

Αρ. Πρωτ. 598
15.4.97

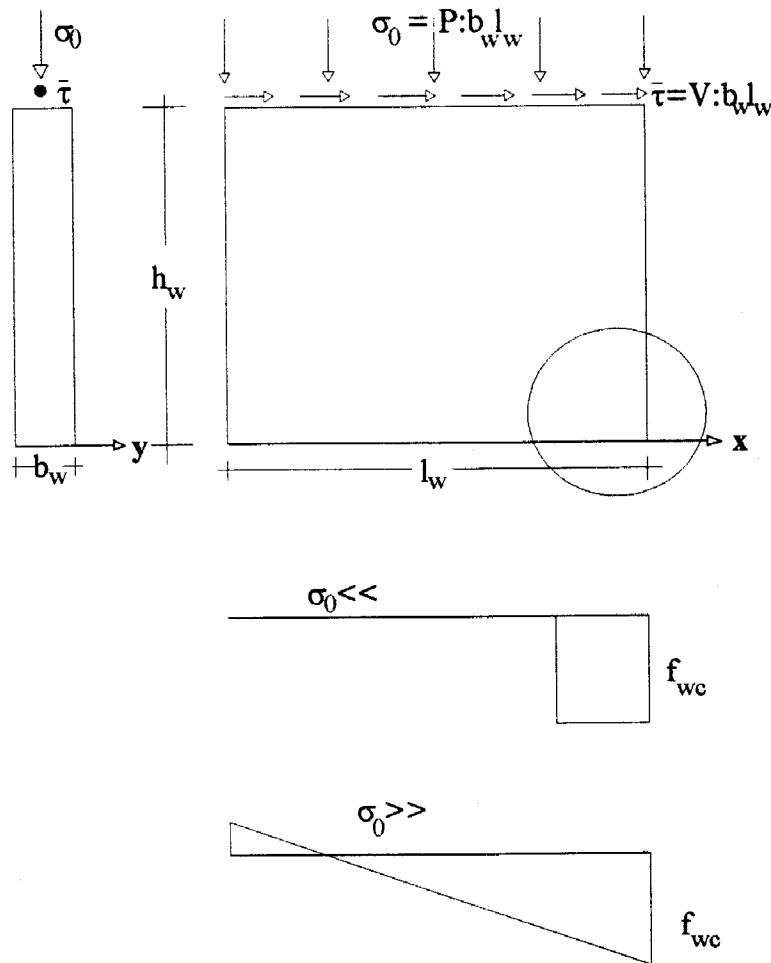
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τελική Έκθεση
ερευνητικού προγράμματος
**ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ
ΣΤΗΝ ΑΟΠΛΗ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ
ΜΕΣΩ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗΣ ΤΟΠΙΚΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ
ΣΤΟΥΣ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΥΣ ΑΡΜΟΥΣ**

Επιστημονικός υπεύθυνος
Ελισάβετ Βιντζηλαίου
Επίκ. Καθηγ. ΕΜΠ

1.- ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τοίχοι από άοπλη φέρουσα τοιχοποιία παρουσιάζουν ψαθυρή αστοχία είτε αυτή οφείλεται σε κάμψη των τοίχων εντός του επιπέδου τους είτε σε τέμνουσα. Πράγματι, όπως φαίνεται και στο Σχ.1, όταν ένας τοίχος υποβάλλεται σε κατακόρυφο φορτίο,



Σχ. 1: Περιοχές υψηλών θλιπτικών τάσεων στην βάση ενός τοίχου

σε τέμνουσα δύναμη και σε ροπή κάμψης, αναπτύσσονται μεγάλου μεγέθους θλιπτικές τάσεις σε μικρή σχετικώς περιοχή του τοίχου στην θλιβόμενη ζώνη στην βάση του. Μιά πρόωρη ψαθυρή θλιπτική αστοχία και αποδιοργάνωση αυτής της θλιβόμενης περιοχής του τοίχου μπορεί να έχη ως συνέπεια την αστοχία

ολόκληρου του τοίχου χωρίς να έχει εξαντληθεί η φέρουσα ικανότητά του λόγω κάμψεως ή λόγω τέμνουσας.

Σκοπός αυτού του ερευνητικού προγράμματος ήταν να διερευνηθεί την δυνατότητα αύξησης της θλιπτικής αντοχής και, κυρίως, της πλαστιμότητας της άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας έναντι θλίψεως, ώστε να αποφεύγεται αυτό το δυσμενές ενδεχόμενο. Η ιδέα αυτού του ερευνητικού έργου ξεκίνησε από την προσπάθεια των Priestley, Elder (1983), οι οποίοι έκαναν δοκιμές σε τοιχίσκους παρεμβάλλοντας στους οριζόντιους αρμούς πλάκες από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα αποτελέσματά τους ήταν πολύ ενθαρρυντικά, δεδομένου ότι επέτυχαν αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας κατά 20% περίπου. Το κυριότερο όμως ήταν ότι επέτυχαν να αυξήσουν την θλιπτική παραμόρφωση αστοχίας της τοιχοποιίας και να μειώσουν την κλίση του φθιτού κλάδου του διαγράμματος θλιπτικών τάσεων-θλιπτικών παραμορφώσεων της άοπλης τοιχοποιίας. Επέτυχαν, δηλαδή, να αυξήσουν την πλαστιμότητα της άοπλης τοιχοποιίας. Παρ' όλα αυτά, η προσπάθειά τους δεν είχε συνέχεια, πιθανότατα λόγω του υψηλού κόστους το οποίο έχει η προσθήκη τοπικώς πλακών από ανοξείδωτο χάλυβα στην περιοχή της βάσεως των άοπλων τοίχων.

Ετσι, στα πλαίσια αυτού του προγράμματος επιχειρήθηκε η διερεύνηση μίας ανάλογης λύσεως με την παρεμβολή τοπικού οπλισμού, ο οποίος όμως να αποτελείται από τεμάχια απλού δομικού πλέγματος, λύση η οποία εφ' όσον αποδειχθεί αποτελεσματική θα είναι και απολύτως εφαρμόσιμη δεδομένου ότι δεν οδηγεί σε αύξηση του κόστους της κατασκευής.

Στην Εκθεση που ακολουθεί, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα όλων των δοκιμών οι οποίες πραγματοποιήθηκαν, καθώς και η θεωρητική προσπάθεια η οποία έγινε για την

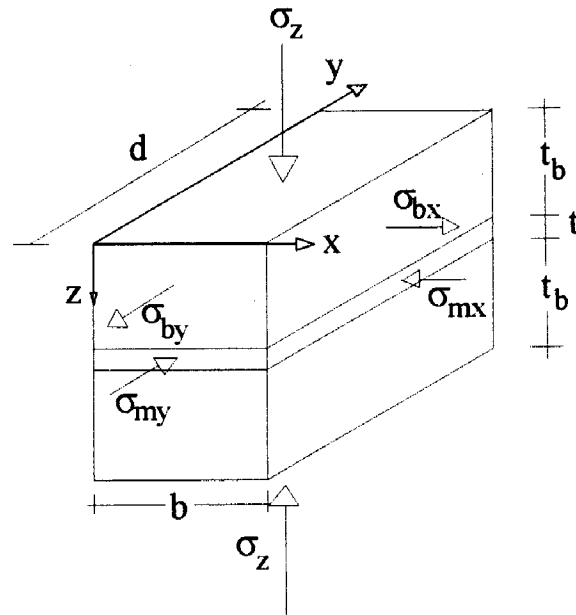
πρόβλεψη της συμπεριφοράς των τοίχων σε θλίψη μετά από την παρεμβολή του τοπικού οπλισμού.

2.- ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1.- Η Μηχανική της θραύσεως σε θλίψη

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται αρχικώς η Μηχανική της θλιπτικής αστοχίας της άοπλης τοιχοποιίας (βλ. Τάσιος, 1986), εν συνεχεία δε εξετάζονται οι ενδεχόμενες επιπτώσεις του τοπικού οπλισμού στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

Θεωρούμε ένα πρίσμα από τούβλα και από κονίαμα (Σχ. 2), το οποίο υποβάλλεται σε μιάν αξονική θλιπτική τάση σ_z . Αυτή η θλιπτική τάση προκαλεί εγκάρσια κατά Poisson διόγκωση και των τούβλων και του κονιάματος. Λόγω της διαφοράς των λόγων του Poisson των δύο υλικών (συνήθως ο λόγος του Poisson είναι μεγαλύτερος για το κονίαμα απ' ότι για τα τούβλα), προκύπτουν πλευρικές εφελκυστικές τάσεις για τα τούβλα και αντίστοιχες πλευρικές θλιπτικές τάσεις για το κονίαμα. Συνέπεια των πλευρικών εφελκυστικών τάσεων οι οποίες ασκούνται στα τούβλα είναι το γεγονός ότι η θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας είναι μικρότερη από την θλιπτική αντοχή των τούβλων. Στα επόμενα γίνεται προσπάθεια προσδιορισμού της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, βάσει της υποθέσεως ελαστικής συμπεριφοράς των υλικών. Αυτή η παραδοχή περιγράφει με επαρκή ακρίβεια την πραγματικότητα, όπως θα φανή και από τα πειραματικά αποτελέσματα τα οποία παρουσιάζονται στα επόμενα κεφάλαια αυτής της Εκθέσεως.



Σχ. 2: Τάσεις σε στοιχείο άοπλης τοιχοποιίας λόγω επιβαλλόμενης θλιπτικής τάσεως

Για την εντατική κατάσταση του πρίσματος, οι εγκάρσιες παραμορφώσεις για το τούβλο (κατά τις διευθύνσεις x και y αντιστοίχως) είναι οι ακόλουθες:

$$\epsilon_{bx} = \frac{1}{E_b} [\sigma_{bx} + \nu_b (\sigma_z - \sigma_{by})]$$

$$\epsilon_{by} = \frac{1}{E_b} [\sigma_{by} + \nu_b (\sigma_z - \sigma_{bx})]$$

Αναλόγως, για το κονίαμα, οι πλευρικές τάσεις υπολογίζονται μέσω των ακόλουθων σχέσεων:

$$\epsilon_{mx} = \frac{1}{E_m} [-\sigma_{mx} + \nu_m (\sigma_z + \sigma_{my})]$$

$$\epsilon_{my} = \frac{1}{E_m} [-\sigma_{my} + \nu_m (\sigma_z + \sigma_{mx})]$$

όπου, E_b και E_m είναι τα μέτρα ελαστικότητας για το τούβλο και το κονίαμα αντιστοίχως, ενώ ν_b και ν_m είναι οι αντίστοιχοι λόγοι του Poisson.

Οι εγκάρσιες παραμορφώσεις τούβλου και κονιάματος είναι ίσες μεταξύ τους, ενώ, εξ άλλου, η ισορροπία απαιτεί η ολική εφελκυστική πλευρική δύναμη για το τούβλο να είναι ίση με την ολική θλιπτική πλευρική δύναμη για το κονίαμα και κατά τις δύο διευθύνσεις x και y. Έτσι, ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$\varepsilon_{bx} = \varepsilon_{mx}$$

$$\varepsilon_{by} = \varepsilon_{my}$$

$$\sigma_{bx} dt_b = \sigma_{mx} dt_m \rightarrow \sigma_{bx} = \alpha \sigma_{mx}, \text{ όπου } \alpha = t_m : t_b < 1$$

$$\sigma_{by} bt_b = \sigma_{my} bt_m \rightarrow \sigma_{by} = \alpha \sigma_{my}$$

Η επεξεργασία των εξισώσεων παραμορφώσεων και τάσεων δίνει την ακόλουθη σχέση:

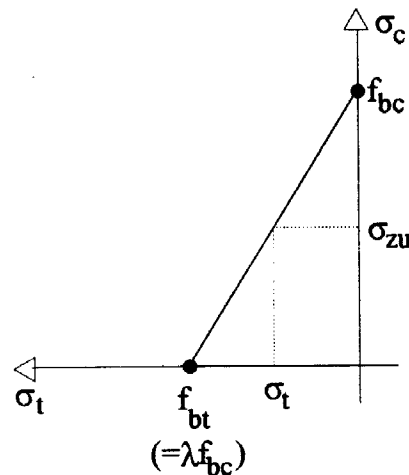
$$\sigma_{bx} = \sigma_{by} = \frac{\alpha(\nu_m - \beta\nu_b)}{1 + \alpha\beta - \nu_m - \alpha\beta\nu_b} \sigma_z, \text{ όπου } \beta = E_m : E_b < 1$$

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, η παρουσία της σ_{bx} μειώνει την τιμή της σ_z (σ_{zu}) για την οποία παρατηρείται αστοχία λόγω θλίψεως. Αν υποτεθή ότι η διακρίνουσα (η σχέση μεταξύ θλιπτικών και εφελκυστικών τάσεων) για το λιθόσωμα είναι γραμμική (Σχ. 3), τότε ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$\frac{\sigma_{zu}}{f_{bc}} + \frac{\sigma_t}{\lambda f_{bc}} = 1 \quad \lambda = f_{bt} : f_{bc}$$

Για $\sigma_{zu} = f_{wc}$, με την βοήθεια των προηγούμενων σχέσεων προκύπτει η ακόλουθη σχέση για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας:

$$\frac{f_{wc}}{f_{bc}} = 1 : \left[1 + \frac{\alpha(\nu_m - \beta\nu_b)}{\lambda(1 + \alpha\beta - \nu_m - \alpha\beta\nu_b)} \right]$$



Σχ. 3: Διακρίνουσα αστοχίας λιθοσώματος υπό διαξονική ετερόσημη ένταση

Όπως αναφέρθηκε ήδη, στις συνήθεις περιπτώσεις, ο λόγος του Poisson είναι μεγαλύτερος για το κονίαμα απ' ότι για το λιθόσωμα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μείωση της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων (λόγω της ετερόσημης διαξονικής εντάσεως) και, επομένως, και η μείωση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας.

