



Ε.Μ.Π.

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
Ρ
Ι
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Ρόλος συνδέσεων στις μεταλλικές κατασκευές

Σύνδεση μελών κατασκευής μεταξύ τους
Ασφαλής μεταφορά εντατικών μεγεθών από μέλος σε μέλος

Απαιτήσεις:

Ασφάλεια

Κατασκευασιμότητα

Συνέπεια με υπολογιστικό προσομοίωμα



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ιδιαιτερότητα συνδέσεων στις μεταλλικές κατασκευές

Σε αντίθεση με το έγχυτο επιτόπου του έργου οπλισμένο σκυρόδεμα, που εξασφαλίζει μονολιθικότητα λόγω του τρόπου κατασκευής, στις μεταλλικές κατασκευές τόσο η μελέτη (υπολογισμοί και σχεδίαση) των συνδέσεων, όσο και η κατασκευή τους, απαιτούν ιδιαίτερο χρόνο, προσπάθεια και προσοχή.

Για το λόγο αυτό υπάρχει ειδικό μέρος του Ευρωκώδικα 3, αφιερωμένο στις συνδέσεις

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ
EUROPEAN STANDARD
EUROPÄISCHE NORM

prEN 1993-1-8 : 2003

5 Μαΐου 2003

UDC

Descriptors:

Ελληνική Έκδοση

Ευρωκώδικας 3 : Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα

Μέρος 1.8 : Σχεδιασμός κόμβων



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Τύποι συνδέσεων στις μεταλλικές κατασκευές

Κοχλιώσεις



κυρίως εργοταξιακή σύνδεση



Συγκολλήσεις



κυρίως εργοστασιακή σύνδεση





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010

5



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010

6



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010

7



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα κοχλιωτών συνδέσεων





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Τύποι κοχλιών και εξαρτημάτων

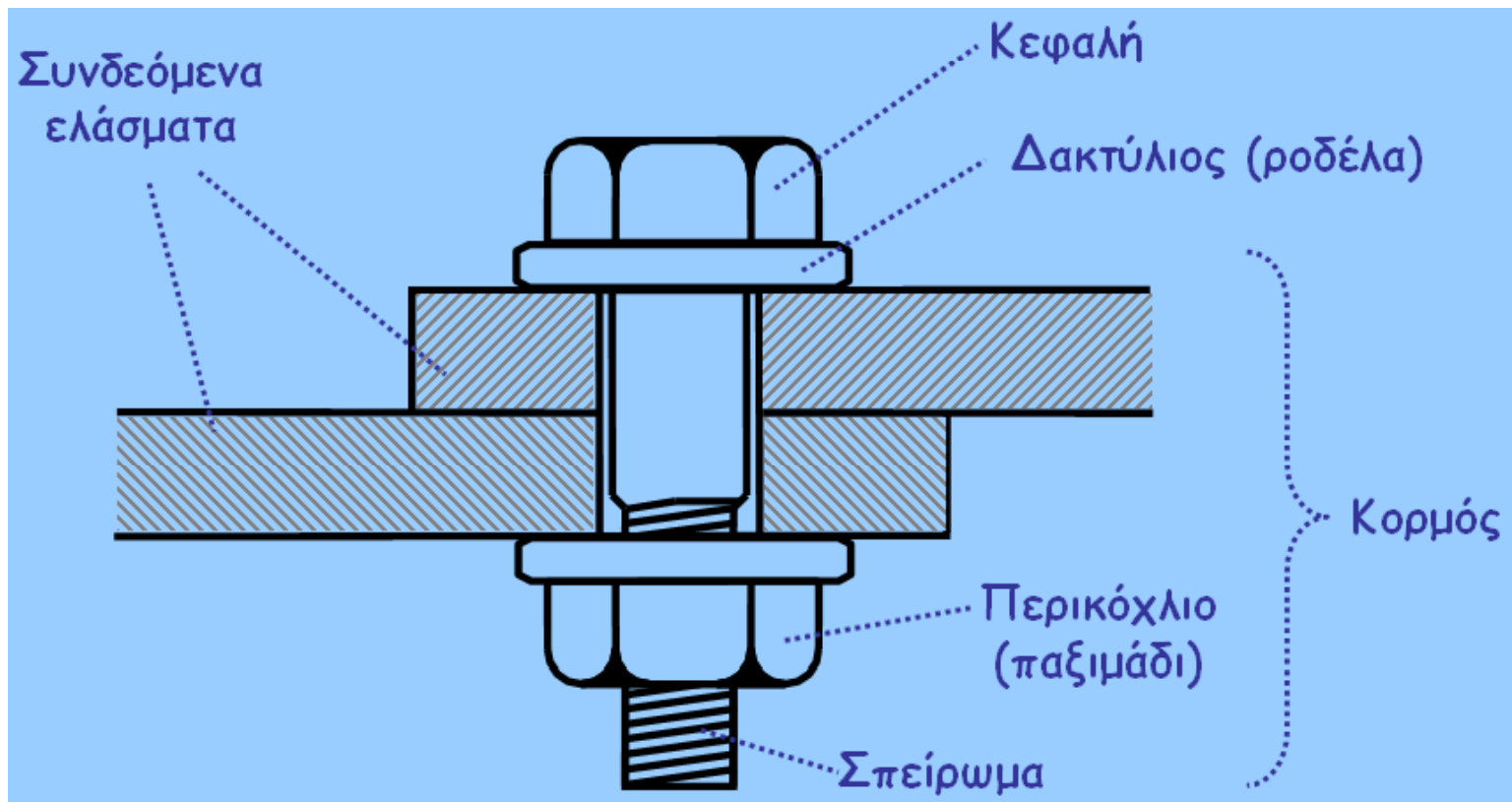




Ε.Μ.Π.

Γεωμετρία κοχλία

2010





Ε.Μ.Π.

Διάμετροι κοχλιών

- Μετρικοί κοχλίες (στον ευρωπαϊκό χώρο)
- Κατηγορίες:

M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ο αριθμός στην ονομασία αντιστοιχεί στη διάμετρο κορμού
Πχ. M20 σημαίνει 20mm διάμετρος κορμού



Ε.Μ.Π.

Διάμετροι οπών

$$d_0 = d + a$$

όπου:

d_0 διάμετρος οπής

d διάμετρος κοχλίας

a ανοχή

Κανονικές οπές

$a = 1 \text{ mm}$ για κοχλίες M12

$a = 2 \text{ mm}$ για κοχλίες M16 έως M24

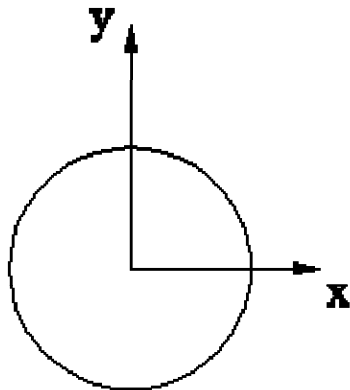
$a = 3 \text{ mm}$ για κοχλίες $\geq \text{M27}$



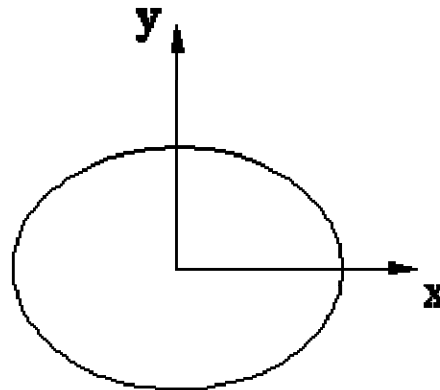
Ε.Μ.Π.

Τύποι οπών

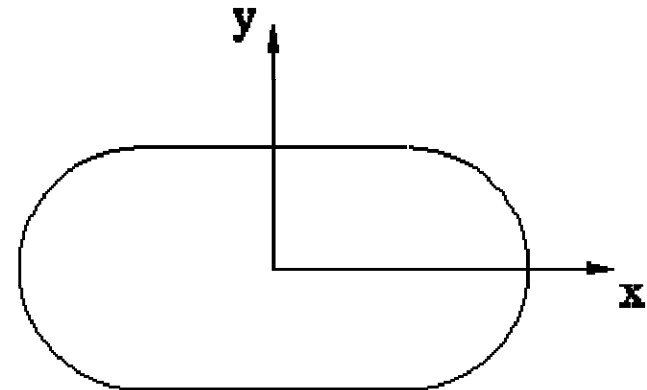
2010



(α)



(β)



(γ)

(α) κανονική ή υπερμεγέθους οπή

(β) οπή βραχείας σχισμής

(γ) επιμήκης οπή



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Διάμετροι οπών

2010

Τύπος οπών	Κανονικές	Υπερμεγέθεις	Βραχείες σχωμές		Επιμήκεις οπές	
Εφαρμογή	Γενική	<u>Προσυντεταγμένες κοχλιώσεις</u>				
Άξονας	x & y	x & y	x	y	x	y
M 12	1	3	4	1	$d_0 = 2.5 \cdot d$	1
M 16	2	4	6	2		2
M 20 – M 22	2	4	6	2		2
M 24	2	6	8	2		2
≥ M 27	3	8	10	3		3



Ε.Μ.Π.

Ποιότητες χάλυβα κοχλιών

Στον Ευρωκώδικα 3 προδιαγράφονται 5 κατηγορίες υλικών για κοχλίες:

	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_y [MPa]	240	300	480	640	900
f_u [MPa]	400	500	600	800	1000

4.6 $f_u = 400$ MPa

4.6 $f_y = 0,6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$

Υψηλής
αντοχής



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ποιότητες χάλυβα κοχλιών



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

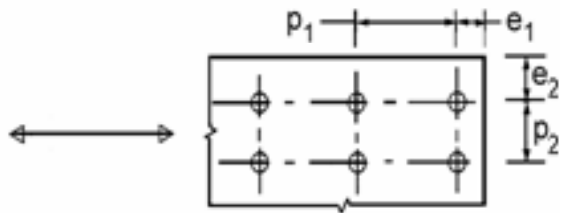
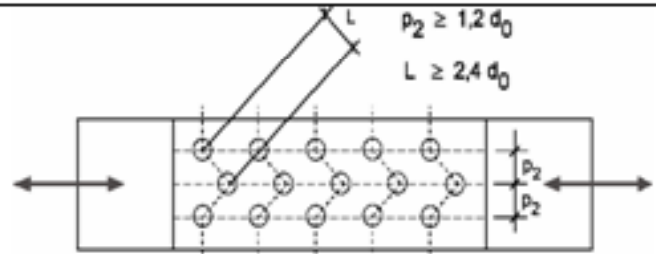
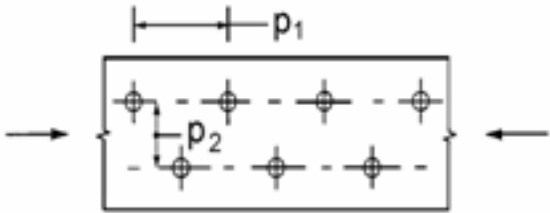
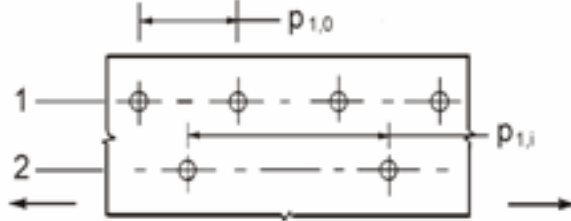
ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

Όρια αποστάσεων κοχλιών

		 <p>$p_2 \geq 1,2 d_0$ $L \geq 2,4 d_0$</p>	
α) Σύμβολα για τις αποστάσεις των μέσων σύνδεσης		Μέσα σύνδεσης σε λοξή διάταξη β) Σύμβολα για τις αποστάσεις σε λοξή διάταξη	
			
$p_1 \leq 14t$ και ≤ 200 mm	$p_2 \leq 14t$ και ≤ 200 mm	$p_{1,0} \leq 14t$ και ≤ 200 mm	$p_{1,i} \leq 28t$ και ≤ 400 mm
γ) Αποστάσεις σε λοξή διάταξη – θλίψη		1 εξωτερική γραμμή	2 εσωτερική γραμμή
		δ) Αποστάσεις σε εφελκόμενα στοιχεία	



Ε.Μ.Π.

