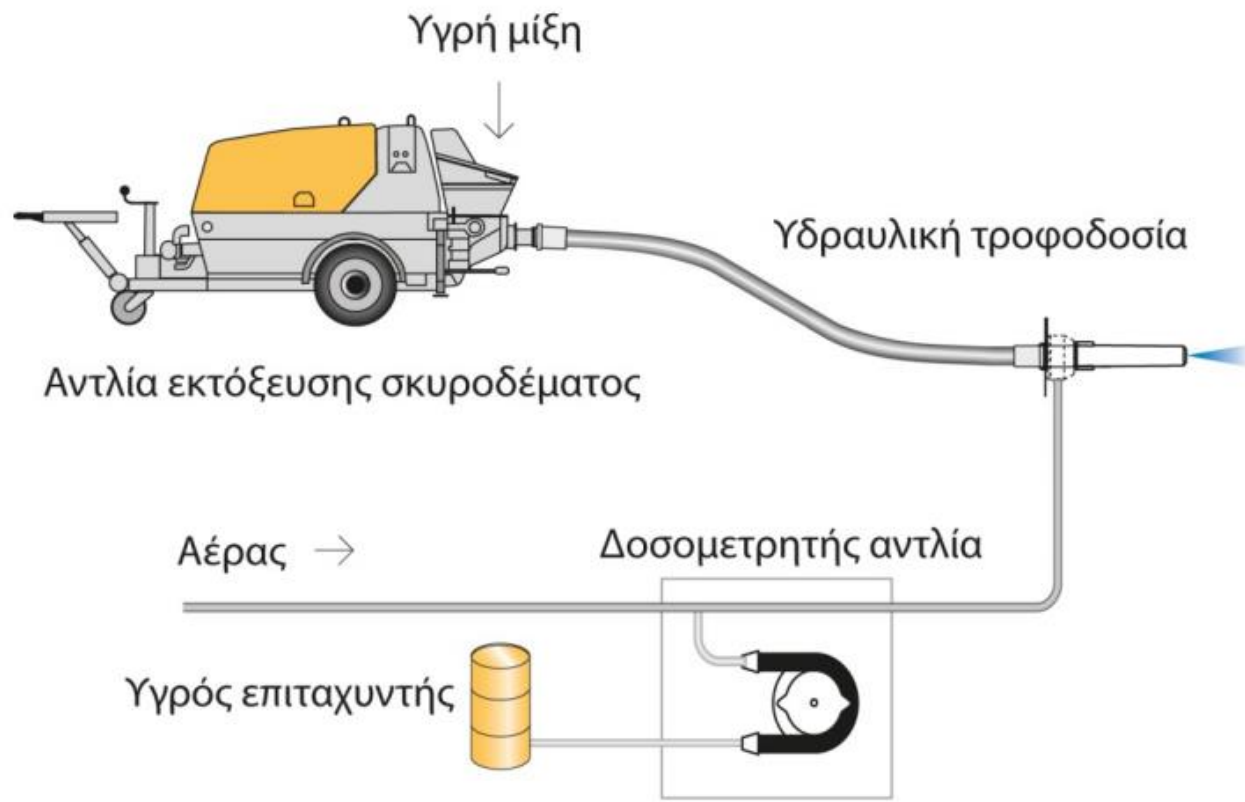
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Μίξη

Ξηρή Μέθοδος (Dry Mix)



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Μίξη

Υγρή Μέθοδος (Wet Mix)

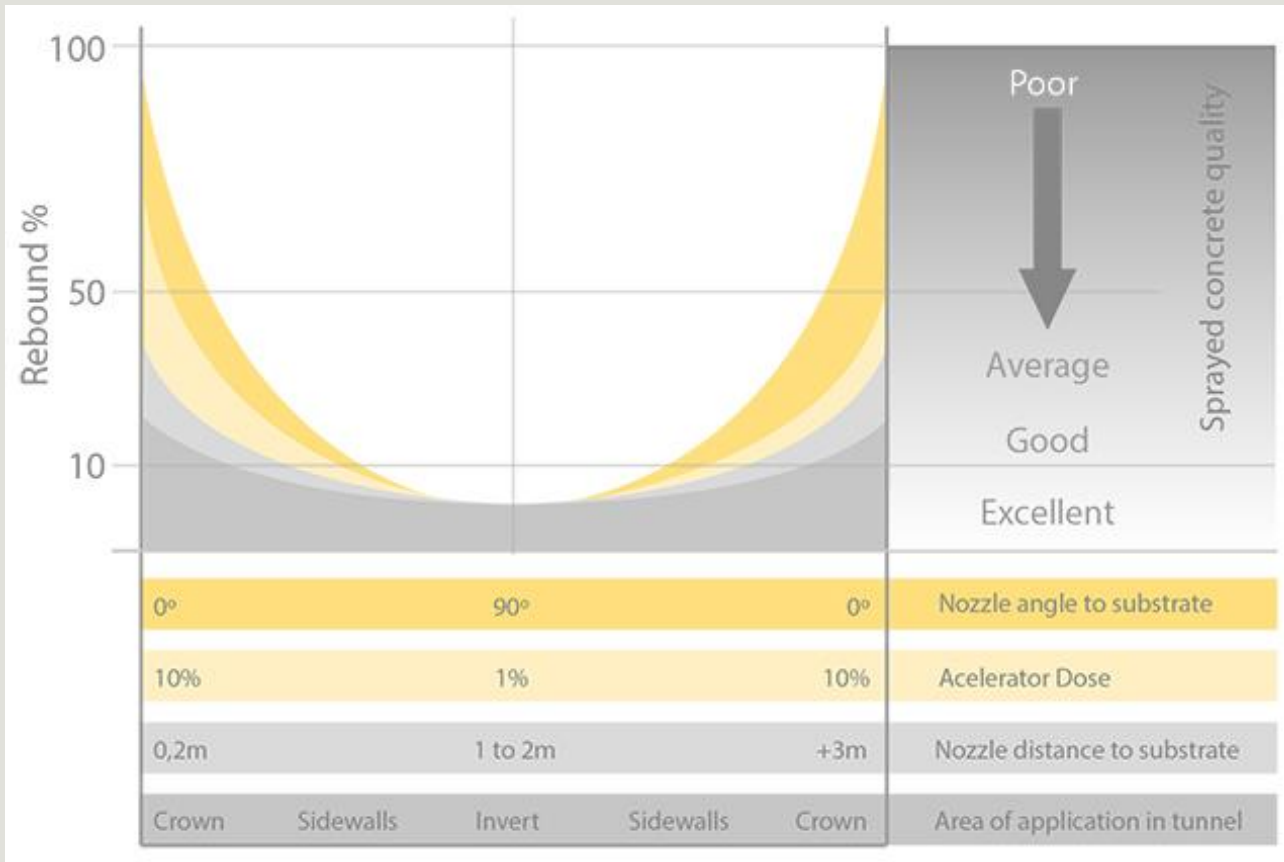


Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Μίξη

Υγρή Μέθοδος (Wet Mix)



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Αναπήδηση



Accelerator	Position	Rebound rate/%	Average rebound rate/%
Without adding accelerator	Arch	26.2	20.9
	Two sides	15.5	
WT-1 type accelerator	Arch	13.3	11.4
	Two sides	9.4	
GOR-I type accelerator	Arch	21.3	16.8
	Two sides	12.2	

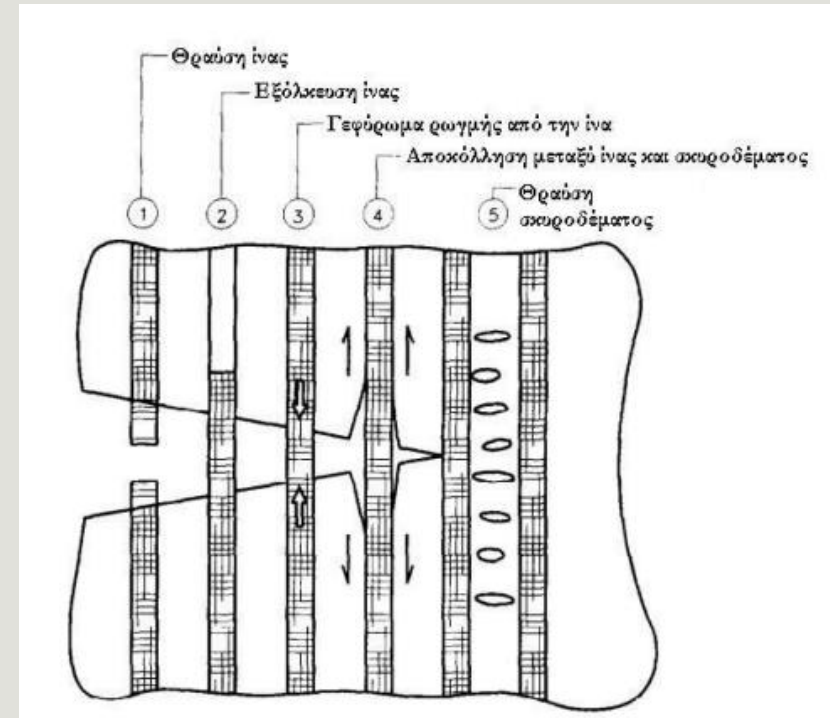
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα - Όπλιση

- Η όπλιση πραγματοποιείται με:
 - ✓ Δομικό Πλέγμα
 - ✓ Ίνες (ινοπλισμένο)
- Σκοπός: Αύξηση εφελκυστικής αντοχής

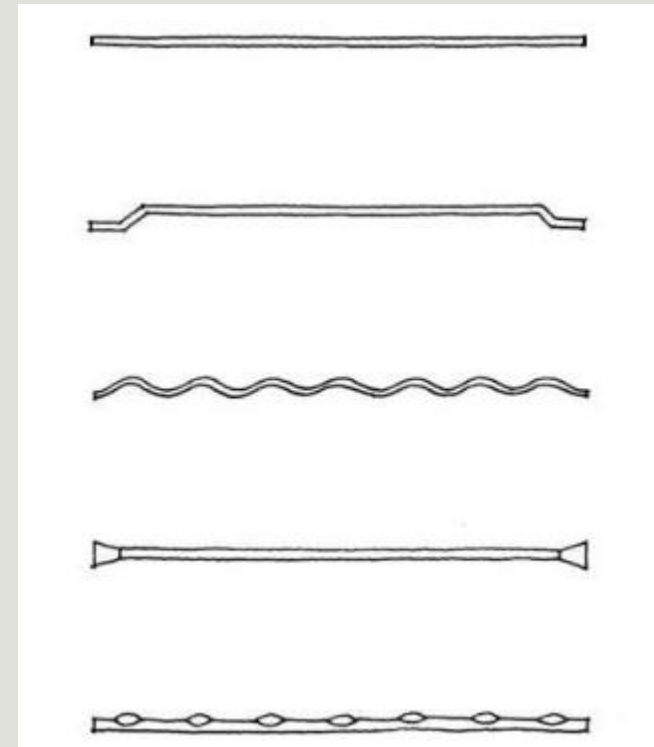
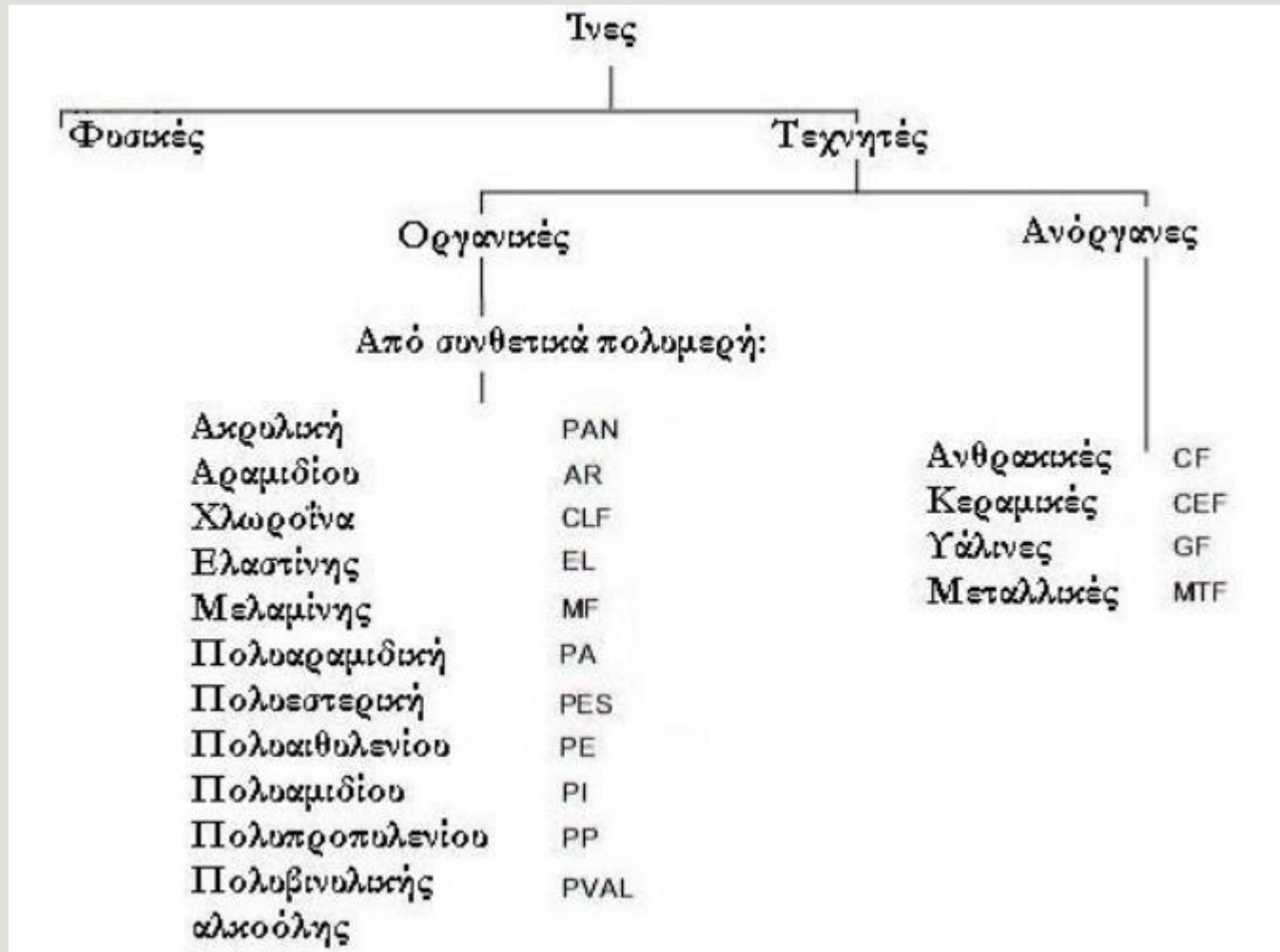


Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα -Ινοπλισμένο

- Η όπλιση πραγματοποιείται με:
 - ✓ Δομικό Πλέγμα
 - ✓ Ίνες (ινοπλισμένο)
- Σκοπός: Αύξηση εφελκυστικής αντοχής



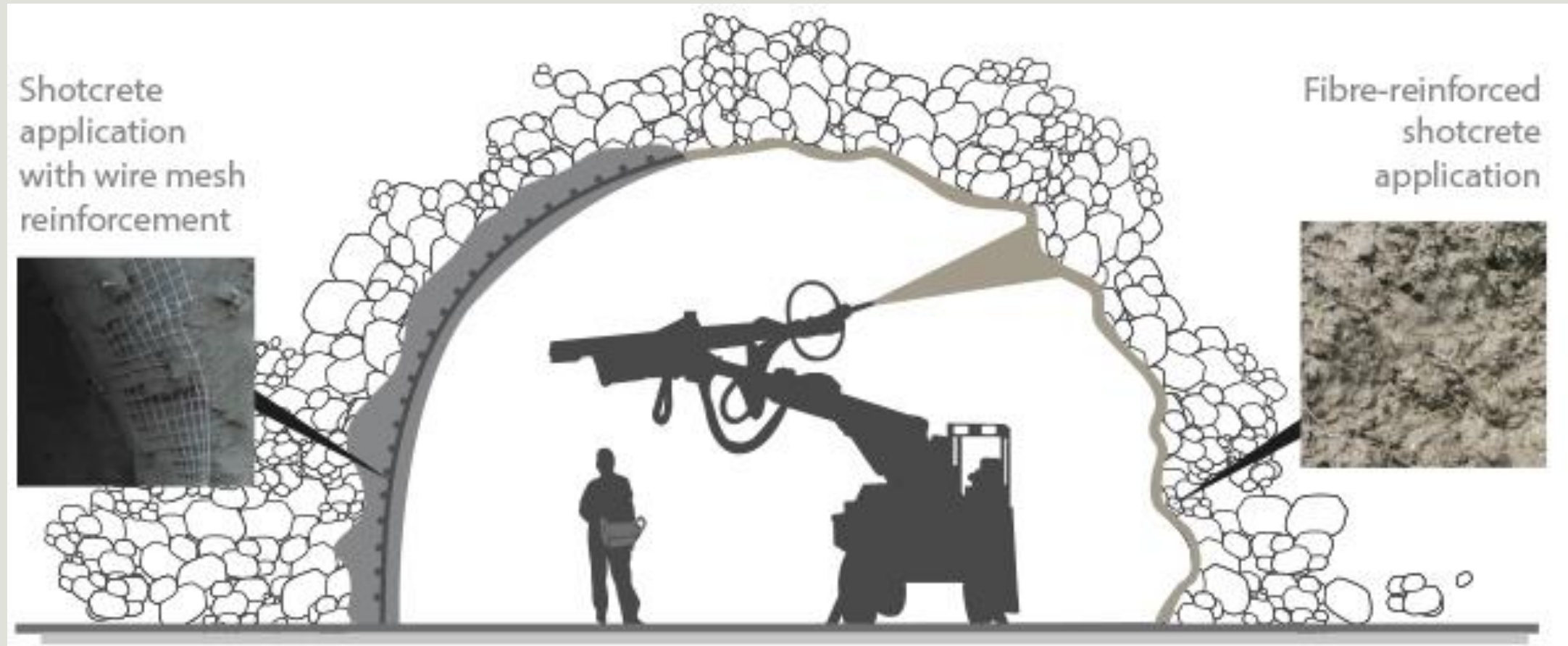
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα -Ινοπλισμένο