2.2.- Η επιρροή του οπλισμού των οριζόντιων αρμών

Στην περίπτωση κατά την οποία τοποθετείται οπλισμός στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας, μπορεί να γίνει η υπόθεση ότι προκαλείται μείωση των εγκάρσιων παραμορφώσεων του κονιάματος, η οποία θα ισοδυναμούσε με μείωση του λόγου του Poisson για το κονίαμα των αρμών. Εάν γίνει η παραδοχή ότι ο πλασματικός μειωμένος λόγος του Poisson για το κονίαμα είναι μικρότερος από εκείνον του λιθοσώματος, τότε αλλάζουν πρόσημο οι πλευρικές τάσεις οι οποίες ασκούνται τόσο στο λιθόσωμα, όσο και στο κονίαμα. Σ' αυτήν την περίπτωση, οι σχέσεις μέσω των οποίων υπολογίζονται οι πλευρικές τάσεις, τροποποιούνται ως εξής:

$$\varepsilon_{bx} = \frac{1}{E_b} \left[-\sigma_{bx} + \nu_b (\sigma_z + \sigma_{by}) \right]$$

$$\varepsilon_{by} = \frac{1}{E_b} \left[-\sigma_{by} + \nu_b (\sigma_z + \sigma_{bx}) \right]$$

Αντιστοίχως, οι σχέσεις για τον υπολογισμό των πλευρικών τάσεων στο κονίαμα, τροποποιούνται ως εξής:

$$\varepsilon_{mx} = \frac{1}{E_m} \left[\sigma_{mx} + \nu_m (\sigma_z - \sigma_{my}) \right]$$

$$\varepsilon_{my} = \frac{1}{E_m} \left[\sigma_{my} + \nu_m (\sigma_z - \sigma_{mx}) \right]$$

Η επεξεργασία αυτών των σχέσεων οδηγεί στην ακόλουθη έκφραση για τον υπολογισμό των θλιπτικών πλευρικών τάσεων στο λιθόσωμα:

$$\sigma_{bx} = \sigma_{by} = \frac{\alpha(\beta\nu_b + \nu_m)}{1 - \alpha\beta + \alpha\beta\nu_b + \nu_m} \sigma_z$$

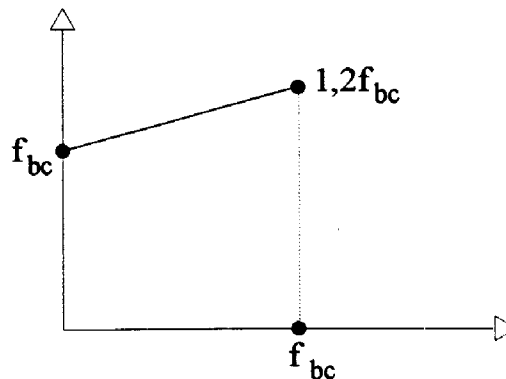
Η παρουσία των πλευρικών θλιπτικών τάσεων στο λιθόσωμα προκαλεί αύξηση της θλιπτικής αντοχής των λόγω διαξονικής θλίψεως. Εάν δεχθούμε (βλ. και Σχ. 4) ότι για πλευρική θλιπτική τάση ίση με την θλιπτική αντοχή του λιθοσώματος, παρατηρείται αύξηση της θλιπτικής αντοχής κατά 20%, τότε προκύπτει η ακόλουθη σχέση:

$$f_{wc} = f_{bc} + 0,2\sigma_{bx}$$

Η επεξεργασία των προηγούμενων δύο σχέσεων δίνει την ακόλουθη έκφραση για την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας:

$$\frac{f_{wc}}{f_{bc}} = 1 + \left[\frac{0,2\alpha(\beta\nu_b + \nu_m)}{1 - \alpha\beta + \alpha\beta\nu_b + \nu_m} \right]$$

Στα επόμενα θα εφαρμοσθούν οι σχέσεις υπολογισμού της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας για την περίπτωση των τοιχίσκων που δοκιμάσθηκαν στα πλαίσια αυτού του προγράμματος. Πρέπει, πάντως, να παρατηρήσει κανείς ότι η αναμενόμενη αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας λόγω του περιορισμού των εγκάρσιων παραμορφώσεων των λιθοσωμάτων δεν είναι μεγάλη.



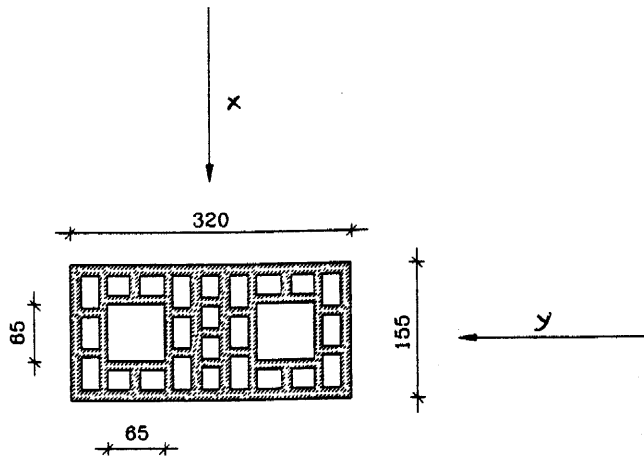
Σχ. 4: Αύξηση της θλιπτικής αντοχής λιθοσώματος λόγω πλευρικής θλιπτικής τάσεως

3.- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Το κύριο μέρος του πειραματικού προγράμματος περιλαμβάνει δοκιμές θλίψεως σε τοιχίσκους με ή χωρίς οπλισμό στους οριζόντιους αρμούς κονιάματος, με σκοπό να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα του τοπικού οριζόντιου οπλισμού στην βελτίωση της θλιπτικής συμπεριφοράς της άοπλης τοιχοποιίας. Πριν απ' την διεξαγωγή των δοκιμών στους τοιχίσκους έγιναν και επί μέρους μικρής κλίμακας δοκιμές, των οποίων τα αποτελέσματα είναι αναγκαία για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Σ' αυτό το μέρος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων αυτών των δοκιμών.

3.1.- Τα υλικά

Για την κατασκευή των τοιχίσκων χρησιμοποιήθηκαν οπτόπλινθοι των οποίων η γεωμετρία φαίνεται στο Σχ. 5. Οπως περιγράφεται αναλυτικά στην Έκθεση Προόδου (υποβλήθηκε στις 25.11.1994), έγιναν δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηρι-



Σχ. 5: Η γεωμετρία της οπτοπλίνθου η οποία χρησιμοποιήθηκε στις δοκιμές

ριστικών των οπτοπλίνθων. Μετρήθηκε η θλιπτική αντοχή των λιθοσωμάτων και κατά τις τρεις διευθύνσεις x , y , z (βλ. Σχ. 5), καθώς και ο λόγος του Poisson. Προσδιορίστηκαν επίσης και βασικές φυσικές ιδιότητες των λιθοσωμάτων. Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Οπως αναφέρεται στην ίδια Έκθεση Προόδου, των δοκιμών επί των τοιχίσκων προηγήθηκε μία εκτεταμένη διερεύνηση σχετιζόμενη με τα κονιάματα τα οποία είναι κατάλληλα για την κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας. Σκοπός αυτής της παράλληλης διερευνήσεως ήταν ο προσδιορισμός κατάλληλων συνθέσεων κονιαμάτων τα οποία να έχουν επαρκή θλιπτική αντοχή και επαρκή εργασιμότητα. Δεδομένης της γεωμετρίας των οπτοπλίνθων (πολλά μικρά κατακόρυφα κενά και δύο οπές μεγάλων διαστάσεων), αλλά και λόγω του βάρους των οπτοπλίνθων, προκύπτει μία πρόσθετη απαίτηση για τα κονιάματα, τα οποία

πρέπει να διαθέτουν επαρκή συνεκτικότητα ώστε να παραμένουν στην διεπιφάνεια μεταξύ δύο οπτοπλίνθων και να μην «ξεχειλίζουν» εκτός περιγράμματος των οπτοπλίνθων και εντός των κατακόρυφων οπών.

Πίνακας 1: Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά οπτοπλίνθου

Φυσικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά οπτοπλίνθου	Μηχανικές ιδιότητες
<p>Διαστάσεις: 320x155x250 [mm] Διατομή: 320x155 [mm] Βάρος: 9,8 Kg Ποσοστό κενών: 55% Πυκνότητα (εν ξηρώ): 1720Kg/m³ Πάχος τοιχωμάτων: 8-10 mm Διαστάσεις μεγάλων κατακόρυφων οπών: 65x65 [mm]</p>	<p>Μέση θλιπτική αντοχή</p> <ul style="list-style-type: none"> • παράλληλα προς τις οπές, $f_{bc}=8,50$ MPa • κάθετα προς τις οπές (διεύθυνση x), 2,20 MPa • κάθετα προς τις οπές (διεύθυνση y), 1,15 MPa <p>Παραμορφώσεις</p> <ul style="list-style-type: none"> • παράλληλα προς τις οπές $E=7527$ MPa, $\nu=0,28$ • κάθετα προς τις οπές (διεύθυνση x) $E=1172$ MPa, $\nu=0,12$ • κάθετα προς τις οπές (διεύθυνση y) $E=1046$ MPa

Από το μεγάλο πλήθος των συνθέσεων οι οποίες δοκιμάστηκαν (βλ. προηγούμενη Έκθεση Προόδου), επελέγη τελικώς εκείνη της οποίας τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον Πίνακα 2.

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά όλων των συνθέσεων οι οποίες μελετήθηκαν προσδιορίστηκαν μέσω δοκιμών σε συμβατικά δοκίμια τα οποία παρασκευάστηκαν και συντηρήθηκαν όπως προβλέπουν τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά Πρότυπα. Δεδομένου ότι οι συνθήκες αυτές κατά κανόνα δεν πληρούνται στο εργοτάξιο, θεωρήθηκε αναγκαίο να μετρηθούν οι αντοχές του κονιάματος το οποίο επελέγη και υπό εργοταξιακές συνθήκες κατασκευής και συντηρήσεως. Έτσι, κατά την διάρκεια του χτισίματος των τοιχίσκων, η παρασκευή του κονιάματος δεν έγινε με ακριβή ζύγιση (όπως είχε γίνει

Πίνακας 2: Μηχανικά χαρακτηριστικά κονιάματος

Αναλο- γίες (κατ' όγκον)	Κάθιση (mm)	Πυκνό- τητα (gr/mm ³)	Μέση θλιπ- τική αντοχή (N/mm ²)	Μέση εφελ- κυστι- κή αντοχή (N/mm ²)	Μέτρο ελα- στικό- τητας (N/mm ²)	Λόγος Poisson
Τσιμέν- το:Ασβέ στη:Αμ- μο:Νερό =1:0,25 :4:1,30	160,3	2,05	11,86	1,91	12699	0,256

κατά την διάρκεια της διερευνήσεως που είχε προηγηθεί), αλλά με την χρήση ενός δοχείου το οποίο θεωρήθηκε ως μέτρο. Παράλληλα, λαμβάνονταν για κάθε τοιχίσκο συμβατικά δοκίμια κονιάματος (40x40x160 mm), τα οποία συντηρήθηκαν στο ύπαιθρο υπό τις ίδιες συνθήκες με τους αντίστοιχους τοιχίσκους. Αυτά τα συμβατικά δοκίμια θραύονταν κατά την ημέρα δοκιμής του αντίστοιχου τοιχίσκου και έτσι προσδιορίστηκε η αντοχή σε

Θλίψη και η αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη του κονιάματος. Τα αποτελέσματα αυτών των δοκιμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3, η μέση θλιπτική και η μέση εφελκυστική αντοχή του κονιάματος είναι, όπως αναμενόταν, μικρότερες από εκείνες οι οποίες είχαν προκύψει κατά τις αρχικές δοκιμές υπό εργαστηριακές συνθήκες. Έτσι, το κονίαμα που χρησιμοποιήθηκε στους τοιχίσκους έχει μέση θλιπτική αντοχή $7,78 \text{ N/mm}^2$ (με τυπική απόκλιση $1,56$) και μέση εφελκυστική αντοχή ίση με $2,17 \text{ N/mm}^2$ (με τυπική απόκλιση $0,53$).