Όρια αποστάσεων κοχλιών

	Ελάχιστη	Μέγιστη		
		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025 εκτός εκείνων που συμφωνούν με το EN 10025-5		Κατασκευές από χάλυβες που συμφωνούν με το EN 10025-5
		Χάλυβας εκτεθειμένος σε καιρικές συνθήκες ή άλλα διαβρωτικά περιβάλλοντα	Χάλυβας μη εκτεθειμένος	Χάλυβας χωρίς προστασία
Απόσταση από άκρο e_1	$1,2d_0^7$	$4t^8 + 40 \text{ mm}$		Η μεγαλύτερη από $8t$ ή 125 mm
Απόσταση από άκρο e_2	$1,2d_0$	$4t + 40 \text{ mm}$		Η μεγαλύτερη από $8t$ ή 125 mm
Απόσταση e_3 σε επιμήκεις οπές	$1,5d_0$			
Απόσταση e_4 σε επιμήκεις οπές	$1,5d_0$			
Βήμα p_1	$2,2d_0$	Η μικρότερη από $14t$ ή 200 mm	Η μικρότερη από $14t$ ή 200 mm	Η μικρότερη από $14t_{\min}$ ή 175 mm
Βήμα $p_{1,0}$		Η μικρότερη από $14t$ ή 200 mm		
Βήμα $p_{1,i}$		Η μικρότερη από $28t$ ή 400 mm		
Βήμα p_2	$2,4d_0$	Η μικρότερη από $14t$ ή 200 mm	Η μικρότερη από $14t$ ή 200 mm	Η μικρότερη από $14t_{\min}$ ή 175 mm



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Ποιότητες χάλυβα κοχλιών

2
0
1
0

Γενική αρχή:

**Ποιότητα του χάλυβα κοχλιών καλύτερη από την
ποιότητα του χάλυβα των συνδεόμενων
ελασμάτων**

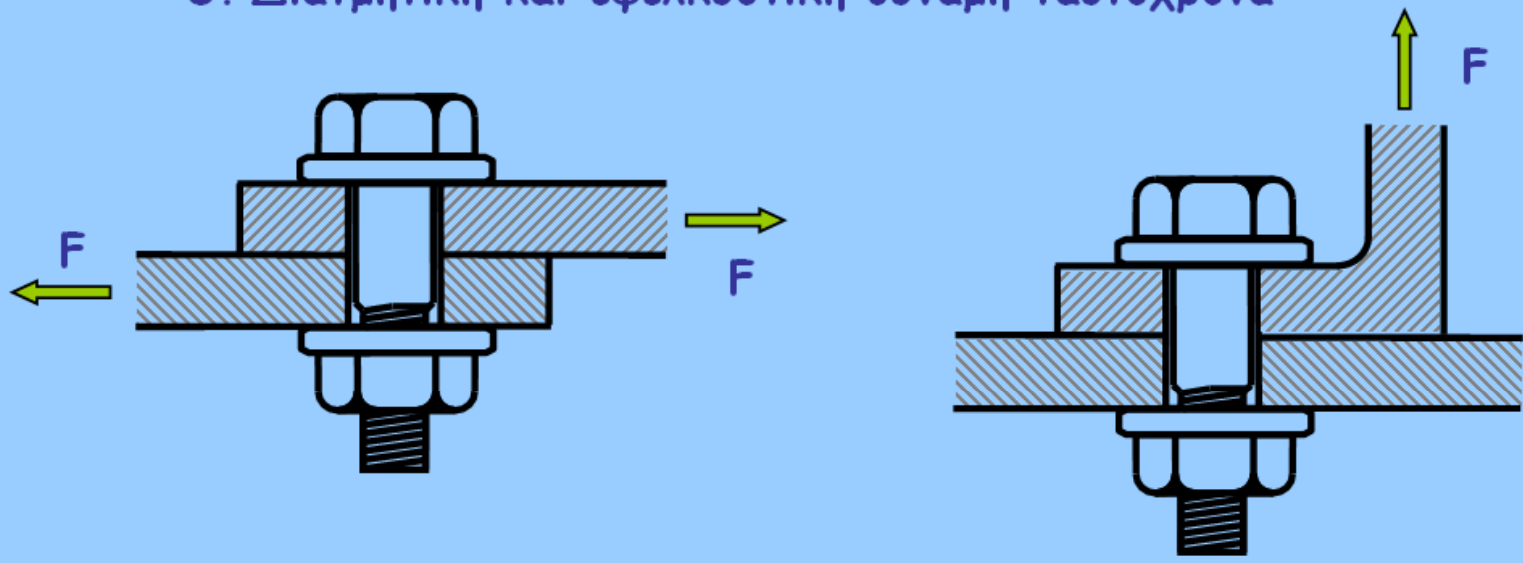


Ε.Μ.Π.

Είδη έντασης κοχλιών

Μια κοχλίωση σχεδιάζεται προκειμένου να παραλάβει:

1. Διατμητική δύναμη - κάθετη στον άξονα του κορμού
2. Εφελκυστική δύναμη - παράλληλη στον άξονα του κορμού
3. Διατμητική και εφελκυστική δύναμη ταυτόχρονα



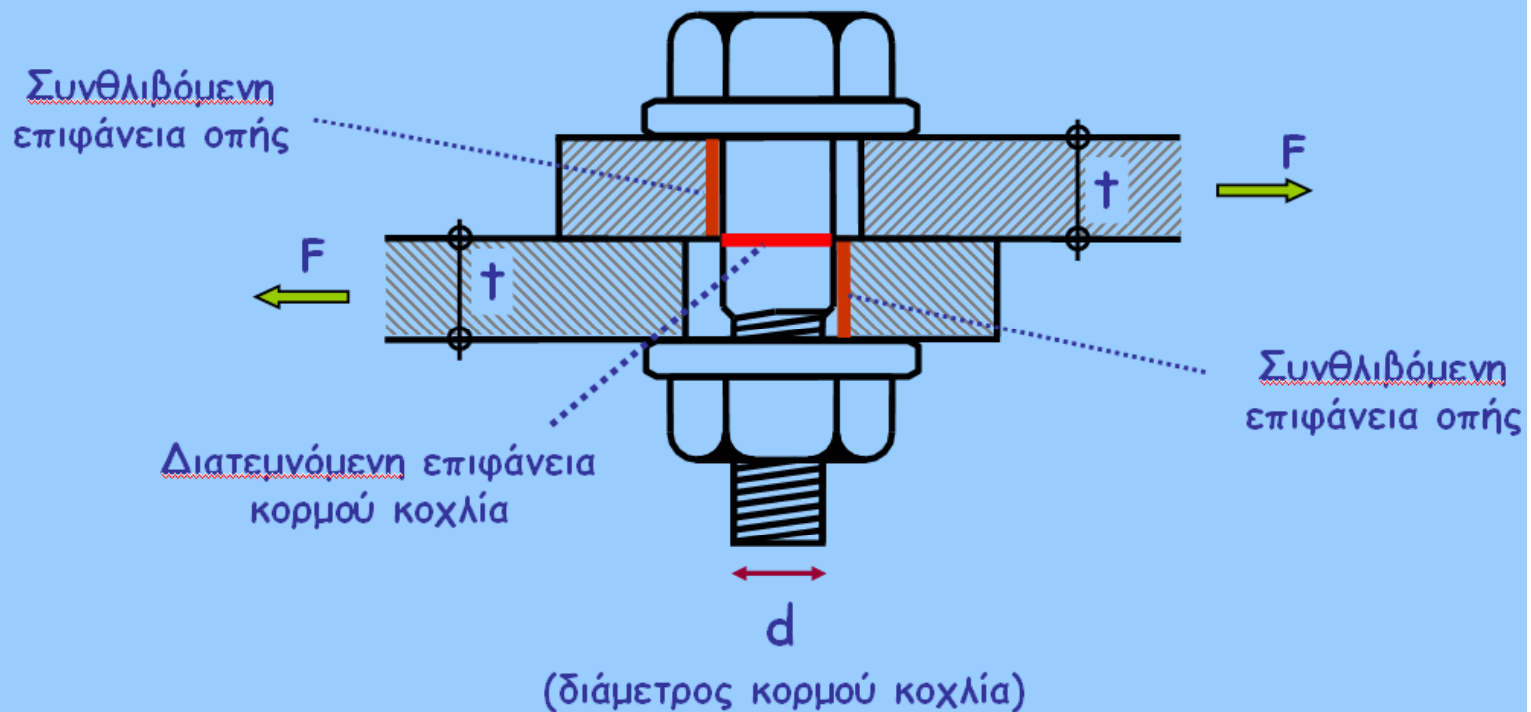


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μηχανισμός λειτουργίας απλού διατεμνόμενου κοχλία

Πραγματοποιείται μικρή σχετική μετακίνηση των συνδεόμενων ελασμάτων κατά τη φορά των ασκούμενων δυνάμεων, ώστε να έρθει σε επαφή ο κορμός του κοχλία με τις άντυγες των οπών



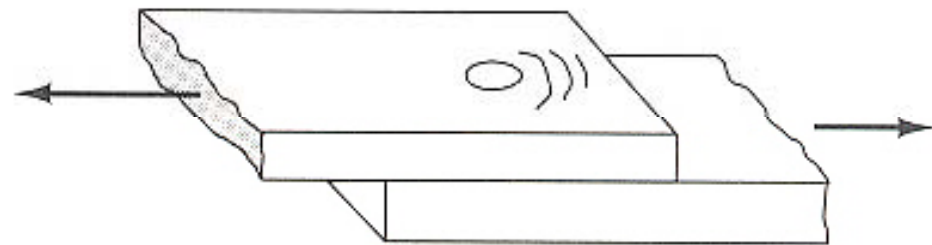
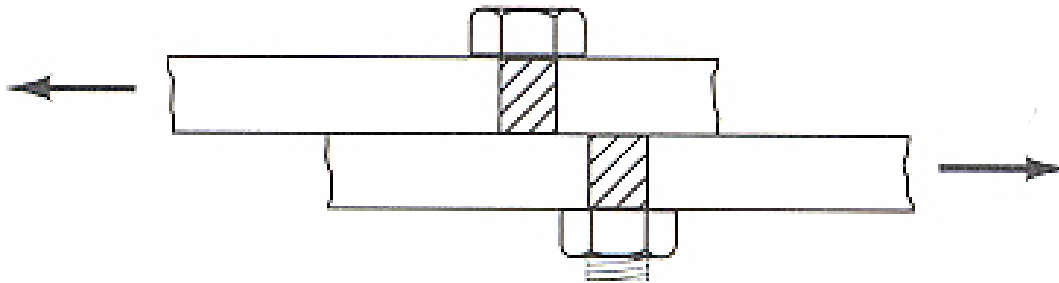


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Μηχανισμοί αστοχίας απλού διατεμνόμενου κοχλία

Διάτμηση κορμού κοχλία



Σύνθλιψη άντυγας οπής ελάσματος



Ε.Μ.Π.

Αναπτυσσόμενες τάσεις κορμού κοχλία

**Διατμητικές
τάσεις:**

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \frac{f_{ub}}{\sqrt{3}} \approx 0.6 f_{ub}$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4}$$

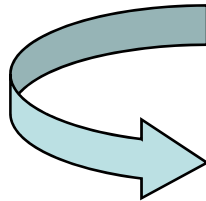
f_{ub}

**όριο θραύσης
σε εφελκυσμό**



$$\frac{f_{ub}}{\sqrt{3}}$$

**όριο θραύσης
σε διάτμηση**



$$F \leq 0.6 f_{ub} A$$



Ε.Μ.Π.