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα -Ινοπλισμένο



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα -Ινοπλισμένο



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Αντλίες εκτόξευσης



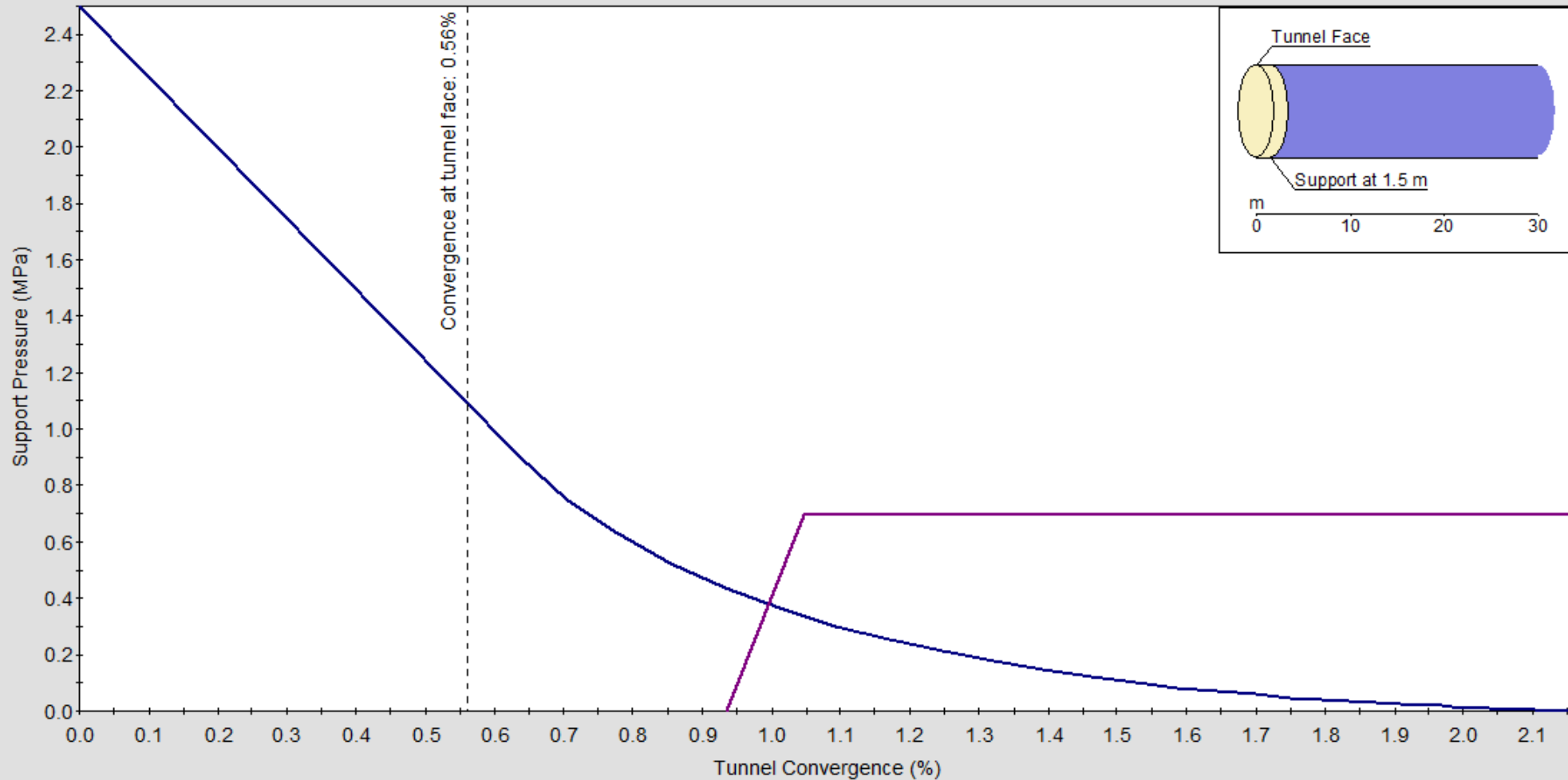
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα – Αντλίες εκτόξευσης



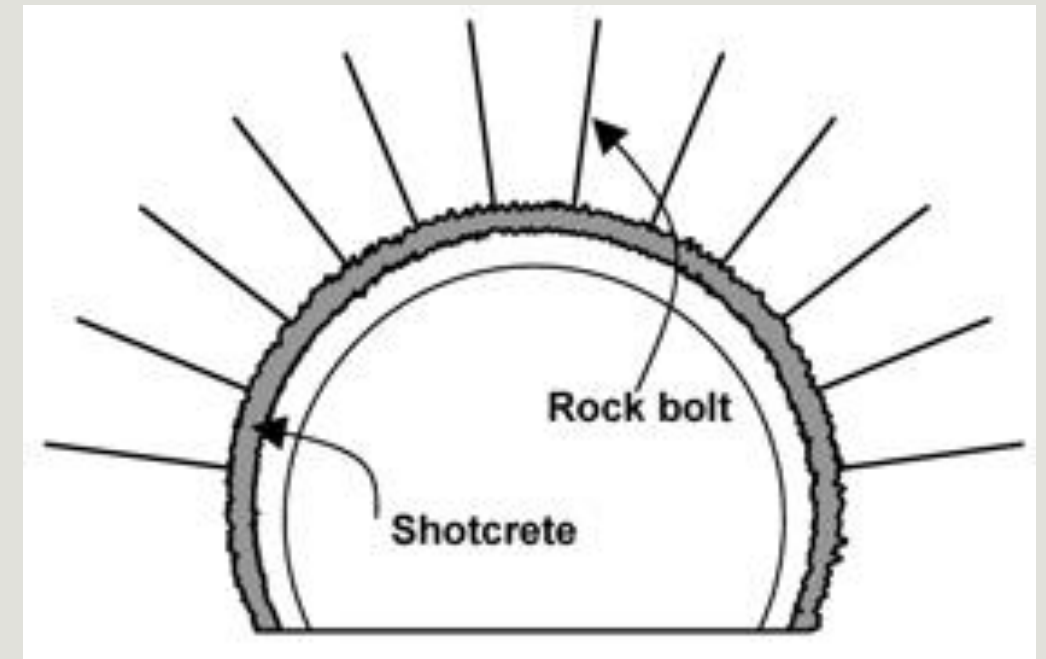
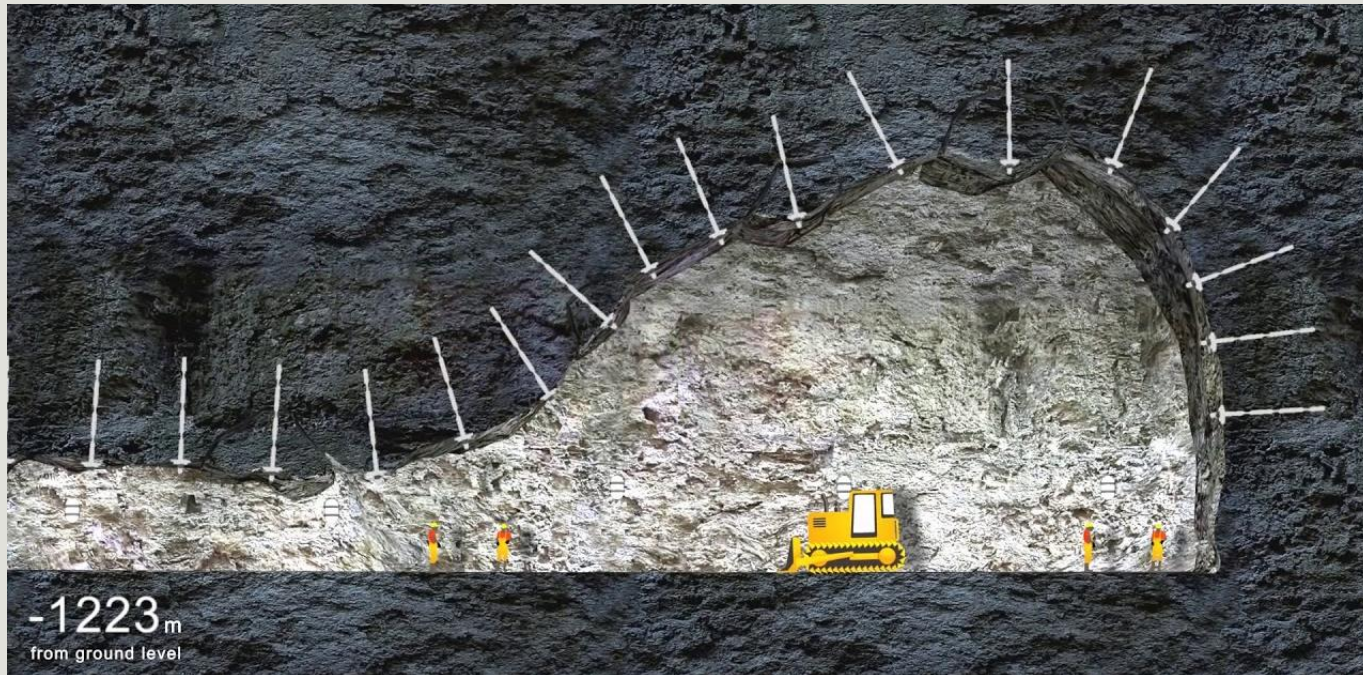
Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα - Αστοχία



Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα



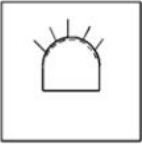



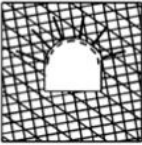
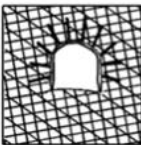
Αγκύρια / Ήλιοι

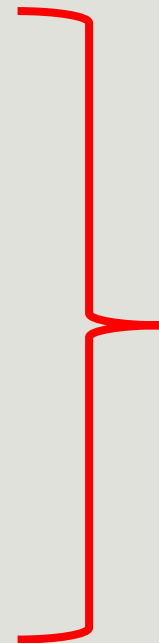


Αγκύρια / Ήλοι - Σκοπός

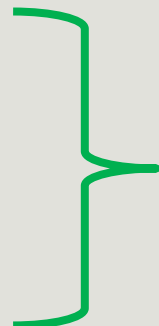
- Σκοπός των ήλων είναι:
 - ✓ Η άμεση υποστήριξη και συγκράτηση επισφαλών όγκων περιμετρικά της εκσκαφής.
 - ✓ Ο περιορισμός των συγκλίσεων του υπόγειου ανοίγματος.
 - ✓ Η όπλιση και υποστήριξη του κελύφους από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.
 - ✓ Η υποστήριξη των μεταλλικών πλαισίων.

Αγκύρια / Ήλιοι - Σκοπός

	Low stress levels	High stress levels
Massive rock	 <p>Massive rock subjected to low in situ stress levels. No permanent support. Light support may be required for construction safety.</p>	 <p>Massive rock subjected to high in situ stress levels. Pattern rockbolts or dowels with mesh or shotcrete to inhibit fracturing and to keep broken rock in place.</p>
Jointed rock	 <p>Massive rock with relatively few discontinuities subjected to low in situ stress conditions. 'Spot' bolts located to prevent failure of individual blocks and wedges. Bolts must be tensioned.</p>	 <p>Massive rock with relatively few discontinuities subjected to high in situ stress conditions. Heavy bolts or dowels, inclined to cross rock structure, with mesh or steel fibre reinforced shotcrete on roof and sidewalls.</p>
Heavily jointed rock	 <p>Heavily jointed rock subjected to low in situ stress conditions. Light pattern bolts with mesh and/or shotcrete will control raveling of near surface rock pieces.</p>	 <p>Heavily jointed rock subjected to high in situ stress conditions. Heavy rockbolt or dowel pattern with steel fibre reinforced shotcrete. In extreme cases, steel sets with sliding joints may be required. Invert struts or concrete floor slabs may be required to control floor heave.</p>



Συγκράτηση επισφαλών όγκων.

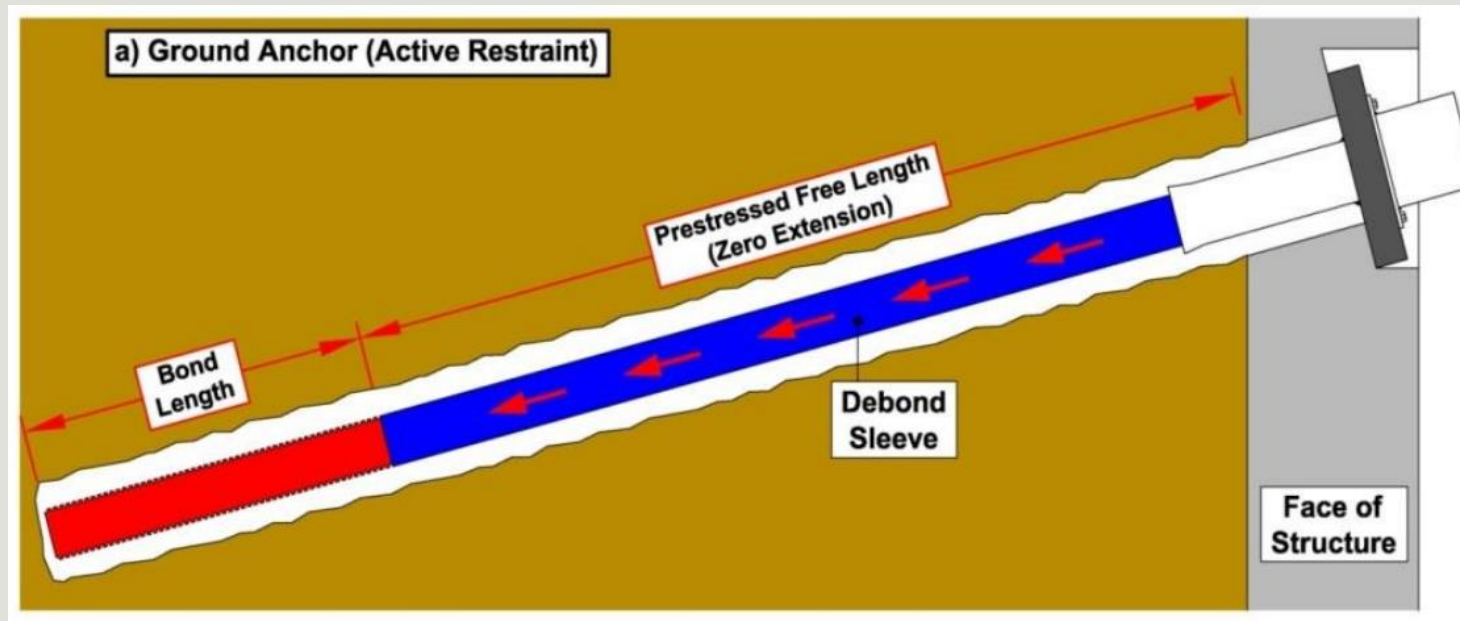


Περιορισμός συγκλίσεων.

Αγκύρια / Ήλοι - Διάκριση

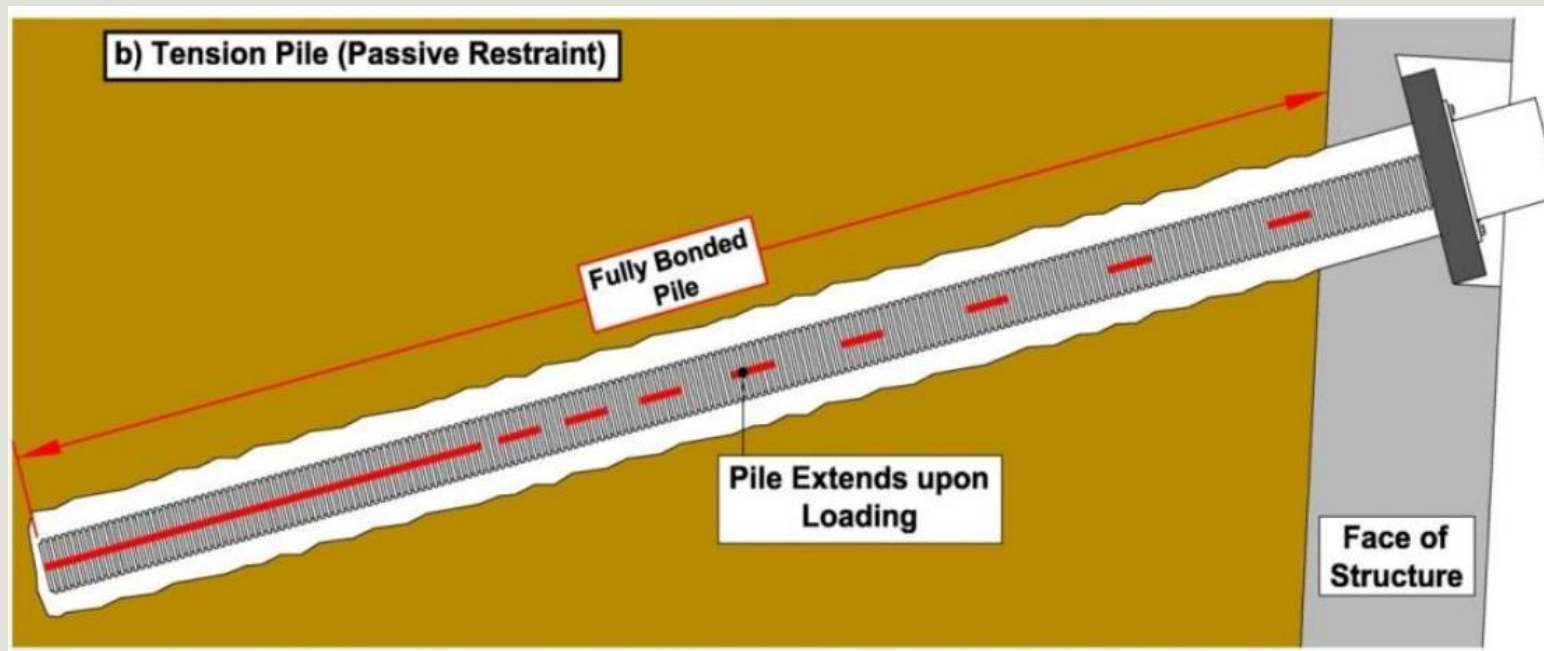
• Οι ήλοι διακρίνονται σε:

□ **Ενεργητικούς (Active):** Σκοπός τους είναι η άμεση υποστήριξη του περιβάλλοντος πετρώματος, χωρίς περαιτέρω παραμορφώσεις. Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται τάνυσή τους και πακτώνεται μόνο το ένα τους άκρο έτσι ώστε να τανυστούν.