Πίνακας 3: Θλιπτική και εφελκυστική αντοχή κονιαμάτων των τοιχίσκων

Τοιχίσκος	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Εφελκυστική αντοχή εκ κάμψεως (MPa)
1	6,38 6,66 6,06 7,13 7,00	1,32 1,55 1,49
2	8,00 8,00 8,06 7,69 8,75 8,44	1,83 1,83 2,31
3	8,81 8,63 8,19 9,19 9,19 7,31	1,97 2,90 2,11
4	8,00 8,38 8,94 8,63	2,64 2,31
5	7,13 7,25 8,00 8,69 8,00 7,31	2,33 2,73 2,33
6	8,06 8,13 7,88 8,19 8,81 8,63	2,36 2,14 2,36
7	7,19 7,25 5,56 5,69 7,25	1,29 1,35
8	7,88 7,81 10,82 11,38 11,63 11,31	3,37 3,07 2,73
9	5,44 5,75 6,31 5,94 4,19 4,00	1,80 1,97 2,02
10	7,50 7,56 6,75 5,88 9,31 9,69	2,47 1,91 2,14

Τέλος, ο οπλισμός ο οποίος τοποθετήθηκε στους οριζόντιους αρμούς των τοιχίσκων απετελείτο από δομικό πλέγμα T196 (#05/10). Δεν πραγματοποιήθηκαν δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών του δομικού πλέγματος.

3.2.- Επί μέρους μηχανισμοί

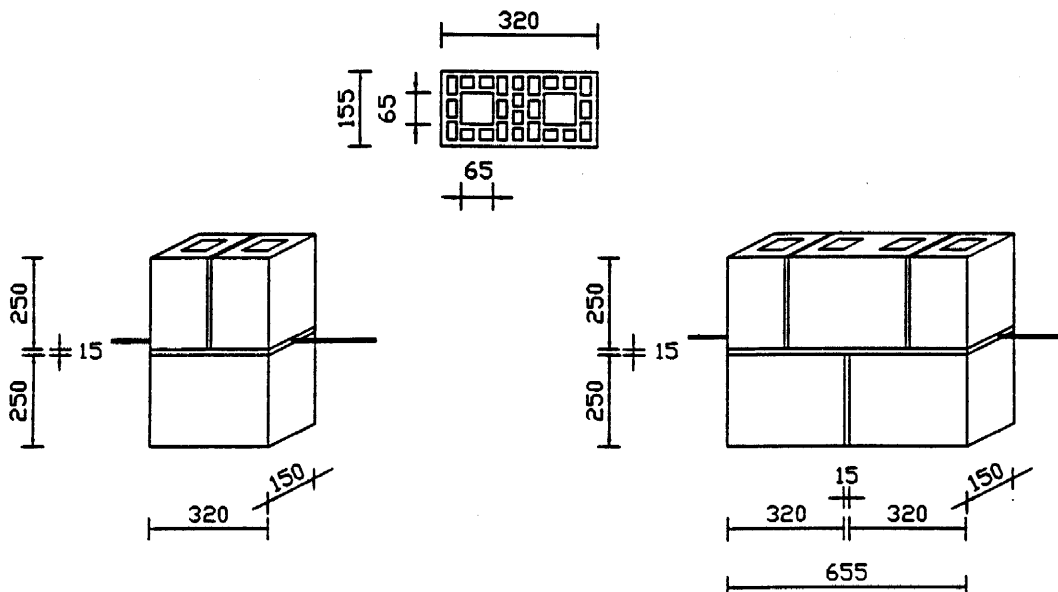
Όπως αναφέρεται στο θεωρητικό μέρος αυτής της Εκθέσεως, η συμβολή των εγκάρσιων θλιπτικών τάσεως περισφίγξεως στα λιθοσώματα εξαρτάται από την δυνατότητα του οπλισμού των αρμών να αναπτύξη εφελκυστικές τάσεις λόγω εγκάρσιας διογκώσεως του κονιάματος, δηλαδή, από τα χαρακτηριστικά συναφείας κονιάματος και οπλισμού, καθώς και από το πάχος του κονιάματος που περιβάλλει τον οπλισμό. Επί πλέον, η αποτελεσματικότητα της περισφίγξεως θα εξαρτάται και από την δυνατότητα μεταφοράς των τάσεων περισφίγξεως από τον οπλισμό στα λιθοσώματα μέσω κονιάματος, δηλαδή, από τις συνθήκες συναφείας μεταξύ κονιάματος και λιθοσώματος.

Γι' αυτόν τον σκοπό σχεδιάσθηκαν δύο παράλληλα πειραματικά προγράμματα, αντικείμενο των οποίων ήταν η μελέτη του μηχανισμού εξολκεύσεως των ράβδων οι οποίες ενσωματώνονται στους οριζόντιους αρμούς της τοιχοποιίας, αλλά και η μελέτη του μηχανισμού τριβής μεταξύ λιθοσώματος και κονιάματος. Στα επόμενα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αντίστοιχων δοκιμών.

3.2.1.- Εξόλκευση ράβδων οπλισμού

Αρχικώς (βλ. και εγκεκριμένο πρόγραμμα) είχε προβλεφθή να γίνουν δοκιμές εξολκεύσεως ολόκληρου του τμήματος δομικού

πλέγματος το οποίο τοποθετείται μέσα σε έναν οριζόντιο αρμό κονιάματος. Λόγω των πειραματικών δυσχερειών για την πραγματοποίηση αυτών των δοκιμών, το πρόγραμμα τροποποιήθηκε ως εξής: Κατασκευάστηκαν δοκίμια γεωμετρίας και διαστάσεων όπως στο Σχ. 6. Σε κάθε ένα από αυτά τα δοκίμια υπήρχε μία μεμονωμένη ράβδος από νευροχάλυβα. Δεδομένου ότι οι συνθήκες αγκυρώσεως του δομικού πλέγματος είναι πολύ καλύτερες από εκείνες των μεμονωμένων ράβδων (λόγω της παρουσίας των εγκάρσιων ράβδων), τα αποτελέσματα των δοκιμών οι οποίες περιγράφονται εδώ μπορούν να αποτελέσουν μία συντηρητική εκτίμηση της συμπεριφοράς εξολκεύσεως του δομικού πλέγματος.



Σχ. 6: Τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη του μηχανισμού εξολκεύσεως

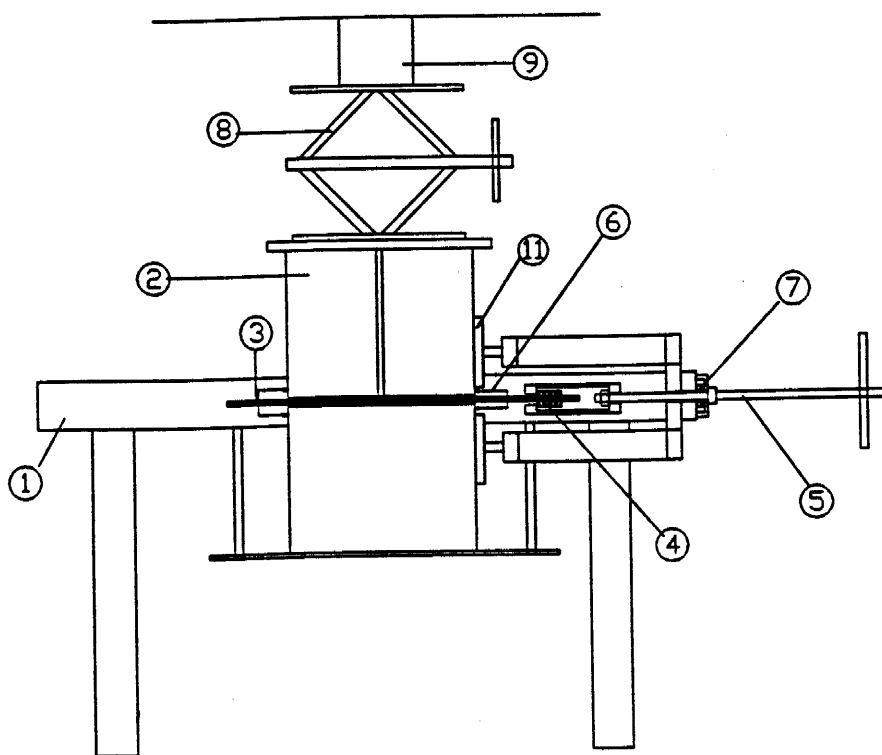
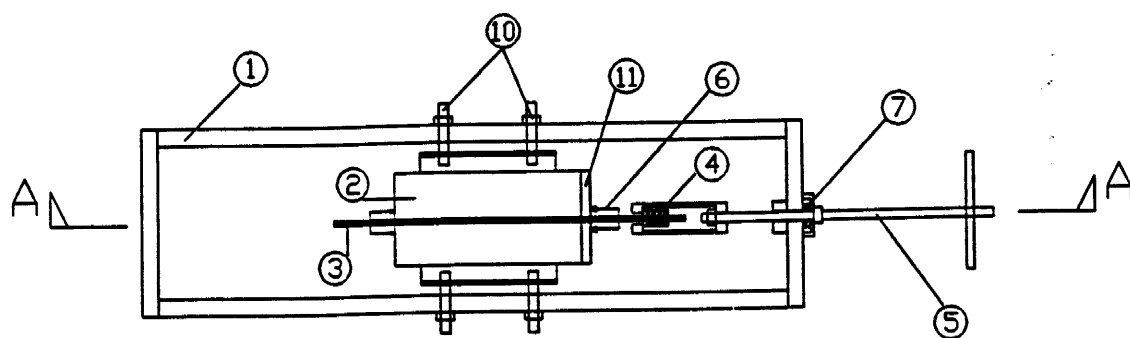
Για την κατασκευή των δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια τούβλα με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν και για την κατασκευή των τοιχίσκων και το ίδιο κονίαμα. Συμβατικά δοκίμια κονιάματος τα οποία κατασκευάστηκαν από το ίδιο κονίαμα που χρησιμοποιήθηκε και για τα δοκίμια εξολκεύσεως και τα οποία δοκιμάστηκαν την ίδια ημέρα με εκείνα έδωσαν μία μέση θλιπτική αντοχή του κονιάματος ίση με 7,86 MPa και μία μέση

εφελκυστική αντοχή ίση με 2,15 MPa. Αυτά τα αποτελέσματα ευρίσκονται σε πλήρη συμφωνία με τις μετρήσεις οι οποίες έγιναν στα συμβατικά δοκίμια κονιάματος των τοιχίσκων, όπως αναφέρεται στα προηγούμενα.

Το Σχ. 7 δείχνει σχηματικά την πειραματική διάταξη η οποία χρησιμοποιήθηκε για τις δοκιμές εξολκεύσεως. Η διαδικασία των δοκιμών ήταν η ακόλουθη: Το δοκίμιο (2) τοποθετείται στο πλαίσιο δοκιμών (1) και συγκρατείται στην θέση δοκιμής μέσω εγκάρσιων κοχλιών (10). Επιβάλλεται κατακόρυφο φορτίο (το οποίο αντιστοιχεί σε προκαθορισμένη τιμή της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως στον τοίχο). Το κατακόρυφο φορτίο επιβάλλεται μέσω ενός μηχανικού γρύλλου (8) και μετρείται μέσω ενός δυναμομέτρου (9). Η τιμή του ελέγχεται συνεχώς κατά την διάρκεια της δοκιμής και διατηρείται σταθερή. Η ράβδος του δοκιμίου αγκυρώνεται μέσω ενός κώνου αγκυρώσεως (4). Όλες οι δοκιμές γίνονται υπό συνθήκες επιβαλλόμενων παραμορφώσεων. Οι ολισθήσεις μεταξύ ράβδου και κονιάματος επιβάλλονται μέσω ενός κοχλία (5). Τόσο η ολίσθηση στην πρόσθια όψη του δοκιμίου όσο και εκείνη στην οπίσθια όψη του μετρούνται μέσω βελομέτρων (6), ενώ ένα δυναμόμετρο (7) επιτρέπει την καταγραφή της αξονικής δυνάμεως στην ράβδο. Επί πλέον, υπάρχουν ηλεκτρομηκυσσιόμετρα τοποθετημένα πάνω στην ράβδο στο ελεύθερο τμήμα της κοντά στην πρόσθια όψη του δοκιμίου, ώστε να μετρούνται οι παραμορφώσεις της ράβδου και, επομένως, και οι τάσεις της.