Αντοχή κορμού κοχλία σε διάτμηση



Αντοχή κορμού κοχλία
σε διάτμηση

$$F_{v,Rd} = n \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}}$$

n : αριθμός των επιπέδων διάτμησης

f_{ub} : όριο θραύσης χάλυβα κοχλία

A : διατομή του κορμού του κοχλία

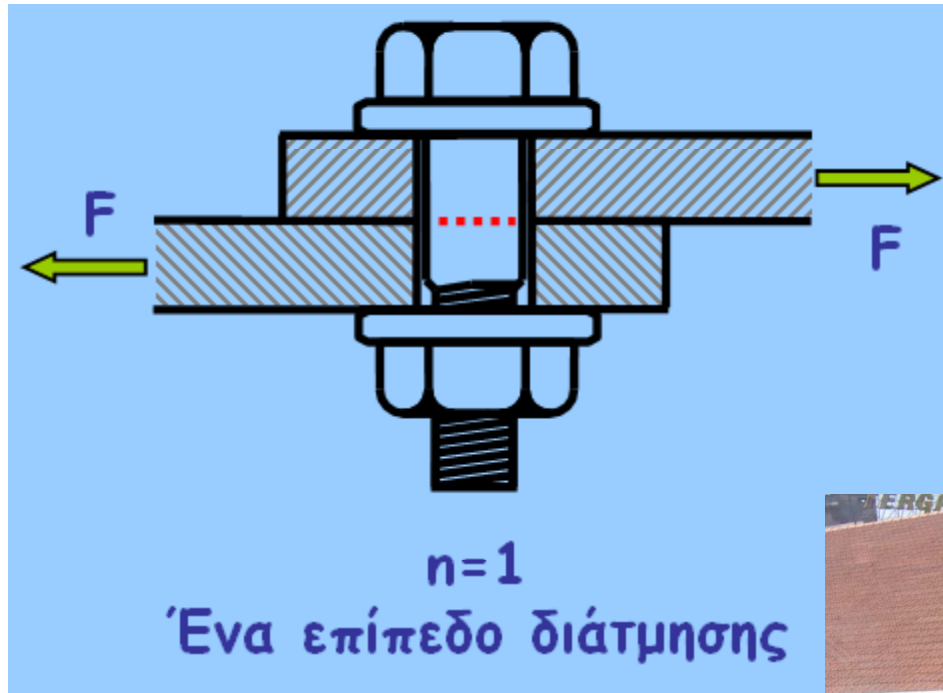
$\gamma_{M2} = 1,25$

Καλή πρακτική είναι τα επίπεδα διάτμησης να μη διέρχονται από το σπείρωμα. Αλλιώς επέρχεται μείωση της αντοχής σε διάτμηση



Ε.Μ.Π.

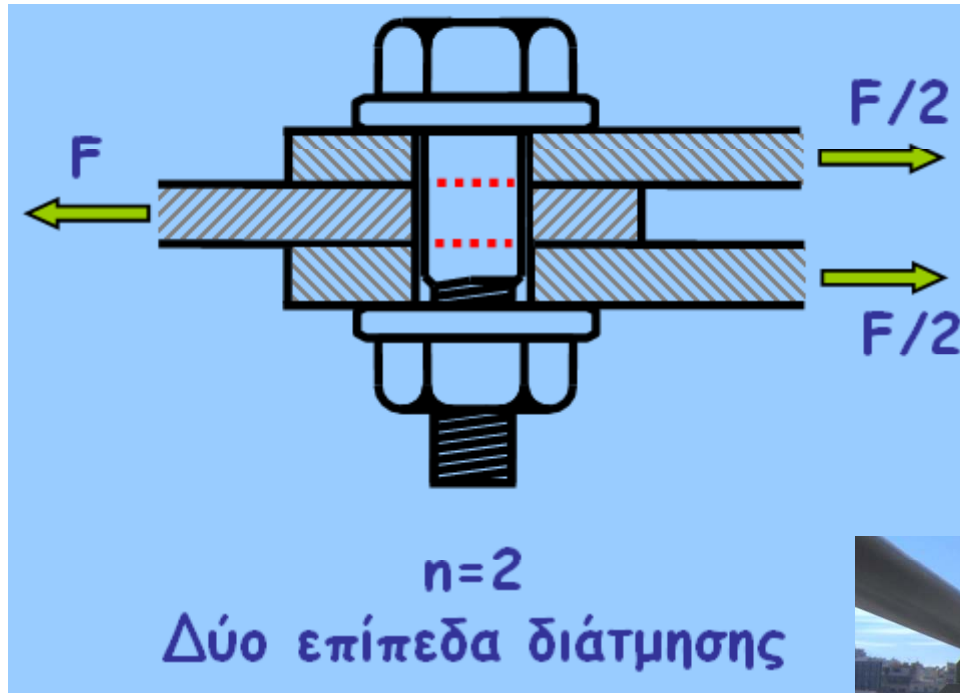
Μονότμητοι κοχλίες





Ε.Μ.Π.

Δίτμητοι κοχλίες





Ε.Μ.Π.

Αντοχή κοχλία σε διάτμηση ανά επίπεδο διάτμησης κατά τον ΕΚ3

$$F_{t,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ud} A}{\gamma_{M2}}$$

Α) Όταν το επίπεδο διάτμησης διέρχεται από το σπείρωμα του κοχλία (A είναι η επιφάνεια ενεργού διατομής του κοχλία, A_s^9):

- για κατηγορίες 5.6, 5.6 και 8.8:

$$\alpha_v = 0,6$$

- για κατηγορίες 5.8, 5.8, 6.8 και 10.9:

$$\alpha_v = 0,5$$

Β) Όταν το επίπεδο διάτμησης διέρχεται από την πλήρη διατομή του κοχλία (A είναι η καθαρή επιφάνεια κοχλία):

$$\alpha_v = 0,6$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Ενεργός επιφάνεια κοχλία

2010

Κοχλίες	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
d (mm)	12	16	20	22	24	27	30	36
Ενεργός επιφάνεια A_s (mm ²)	84,3	157	245	303	353	459	561	817