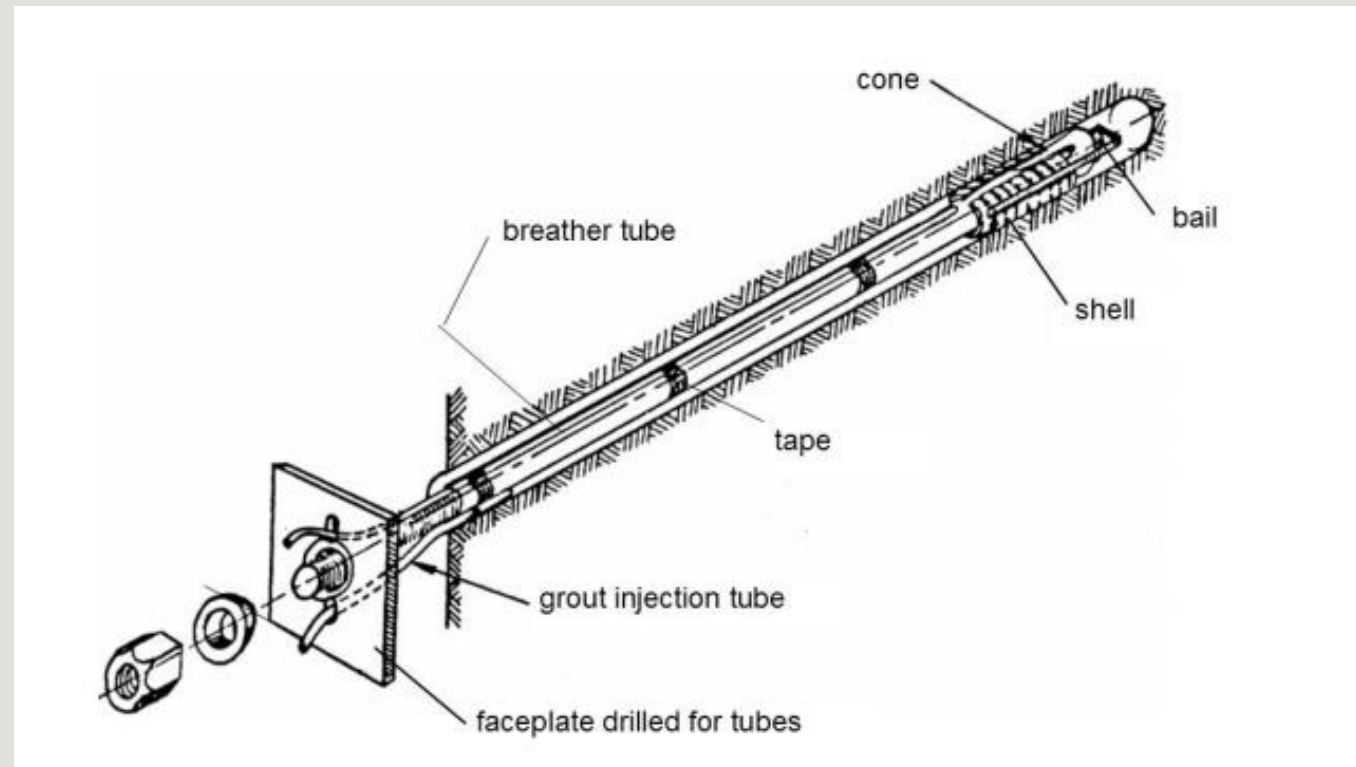
Αγκύρια / Ήλοι - Διάκριση

- **Παθητικούς (Passive):** Σκοπός τους είναι η όπλιση – ενίσχυση του περιβάλλοντος πετρώματος, το οποίο δεν μπορεί να παραλάβει εφελκύστηκες ή διατμητικές τάσεις. Η ενεργοποίησή τους γίνεται μέσω της παραμόρφωσης της βραχόμαζας

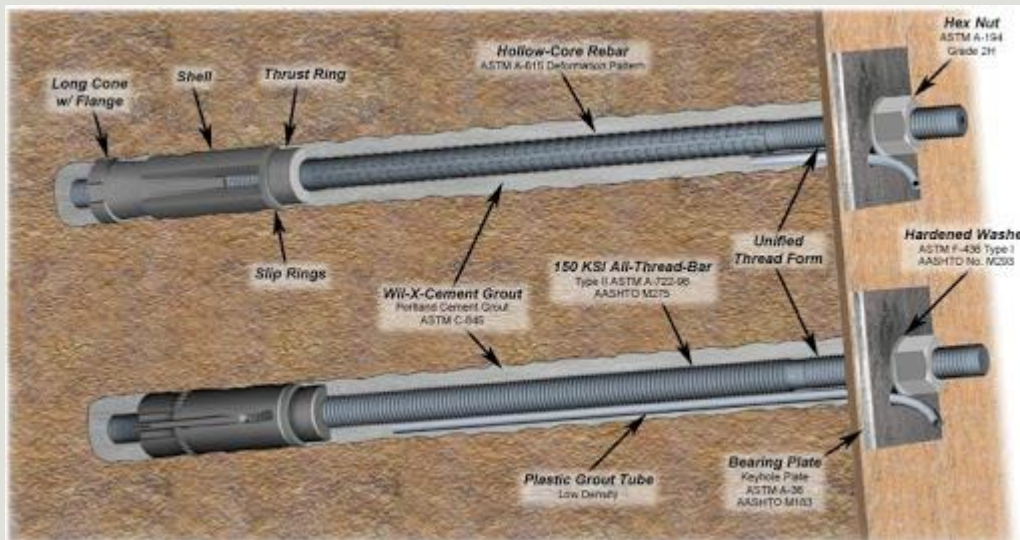


Αγκύρια / Ήλοι – Διαστελλομένου Άκρου

- Πρόκειται για ενεργητικό ήλο, όπου αποκτά συνάφεια με το περιβάλλον πέτρωμα στο ένα του άκρο, μέσω της διαστελλομένης κεφαλής.

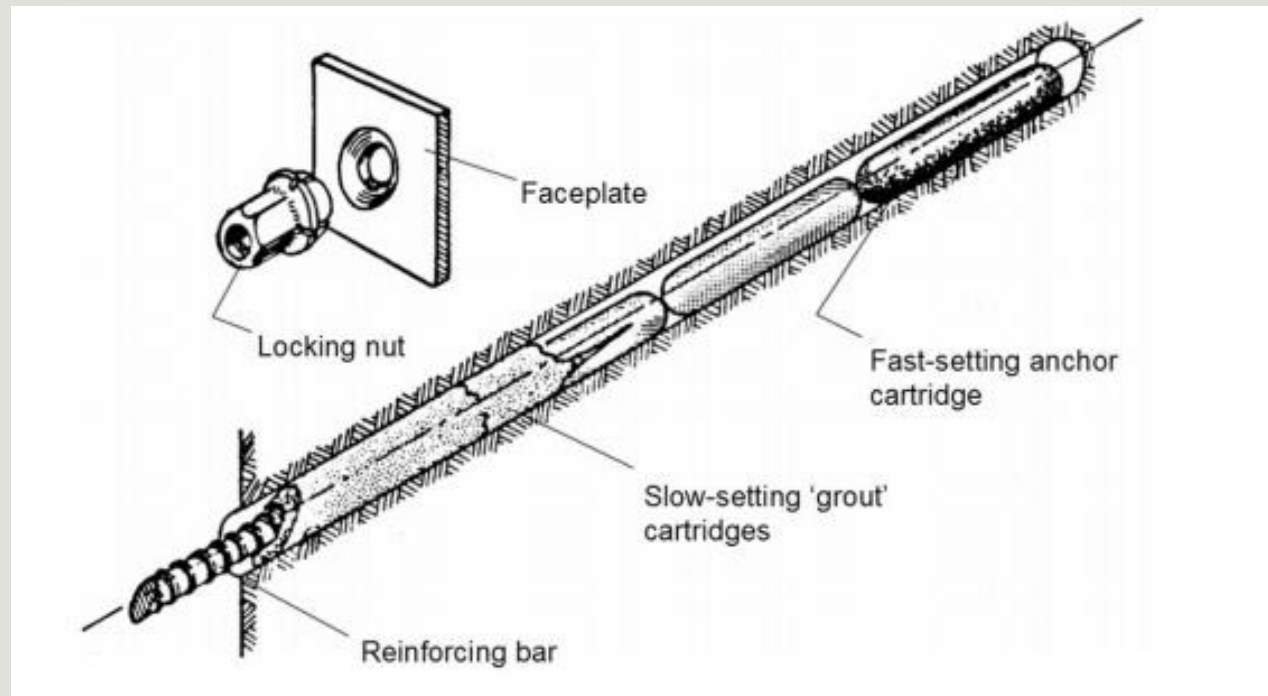


Αγκύρια / Ήλοι – Διαστελλομένου Άκρου

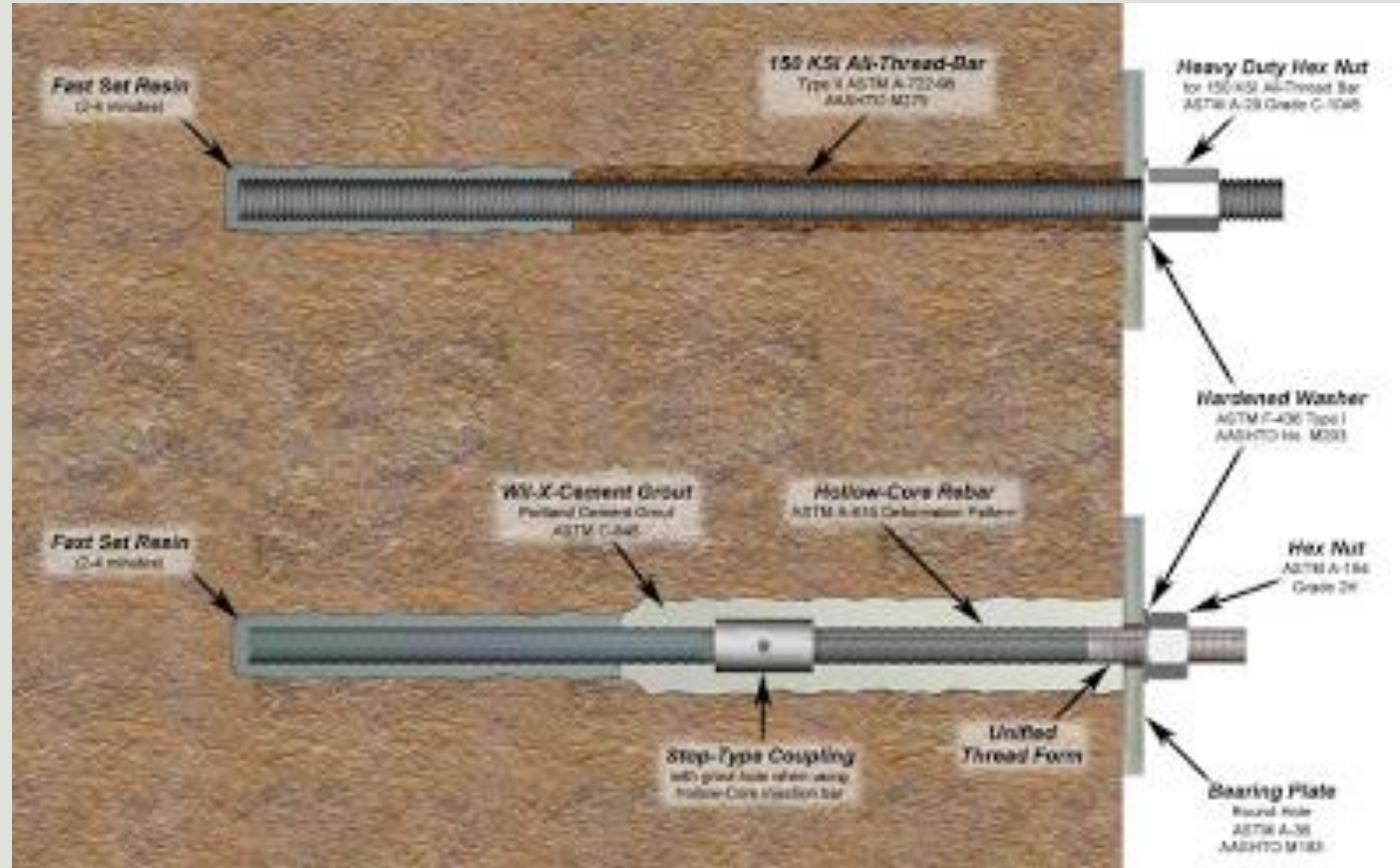


Αγκύρια / Ήλοι – Σημειακής σύζευξης

- Πρόκειται για ενεργητικό ήλο, όπου αποκτά συνάφεια με το περιβάλλον πέτρωμα στο ένα του άκρο, μέσω ταχείας πήξεως ρητίνη, ενώ το υπόλοιπο τμήμα πακτώνεται στο περιβάλλον πέτρωμα με βραδεία πήξεως ρητίνη.

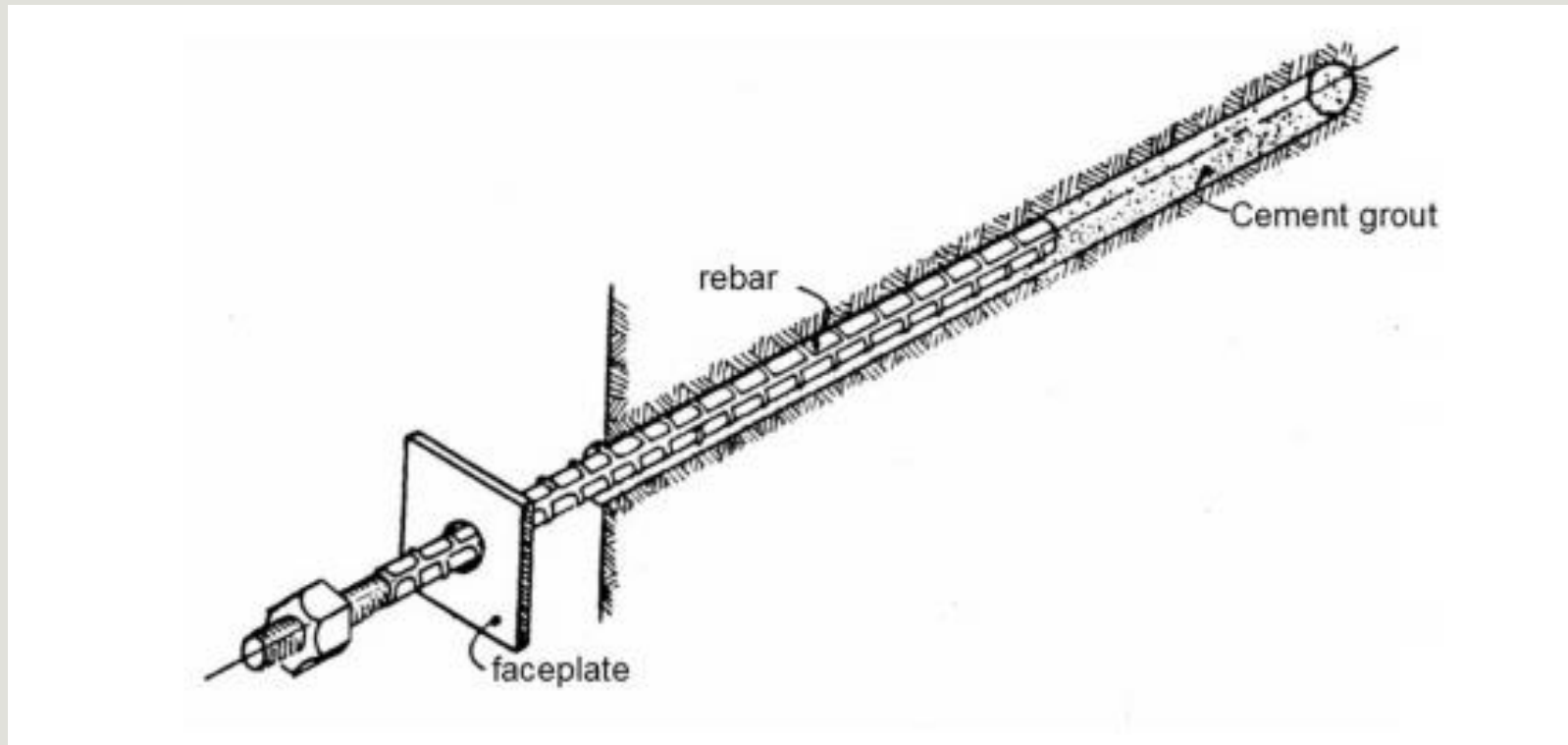


Αγκύρια / Ήλοι – Σημειακής σύζευξης



Αγκύρια / Ήλοι – Ολόσωμης Πάκτωσης

- Πρόκειται για παθητικό ήλο, όπου αποκτά συνάφεια με το περιβάλλον πέτρωμα μέσω της πάκτωσής του, καθ' όλο το μήκος του.