Οι παράμετροι οι οποίες μελετήθηκαν είναι οι ακόλουθες:

- Η ορθή θλιπτική τάση η οποία ασκείται στον αρμό του κονιάματος. Αυτή η παράμετρος μελετάται για να ληφθή υπ' όψιν η ευμενής επιρροή του θλιπτικού φορτίου του τοίχου στις συνθήκες αγκυρώσεως των ράβδων. Τρεις τιμές αυτής της



Σχ. 7: Πειραματική διάταξη για την μελέτη του μηχανισμού εξολκεύσεως

κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως εξετάζονται: 0,05, 0,15 και 0,40 MPa.

- Η διάμετρος της ράβδου. Εξετάζονται δύο περιπτώσεις. Ράβδοι διαμέτρου 6mm (ας σημειωθεί ότι οι ράβδοι του δομικού πλέγματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε στους τοιχίσκους έχουν

διάμετρο ίση με 5mm) και ράβδοι διαμέτρου 10mm. Η μέση τιμή του ορίου διαρροής των ράβδων Ø6 ήταν ίση με 608MPa, ενώ η μέση τιμή του ορίου θραύσεως ήταν 672MPa. Οι αντίστοιχες τιμές για τις ράβδους Ø10 ήταν 492MPa και 615MPa.

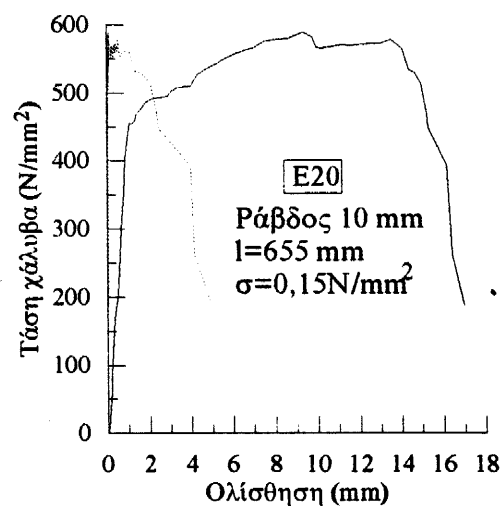
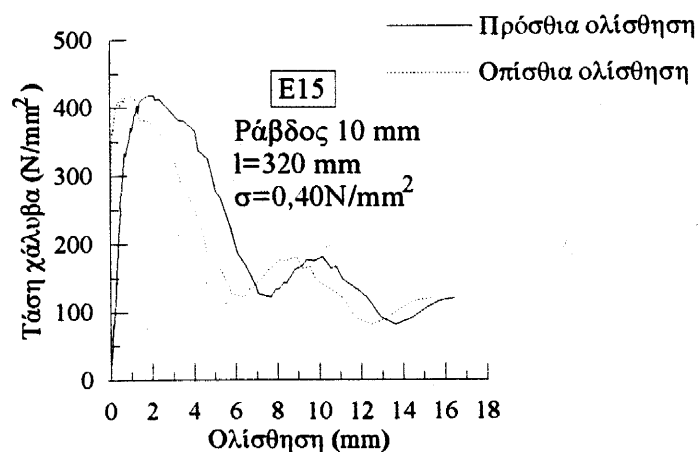
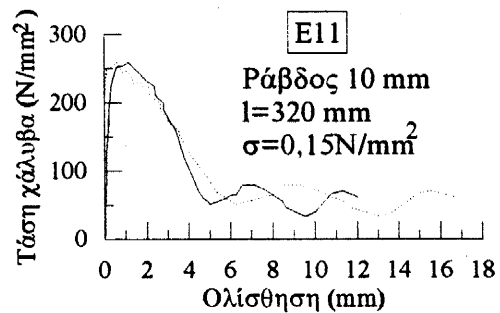
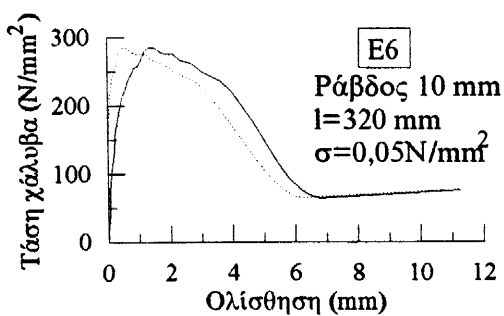
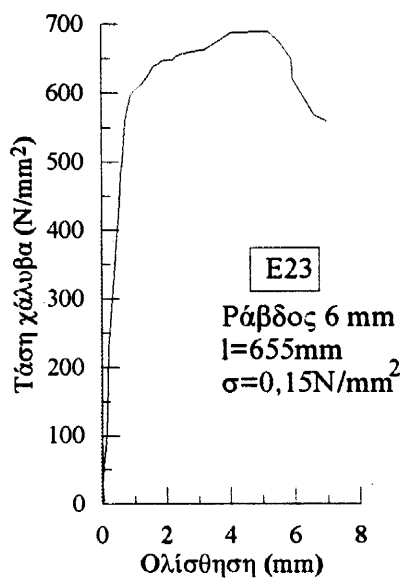
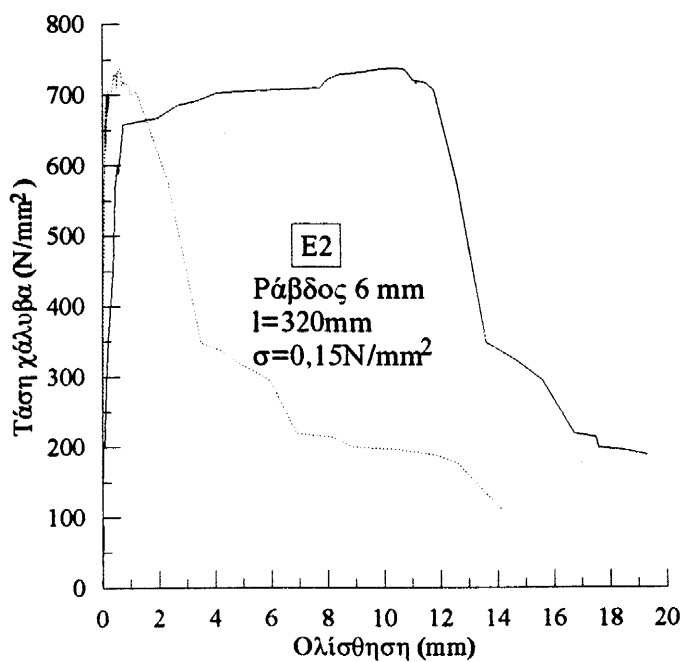
- Το μήκος αγκυρώσεως, το οποίο ήταν ίσο με ένα μήκος λιθοσώματος (320mm) ή με δύο μήκη λιθοσώματος (655mm).

Δοκιμάσθηκαν συνολικώς 18 δοκίμια, των οποίων τα χαρακτηριστικά φαίνονται στον Πίνακα 4.

Στο Σχ. 8 φαίνονται μερικές τυπικές καμπύλες αξονικής τάσεως στην ράβδο-ολισθήσεως στην πρόσθια και στην οπίσθια όψη του δοκιμίου. Βάσει αυτών των διαγραμμάτων μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

Ράβδοι Ø6, μήκος αγκυρώσεως 320mm: Η αξονική τάση στην ράβδο αυξάνεται γραμμικά αυξανόμενης της ολισθήσεως μέχρι την τιμή του ορίου διαρροής της ράβδου, ενώ η ολίσθηση στην άκρη της εξολκευόμενης ράβδου (στην οπίσθια όψη του δοκιμίου) παραμένει μηδενική, γεγονός το οποίο δηλώνει ότι το μήκος αγκυρώσεως της ράβδου είναι επαρκές. Περαιτέρω αύξηση της πρόσθιας ολισθήσεως προκαλεί περαιτέρω αύξηση της τάσεως στην ράβδο (κατά 10% περίπου, βλ. Πίνακας 5).

Αυτή η αύξηση της αξονικής τάσεως οφείλεται εν μέρει στην διείδυση της διαρροής προς το εσωτερικό του δοκιμίου, εν μέρει δε στην κράτυνση του χάλυβα στο τμήμα της ράβδου το οποίο έχει ήδη διαρρεύσει. Σ' αυτήν την φάση αρχίζουν να καταγράφονται ολισθήσεις μεταξύ ράβδου και κονιάματος και στην οπίσθια όψη του δοκιμίου. Το υψηλότερο σημείο του ανιόντος κλάδου ακολουθείται από έναν πολύ απότομο φθιτό κλάδο και από εξόλκευση της ράβδου. Καταγράφηκε μιά παραμέ-



Σχ. 8: Τυπικά διαγράμματα αξονικής τάσεως στην ράβδο-σχετικής ολίσθησεως μεταξύ ράβδου και κονιάματος.

Πίνακας 4: Πρόγραμμα δοκιμών

(1) Δοκίμιο	(2) Διάμετρος ράβδου d_b (mm)	(3) Μήκος αγκυρώ- σεως (mm)	(4) Ορθή τάση σ (N/mm ²)	(5) Θλιπτική αντοχή κονιάμα- τος f_{mc} (N/mm ²)	(6) Εφελκυ- στική αντοχή κονιάμα- τος f_{mt} (N/mm ²)
E1	6	320	0,15	5,88	1,86
E2	6	320	0,15	7,97	2,25
E3	6	320	0,15	7,97	2,25
E4	10	320	0,05	7,97	2,25
E5	10	320	0,05	8,31	2,55
E6	10	320	0,05	8,31	2,55
E10	10	320	0,15	9,16	2,45
E11	10	320	0,15	8,53	2,20
E12	10	320	0,15	8,53	2,20
E13	10	320	0,40	8,53	2,20
E14	10	320	0,40	6,99	2,15
E15	10	320	0,40	6,99	2,15
E19	10	655	0,15	7,88	1,79
E20	10	655	0,15	7,63	2,04
E21	10	655	0,15	7,63	2,04
E22	6	655	0,15	9,04	2,39
E23	6	655	0,15	7,09	1,68
E24	6	655	0,15	7,09	1,68

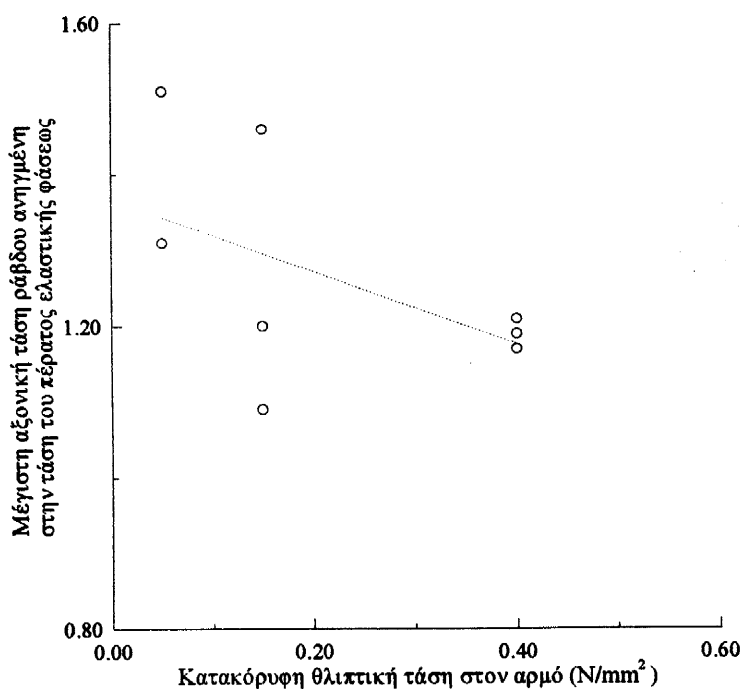
νουςα αξονική τάση στην ράβδο περίπου ίση με 70-100 MPa.