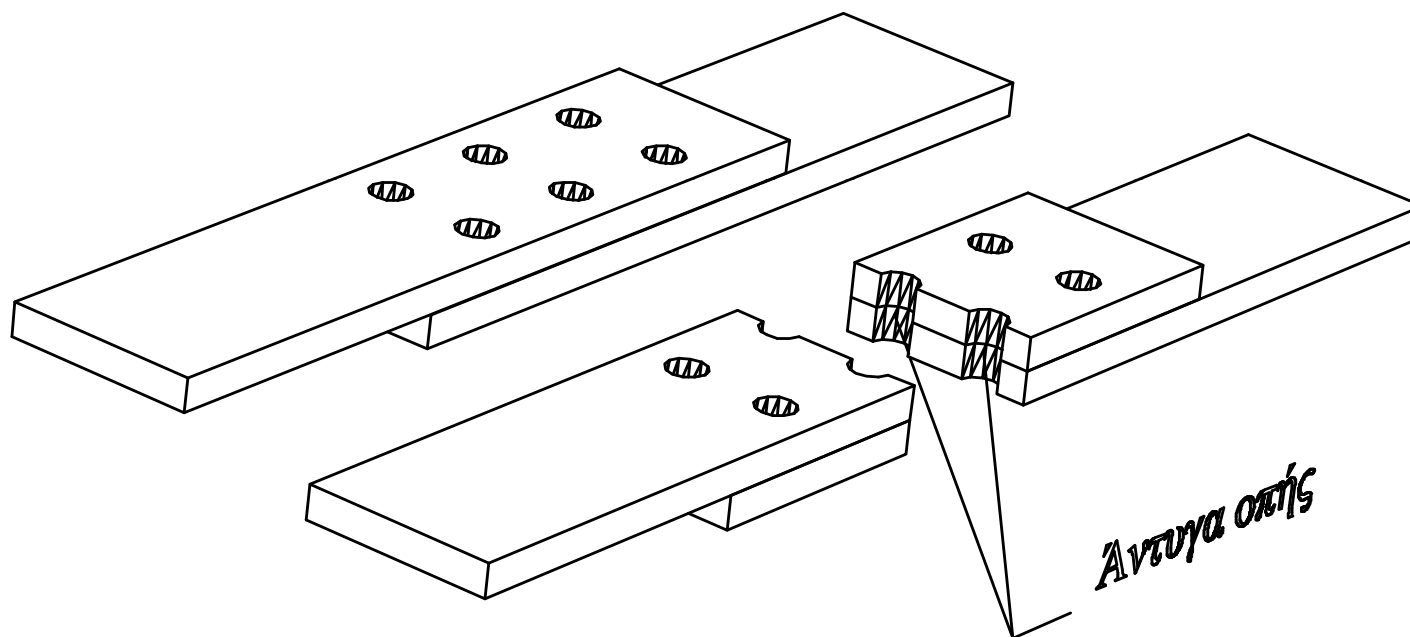


Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Άντυνα οπής

2010

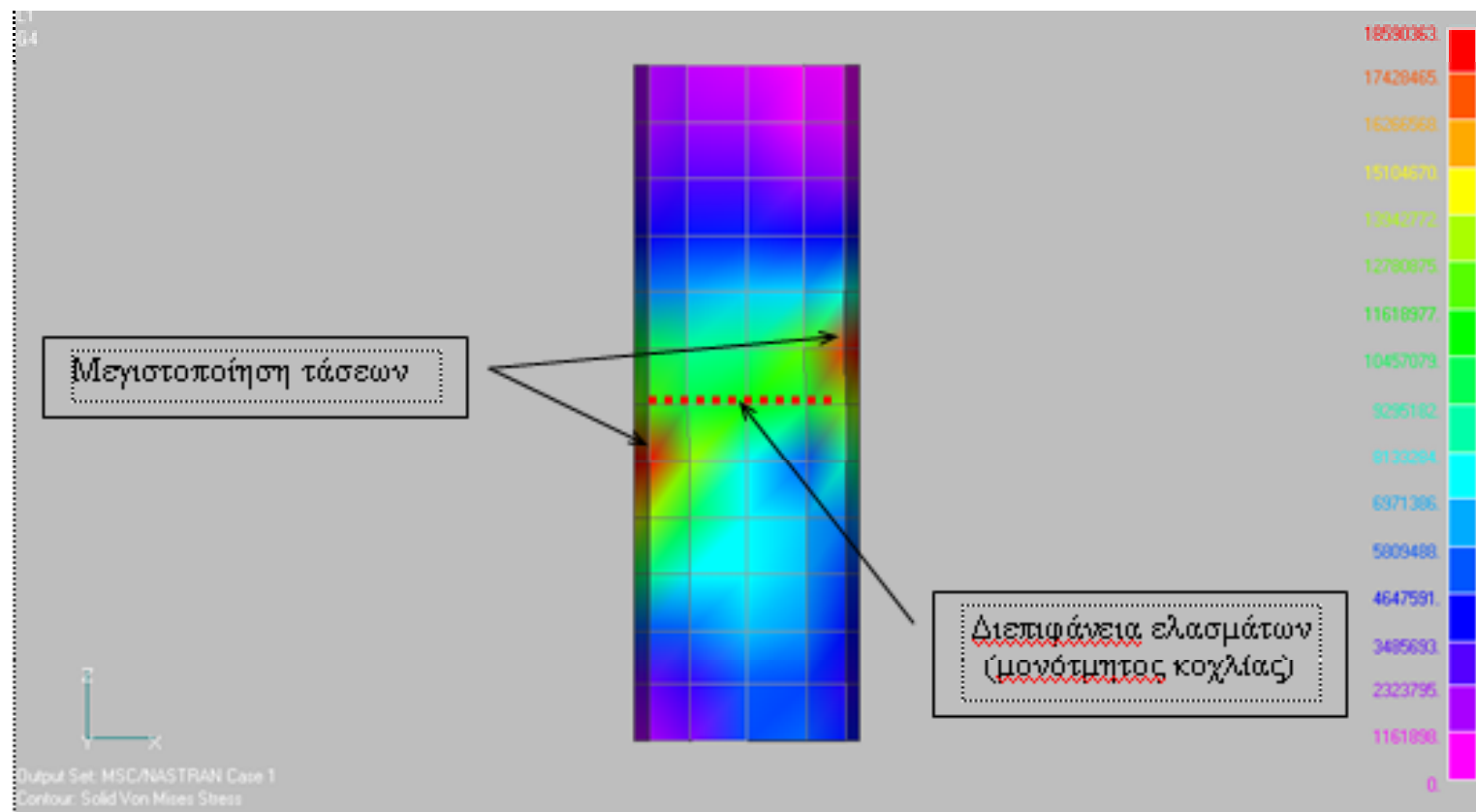




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής

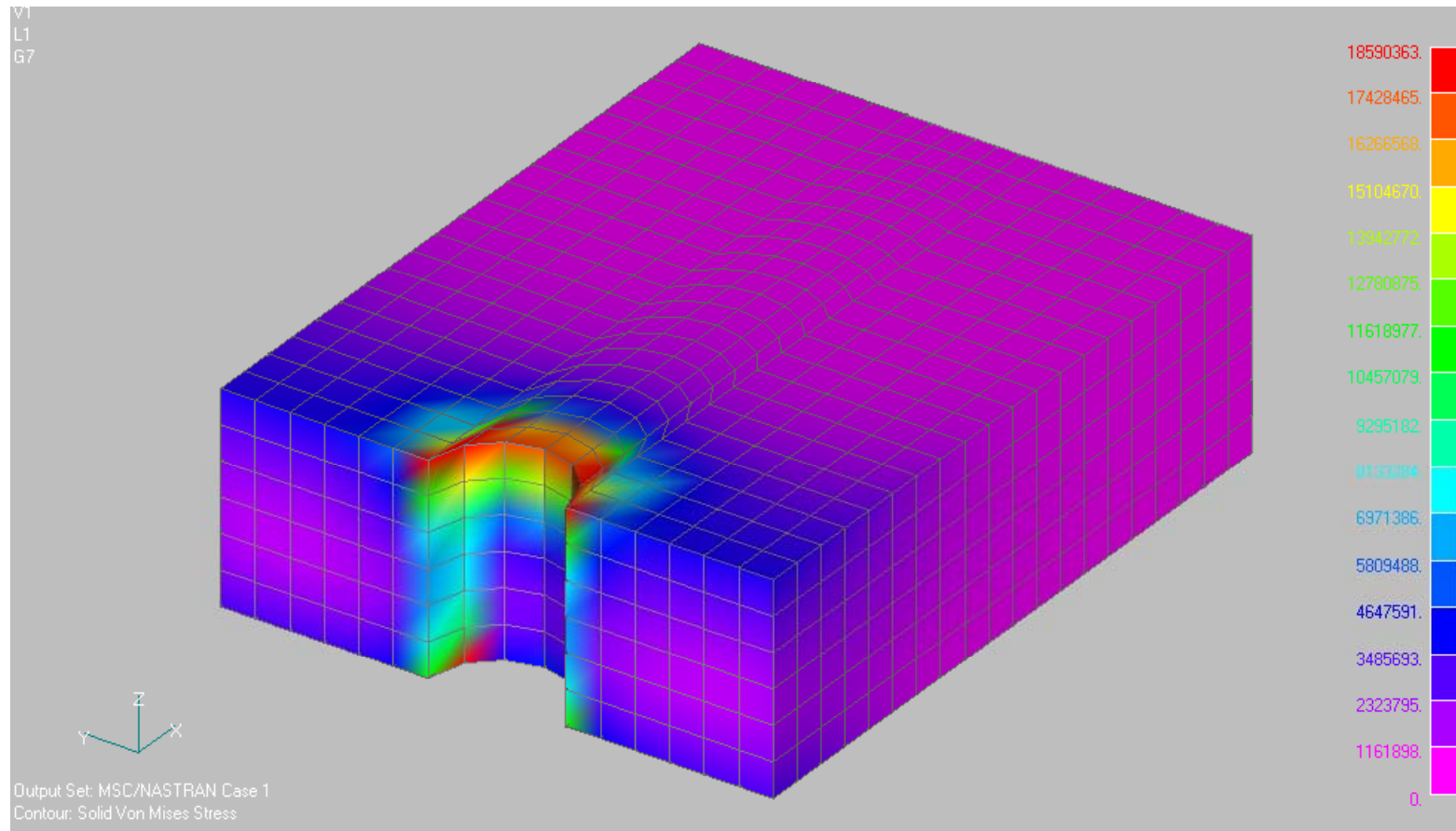




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής

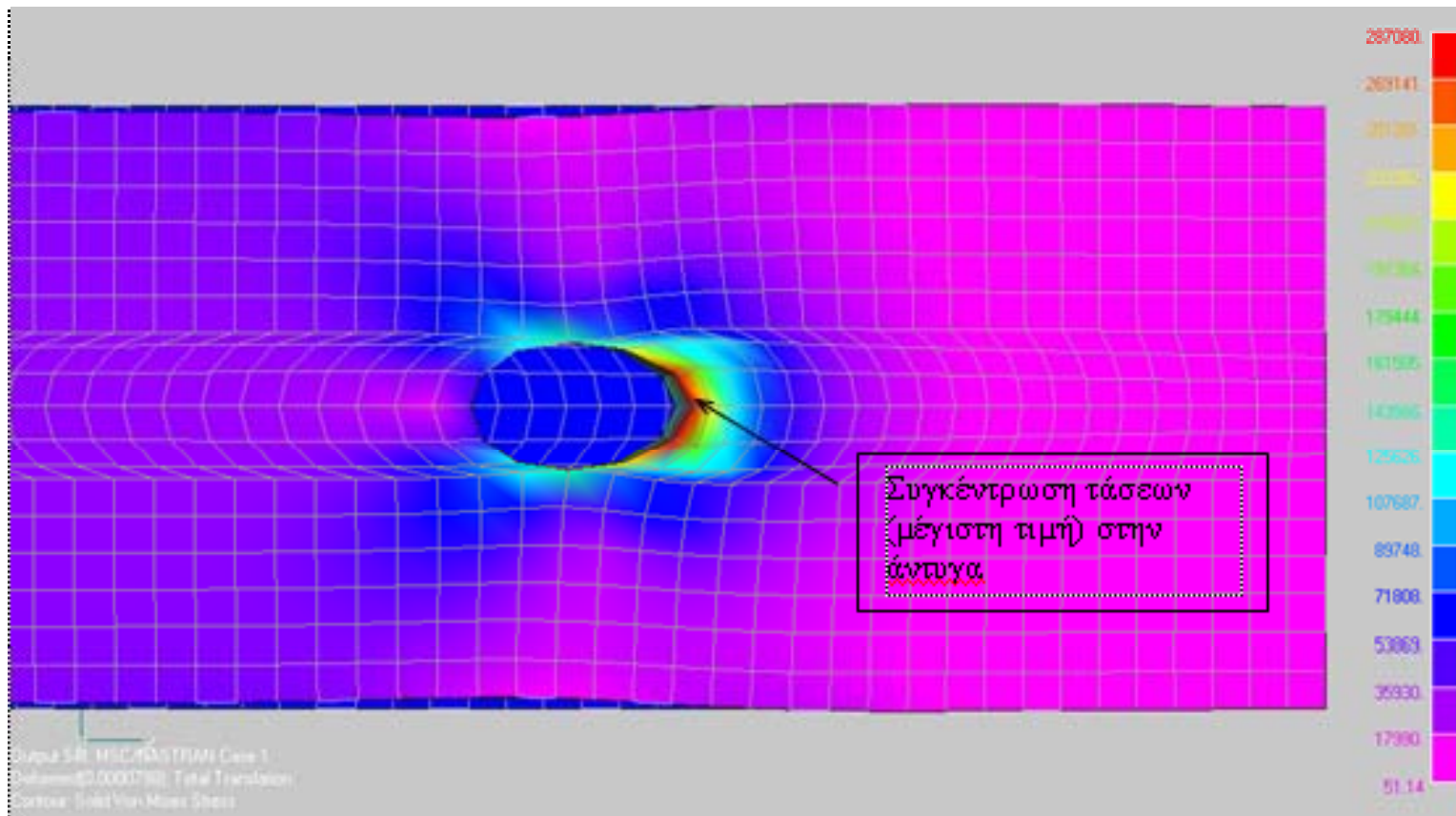




Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

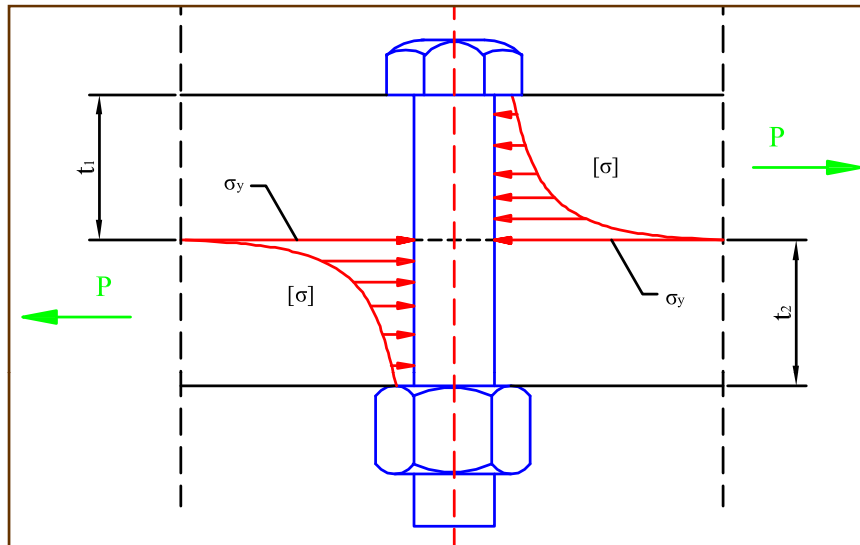
Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής



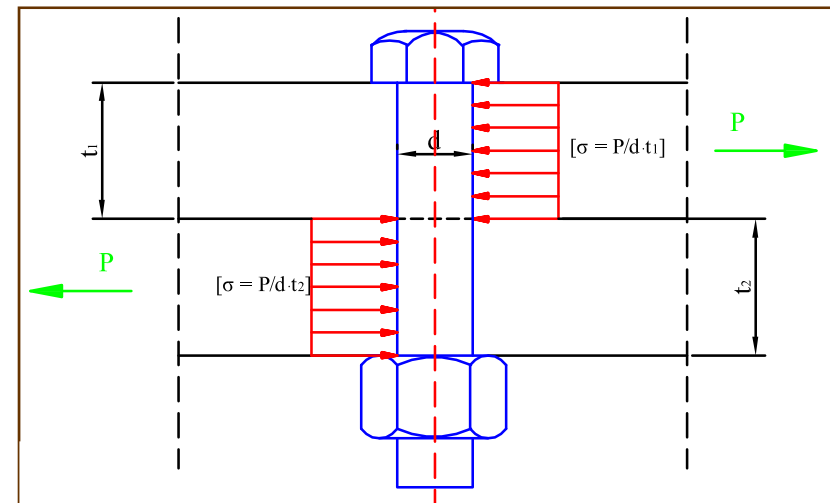


Ε.Μ.Π.

Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής



πραγματική

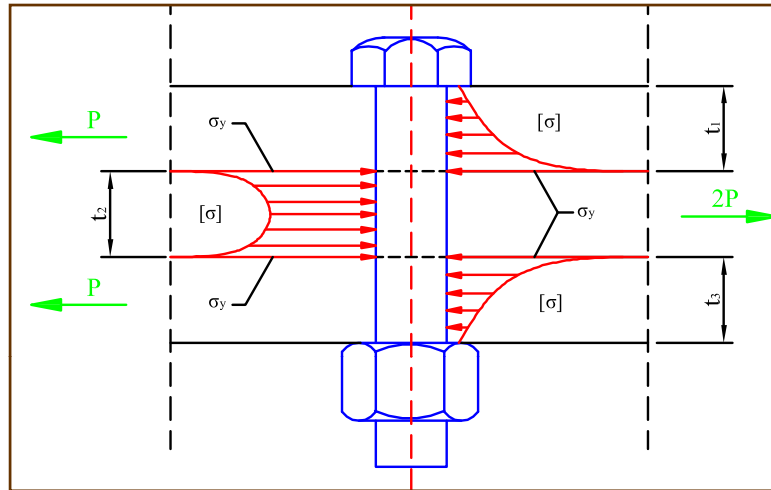


ιδεατή

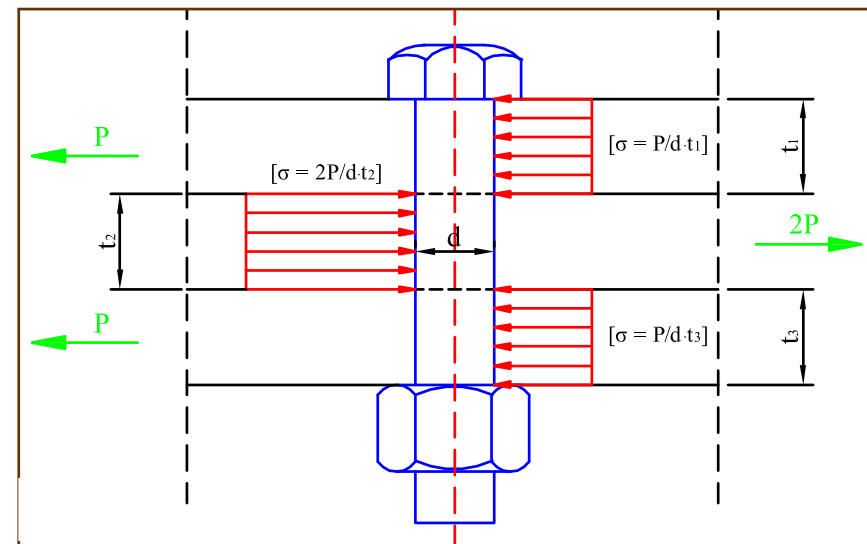


Ε.Μ.Π.

Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής



πραγματική



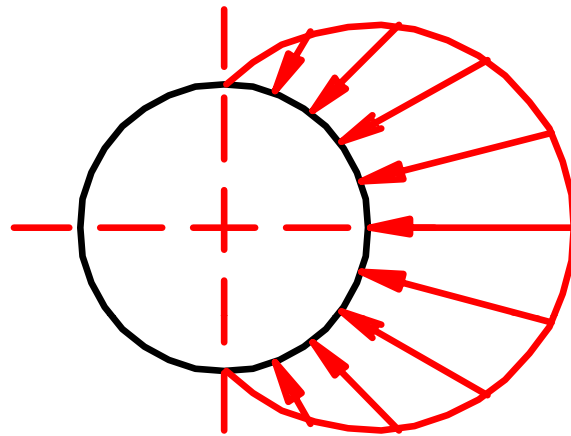
ιδεατή



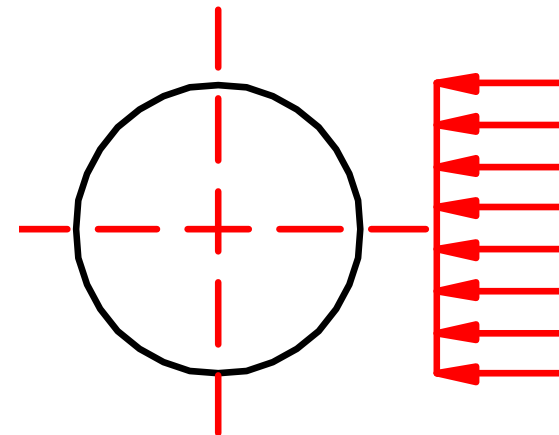
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Κατανομή τάσεων στην άντρυγα της οπής



πραγματική



ιδεατή



Ε.Μ.Π.

Αντοχή άντυγας οπής σε σύνθλιψη

Αντοχή άντυγας οπής σε σύνθλιψη

$$F_{b,Rd} = k_1 \frac{a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$



a_b, k_1 : συντελεστές που εξαρτώνται από τη γεωμετρία της κοχλίωσης (αποστάσεις της οπής από τα όρια ή άλλες οπές) και από τα υλικά

d : η διάμετρος του κοχλία

t : το πάχος του λεπτότερου από τα συνδεόμενα ελάσματα

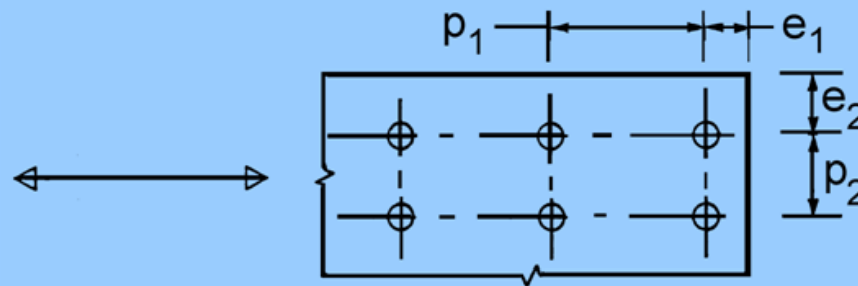
f_u : το όριο θραύσης του χάλυβα του ελάσματος

$\gamma_{M2} = 1,25$



Ε.Μ.Π.

Αντοχή άντυγας οπής σε σύνθλιψη



$$a_b = \min \left\{ 1, \frac{f_{ub}}{f_u}, \frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \right\} \quad \text{Όρια και αποστάσεις κατά τη φορά του φορτίου}$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8e_2}{d_0} - 1,7, \frac{1,4p_2}{d_0} - 1,7, 2,5 \right\} \quad \text{Πλευρικά όρια και αποστάσεις}$$



Ε.Μ.Π.

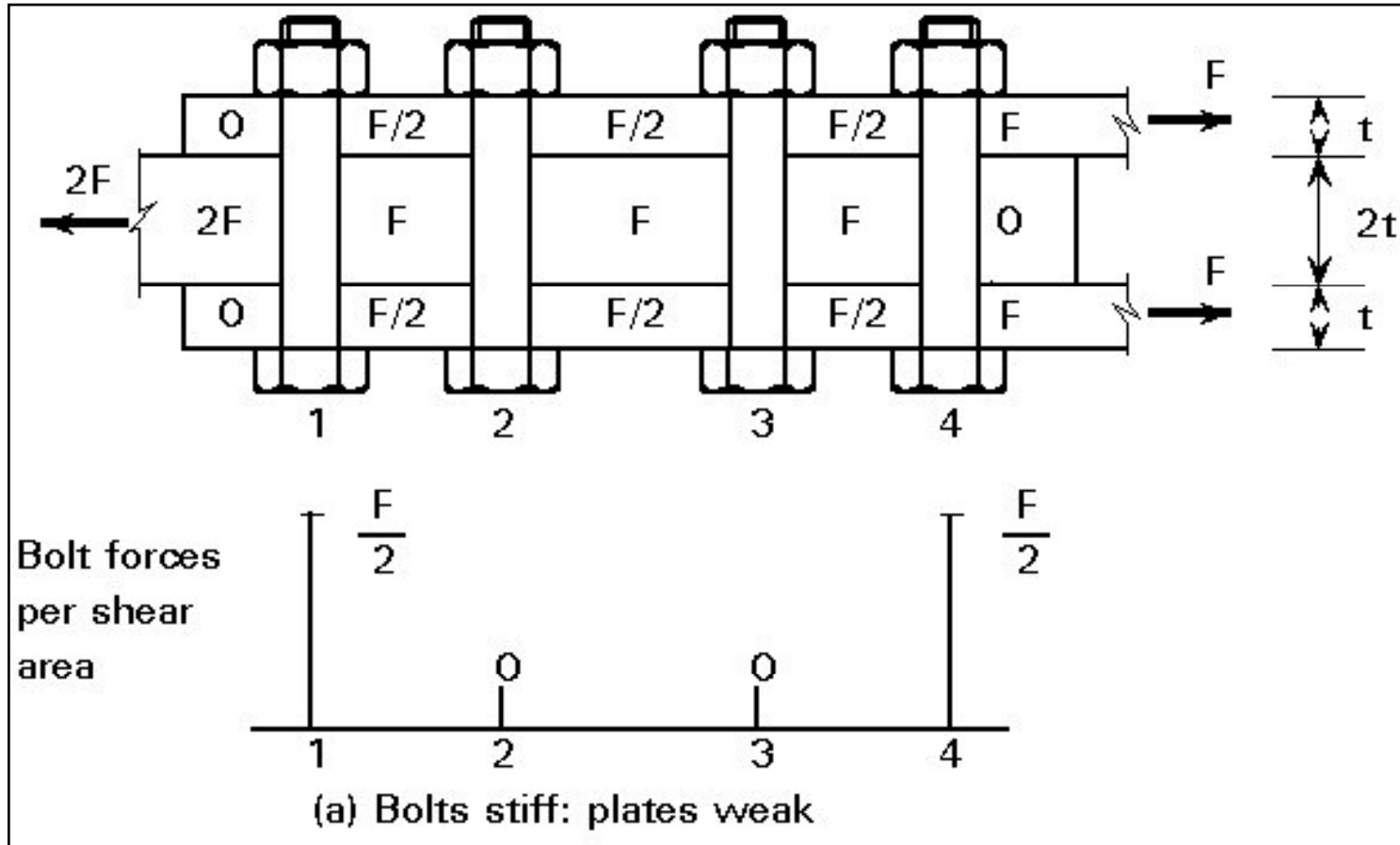
Αντοχή άντυνας οπής σε σύνθλιψη κατά τον ΕΚ3

$F_{b,Rd} = \frac{k_1 a_b f_u d t}{\gamma_{M2}}, \quad \text{όπου } \alpha_b = \min\left\{\alpha_d, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1.0\right\}$	
για τελευταία σειρά κοχλιών:	$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$
για εσωτερικούς κοχλίες:	$\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$
για πλευρικά ακραίους κοχλίες:	$k_1 = \min\left\{2.8 \frac{e_1}{d_0} - 1.7, 2.5\right\}$
για εσωτερικούς κοχλίες:	$k_1 = \min\left\{1.4 \frac{p_1}{d_0} - 1.7, 2.5\right\}$



Ε.Μ.Π.

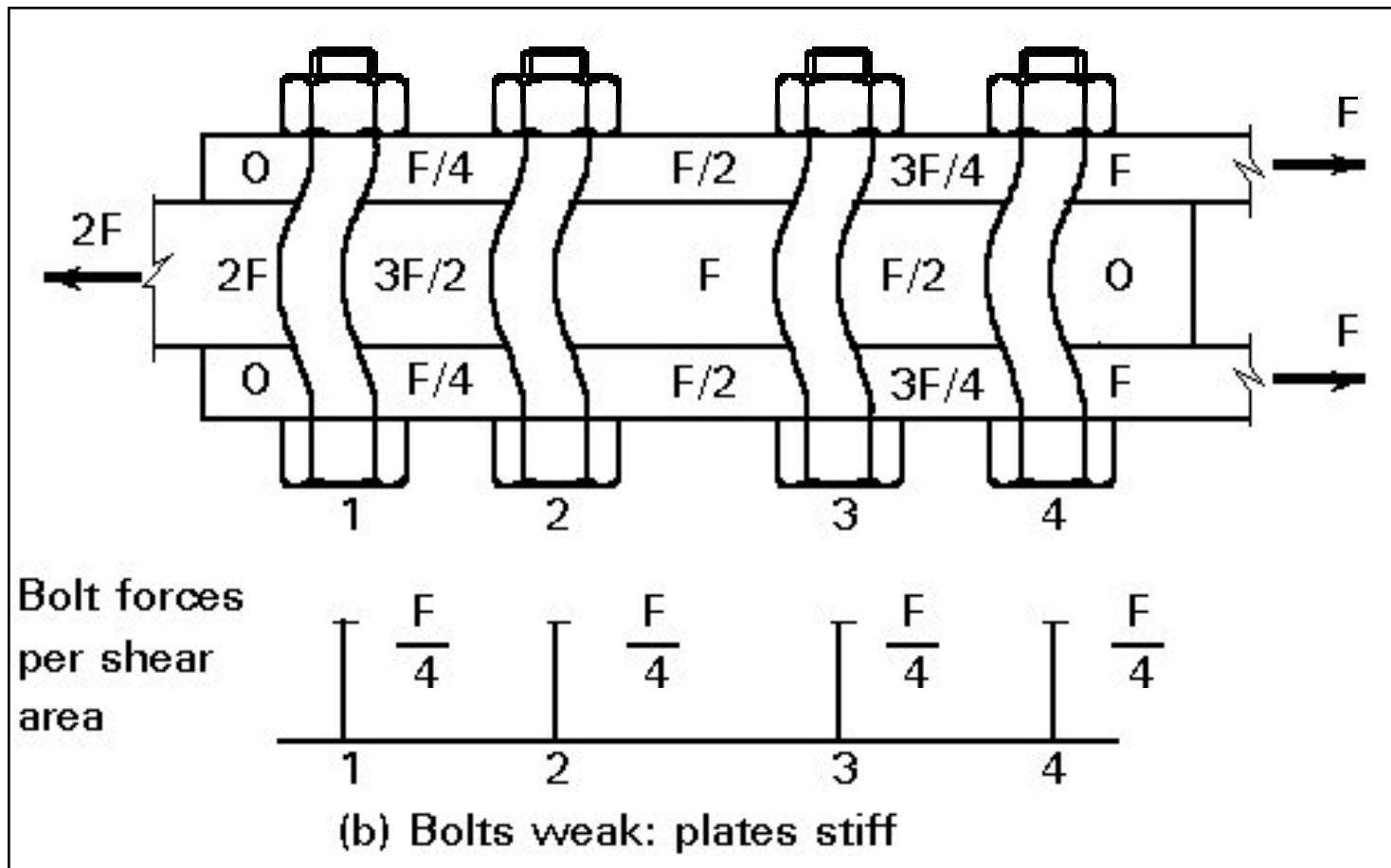
Κοχλιώσεις μεγάλου μήκους





Ε.Μ.Π.