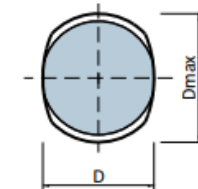
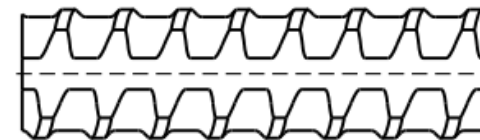


Αγκύρια / Ήλοι – Ολόσωμης Πάκτωσης

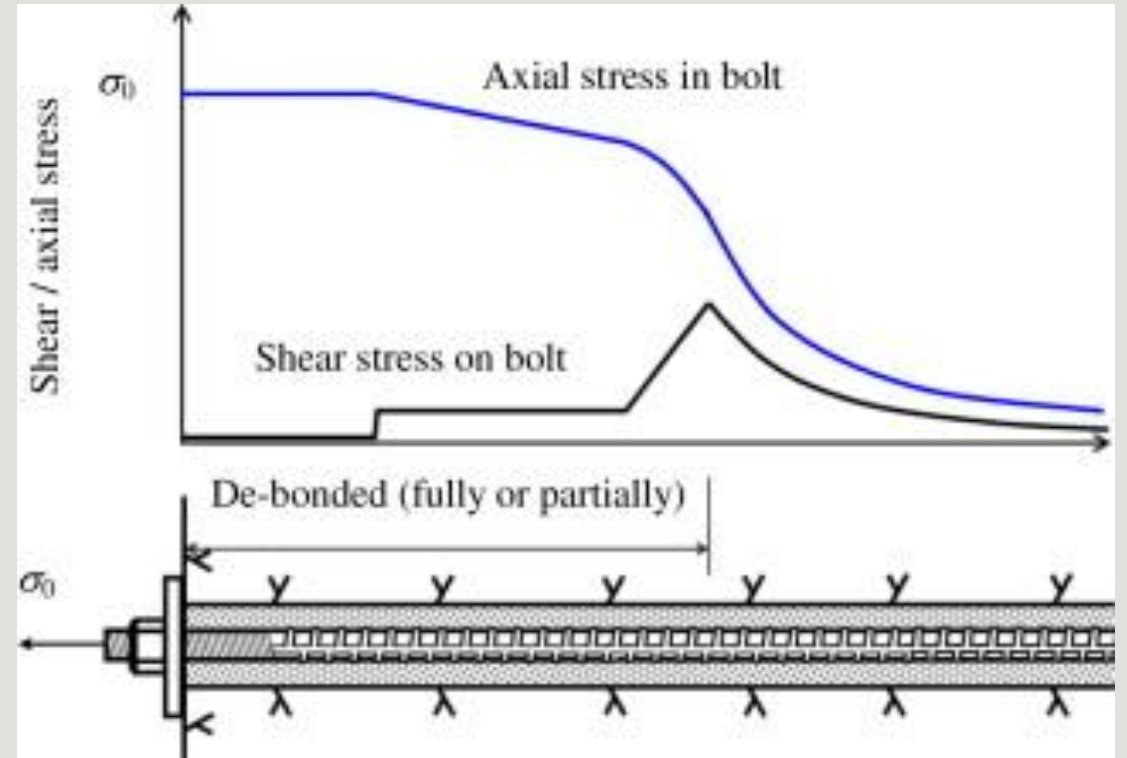
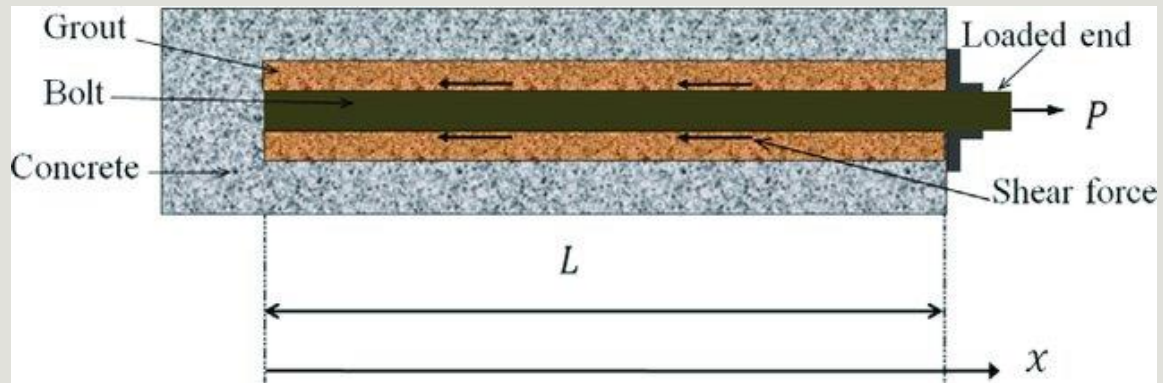
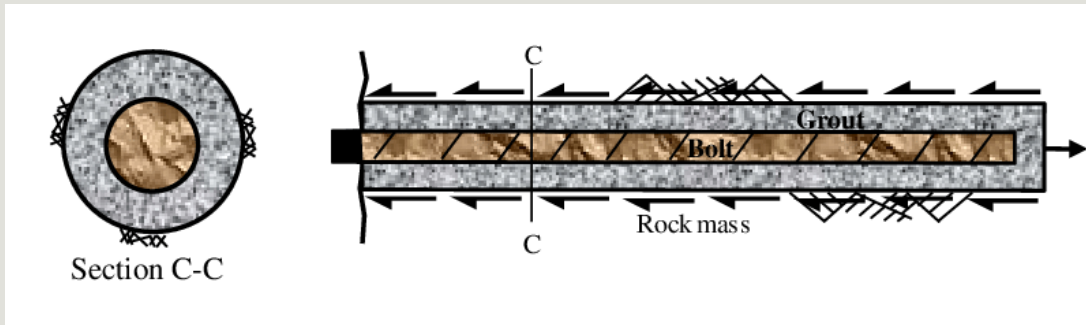


standard grade

			G20/S	G25/S	G28/S	G32/S	G40/S	G50/S	G57/S	G63.5/S
Σπείρωμα Thread			G20	G25	G28	G32	G40	G50	G57	G63.5
Φορά σπειρώματος Thread direction			αριστερόστροφο left hand				δεξιόστροφο right hand			
Όνομαστική διάμετρος Nominal diameter	D	mm	20	25	28	32	40	50	57,5	63.5
Μέγιστη διάμετρος Max diameter	D _{max}	mm	23	29	32	36	45	56	63	70
Όνομαστική διατομή Nominal cross-section	A	mm ²	314	491	616	804	1.256	1.963	2.600	3.167
Όνομαστικό βάρος Nominal weight		kg/m	2,52	3,88	4,85	6,33	9,91	15,41	20,40	24,90
Όριο διαρροής Yield strength	f _{yk}	N/mm ² (MPa)	500						550	
Εφελκυστική αντοχή Tensile strength	f _{tk}	N/mm ² (MPa)	550						700	
Επιμήκυνση Elongation		%	> 10						> 7	
Τυπικό φορτίο διαρροής Typical yield load	F _{0.2k}	kN	160	245	310	405	630	980	1.440	1.760
Τυπικό φορτίο θραύσεως σε εφελκυσμό Minimum fracture load	F _{tk}	kN	175	270	340	440	690	1.080	1.820	2.215

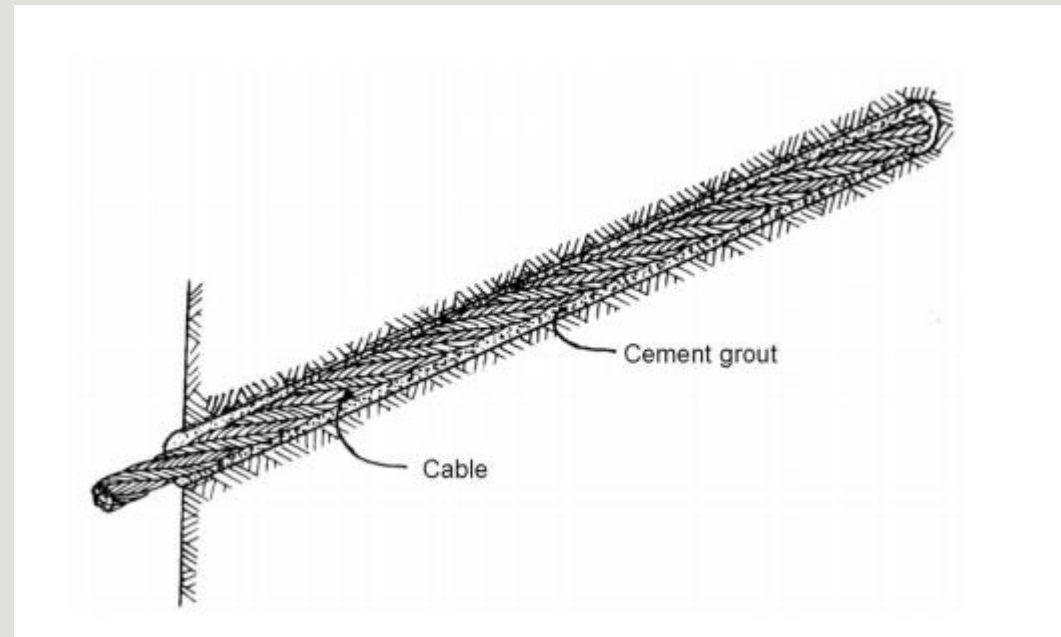


Αγκύρια / Ήλοι – Ολόσωμης Πάκτωσης



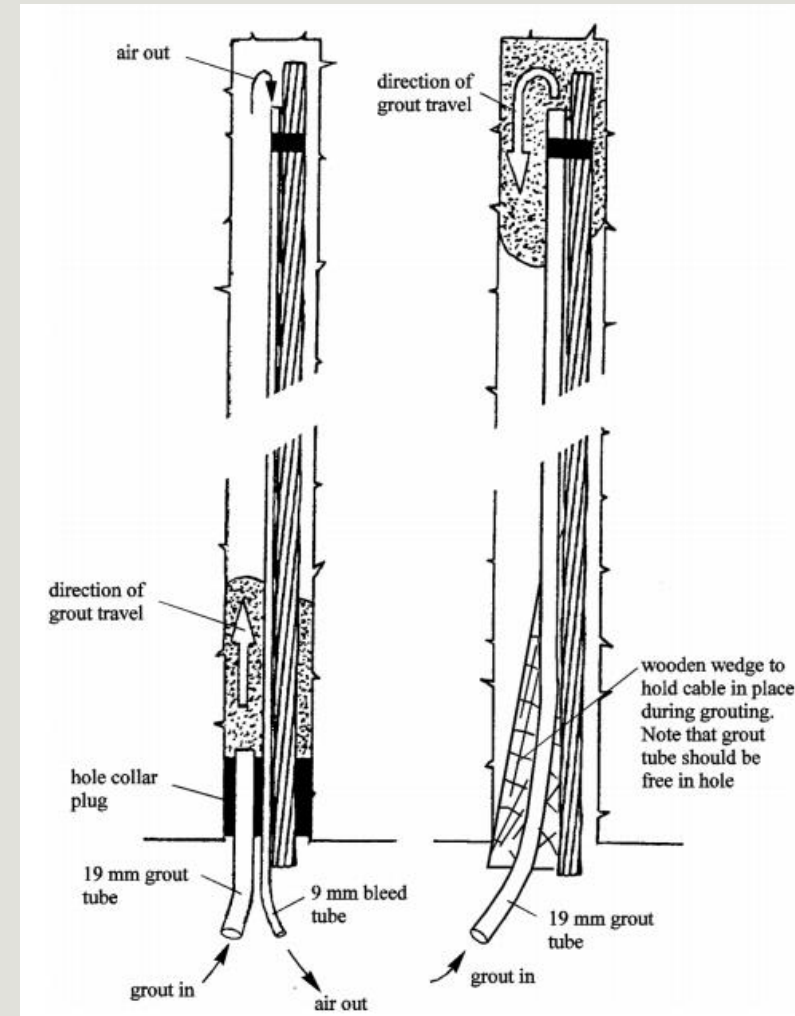
Αγκύρια / Ήλοι – Τένοντες

- Πρόκειται για παθητικό ήλο, όπου αποτελείται από συρματόσχοινο το οποίο ενεματώνεται καθ' όλο το μήκος του. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μεγάλου μήκους αγκύρωσης.



Αγκύρια / Ήλοι – Τένοντες

TYPE	LONGITUDINAL SECTION	CROSS SECTION
Multi-wire tendon (Clifford, 1974)		
Birdcaged multi-wire tendon (Jirovec, 1978)		Antinode Node
Single strand (Hunt & Askew, 1977)		Normal Indented Drawn
Coated single strand (Hunt & Askew, 1977)		Sheathed Coated Encapsulated
Barrel and wedge anchor on strand (Mathews et al, 1984)	Double-acting twin anchor Single anchor	3 component 2 component
Swaged anchor on strand (Schmuck, 1979)		Square Circular
High capacity shear dowel (Mathews et al, 1986)		
Birdcaged strand (Hutchins et al, 1990)		Antinode Node
Bulbed strand (Garford, 1990)		Antinode Node
Ferruled strand (Windsor, 1990)		Antinode Node



Αγκύρια / Ήλοι – Split Set

- Πρόκειται για παθητικό ήλο, όπου αποκτά συνάφεια με το περιβάλλον πέτρωμα μέσω της προώθησης του εντός του διατρήματος και της πλήρους συνάφειας με αυτό.

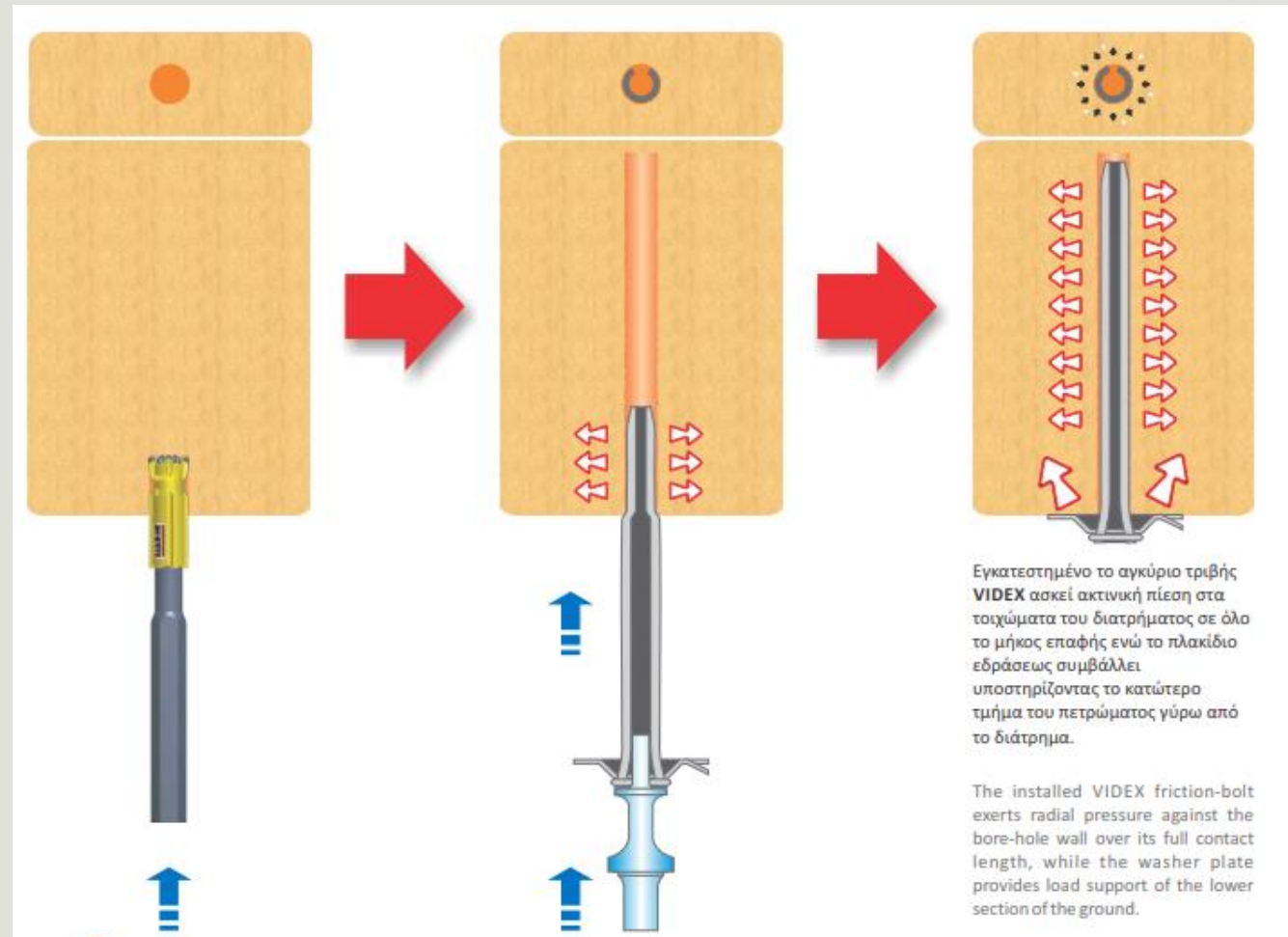


Αγκύρια / Ήλλοι – Split Set



		ViDEX 33	ViDEX 35	ViDEX 39	ViDEX 46	ViDEX 47
Όνομαστική διάμετρος διαιρούμενου σωλήνα Split tube nominal diameter	mm	33	35	39	46	47
Τυπική διάμετρος διαιρούμενου σωλήνα Split tube typical diameter	mm	33,8	35,5	39,5	46,5	47,5
Τυπικό φορτίο θραύσεως σε εφελκυσμό Typical fracture load in tension	kN	120	120	140	200	
Ελάχιστο φορτίο θραύσεως Minimum breaking capacity	kN	80	80	100	150	
Προτεινόμενη αρχική αγκύρωση Recommended initial anchorage	kN	30 - 60			60 - 100	
Διαθέσιμα μήκη αγκυρίων Available bolt lengths	m	0,5 - 3,1			1,5 - 4,9	