Πίνακας 5: Συνοπτικά πειραματικά αποτελέσματα

(1) Δοκί- μιο	(2) $\sigma_{s0,linear}$ (N/mm ²)	(3) s_{front} (mm)	(4) K (N/mm ³)	(5) $\sigma_{s0,max}$ (N/mm ²)	(6) $\sigma_{s0,max}$ / $\sigma_{s0,linear}$	(7) $\tau_m - \tau_{max}$ (N/mm ²)
E1	626,00	0,69	907,25	664,13	1,06	5,24-7,86
E2	649,50	0,70	927,86	735,20	1,13	5,80-8,70
E3	640,70	0,65	985,70	711,71	1,11	5,62-8,43
E4	189,00	0,39	485,86	285,45	1,51	3,76-5,64
E5	230,26	0,65	355,89	302,00	1,31	3,97-5,96
E6	216,57	0,50	433,14	284,36	1,31	3,74-5,61
E10	200,00	0,33	606,06	291,24	1,46	3,83-5,75
E11	238,47	0,44	541,98	260,43	1,09	3,43-5,15
E12	240,00	0,58	413,8	287,80	1,20	3,79-5,69
E13	318,40	0,60	530,67	379,73	1,19	5,00-7,50
E14	255,80	0,52	491,92	309,83	1,21	4,08-6,12
E15	356,00	0,92	386,96	417,48	1,17	5,50-8,25
E19	455,17	1,04	437,66	647,04	1,42	4,10-6,15
E20	455,49	1,05	433,8	577,46	1,27	3,65-5,48
E21	448,80	1,03	437,85	617,82	1,38	3,91-5,87
E22	622,09	1,10	565,54	700,00	1,13	2,66-3,99
E23	598,70	0,90	663,01	688,20	1,15	2,61-3,92
E24	620,45	0,93	670,03	681,10	1,10	2,59-3,89

Ράβδοι $\varnothing 10$, μήκος αγκυρώσεως 320mm: Και σ' αυτήν την περίπτωση παρατηρείται ένας πρακτικώς γραμμικός ανιών κλάδος της καμπύλης σ_{s0} προς s (ενώ η οπίσθια ολίσθηση παραμένει ίση με μηδέν), μέχρι μιά τιμή της τάσεως στην ράβδο εξαρτώμενη από το μέγεθος της ορθής θλιπτικής τάσεως της ασκούμενης στον αρμό κονιάματος. Ακολουθεί ένας ανερχόμενος κλάδος με μικρότερη κλίση και με παράλληλη έναρξη της οπίσθιας

ολισθήσεως, ο οποίος καταλήγει στην μέγιστη τιμή της αξονικής τάσεως της ράβδου. Ο λόγος μεταξύ της μέγιστης τιμής της τάσεως και εκείνης που αντιστοιχεί στο πέρας του γραμμικού τμήματος του διαγράμματος κυμαίνεται μεταξύ 1,10 και 1,50 (βλ. Πίνακα 5). Οι υψηλότερες τιμές αυτού του λόγου αντιστοιχούν στις μικρότερες τιμές της ορθής τάσεως της ασκούμενης στο δοκίμιο (βλ. Σχ. 9). Ακολουθεί ένας φθίνων κλάδος όπως και στην περίπτωση των ράβδων Ø6.



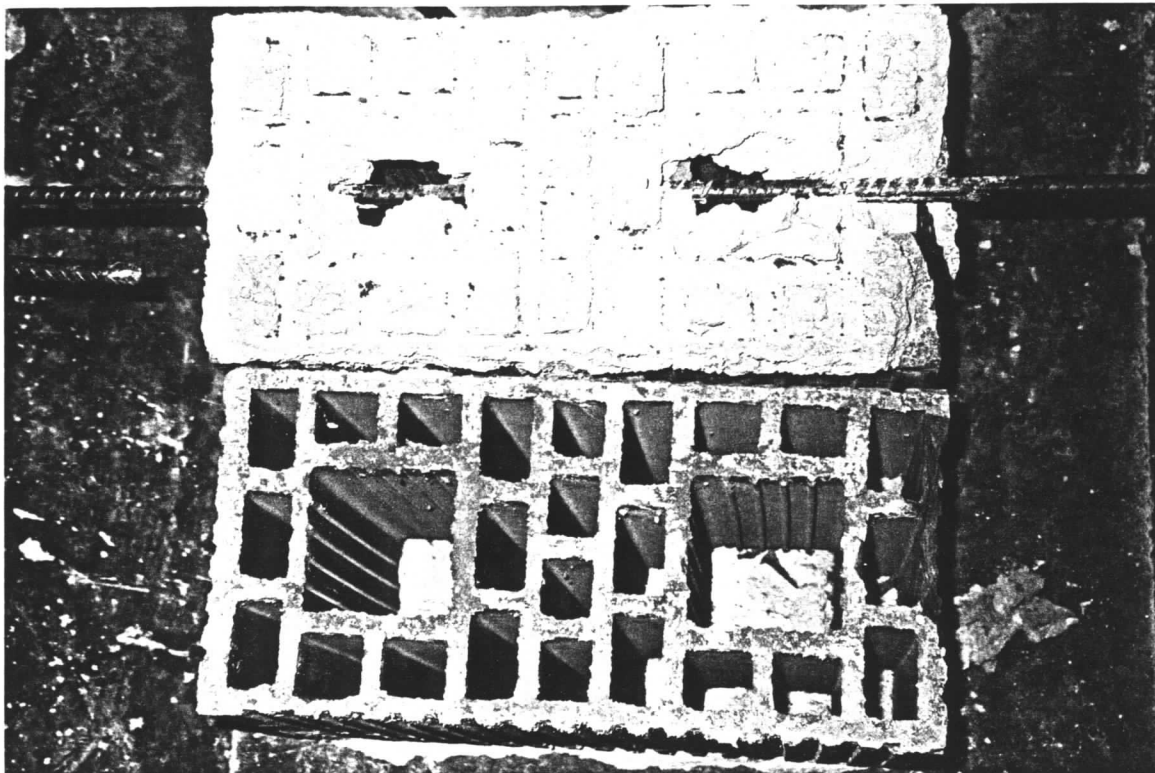
Σχ. 9: Δοκίμια με ράβδο Ø10, επιρροή της ορθής θλιπτικής τάσεως στο μέγεθος της μέγιστης επιστρατευόμενης αξονικής τάσεως στην ράβδο (ανηγμένης στην αξονική τάση του πέρατος της ελαστικής φάσεως).

Ράβδοι Ø6, μήκος αγκυρώσεως 655mm: Σ' αυτήν την περίπτωση, οι καμπύλες αξονικής τάσεως της ράβδου-σχετικής ολισθήσεως έχουν την ίδια μορφή όπως και στην περίπτωση του μικρότερου μήκους αγκυρώσεως. Όμως, δεδομένου ότι το μήκος αγκυρώσεως είναι μεγαλύτερο από το απαιτούμενο, δεν συμβαίνει ολίσθηση μεταξύ ράβδου και κονιάματος στην οπίσθια όψη του δοκιμίου. Η

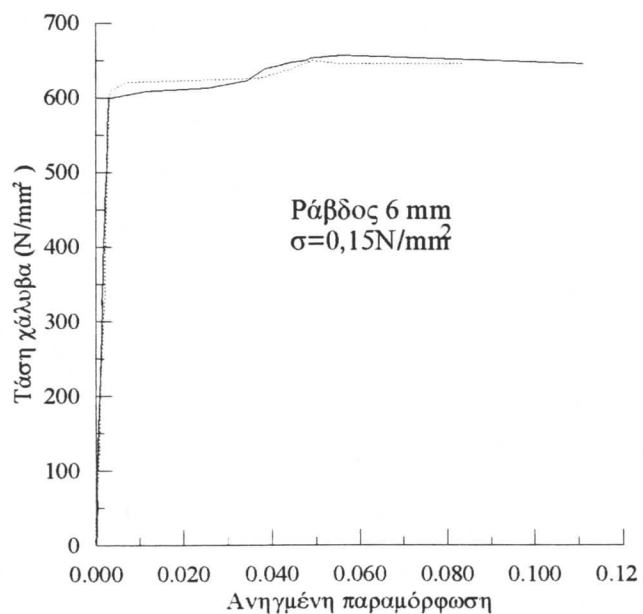
αξονική τάση στην ράβδο αυξάνεται μέχρι την μέγιστη τιμή της, οπότε η ράβδος θραύεται.

Ράβδοι Ø10, μήκος αγκυρώσεως 655mm: Οι καμπύλες αξονικής τάσεως-σχετικής ολισθήσεως είναι όμοιες με εκείνες των ράβδων Ø6 για μεγάλο μήκος αγκυρώσεως. Υπάρχει, παρ' όλα αυτά διαφορά στον τρόπο αστοχίας των δοκιμίων. Οι ράβδοι Ø10 δεν θραύονται. Αντ' αυτού, παρατηρούνται κατακόρυφες εφελκυστικές ρωγμές στα λιθοσώματα, οφειλόμενες στις μεγάλες πλευρικές εφελκυστικές τάσεις οι οποίες τους εισάγονται λόγω της εξολκεύσεως των ράβδων.

Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι οι ράβδοι διαμέτρου 6 mm ανέπτυξαν αξονική τάση ίση με το όριο διαρροής των ακόμη και για το μικρό μήκος αγκυρώσεως, το οποίο ήταν ίσο με 190mm, αν αφαιρεθή απ' το συνολικό μήκος του δοκιμίου το μήκος των δύο μεγάλων οπών του λιθοσώματος, μήκους 65 mm εκάστη. Πράγματι, αυτή η μείωση του μήκους αγκυρώσεως είναι επιβεβλημένη, δεδομένου ότι, όπως φαίνεται και στο Σχ.10 δεν είναι δυνατόν να σταθή κονίαμα πάνω από τα μεγάλα κατακόρυφα κενά του λιθοσώματος. Αυτό σημαίνει ότι ένα μήκος αγκυρώσεως ίσο με το 30πλάσιο περίπου της διαμέτρου της ράβδου είναι επαρκές για την ανάπτυξη της τάσεως διαρροής του οπλισμού. Αυτή η διαπίστωση επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις ηλεκτρομηκυνσιομέτρων (τα οποία ήσαν τοποθετημένα πάνω στις ράβδους), οι οποίες αποδεικνύουν (βλ. Σχ. 11) ότι οι ράβδοι ανέπτυξαν το όριο διαρροής των. Αυτή η διαπίστωση μοιάζει να έρχεται σε αντίθεση με ότι θα ανέμενε κανείς για ράβδους με μικρό μήκος αγκυρώσεως και με πολύ μικρή επικάλυψη κονιάματος (της τάξεως των χιλιοστομέτρων). Παρ' όλα αυτά, η επιθεώρηση της διεπιφάνειας μεταξύ κονιάματος και λιθοσώματος μετά από την ολοκλήρωση της δοκιμής (Σχ. 10) δείχνει ότι κατά την διάρκεια της κατασκευής εισέρχεται κονίαμα μέσα στα μικρών



Σχ. 10: Η διεπιφάνεια μεταξύ οπτοπλίνθου και κονιάματος

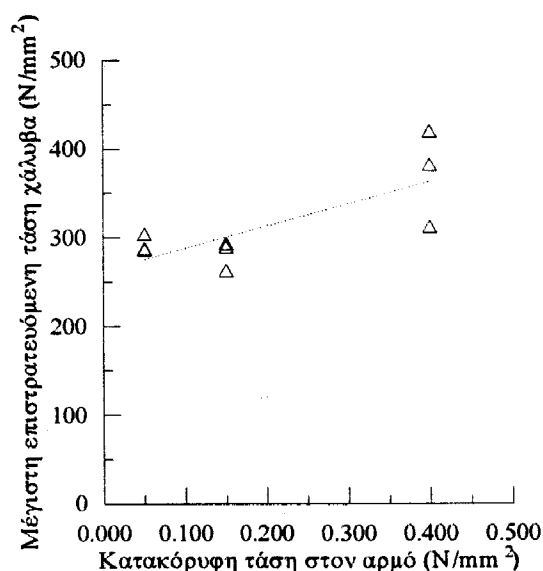


Σχ. 11: Διάγραμμα τάσεων-παραμορφώσεων για μία ράβδο διαμέτρου 6mm (μετρήσεις ηλεκτρομηκυσιομέτρων)

διαστάσεων κατακόρυφα κενά των λιθοσωμάτων. Έτσι, δημιουργούνται μικρά «βλήτρα» κονιάματος, τα οποία περισιγ-

γονται από τα περιβάλλοντα τοιχώματα του λιθοσώματος και εξασφαλίζουν πολύ μεγαλύτερη απ' ό τι νομίζεται επικάλυψη στην ράβδο, σε ένα σημαντικό τμήμα του μήκους αγκυρώσεώς της. Αυτό το στοιχείο μπορεί να αποτελέσει μιάν εξήγηση για την εξαιρετικά καλή συμπεριφορά των ράβδων από απόψεως αγκυρώσεως.