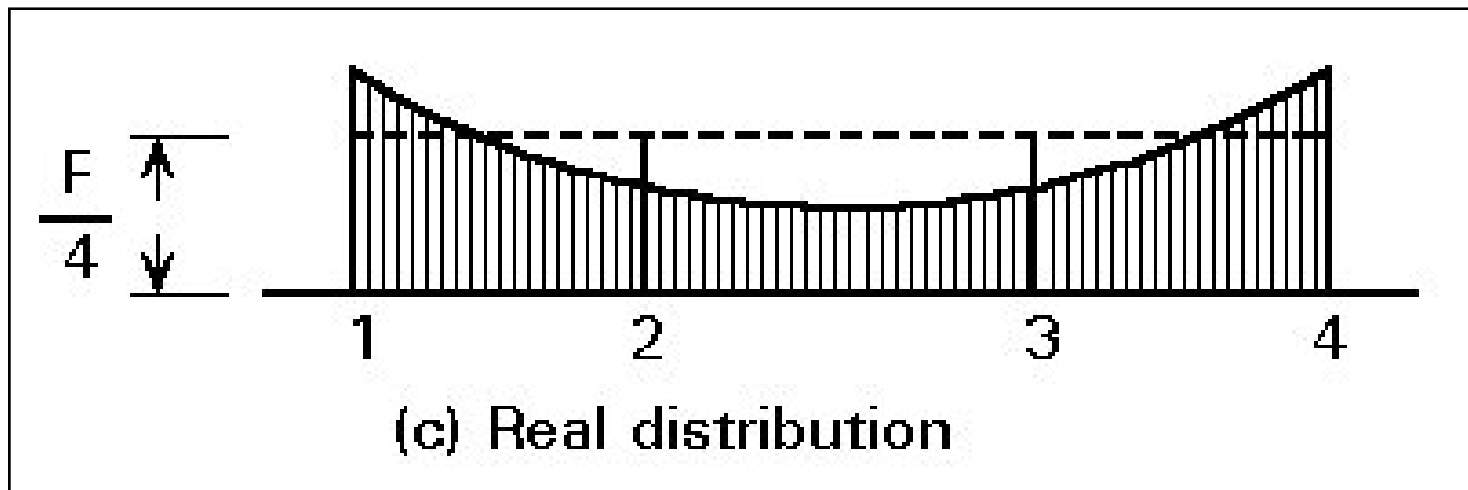
Κοχλιώσεις μεγάλου μήκους





Ε.Μ.Π.

Κοχλιώσεις μεγάλου μήκους

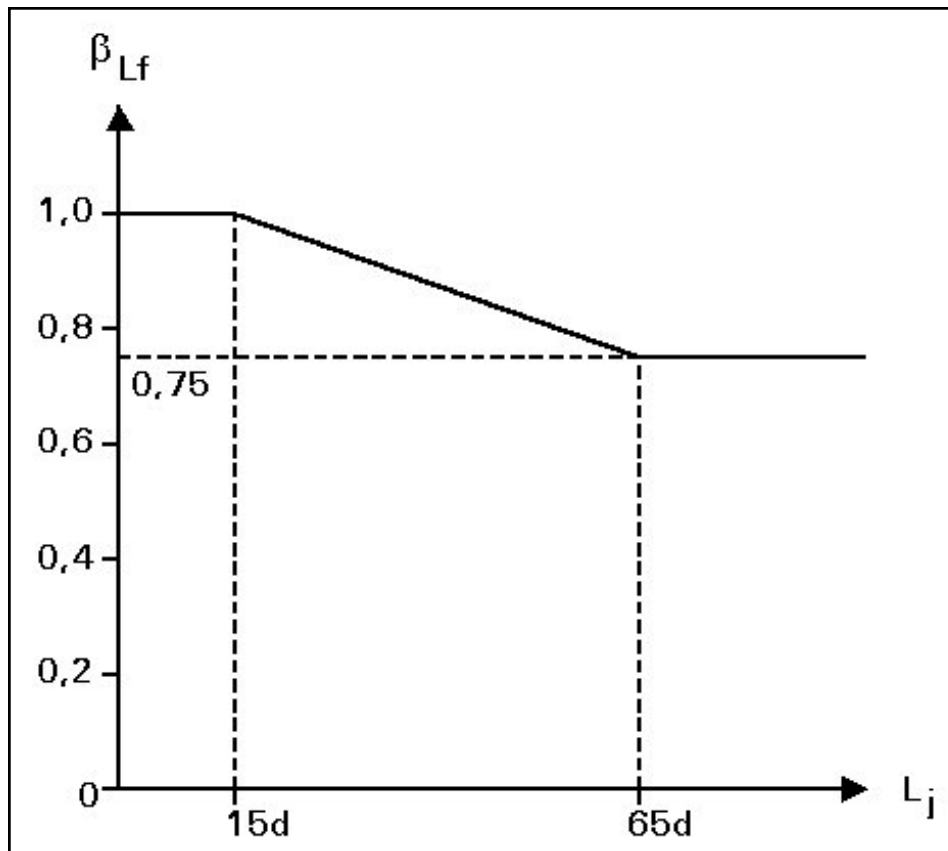




Ε.Μ.Π.

Κοχλιώσεις μεγάλου μήκους

Μειωτικός συντελεστής αντοχής σε διάτμηση κατά τον ΕΚ3:



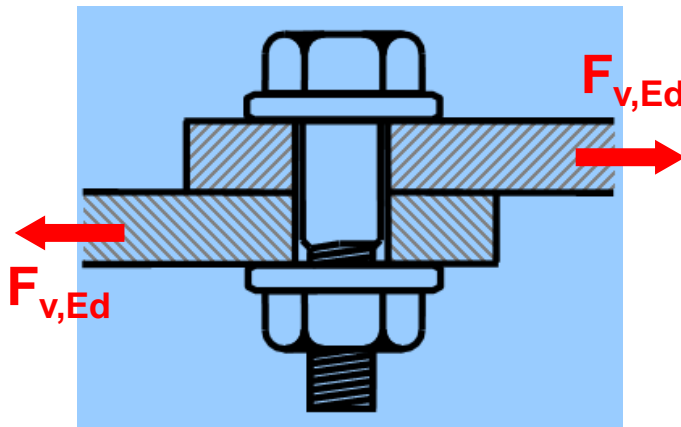
$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L_j - 15d}{200d}$$

$$0.75 \leq \beta_{Lf} \leq 1.00$$



Ε.Μ.Π.

Αντοχή απλών διατεμνόμενων κοχλιώσεων



Κατηγορία Α

Οριακή κατάσταση αστοχίας

1. Διάτμηση κορμού

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

2. Σύνθλιψη άντυγας οπών

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Έλεγχος ολκιμότητας κατά ΕΑΚ

$$F_{b,Rd} \leq F_{v,Rd}$$

Διάτμηση κορμού



ψαθυρή μορφή αστοχίας

Σύνθλιψη άντυγας

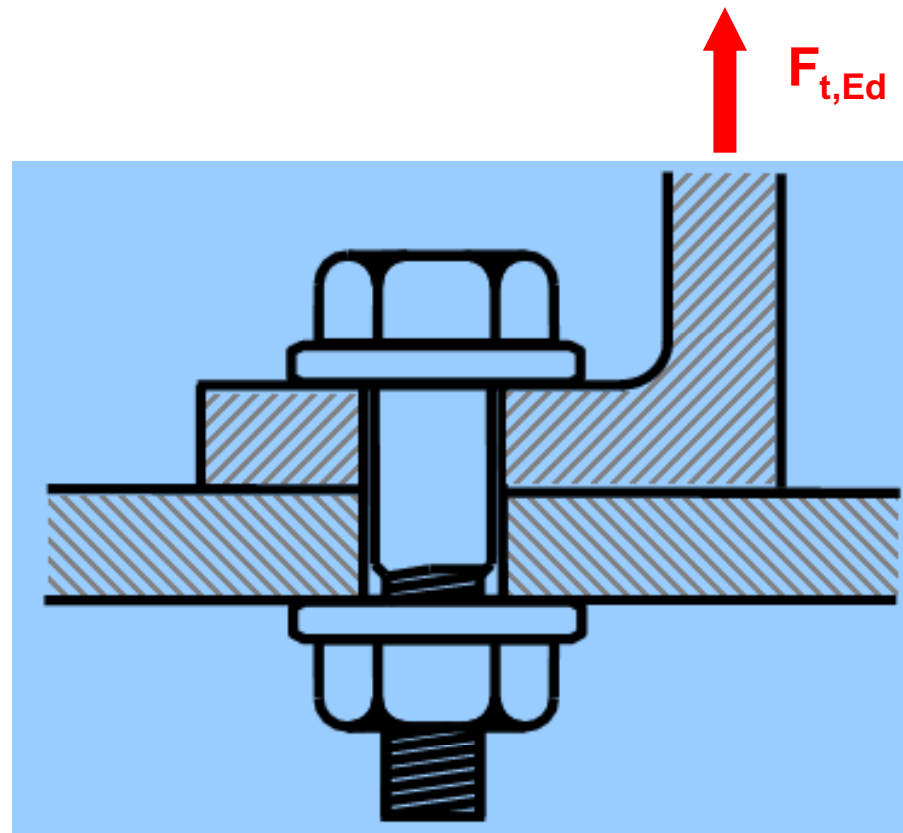


όλκιμη μορφή αστοχίας



Ε.Μ.Π.

Εφελκυσμένοι κοχλίες



Δύναμη παράλληλη με τον άξονα του κοχλία

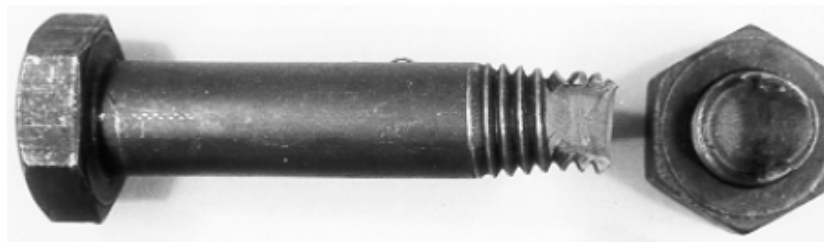


Ε.Μ.Π.