Αγκύρια / Ήλοι – Split Set

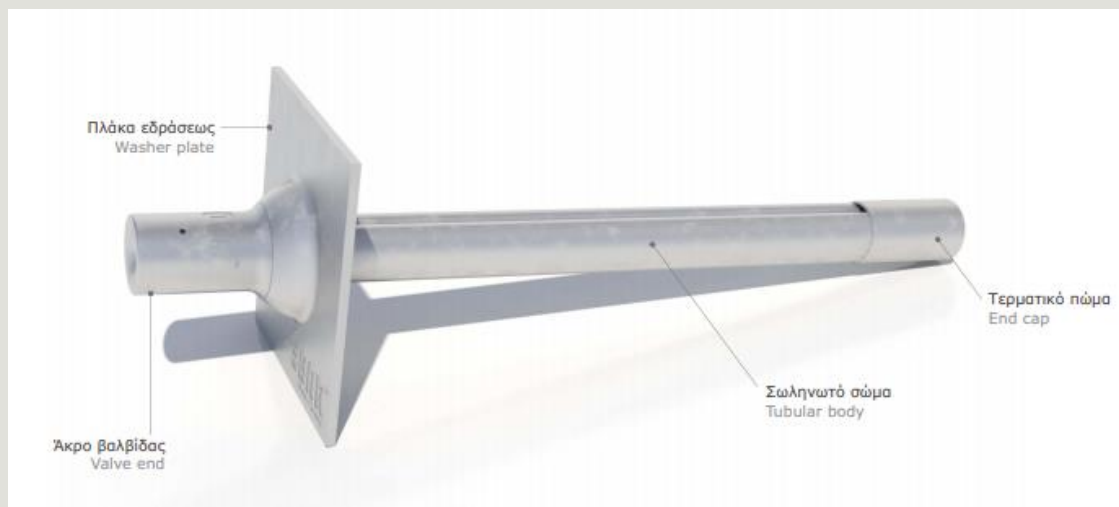


Αγκύρια / Ήλοι – Swellex

- Πρόκειται για παθητικό ήλο, όπου αποκτά συνάφεια με το περιβάλλον πέτρωμα μέσω της διόγκωσής του με νερό.

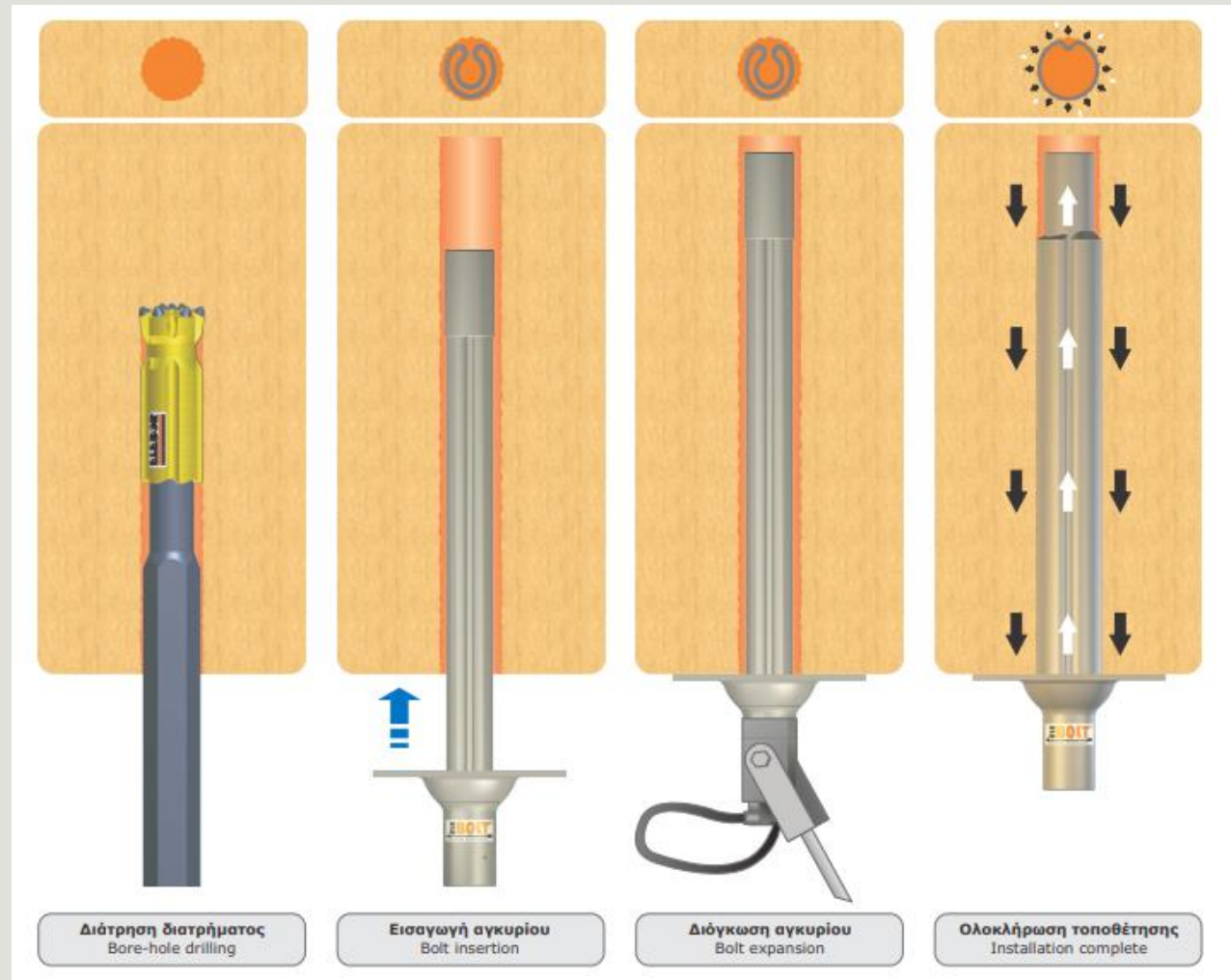


Αγκύρια / Ήλοι – Swellex



		120 Standard	160 Midi	200 Super	240 Ultra
Τυπικό φορτίο θραύσεως σε εφελκυσμό Typical fracture load in tension	kN	120	160	200	240
Ελαχιστη εγγυημένη επιμήκυνση κατά τη θραύση Minimum guaranteed elongation at fracture	%	20			
Τυπική επιμήκυνση κατά τη θραύση Typical elongation at fracture	%	30			
Προτεινόμενη διάμετρος διατρήματος Recommended bore-hole diameter	mm	32-39	45-53	45-53	45-53
Βέλτιστη διάμετρος διατρήματος Optimal bore-hole diameter	mm	35-38	45-51	45-51	45-51
Διάμετρος σωλήνα (πριν τη διαμόρφωση) Tube diameter (prior to folding)	mm	41	54	54	54
Πάχος σωλήνα Tube wall thickness	mm	2	2	2,5	3
Διάμετρος διαμορφωμένου σωλήνα (πριν τη διόγκωση) Folded tube diameter (prior to inflation)	mm	26	36	36	36
Διάμετρος τερματικού πώματος Bolt end-cap diameter	mm	29	38	38	38
Διάμετρος κεφαλής (βαλβίδας) Bolt head (valve) diameter	mm	30/38	41/50	41/50	41/50
Ονομαστικό βάρος Nominal weight	kg/m	2	2,8	3,3	3,8
Πίεση νερού διόγκωσης Inflation water pressure	bar	300			
Διαθέσιμα μήκη αγκυρίων Available bolt lengths	m	2 - 8			

Αγκύρια / Ήλιοι – Swellex



Αγκύρια / Ήλλοι – Τάνυση

- Τα αγκύρια τανύζονται με δύναμη προέντασης το μέγιστο τα 2/3 του ορίου διαρροής τους, κατά (ΕΛΟΤ, ΤΠ 1501-12-03-03-01:2009).
- Η τάνυση επιτυγχάνεται εφαρμόζοντάς ροπή στρέψης.

Τάνυση με ροπόκλειδο:



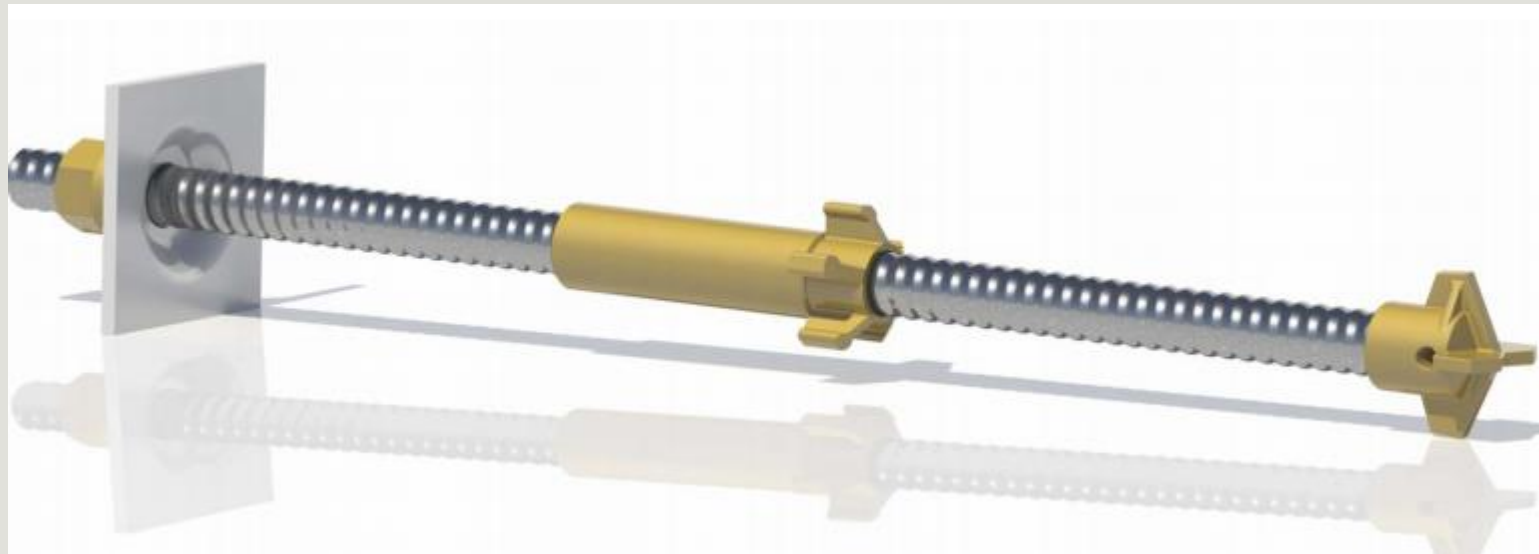
Αγκύρια / Ήλλοι – Τάνυση

Υδραυλική Τάνυση:



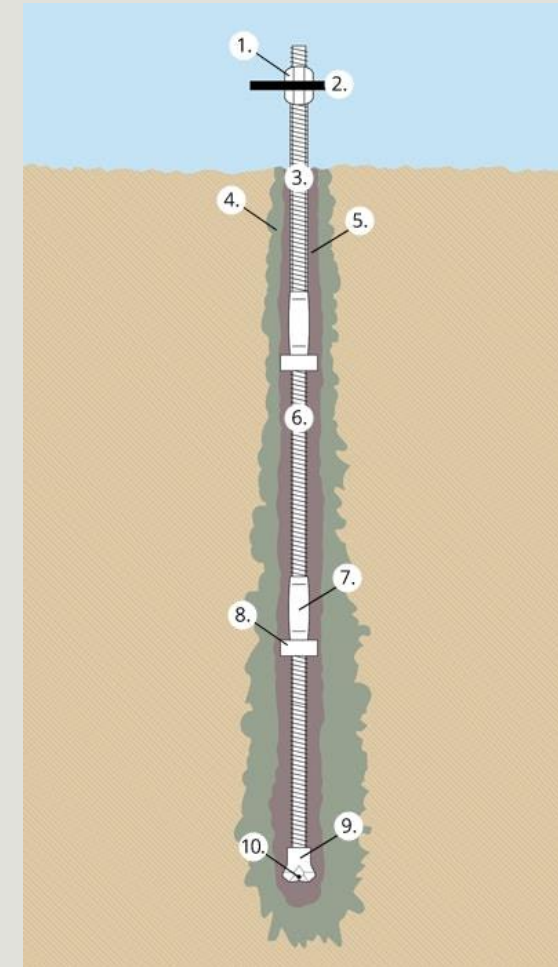
Αγκύρια / Ήλοι – Αυτοδιατρήοντα

- Πρόκειται για παθητικό ήλο, όπου εφαρμόζεται σε περιοχές με πολύ ασθενή βραχώμαζα, όπου η σπή δεν μπορεί να παραμείνει για πολύ χρόνο σταθερή και κλείνει. Τα αγκύρια αυτά στην άκρη τους φέρουν κοπτικό άκρο, τα οποία λειτουργούν και σαν διατρητικό στέλεχος.



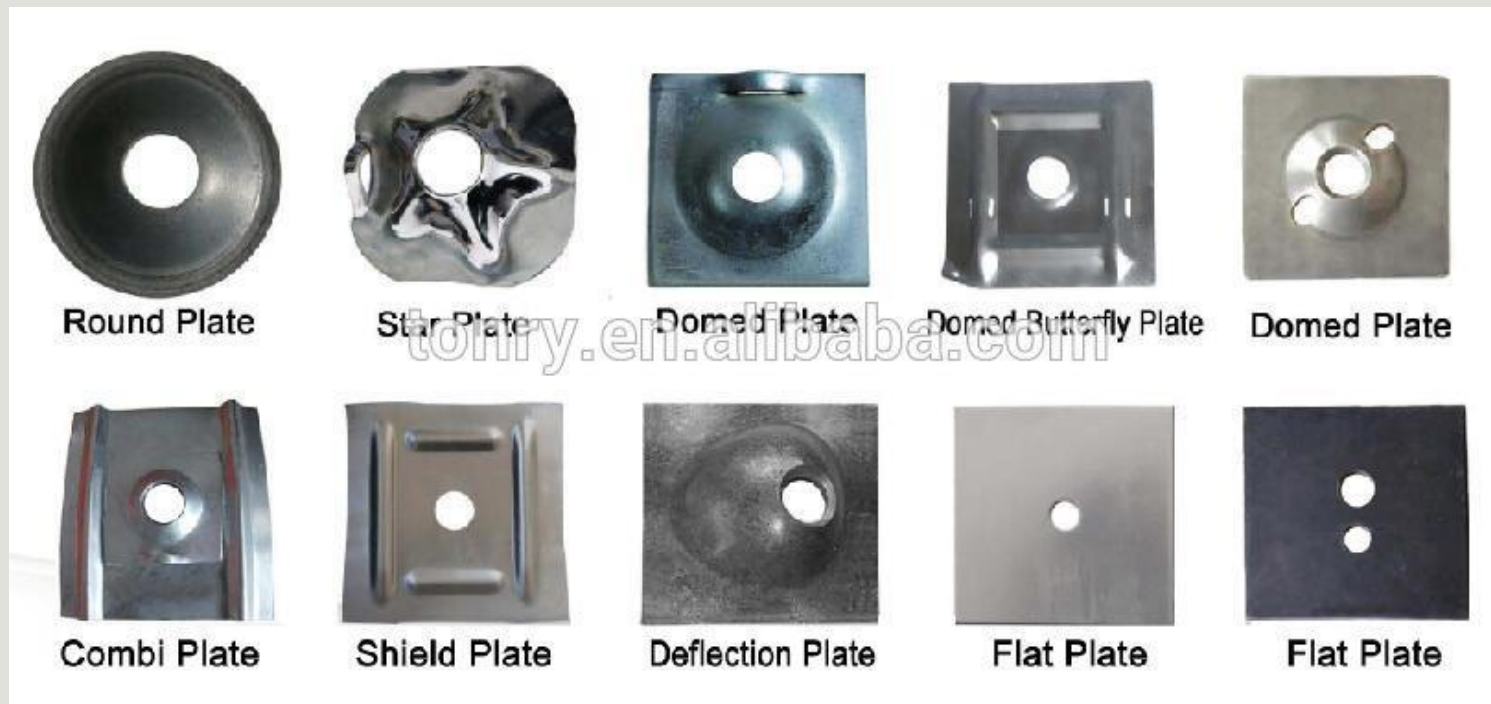
Αγκύρια / Ήλοι – Αυτοδιατρήοντα

Τύπος Type	Σπειρώμα Thread	Όνομ. διατομή Nom. cross- section	Όνομ. βάρος Nom. weight	Φορτίο διαρροής Typical yield load	Φορτίο θραύσεως Fracture load	
		mm ²	kg/m	R _{p0.2} kN	kN	
R32/2S	R32 αριστερόστροφο κατά ISO 10208 left hand according to ISO 10208	330	2,70	160	210	
R32/4L		370	2,72	180	230	
R32/3S		369	2,90	190	250	
R32/4S		410	3,20	220	280	
R32/5N		415	3,59	260	300	
R32/6S		470	3,70	250	320	
R32/7L		520	4,10	280	360	
R32/7N		505	4,00	300	360	
R32/7S		595	4,60	330	400	
R38/5S		R38	515	4,50	300	370
R38/7L	670		5,20	350	420	
R38/7N	680		5,25	400	480	
R38/8N	745		5,85	400	500	
R38/8S	750		5,87	420	510	
R38/9L	802		6,30	450	540	
R38/10N	900		7,00	480	600	
R51/6N	R51 αριστερόστροφο left hand		810	6,35	450	550
R51/7N			940	7,38	500	600
R51/7S			975	7,65	540	660
R51/9N		1.180	9,26	620	760	
R51/10N		1.210	9,45	640	800	
R51/10S		1.325	10,1	730	930	
R76/6N	R76 δεξιόστροφο μη τυποποιημένο right hand non standardized	1.300	10,8	680	850	
R76/8N		1.690	13,5	850	1.100	
R76/10N		2.050	16,3	1.050	1.300	
R76/12N		2.500	19,6	1.300	1.600	
R90/8N	R90	1.950	16,0	1.000	1.250	
R90/10N		2.400	19,4	1.250	1.550	
R114/8N	R114	2.550	21,0	1.350	1.650	
R114/10N		3.180	25,7	1.650	2.050	



Αγκύρια / Ήλοι – Πλάκες Αγκύρωσης

- Σκοπός του είναι να μεταβιβάσουν ομοιόμορφα τα φορτία της παρειάς της εκσκαφής στην κεφαλή του αγκυρίου. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να έχουν πλήρη συνάφεια με την επιφάνεια της εκσκαφής.