Στην περίπτωση των ράβδων με διάμετρο 10mm , προφανώς το μήκος αγκυρώσεως των 190mm ήταν ανεπαρκές για την ανάπτυξη του ορίου διαρροής των ράβδων, όπως δείχνουν τα πειραματικά αποτελέσματα (δοκίμια E4-E6 και E10-E15). Εξ άλλου, όπως αναμενόταν, το μέγεθος της μέγιστης αναπτυσσόμενης τάσεως στην ράβδο είναι συνάρτηση της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως (βλ. Σχ. 12) και αυξάνεται για αυξανόμενο θλιπτικό φορτίο. Πάντως, μήκος αγκυρώσεως ίσο με 395mm (περίπου το 40πλάσιο της διαμέτρου) ήταν αρκετό για την πλήρη αγκύρωση και των ράβδων Ø10.



Σχ. 12: Επιρροή της ορθής θλιπτικής τάσεως στο μέγεθος της επιστρατευόμενης αξονικής τάσεως της ράβδου (ράβδοι Ø10)

Τα πειραματικά αποτελέσματα που παρουσιάσθηκαν εδώ, μολονότι δεν αναφέρονται στην εξόλκευση δομικού πλέγματος, επιτρέπουν

να γίνουν οι ακόλουθες παραδοχές, οι οποίες είναι πολύ χρήσιμες για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυψαν από την δοκιμή των τοιχίσκων.

Εαν δεχθούμε ότι για τις ράβδους διαμέτρου $\varnothing 6$ ένα μήκος αγκυρώσεως ίσο με το 30πλάσιο της διαμέτρου είναι επαρκές, αυτό σημαίνει ότι για τις ράβδους $\varnothing 5$ του δομικού πλέγματος το απαιτούμενο μήκος αγκυρώσεως, ώστε να μπορούν να αναπτύξουν το όριο διαρροής των είναι 150mm (δηλαδή μήκος περίπου ίσο με το ήμισυ του μήκους της οπτοπλίνθου).

Δεδομένου ότι κάθε μία από τις ράβδους του δομικού πλέγματος διαθέτει και εγκάρσιες συγκολλημένες ράβδους, οι οποίες όπως είναι γνωστό βελτιώνουν τις συνθήκες αγκυρώσεως, το όριο διαρροής των ράβδων του πλέγματος θα μπορούσε να επιστρατευθεί ακόμη και για μικρότερα μήκη αγκυρώσεως.

Επί πλέον, όπως είναι γνωστό, στις κρίσιμες έναντι θλίψεως περιοχές των τοίχων τις οποίες εξετάζουμε, ασκούνται σημαντικές κατακόρυφες θλιπτικές τάσεις, οι οποίες βελτιώνουν περαιτέρω τις συνθήκες συναφείας μεταξύ ράβδων και κονιάματος.

Ετσι, κατά την διάρκεια της αποτιμήσεως των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυψαν από τις δοκιμές των τοιχίσκων θα γίνεται η εύλογη παραδοχή ότι οι ράβδοι του δομικού πλέγματος ευρίσκονταν υπό συνθήκες οι οποίες τους επέτρεπαν την ανάπτυξη του ορίου διαρροής των.

3.2.2.- Τριβή μεταξύ οπτοπλίθων και κονιάματος κατά μήκος των οριζόντιων αρμών

Το σχετικό πρόγραμμα δοκιμών, καθώς και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στην Εκθεση Προόδου η οποία υπεβλήθη τον Νοέμβριο του 1994. Ετσι, σ' αυτήν την Εκθεση επαναλαμβάνονται συνοπτικώς τα σημαντικότερα αποτελέσματα, τα οποία είναι αναγκαία και για την αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων επί των τοιχίσκων. Στον Πίνακα 6 συνοψίζονται μερικά από τα αποτελέσματα των σχετικών δοκιμών.

Πίνακας 6: Συνοπτικά αποτελέσματα των δοκιμών τριβής

α/α	τ_{max} (MPa)	τ_{res} (MPa)	σ (MPa)	μ_{max}	μ_{res}	μ_{res}/μ_{max}	t_m
1	0,34	0,21		6,80	4,20	0,62	15
2	0,29	0,22	0,05	5,80	4,40	0,76	
3	0,31	0,19		6,20	3,80	0,61	
4	0,38	0,20		2,53	1,33	0,53	15
5	0,30	0,26	0,15	2,00	1,73	0,87	
6	0,30	0,27		2,00	1,80	0,90	
7	0,38	0,21		1,27	0,70	0,55	15
8	0,37	0,21	0,30	0,23	0,70	0,57	
9	0,34	0,28		1,13	0,93	0,82	
10	0,33	0,25		2,20	1,67	0,76	10
11	0,30	0,23	0,15	2,00	1,53	0,77	
12	0,34	0,25		2,27	1,67	0,74	

Όπως διαπιστώνεται από τα πειραματικά αποτελέσματα,

- Αυξανόμενης της ορθής τάσεως η οποία ασκείται στον αρμό κονιάματος, αυξάνεται η μέγιστη επιστρατευόμενη τριβή (από

0,31 MPa για κατακόρυφη τάση $\sigma=0,05$ MPa σε 0,36 MPa για $\sigma=0,30$ MPa. Πάντως, πρέπει να παρατηρηθεί ότι η επιρροή της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως στον αρμό δεν φαίνεται να προκαλή πολύ σημαντική αύξηση της επιστρατευόμενης τριβής.

- Αυξανομένης της ορθής τάσεως, σ , μειώνεται ο μέγιστος συντελεστής τριβής (δηλαδή, ο λόγος μεταξύ της μέγιστης επιστρατευόμενης τάσεως τριβής και της ορθής θλιπτικής τάσεως) από 6,27 για $\sigma=0,05$ MPa σε 1,21 για $\sigma=0,30$ MPa. Ομοίως, ο απομένον συντελεστής τριβής μειώνεται από 4,13 σε 0,78.
- Το πάχος των αρμών δεν φαίνεται να παίζει ρόλο στο μέγεθος της επιστρατευόμενης τριβής, αλλά ούτε και στην εν γένει συμπεριφορά των δοκιμίων, τουλάχιστον για τα δύο πάχη που μελετήθηκαν.

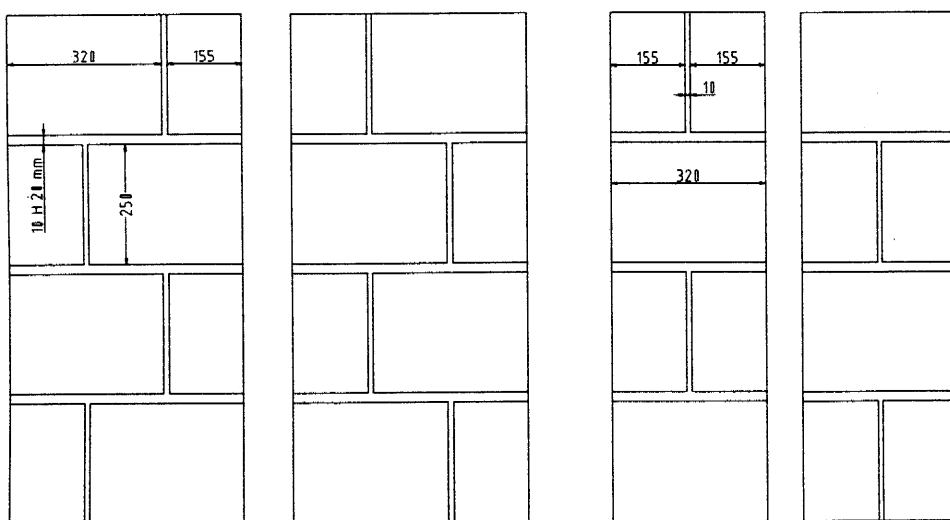
Η αξιολόγηση αυτών των αποτελεσμάτων για την ερμηνεία της συμπεριφοράς των τοιχίσκων περιλαμβάνεται στο επόμενο κεφάλαιο αυτής της Εκθέσεως.

3.3.- Τοιχίσκοι

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, οι δοκιμές θλίψεως των τοιχίσκων αποτελούν το κύριο μέρος των πειραμάτων αυτού του προγράμματος. Στις παραγράφους που ακολουθούν παρουσιάζονται λεπτομερώς τα πειραματικά αποτελέσματα.

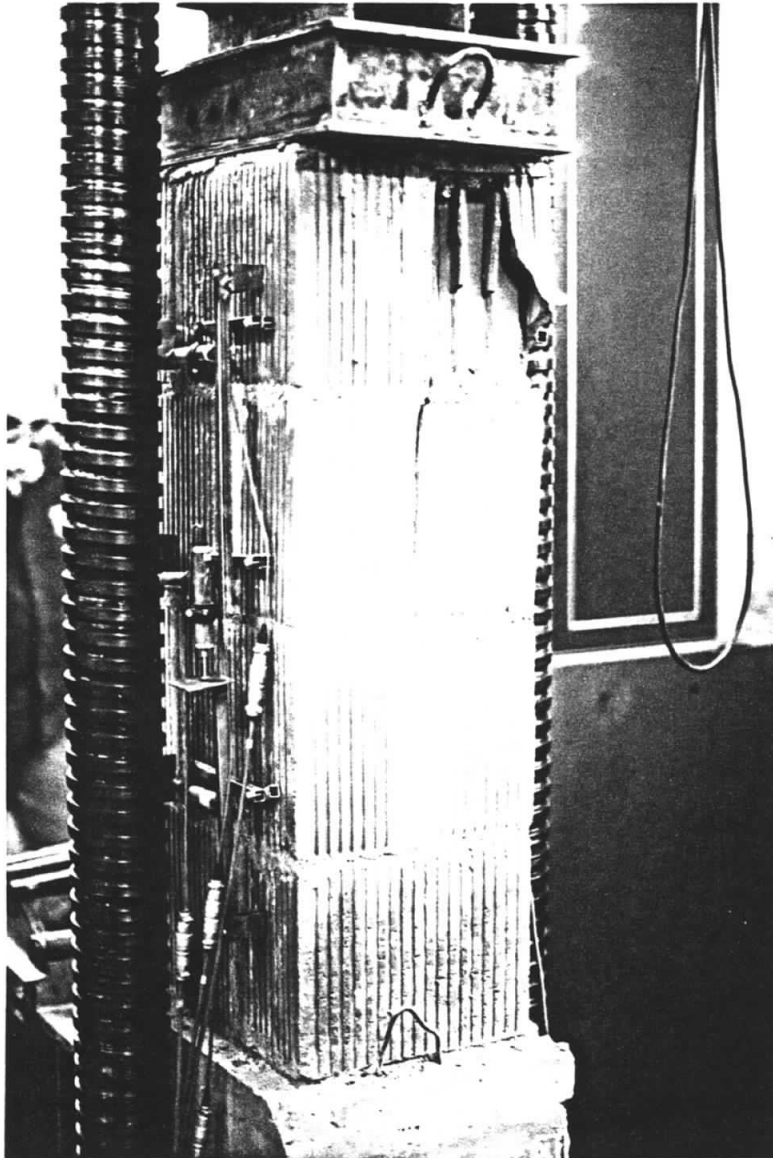
3.3.1.- Τα δοκίμια

Στο Σχ. 13 φαίνεται η γεωμετρία και οι διαστάσεις των τοιχίσκων. Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, οι τοιχίσκοι



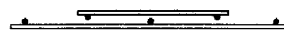
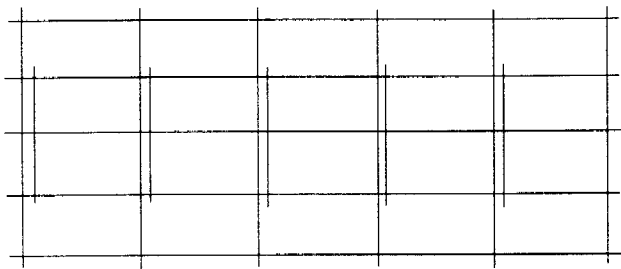
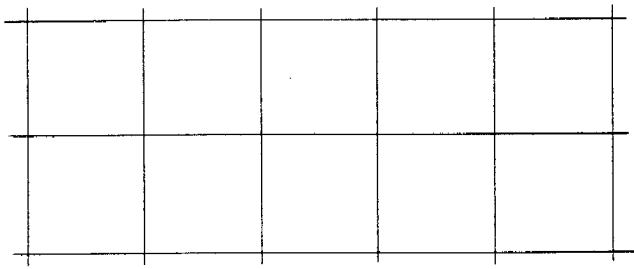
Σχ. 13: Γεωμετρία και διαστάσεις των τοιχίσκων.