Εφελκυσμένοι κοχλίες

Αντοχή σε εφελκυσμό κορμού

$$F_{t,Rd} = 0.9 \frac{f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$$



f_{ub} : όριο θραύσης χάλυβα κοχλία

A_s : ενεργός διατομή του κορμού του κοχλία

$\gamma_{M2} = 1,25$



Ε.Μ.Π.

Εφελκυσόμενοι κοχλίες

Αντοχή σε διάτρηση ελάσματος

$$B_{p,Rd} = 0.6\pi \frac{d_m \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$$

d_m : μέση διάμετρος της κεφαλής του κοχλία

t : πάχος του ελάσματος

f_u : όριο θραύσης χάλυβα ελάσματος

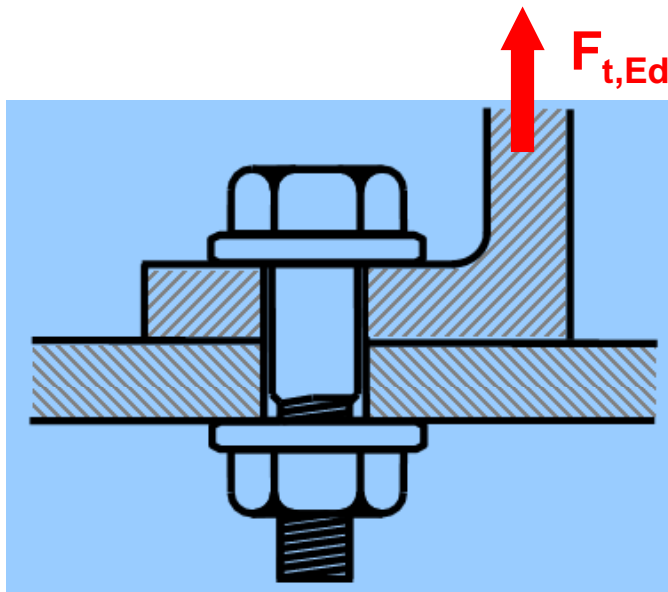
$$\gamma_{M2} = 1,25$$





Ε.Μ.Π.

Εφελκυσμένοι κοχλίες



Κατηγορία D

Οριακή κατάσταση αστοχίας

1. Εφελκυσμός κορμού

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$$

2. Διάτρηση ελάσματος

$$F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$$

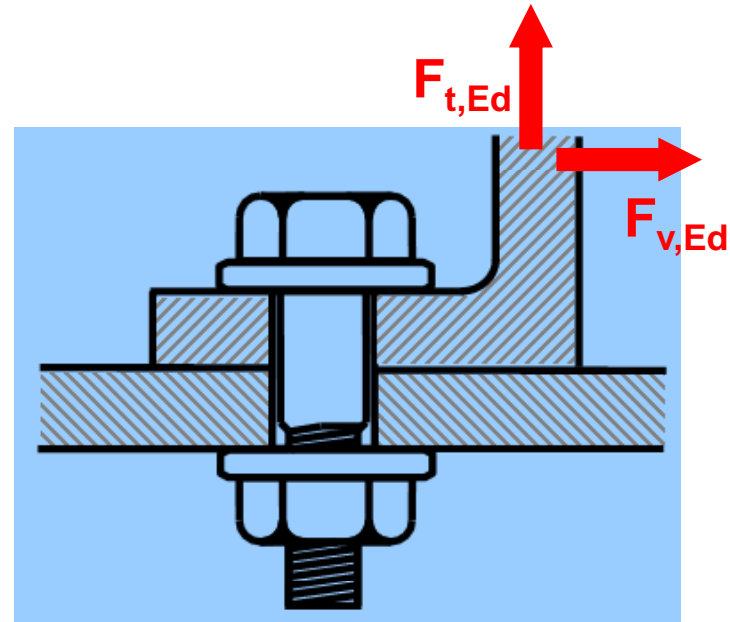


Ε.Μ.Π.

Κοχλιώσεις υπό διάτμηση και εφελκυσμό

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,rd}} \leq 1,0$$

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,rd}$$



$F_{V,Ed}$: διατμητική δύναμη που ασκείται στον κοχλία

$F_{t,Ed}$: εφελκυστική δύναμη που ασκείται στον κοχλία

$F_{V,rd}$: διατμητική αντοχή του κοχλία

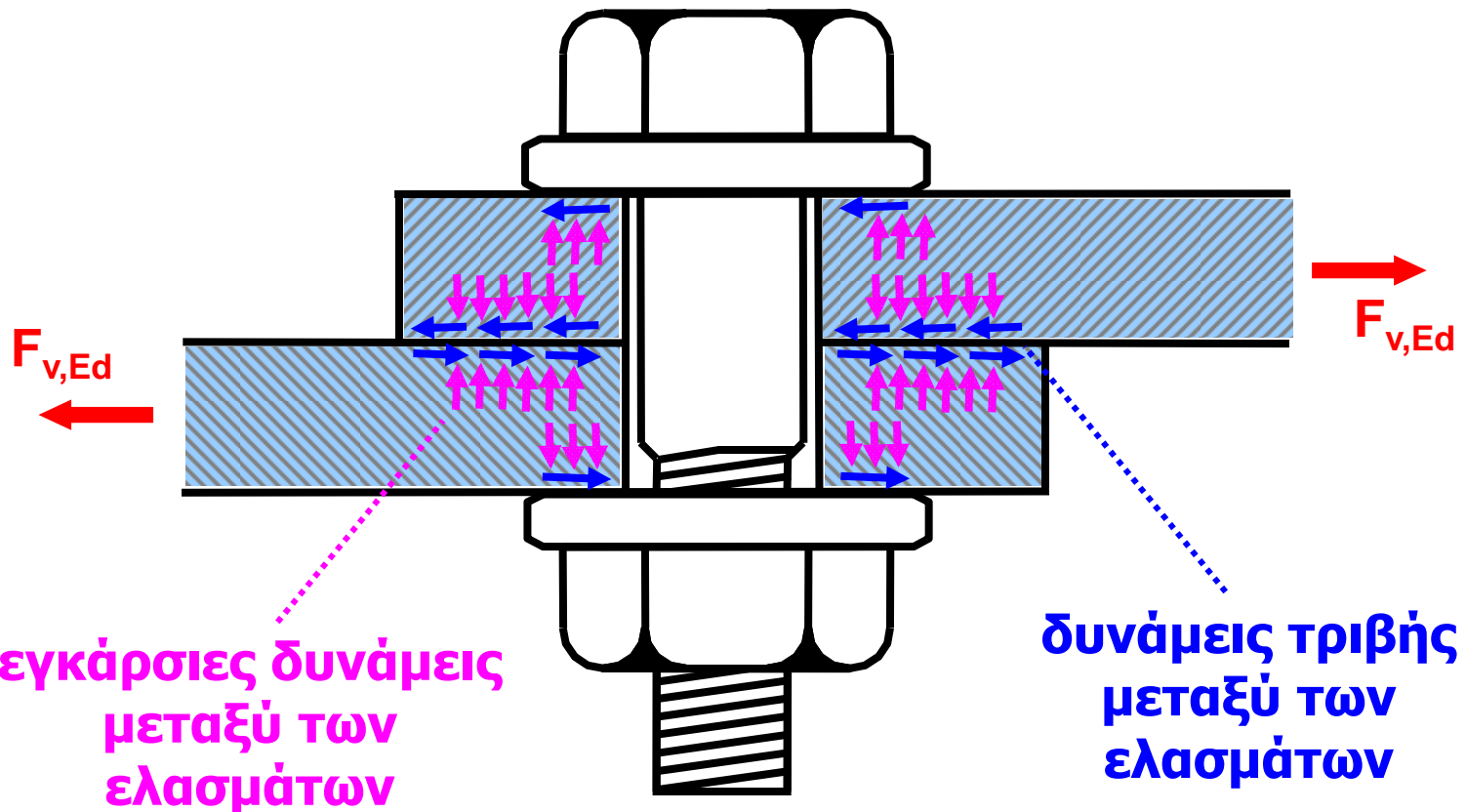
$F_{t,rd}$: εφελκυστική αντοχή του κοχλία



Ε.Μ.Π.

Προεντεταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις: Μηχανισμός λειτουργίας

Οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις τριβής μεταξύ των ελασμάτων δεν επιτρέπουν να πραγματοποιηθεί σχετική μετακίνηση τους



εγκάρσιες δυνάμεις
μεταξύ των
ελασμάτων

δυνάμεις τριβής
μεταξύ των
ελασμάτων



Ε.Μ.Π.

Προενταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

Αντοχή σε ολίσθηση

$$F_{s,Rd} = n \frac{k_s \cdot \mu}{\gamma_{M3}} F_{p,C}$$

n : αριθμός των επιφανειών τριβής

k_s : συντελεστής σχήματος οπής (για κανονικές οπές $k_s=1$, για υπερμεγέθεις ή επιμήκεις οπές $k_s<1$)

μ : συντελεστής τριβής

$F_{p,C}$: δύναμη προέντασης

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s$$

A_s : ενεργός διατομή κορμού κοχλία (απομειωμένη λόγω σπειρώματος)

$$\gamma_{M3} = 1,10$$



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
ΡΙ
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Προεντεταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

- Μόνον ποιότητες 8.8 και 10.9
- Η δύναμη προέντασης στο εργοτάξιο επιβάλλεται είτε με δυναμόκλειδο ή με μέτρηση της περιστροφής του κοχλία (πιο δύσκολο αλλά ασφαλέστερο)
- Ο συντελεστής τριβής μ εξαρτάται από την επεξεργασία των επιφανειών (βαφή, αμμοβολή κλπ.)
- Στον Ευρωκώδικα 3 προδιαγράφονται 4 κατηγορίες επεξεργασίας, A, B, C, D, με συντελεστές τριβής μ από 0,2 ως 0,5



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Προεντεταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

Συντελεστής σχήματος οπής

Περιγραφή	k_s
Κοχλίες σε κανονικές οπές	1,0
Κοχλίες σε υπερμεγέθεις οπές ή σε βραχείες επιμήκεις οπές με το διαμήκη άξονα κάθετο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,85
Κοχλίες σε μακρές επιμήκεις οπές με το διαμήκη άξονα κάθετο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,7
Κοχλίες σε βραχείες επιμήκεις οπές με το διαμήκη άξονα παράλληλο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,76
Κοχλίες σε μακρές επιμήκεις οπές με το διαμήκη άξονα παράλληλο στη διεύθυνση μεταφοράς του φορτίου	0,63



Ε.Μ.Π.

Προενταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

Συντελεστής τριβής

Κατηγορία επιφανειών τριβής	Συντελεστής ολίσθησης μ
A	0,5
B	0,4
C	0,3
D	0,2



Ε.Μ.Π.

Προενταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

Ανοχές οπών

- Υπερμεγέθεις οπές ($k_s=0.85$)

$$M12 \rightarrow +3mm$$

$$M14 \div M22 \rightarrow +4mm$$

$$M26 \rightarrow +6mm$$

$$M27 \div M33 \rightarrow 8mm$$

- Οπές βραχείας σχισμής ($k_s=0.85$)

$$M12 \div M14 \rightarrow a \times b = (d+1) \times (d+4) \text{ mm}$$

$$M14 \div M22 \rightarrow a \times b = (d+2) \times (d+6) \text{ mm}$$

$$M24 \rightarrow a \times b = (d+2) \times (d+8) \text{ mm}$$

$$M27 \div M33 \rightarrow a \times b = (d+3) \times (d+10) \text{ mm}$$

- Οπές επιμήκους σχισμής ($k_s=0.70$)

$$M12 \div M14 \rightarrow a \times b = (d+1) \times 2.5 d \text{ mm}$$

$$M16 \div M24 \rightarrow a \times b = (d+2) \times 2.5 d \text{ mm}$$

$$M27 \div M33 \rightarrow a \times b = (d+3) \times 2.5 d \text{ mm}$$



Ε.Μ.Π.