Αγκύρια / Ήλοι – Ενεμάτωση

- Η ενεμάτωση πραγματοποιείται, είτε με ρητίνες είτε με τσιμεντένεμα.



Αγκύρια / Ήλοι – Διάτρηση

- Η διάτρηση των διατρημάτων περιμετρικά της εκσκαφής για την τοποθέτηση των αγκυρών, πραγματοποιείται είτε με χειροκίνητο διατρητικό, είτε με αυτοκινούμενο διατρητικό φορείο (Jumbo).



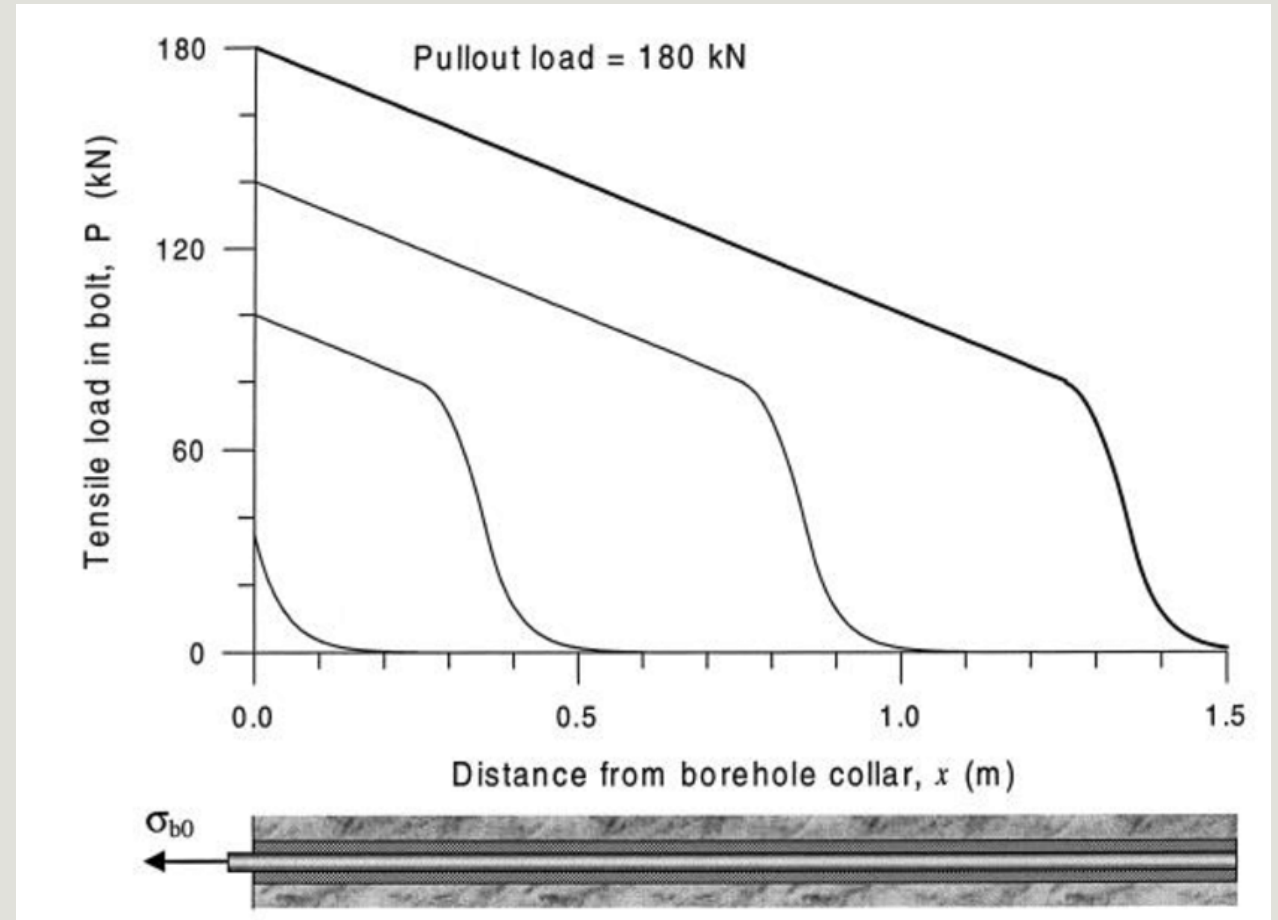
Αγκύρια / Ήλοι – Διάτρηση



Αγκύρια / Ήλοι – Διάτρηση



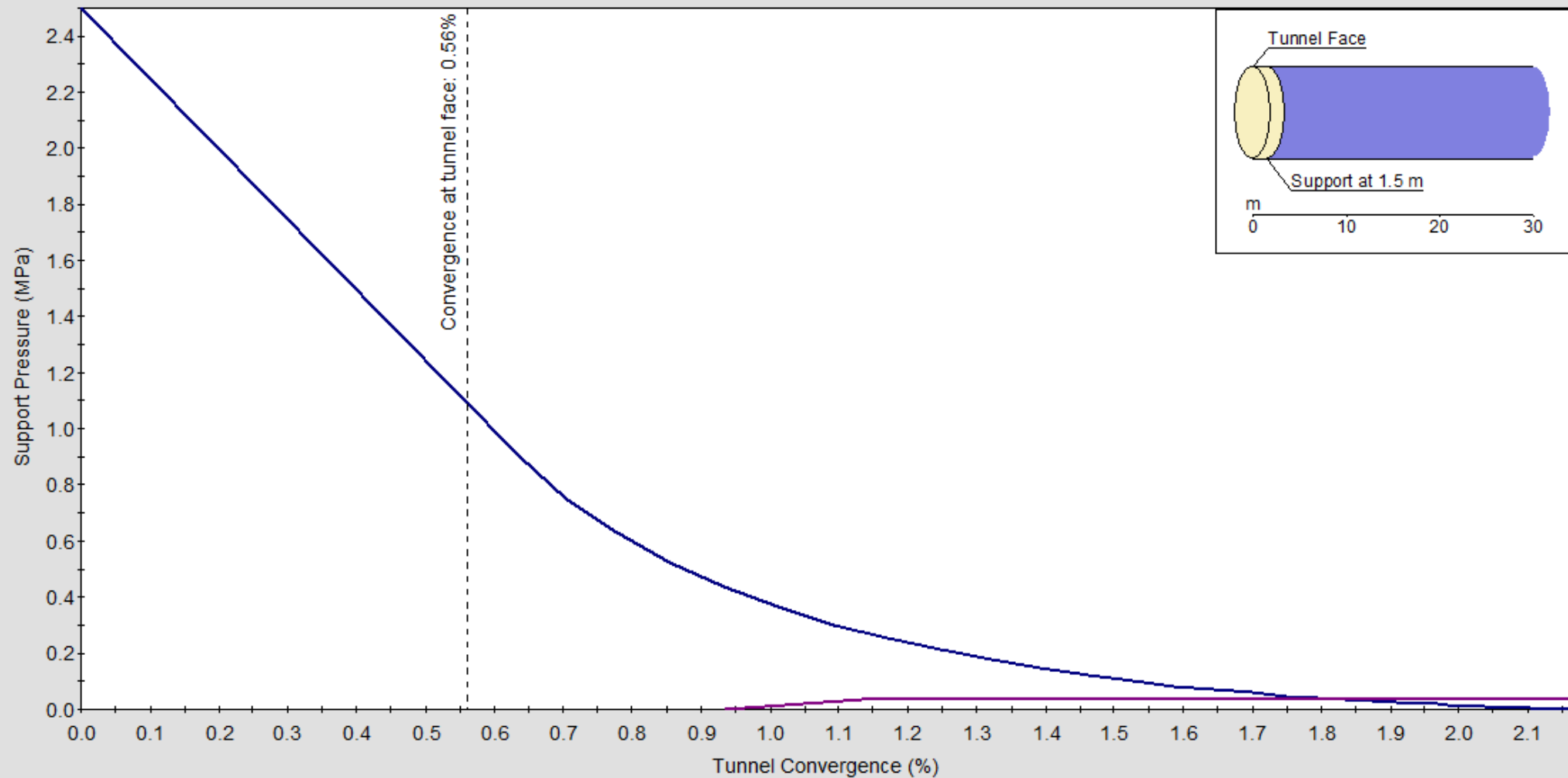
Αγκύρια / Ήλοι – Δοκιμή εξόλκευσης ήλου



Αγκύρια / Ήλιοι – Αστοχία



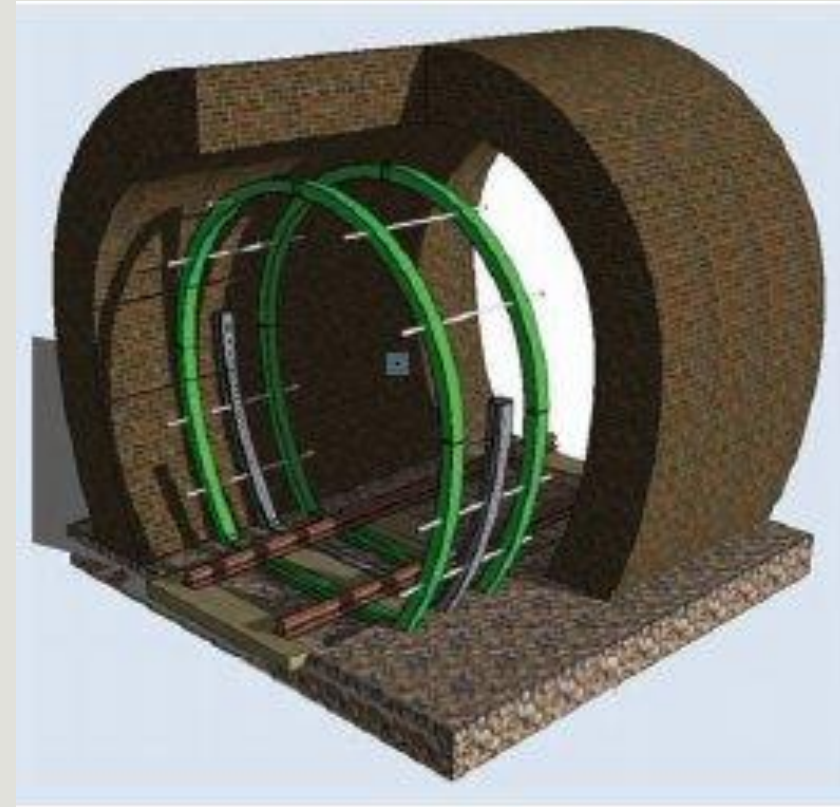
Αγκύρια / Ήλοι – Συμπεριφορά



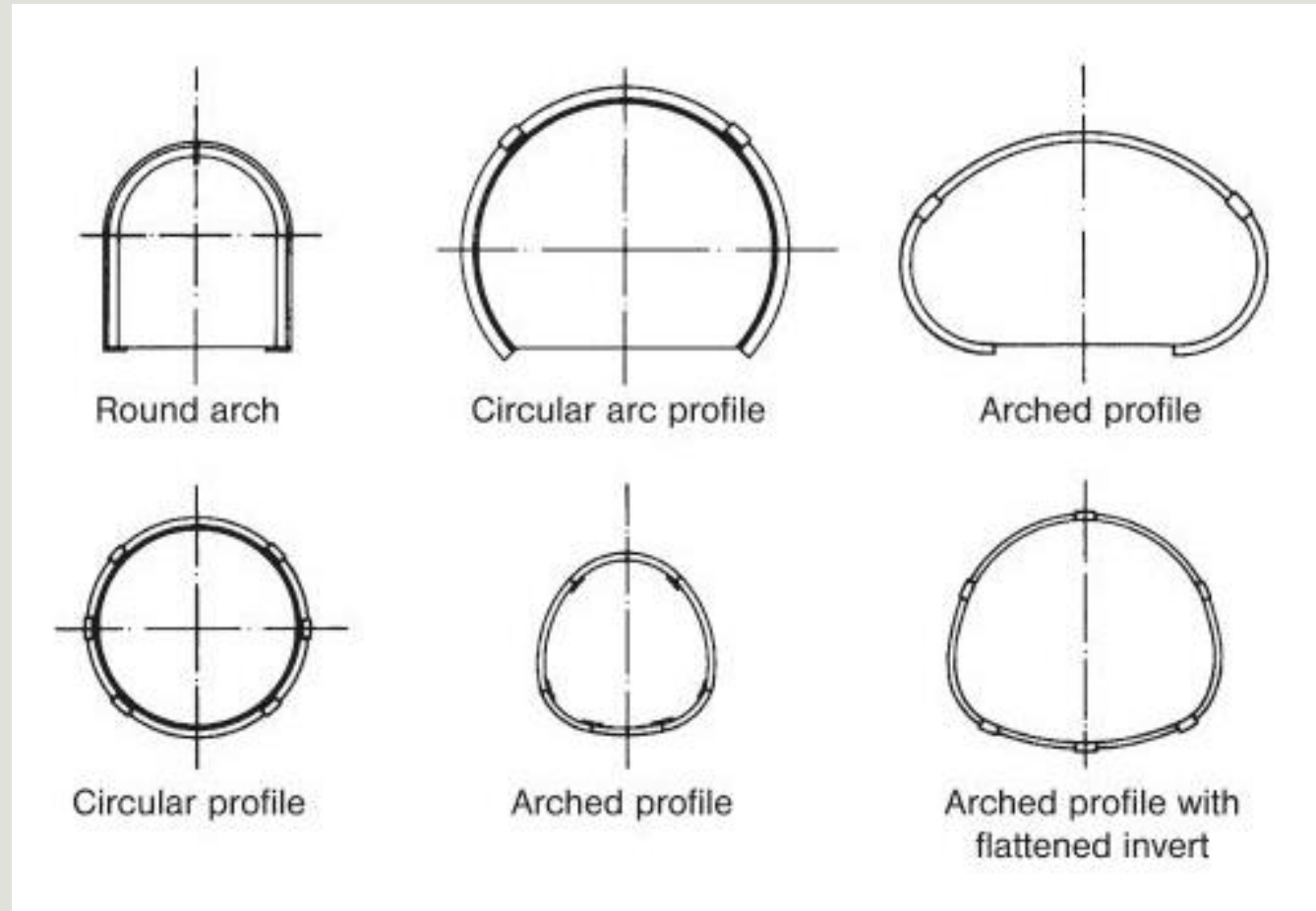
Μεταλλικά Πλαίσια- Σκοπός

- Δημιουργία ισχυρού κελύφους περιμετρικά της εκσκαφής.
- Εξασφάλιση συγκράτησης επισφαλών όγκων περιμετρικά της εκσκαφής.
- Οπλισμός κελύφους εκτοξευόμενου σκυροδέματος.
- Απαραίτητα στην περίπτωση χρήσης δοκών προπορείας (forepoling) για υποστήριξη δοκών και μεταβίβαση φορτίων στο έδαφος.