κατασκευάστηκαν από οπτοπλίνθους και ασβεστοσιμεντοκονίαμα των οποίων τα μηχανικά χαρακτηριστικά δίνονται στα προηγούμενα κεφάλαια αυτής της Εκθέσεως. Οι τοιχίσκοι χτίστηκαν πάνω σε μιά πλάκα ωπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων 0,60x0,40x0,20 [m], ενώ στην στέψη του τοίχου η ομοιόμορφη κατανομή των θλιπτικών τάσεων εξασφαλιζόταν μέσω της παρεμβολής (μεταξύ της πλάκας φορτίσεως και του δοκιμίου) μεταλλικών στοιχείων (όπως φαίνεται στο Σχ. 14).



Σχ. 14: Τοιχίσκος τοποθετημένος στην μηχανή φορτίσεως

Το πρόγραμμα περιελάμβανε τοιχίσκους με πάχος οριζόντιων αρμών ίσο με 10mm ή με 20mm. Οι αρμοί αυτοί, ήσαν άοπλοι ή διέθεταν οπλισμό στους οριζόντιους αρμούς. Αυτός ο οπλισμός απετελείτο από δομικό πλέγμα T196 μονό ή διπλό κατά το Σχ. 15. Έτσι, ορισμένοι τοιχίσκοι είχαν οπλισμό 305 ανά οριζόντιο αρμό, ενώ άλλοι είχαν οπλισμό 505 ανά οριζόντιο αρμό. Ο Πίνακας 7 συνοψίζει τα χαρακτηριστικά των τοιχίσκων οι οποίοι δοκιμάσθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος.



Διπλό πλέγμα

Σχ. 15: Η μορφή του οπλισμού των αρμών

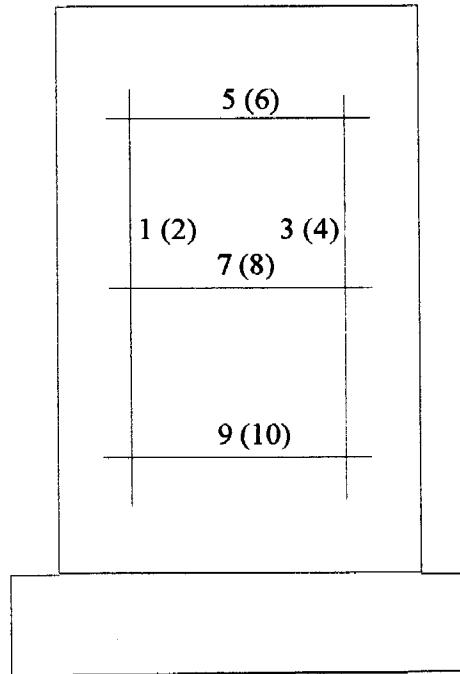
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά των τοιχίσκων

α/α τοιχίσκου	Οπλισμός οριζόντιων αρμών	Πάχος αρμών (mm)
1	-	20
2	-	20
3	-	10
4	-	10
5	Μονό πλέγμα	20
6	Μονό πλέγμα	20
7	Διπλό πλέγμα	20
8	Διπλό πλέγμα	20
9	Μονό πλέγμα	10
10	Μονό πλέγμα	10

3.3.2.- Πειραματική διάταξη-Μετρήσεις

Η δοκιμή των τοιχίσκων έγινε ως εξής: Ο τοιχίσκος τοποθετείται στην μηχανή φορτίσεως, ενώ μεταξύ της πλάκας φορτίσεως και της στέψεως του τοιχίσκου παρεμβάλλονται μεταλλική πλάκα και δύο μεταλλικά διπλά του, τα οποία επιτρέπουν την ομοιόμορφη κατανομή του θλιπτικού φορτίου στην διατομή της στέψεως του τοιχίσκου.

Πριν από την έναρξη της δοκιμής, τοποθετούνται στις δύο όψεις του τοιχίσκου τα όργανα μετρήσεως των κατακόρυφων και των οριζόντιων παραμορφώσεων. Η κατακόρυφη παραμόρφωση των τοίχων μετράται μέσω τεσσάρων ηλεκτρικών βελομέτρων (από δύο σε κάθε όψη του δοκιμίου, βλ. Σχ. 16), ενώ οι οριζόντιες παραμορφώσεις μετρώνται μέσω έξι ηλεκτρικών βελομέτρων (από τρία σε κάθε όψη του δοκιμίου, βλ. Σχ. 16).



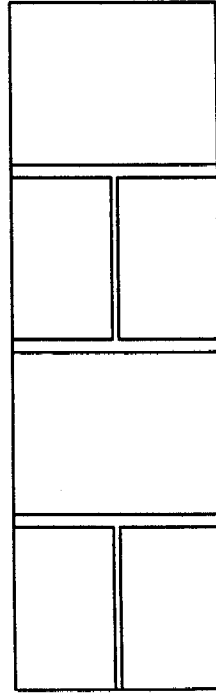
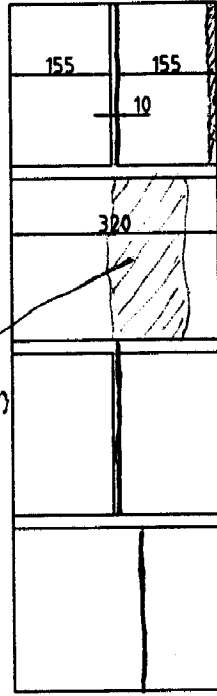
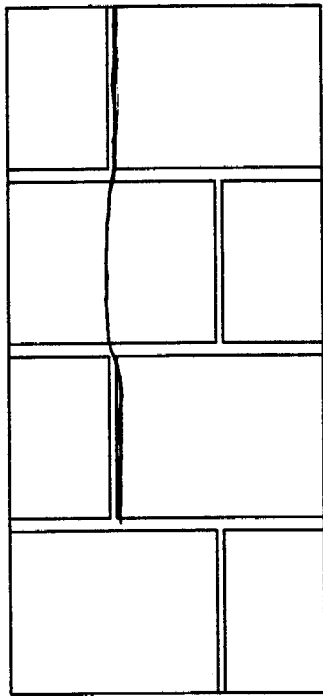
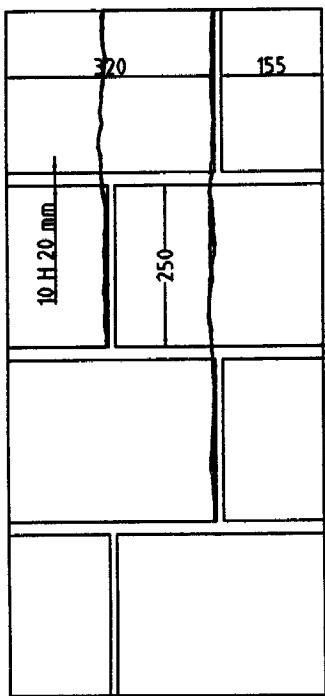
Σχ. 16: Σχηματική παρουσίαση των μετρητικών οργάνων.

Οι δοκιμές έγιναν υπό συνθήκες επιβαλλόμενων παραμορφώσεων, ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή και του φθιτού κλάδου του διαγράμματος θλιπτικών τάσεων-θλιπτικών παραμορφώσεων των τοιχίσκων. Η επιβολή των θλιπτικών παραμορφώσεων ήταν αργή. Περίπου δύο ώρες απαιτούνταν για την ολοκλήρωση κάθε δοκιμής. Κατά την διάρκεια της δοκιμής, οι μετρήσεις των βελομέτρων, καθώς και της μηχανής φορτίσεως (του θλιπτικού φορτίου) λαμβάνονταν συνεχώς μέσω Η.Υ., ώστε να είναι ευχερέστερη η αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων, τα οποία παρουσιάζονται στις ακόλουθες παραγράφους.

3.3.3.- Τρόπος αστοχίας

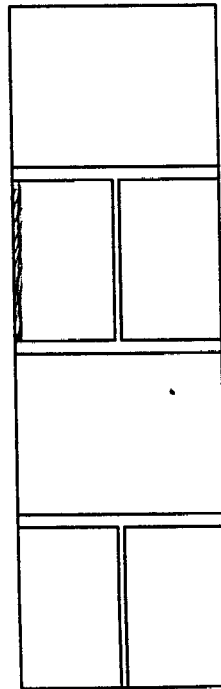
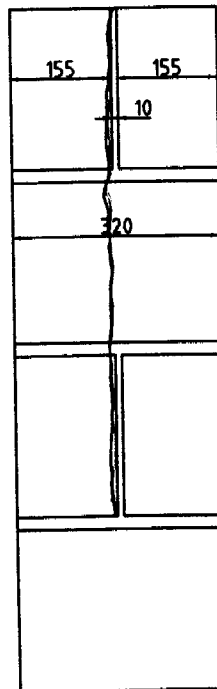
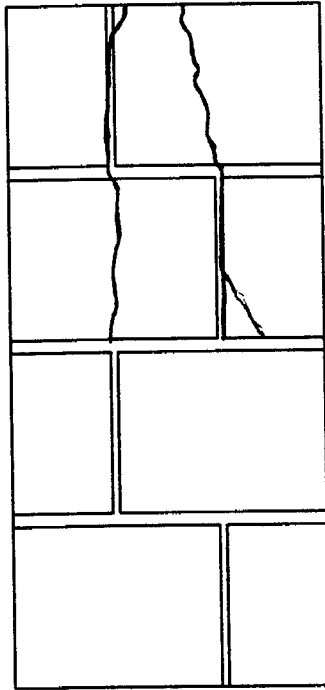
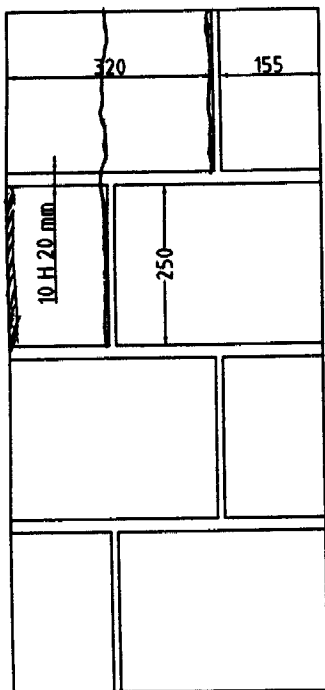
Στο Σχ. 17 παρουσιάζεται η μορφολογία ρηγματώσεως μερικών από τους τοιχίσκους, όπως καταγράφηκε κατά την διάρκεια των δοκιμών. Σε όλες τις περιπτώσεις των άοπλων αλλά και των ωπλισμένων τοιχίσκων, η μορφολογία ρηγματώσεως είναι η αναμενόμενη για στοιχεία υποβαλλόμενα σε θλίψη. Εμφανίζονται πρακτικώς κατακόρυφες ρωγμές στα τρίτα περίπου του μήκους των τοιχίσκων. Αυτές οι ρωγμές διασχίζουν τους κατακόρυφους αρμούς κονιάματος ή/και τις οπτοπλίνθους. Παρ' όλα αυτά, βάσει των σκαριφημάτων του Σχ. 17, μπορεί κανείς να διακρίνη μία σημαντική διαφορά στην μορφολογία ρηγματώσεως μεταξύ των άοπλων και των ωπλισμένων τοιχίσκων. Πράγματι, ενώ στους άοπλους τοιχίσκους, οι κατακόρυφες ρωγμές διατρέχουν τού τοιχίσκο σε ύψος δύο ή και τριών οπτοπλίνθων, στην περίπτωση των ωπλισμένων τοιχίσκων οι κατακόρυφες ρωγμές περιορίζονται συνήθως μέσα στο ύψος μίας οπτοπλίνθου. Φαίνεται ότι αυτή η διαφορά στον τρόπο αστοχίας μπορεί να αποδοθή στην παρουσία του οριζόντιου οπλισμού των αρμών. Πράγματι, η εγκάρσια διόγκωση λόγω του κατακόρυφου θλιπτικού φορτίου θα έτεινε να προκαλέσει την εμφάνιση κατακόρυφης ρωγμής πρακτικώς σε όλο το