Ε
Ρ
Γ
Α
Σ
Τ
Η
Ρ
Ι
Ο

Μ
Ε
Τ
Α
Λ
Λ
Ι
Κ
Ω
Ν

Κ
Α
Τ
Α
Σ
Κ
Ε
Υ
Ω
Ν

Προενταμένες διατεμνόμενες κοχλιώσεις

Κατηγορία Β

Κοχλιώσεις ανθεκτικές σε ολίσθηση
στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Κατηγορία C

Κοχλιώσεις ανθεκτικές σε ολίσθηση
στην οριακή κατάσταση αστοχίας



Ε.Μ.Π.

Αντοχή προεντεταμένων διατεμνόμενων κοχλιώσεων

Κατηγορία Β

Κοχλιώσεις ανθεκτικές σε ολίσθηση στην οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

Οριακή κατάσταση λειτουργικότητας

1. Ολίσθηση ελασμάτων

$$F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$$

Οριακή κατάσταση αστοχίας

2. Διάτμηση κορμού

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

3. Σύνθλιψη άντυγας οπών

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Αντοχή προεντεταμένων διατεμνόμενων κοχλιώσεων

2010

Κατηγορία C

Κοχλιώσεις ανθεκτικές σε ολίσθηση στην οριακή κατάσταση αστοχίας

Οριακή κατάσταση αστοχίας

1. Ολίσθηση ελασμάτων

$$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$$

2. Σύνθλιψη άντυγας οπών

$$F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Προενταμένες κοχλιώσεις υπό εφελκυσμό και διάτμηση

2010

Για συνδέσεις κατηγορίας B:

$$F_{s,Rd,ser} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser})}{\gamma_{M3}}$$

Για συνδέσεις κατηγορίας C:

$$F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,C} - 0,8 \cdot F_{t,Ed})}{\gamma_{M3}}$$



Ε.Μ.Π.

Εφελκυσόμενα ελάσματα συνδεόμενα με προεντεταμένες κοχλιώσεις

Για απλές κοχλιώσεις :

$$N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) = \min\left(\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}}; \frac{0,90 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{m2}}\right)$$

Για προεντεταμένες κοχλιώσεις :

$$N_{t,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{m0}}$$



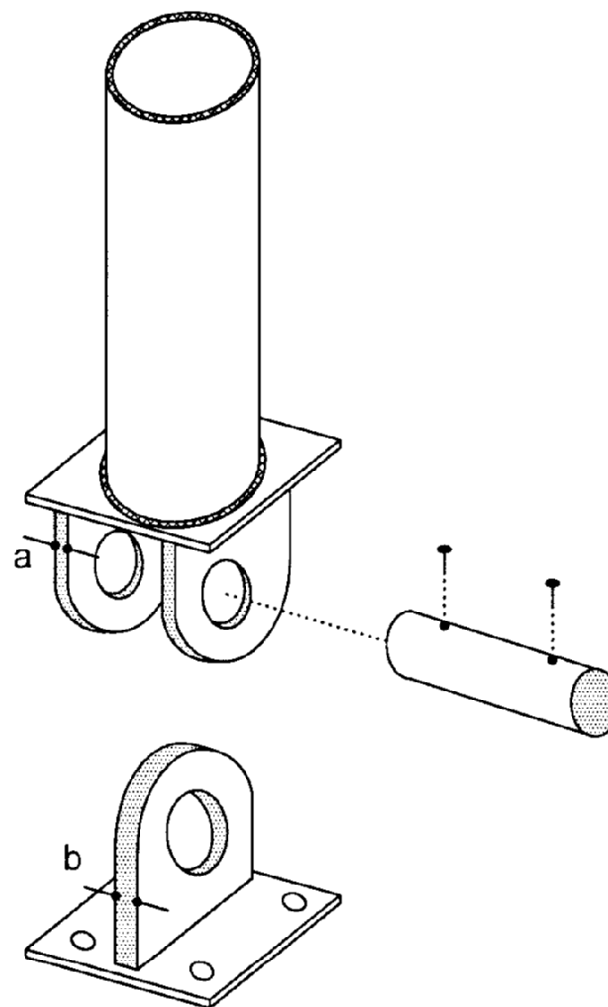
Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Πείροι

2010

Αρθρωτή σύνδεση:





Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα πείρων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Παραδείγματα πείρων



ΣΙΔΗΡΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΙΙ

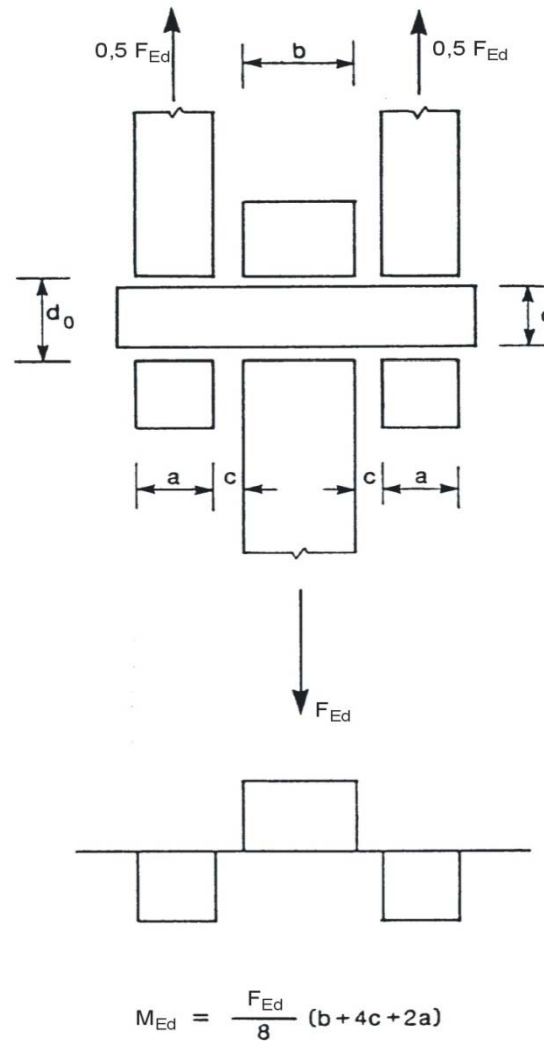
ΔΙΑΛΕΞΗ 3
ΚΟΧΛΙΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

2010



Ε.Μ.Π.

Γεωμετρία και απλό στατικό προσομοίωμα πείρου



Τέμνουσα δύναμη

$$V_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{2}$$

Καμπτική ροπή

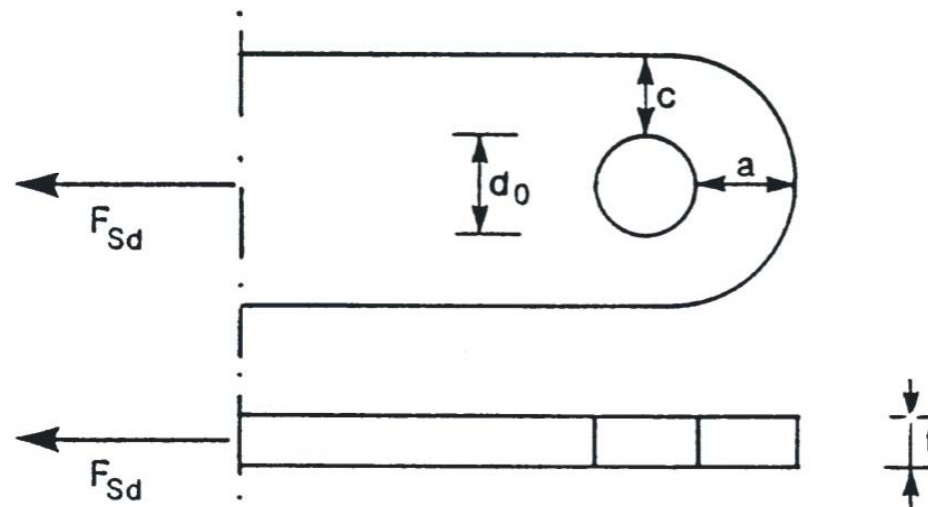
$$M_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{8} \cdot (b + 4c + 2a)$$



Ε.Μ.Π.

Γεωμετρικοί περιορισμοί πείρων

Τύπος Α : Δεδομένο πάχος t



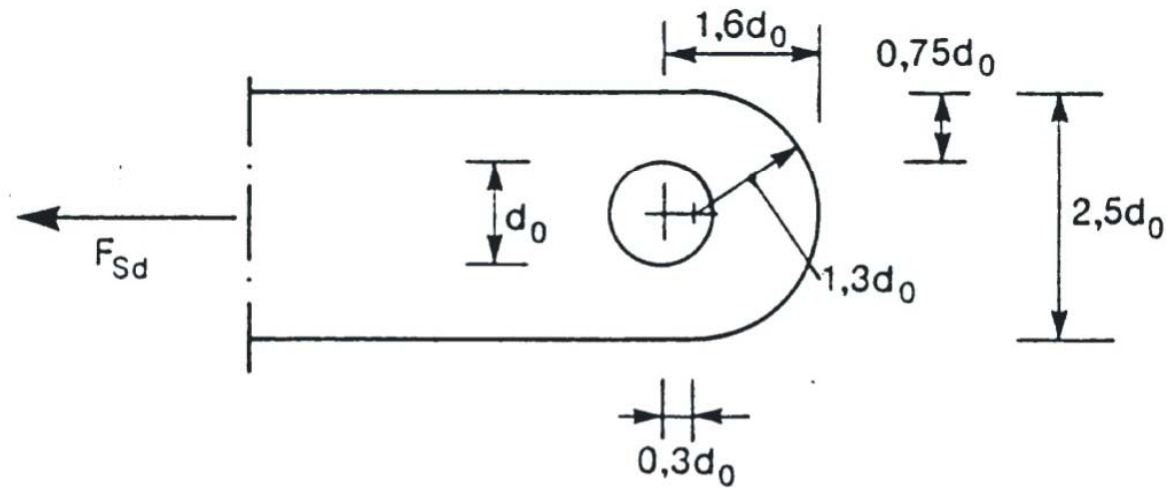
$$a \geq \frac{F_{Sd} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{2d_0}{3} \quad : \quad c \geq \frac{F_{Sd} \gamma_{M0}}{2t f_y} + \frac{d_0}{3}$$



Ε.Μ.Π.

Γεωμετρικοί περιορισμοί πείρων

Τύπος Β : Δεδομένη γεωμετρία



$$t \geq 0,7 \left[\frac{F_{Sd} \gamma_{M0}}{f_y} \right]^{1/2} : d_0 \leq 2,5t$$



Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Έλεγχοι αντοχής πείρων

Μηχανισμός αστοχίας	Απαιτήσεις σχεδιασμού
Αντοχή σε διάτμηση του πείρου	$F_{v,Rd} = 0,6 A f_{up} / \gamma_{M2} \geq F_{v,Ed}$
Αντοχή σε σύνθλιψη άντυγας του ελάσματος και του πείρου Αν απαιτείται ο πείρος να είναι αντικαταστάσιμος πρέπει επίσης να ικανοποιείται αυτός ο περιορισμός	$F_{b,Rd} = 1,5 t d f_y / \gamma_{M0} \geq F_{b,Ed}$ $F_{b,Rd,ser} = 0,6 t d f_y / \gamma_{M6,ser} \geq F_{b,Ed,ser}$
Αντοχή σε κάμψη του πείρου Αν απαιτείται ο πείρος να είναι αντικαταστάσιμος πρέπει επίσης να ικανοποιείται αυτός ο περιορισμός	$M_{Rd} = 1,5 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M0} \geq M_{Ed}$ $M_{Rd,ser} = 0,8 W_{et} f_{yp} / \gamma_{M6,ser} \geq M_{Ed,ser}$
Αντοχή σε αλληλεπίδραση διάτμησης και ροπής του πείρου	$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1$
<p>όπου</p> <p>d είναι η διάμετρος του πείρου</p> <p>f_y είναι η μικρότερη από τις αντοχές σχεδιασμού του πείρου και του συνδεόμενου μέρους</p> <p>f_{up} είναι η εφελκυστική αντοχή του πείρου</p> <p>f_{yp} είναι το όριο διαρροής του πείρου</p> <p>t είναι το πάχος του συνδεόμενου μέρους</p> <p>A είναι η διατομή του πείρου</p>	