Μεταλλικά Πλαίσια



Μεταλλικά Πλαίσια- Διατομές

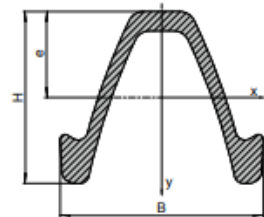


Μεταλλικά Πλαίσια- Διατομές

TH Profile

- Mine support steel 31Mn4 according to DIN 21544
- Bent to the corresponding profile
- Single overlapping segments are usually connected by two locks
- Alternative TH locks are available on request

Characteristic Value / Type	Symbol	Unit	TH 21	TH 25	TH 29	TH 36
Nominal weight	m	[kg/m]	21	25	29	36
Profile height	H	[mm]	108	118	124	138
Profile width	B	[mm]	124	135	151	171
Neutral axis	e	[mm]	52	58	58	69
Section modulus	W_x	[cm ³]	61	80	94	136

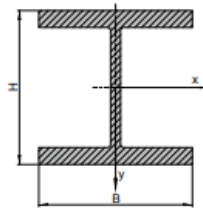


Μεταλλικά Πλαίσια- Διατομές

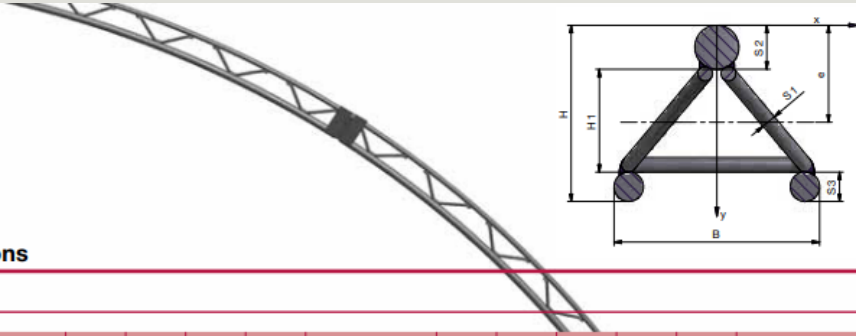
HEB Profile

- I profile – broad flange girder
- Primary material S235JRG2 or S355J2G3 according to EN 10025-2
- Bent to the corresponding profile
- Connection of the segments via head plates that are available in different designs
- Alternative connection of the abutting segments via laces
- Different lace types and lace screws are available on request

Characteristic Value / Type	Symbol	Unit	HEB 100	HEB 120	HEB 140
Nominal weight	m	[kg/m]	20.9	27.4	34.5
Profile height	H	[mm]	100	120	140
Profile width	B	[mm]	100	120	140
Section modulus	W_x	[cm ³]	89.9	144.0	216.0
	W_y	[cm ³]	33.5	52.9	78.5



Μεταλλικά Πλαίσια- Διατομές



Specifications

3-bar girder

No.	Designation ¹⁾	H1	S1	S2	S3	Weight ²⁾	H	B	A	W _x ³⁾	I _x	Article No. ⁴⁾
[#]	[PS1-S3-S2]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ⁴]	[---]
1	P50-20-25	50	10	25	20	10.2	95	100	11.19	28	148	14102025XXXX
2	P50-20-30			30	20	11.9	100		13.35	38	193	14102030XXXX
3	P50-20-36			36	20	14.3	106		16.46	42	246	14102036XXXX
4	P50-25-30			30	25	14.7	105		16.89	42	255	14102530XXXX
5	P50-25-36	70	10	36	25	17.1	111	140	20.00	58	336	14102536XXXX
6	P50-30-36			36	30	20.5	116		24.32	64	424	14103036XXXX
7	P70-20-25			25	20	10.4	115		11.19	37	239	14122025XXXX
8	P70-20-30			30	20	12.1	120		13.35	51	306	14122030XXXX
9	P70-20-36	95	10	36	20	14.5	126	180	16.46	54	383	14122036XXXX
10	P70-25-30			30	25	14.9	125		16.89	56	398	14122530XXXX
11	P70-25-36			36	25	17.3	131		20.00	77	517	14122536XXXX
12	P70-30-36			36	30	20.7	136		24.32	83	644	14123036XXXX
13	P95-20-25	115	12	25	20	10.8	140	220	11.19	49	384	14142025XXXX
14	P95-20-30			30	20	12.5	145		13.35	66	485	14142030XXXX
15	P95-20-36			36	20	14.9	151		16.46	69	598	14142036XXXX
16	P95-25-30			30	25	15.3	150		16.89	72	625	14142530XXXX
17	P95-25-36	130	12	36	25	17.7	156	220	20.00	100	799	14142536XXXX
18	P95-30-36			36	30	21.1	161		24.32	107	986	14143036XXXX
19	P115-20-25			25	20	11.0	160		11.19	58	525	14162025XXXX
20	P115-20-30			30	20	12.7	165		13.35	78	658	14162030XXXX
21	P115-20-36	130	12	36	20	15.1	171	220	16.46	82	804	14162036XXXX
22	P115-25-30			30	25	15.5	170		16.89	86	842	14162530XXXX
23	P115-25-36			36	25	17.9	176		20.00	120	1,070	14162536XXXX
24	P115-30-36			36	30	21.3	181		24.32	126	1,312	14163036XXXX
25	P130-20-25	130	12	25	20	11.2	175	220	11.19	66	644	14182025XXXX
26	P130-20-30			30	20	12.9	180		13.35	87	805	14182030XXXX
27	P130-20-36			36	20	15.3	186		16.46	91	980	14182036XXXX
28	P130-25-30			30	25	15.7	185		16.89	96	1,027	14182530XXXX
29	P130-25-36			36	25	18.1	191		20.00	134	1,299	14182536XXXX
30	P130-30-36			36	30	21.5	196		24.32	141	1,589	14183036XXXX

1) Designation: PH1-S3-S2, e.g. P130-20-30 ; 2) Weight including stiffeners (average values)
 3) Quotient moment of inertia and maximum distance from the neutral axis to the outer fiber ; 4) „XXXX“ ... project-specific designation

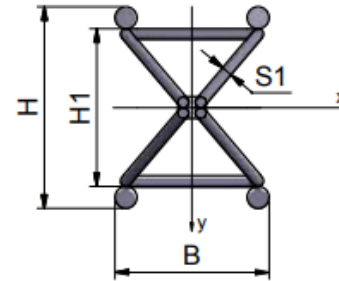


Μεταλλικά Πλαίσια- Διατομές

4-bar girder

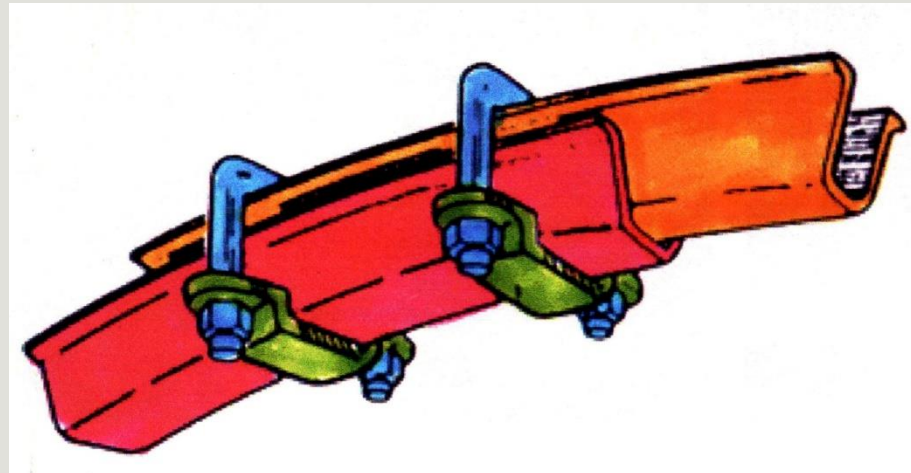
No.	Designation ¹⁾	H1	S1	S2	Weight ²⁾	H	B	A	W _x	W _y	Article No. ³⁾
[#]	[PH1-S2]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm]	[mm]	[cm ²]	[cm ³]	[cm ³]	[---]
1	P100-20	50	10	20	12.7	140	100	12.57	65	41	14200020XXXX
2	P100-25	50	10	25	14.3	150	100	19.63	103	56	14200025XXXX
3	P100-30	50	10	30	19.4	160	100	28.27	151	72	14200030XXXX
4	P100-36	50	10	36	26.7	172	100	40.72	222	88	14200036XXXX
5	P140-20	75	10	20	13.1	190	140	12.57	96	65	14220020XXXX
6	P140-25	75	10	25	18.5	200	140	19.63	151	94	14220025XXXX
7	P140-30	75	10	30	25.3	210	140	28.27	219	124	14220030XXXX
8	P140-36	75	10	36	35.1	222	140	40.72	319	161	14220036XXXX
9	P190-20	95	10	20	13.9	230	180	12.57	121	90	14240020XXXX
10	P190-25	95	10	25	19.3	240	180	19.63	190	132	14240025XXXX
11	P190-30	95	10	30	26.1	250	180	28.27	275	178	14240030XXXX
12	P190-36	95	10	36	35.9	262	180	40.72	399	237	14240036XXXX
13	P230-20	115	10	20	14.3	270	220	12.57	146	114	14260020XXXX
14	P230-25	115	10	25	19.7	280	220	19.63	228	170	14260025XXXX
15	P230-30	115	10	30	26.5	290	220	28.27	330	233	14260030XXXX
16	P230-36	115	10	36	36.3	302	220	40.72	479	316	14260036XXXX
17	P260-20	130	10	20	14.7	300	220	12.57	164	114	14280020XXXX
18	P260-25	130	10	25	20.1	310	220	19.63	258	170	14280025XXXX
19	P260-30	130	10	30	26.9	320	220	28.27	372	233	14280030XXXX
20	P260-36	130	10	36	36.7	332	220	40.72	539	316	14280036XXXX

- 1) Designation: PH1-S2, e.g. P140-30
 2) Weight including stiffeners (average values)
 3) „XXXX“ ... project-specific designation



Μεταλλικά Πλαίσια- Ολισθαίνοντα

- Σε περίπτωση πολύ ασθενούς βραχόμαζας κάτω από μεγάλες γεωστατικές τάσεις, εμφανίζεται το φαινόμενο της σύνθλιψης (squeezing), με αποτέλεσμα να χρειάζεται ισχυρή υποστήριξη ώστε να μπορεί να παραλάβει τόσο μεγάλα φορτία.
- Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται ολισθαίνοντα πλαίσια, που επιτρέπουν το ελεγχόμενο τμηματικό «κλείσιμο» της διατομής, με αποτέλεσμα να παραλάβουν μικρότερα φορτία.



Μεταλλικά Πλαίσια- Τοποθέτηση

- Τα πλαίσια προμηθεύονται στο εργοτάξιο σε 2-3 τεμάχια ανά διατομή, τα οποία συνδέονται επί τόπου με συνδέσμους και τοποθετούνται στην τελική τους θέση.
- Η τοποθέτηση γίνεται με χρήση ανυψωτικού ή του υδραυλικού εκσκαφέα.



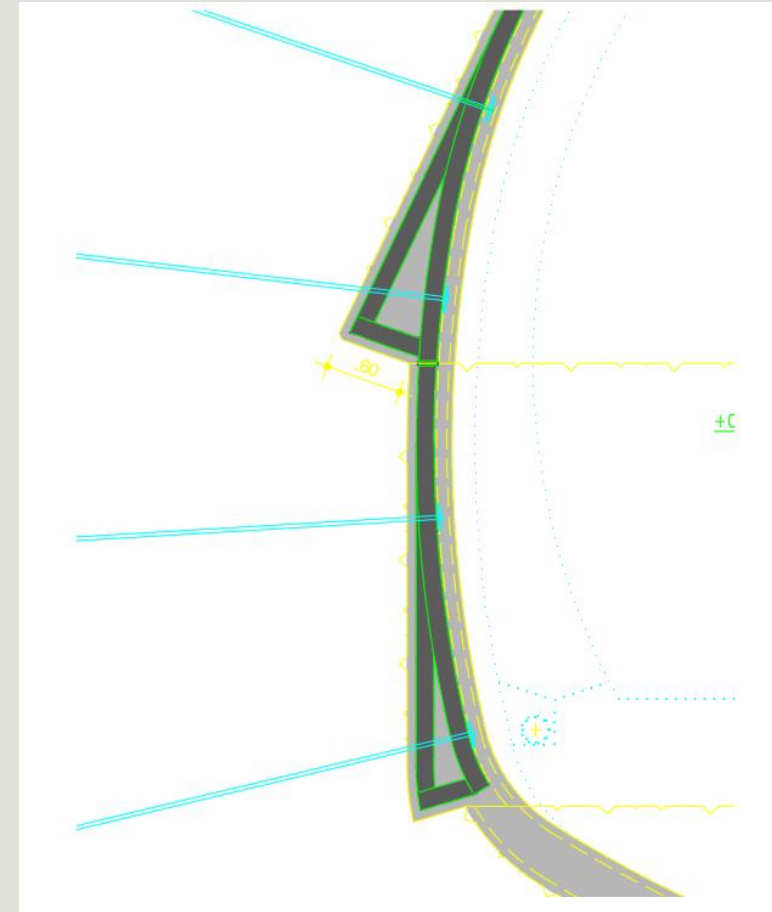
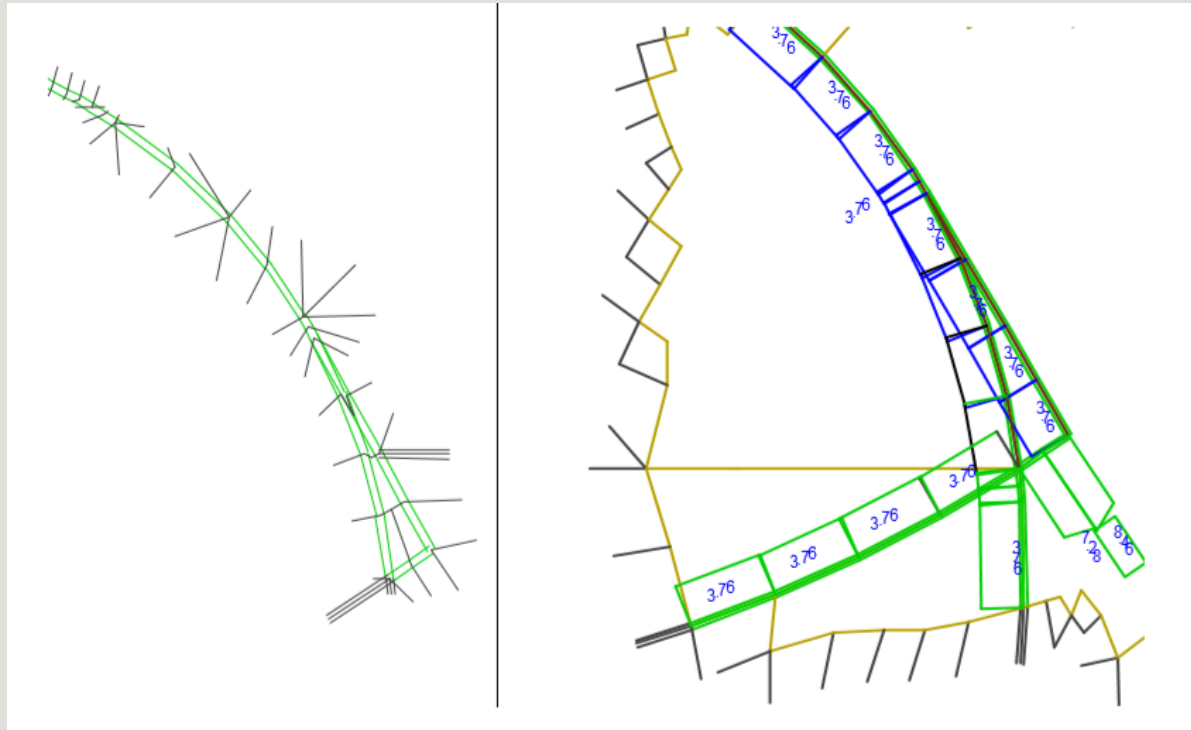
Μεταλλικά Πλαίσια- Τοποθέτηση



Μεταλλικά Πλαίσια- Θεμελίωση

- Σημαντική είναι η εξασφάλιση της σωστής θεμελίωσης των μεταλλικών πλαισίων στο έδαφος, ώστε να μπορούν να μεταβιβάζουν τα φορτία στην έδρασή τους, ως ενιαίος φορέας.
- Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης, ώστε να μην προκληθεί αστοχία του.
- Σε περίπτωση που δεν εξασφαλίζεται η φέρουσα ικανότητα του εδάφους, η θεμελίωσή τους πραγματοποιείται πάνω σε μικροπασσάλους, ώστε να μεταβιβαστούν τα φορτία σε ισχυρότερο έδαφος.

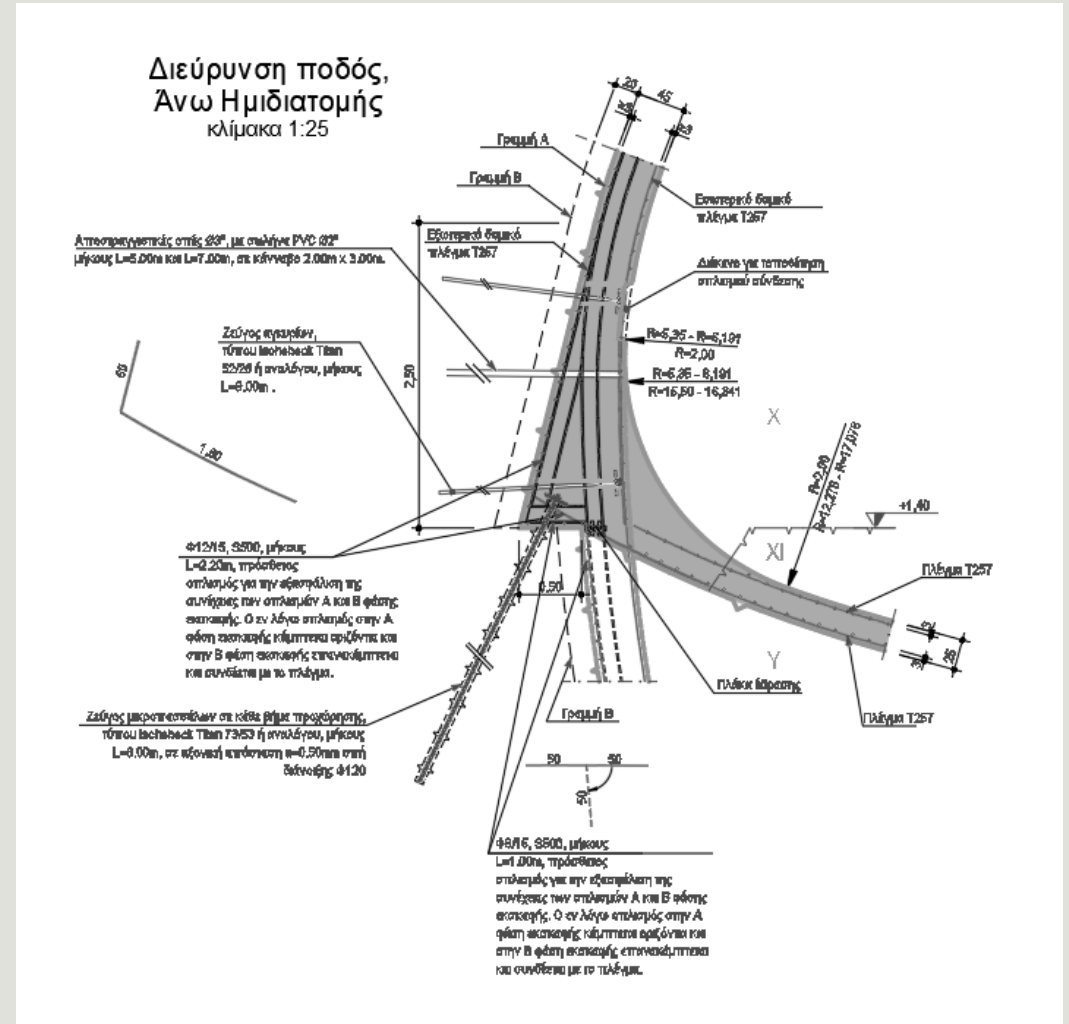
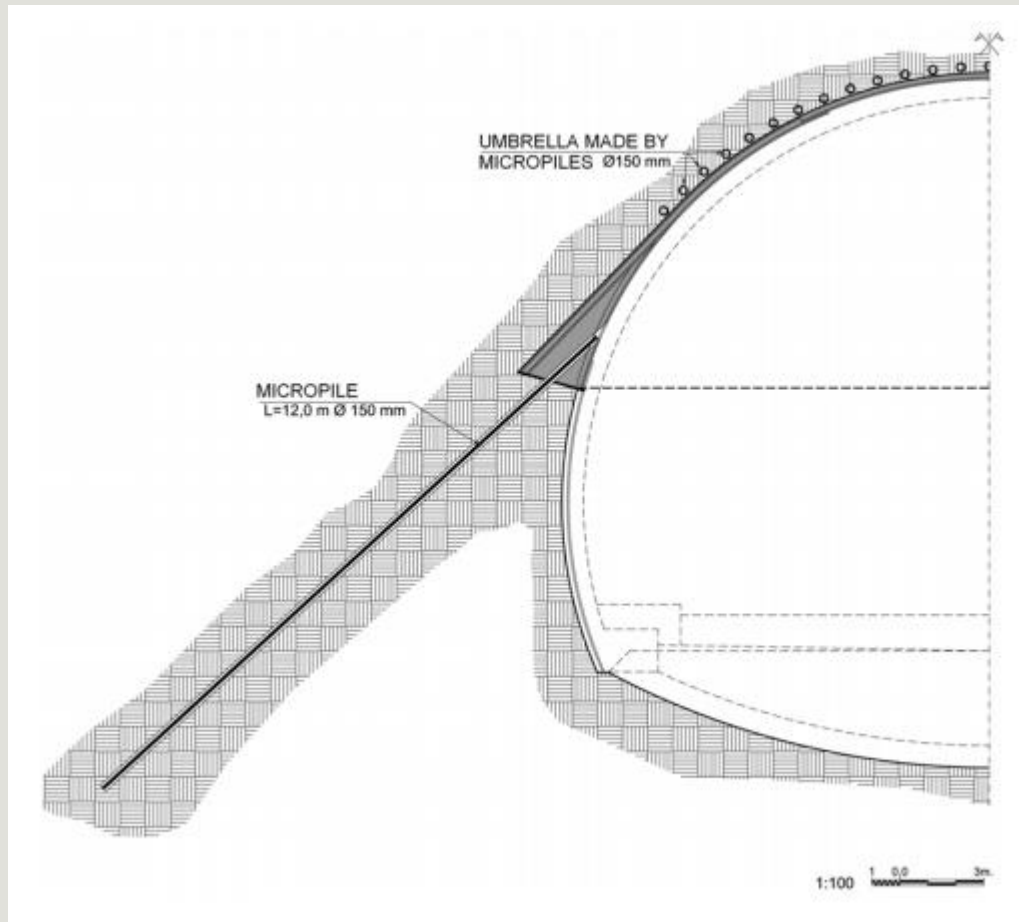
Μεταλλικά Πλαίσια- Θεμελίωση



Μεταλλικά Πλαίσια- Θεμελίωση



Μεταλλικά Πλαίσια- Θεμελίωση



Μεταλλικά Πλαίσια- Συνάφεια με βραχώμαζα

- Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η πλήρης συνάφεια του πλαισίου με το περιβάλλον πέτρωμα, έτσι ώστε να μεταβιβάζονται ομοιόμορφα τα φορτία στον φορά.
- Για την εξασφάλιση τη συνάφειας τοποθετείτε αρχικά μια λεπτή στρώση εκτοξευόμενου σκυροδέματος, πάνω στην οποία εφάπτονται τα πλαίσια.



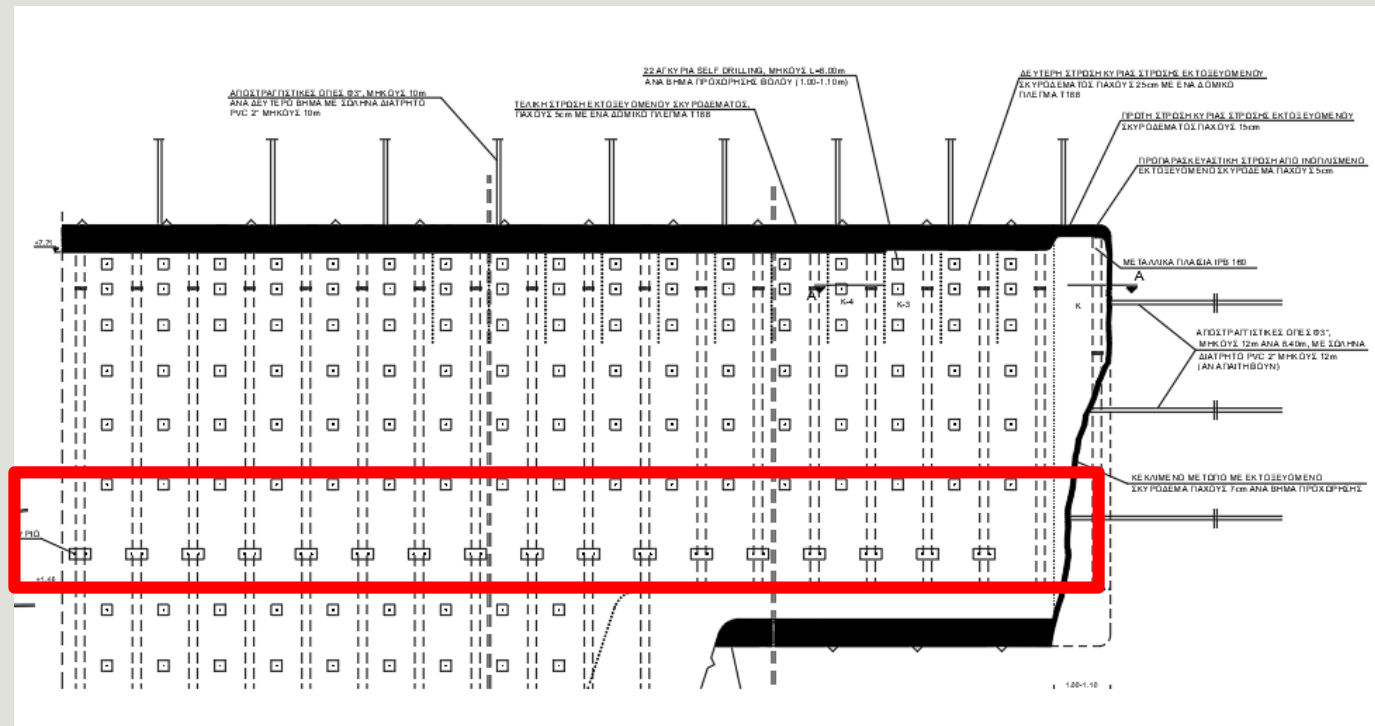
Μεταλλικά Πλαίσια- Αποστάτες

- Μεταξύ των πλαισίων τοποθετούνται μεταλλικοί αποστάτες (διαδοκίδες), ώστε να εξασφαλίζουν την σταθερή αξονική απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πλαισίων.

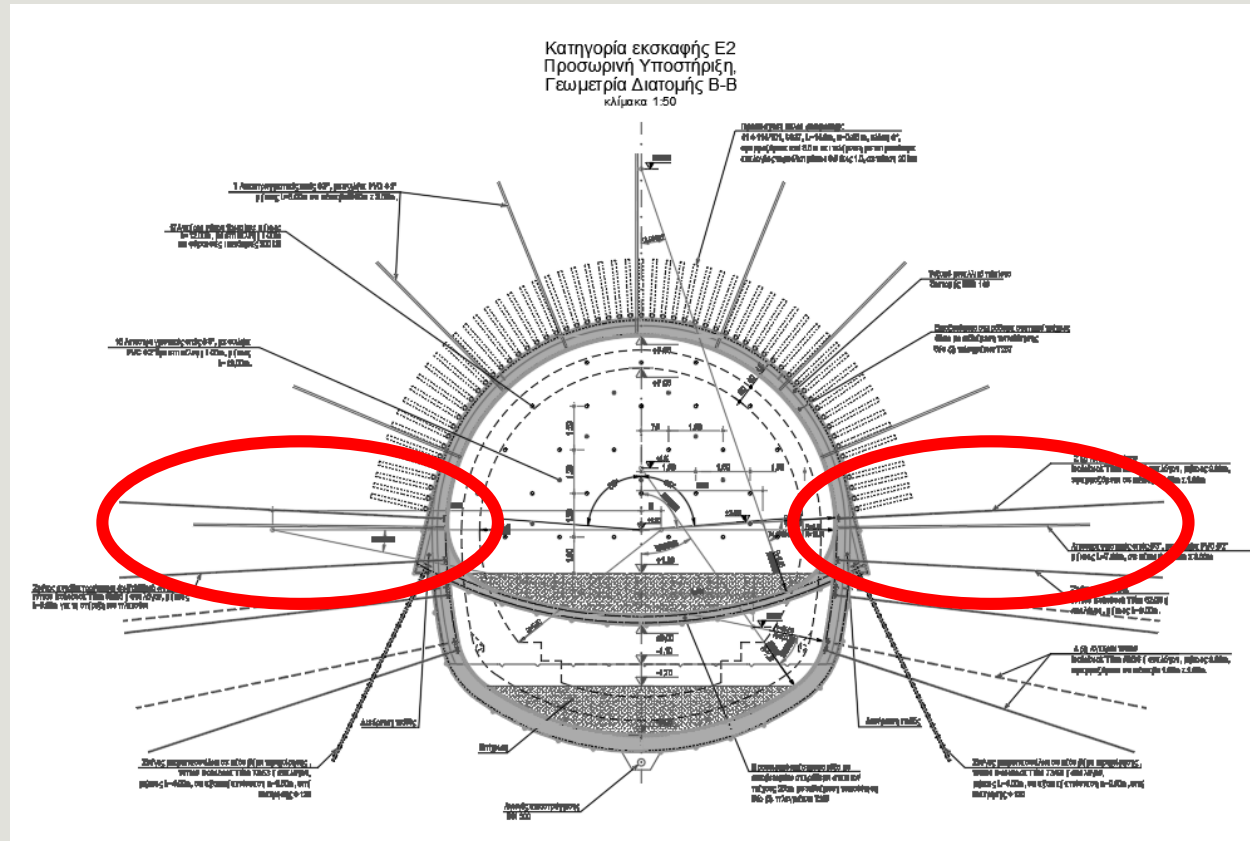


Μεταλλικά Πλαίσια- Υποστήριξη

- Για την εξασφάλιση της σταθερότητας των πλαισίων, τοποθετούνται αγκύρια μεγάλου μήκους εκατέρωθεν αυτών, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με μια έννοια πλάκα, η οποία συγκρατεί το πλαίσιο.



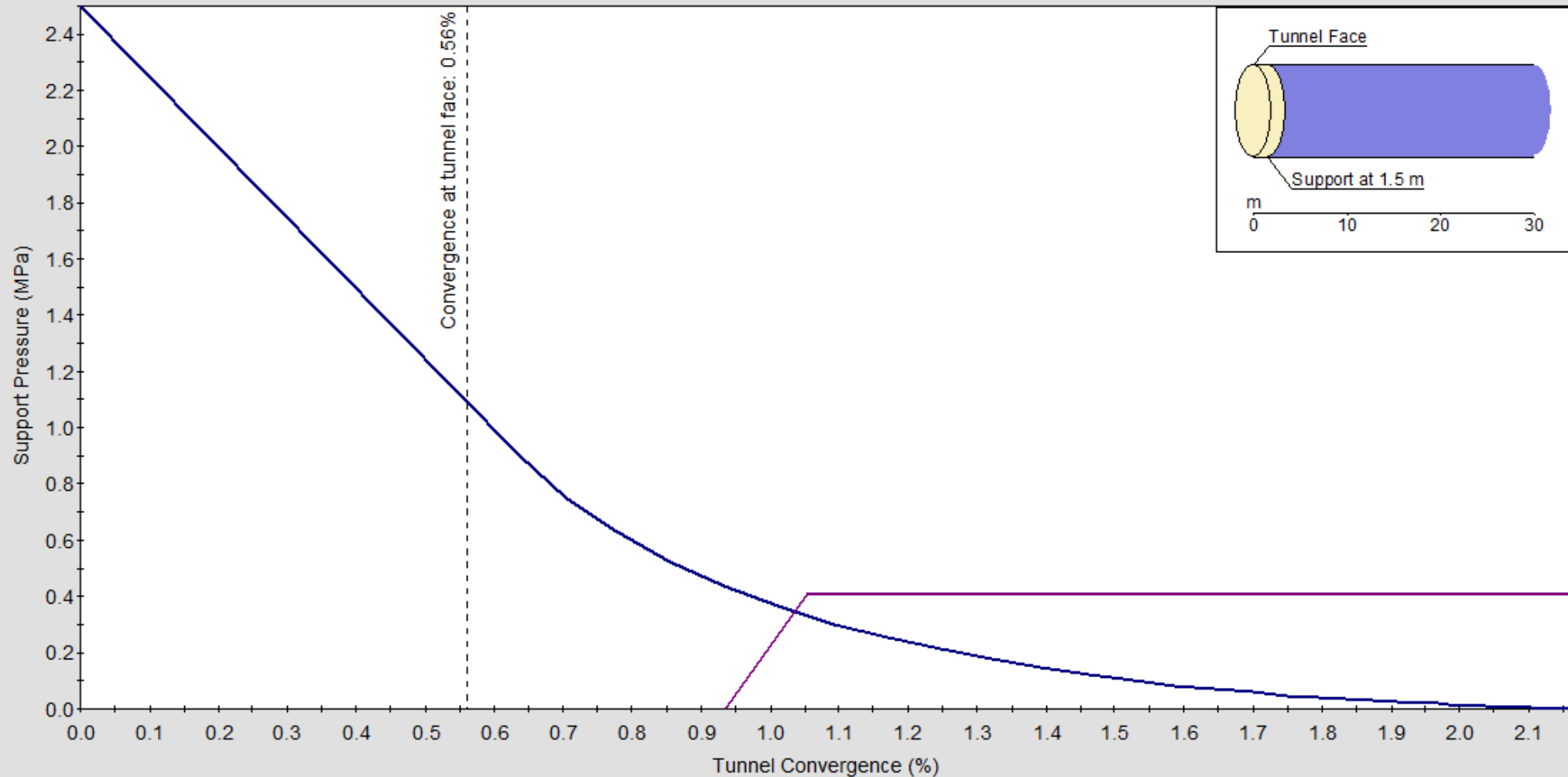
Μεταλλικά Πλαίσια- Υποστήριξη



Μεταλλικά Πλαίσια- Αστοχία



Μεταλλικά Πλαίσια- Συμπεριφορά



Βιβλιογραφία - Πηγές

- Μ. Καββαδάς, Σημειώσεις μαθήματος «Υπολογιστές Μέθοδοι Ανάλυσης Υπογείων Έργων», Μ. Καββαδάς, (2017).
- Α. Σοφιανός, «Υποστήριξη Υπόγειων Έργων." (2015).
- Hoek, Evert, Peter K. Kaiser, and William Frederick Bawden. Support of underground excavations in hard rock. CRC Press, (2000).
- ΕΛΕΒΟΡ Α.Ε.Β.Ε.