αποκόλληση εξωτ. τοιχώματος τούβλου

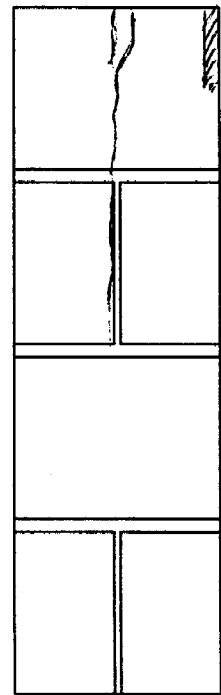
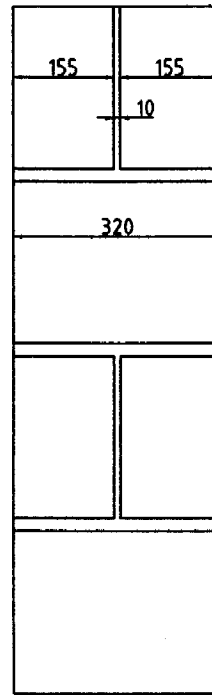
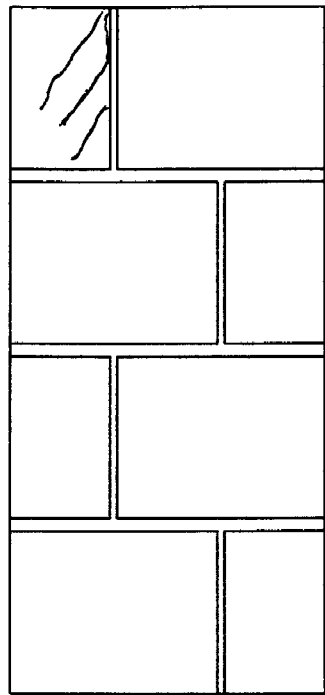
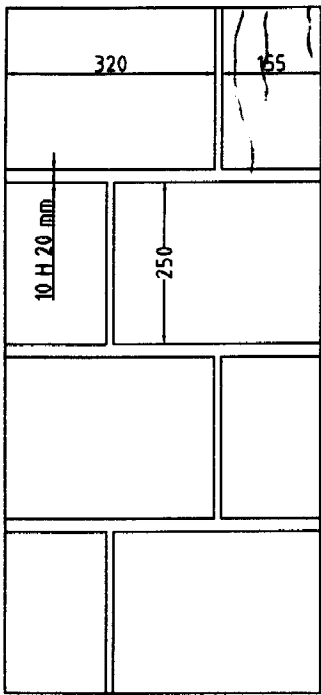


απο-
κόλληση
τούβλου

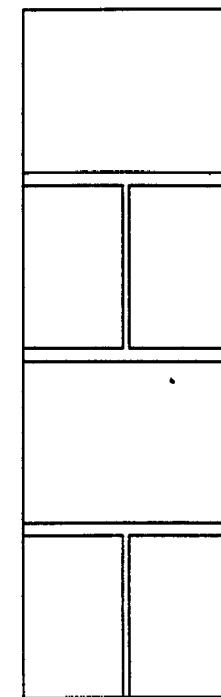
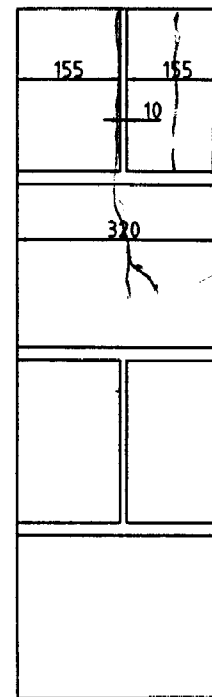
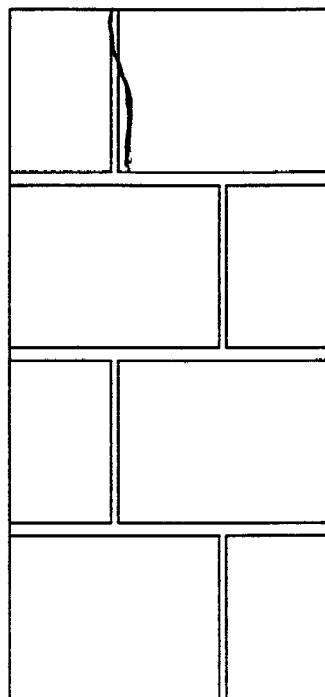
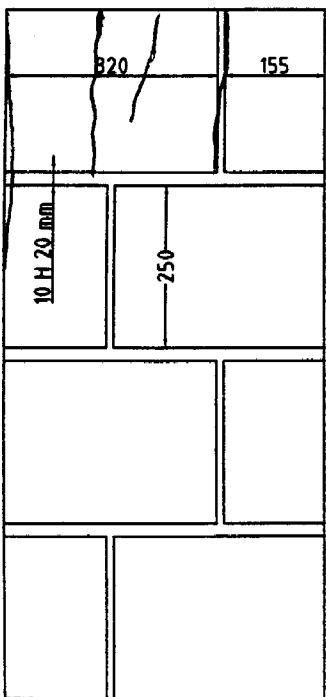
(α) Τοιχίσκος 2



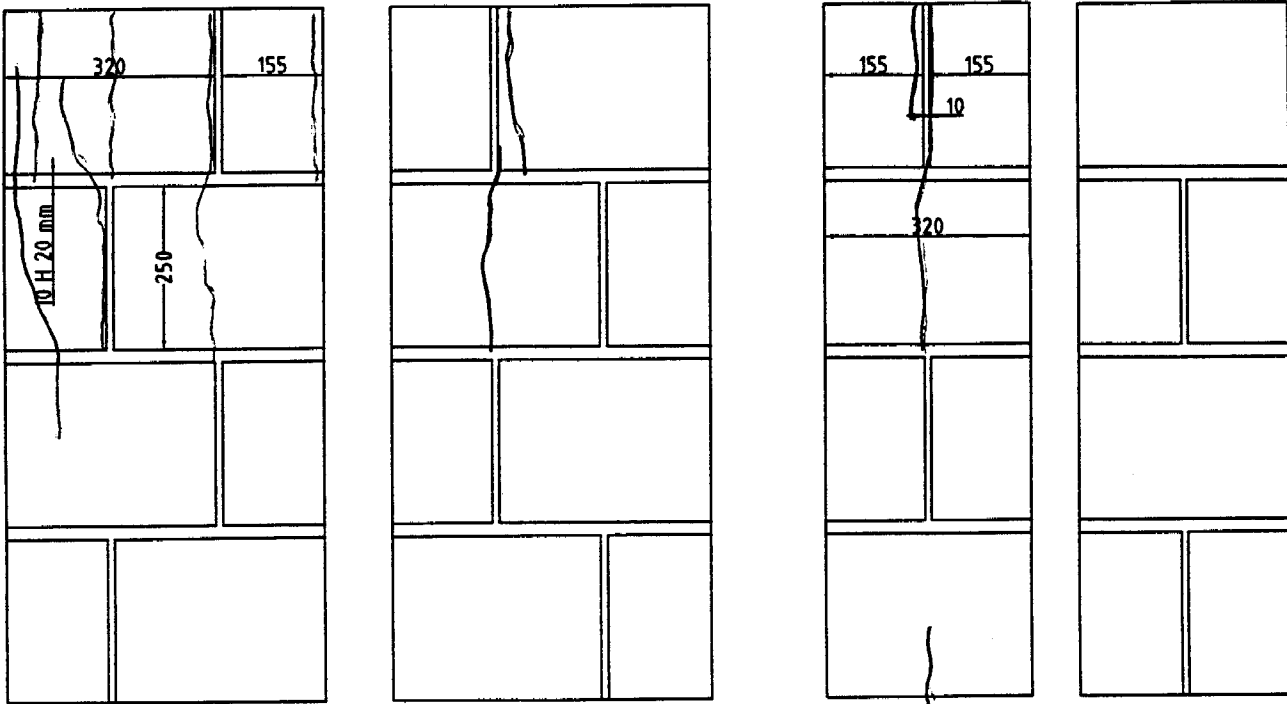
(β) Τοιχίσκος 3



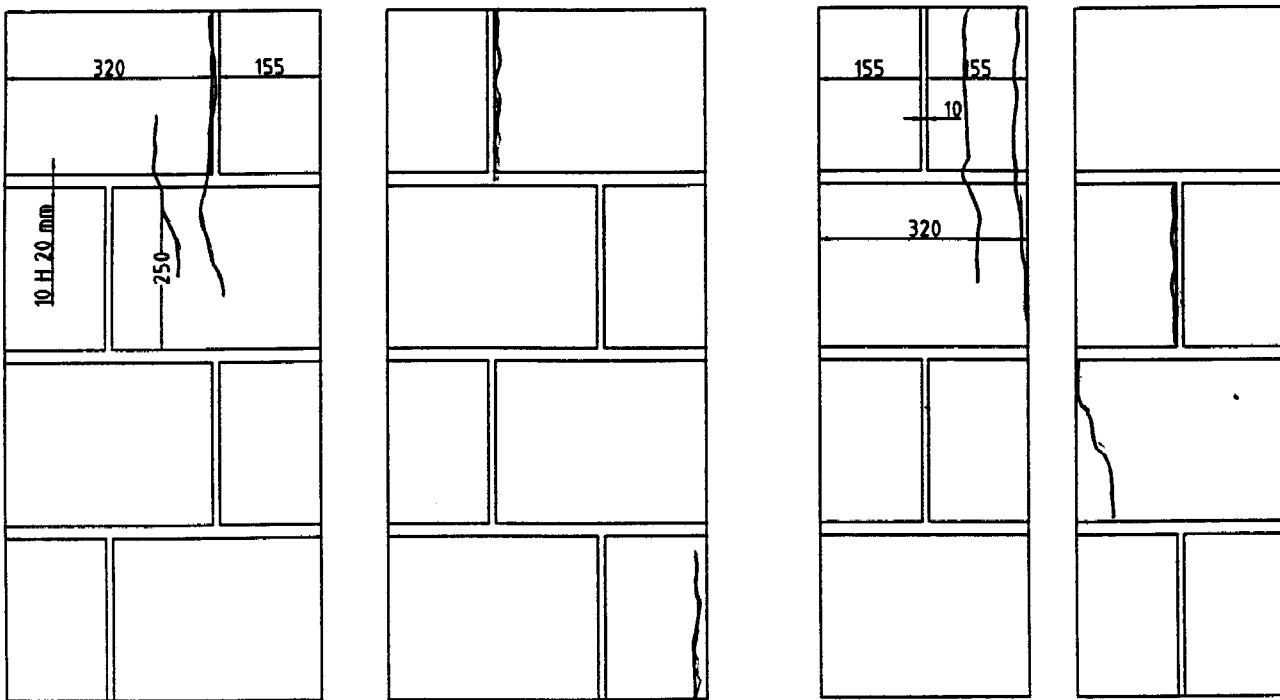
(γ) Τοιχίσκος 6



(δ) Τοιχίσκος 8



(ε) Τοιχίσκος 9



(στ) Τοιχίσκος 10

Σχ. 17: Μορφολογία ρηγματώσεως τοιχίσκων

ύψος του τοιχίσκου. Ομως, η επέκταση της κατακόρυφης ρωγμής προς τα κάτω εμποδίζεται στην στάθμη του πρώτου οριζόντιου αρμού από τον οπλισμό ο οποίος είναι τοποθετημένος μέσα στο κονίαμα. Έτσι, στην στάθμη του πρώτου αρμού, ασκείται πλευρική (οριζόντια) θλίψη στα λιθοσώματα της πρώτης στρώσεως. Αντιθέτως, αυτή η οριζόντια περίσφιγξη δεν ασκείται στα λιθοσώματα στην στέψη του τοίχου, οπότε ευνοείται η εμφάνιση πολλαπλών κατακόρυφων ρωγμών, καθώς και η εκδήλωση αποφλοιώσεως και αποκολλήσεως των εξωτερικών τους τοιχωμάτων. Η συνέχιση της επιβολής θλιπτικών παραμορφώσεων πολύ πέραν της μέγιστης επιστρατευόμενης αντιστάσεως σε θλίψη οδηγούσε σε επέκταση των κατακόρυφων ρωγμών και στην δεύτερη στρώση λιθοσωμάτων (βλ. Σχ. 17ε και στ).

Στα επόμενα θα γίνη μία προσπάθεια ποσοτικής αποτιμήσεως των θλιπτικών πλευρικών τάσεων τις οποίες ασκεί ο οριζόντιος οπλισμός στα λιθοσώματα της πρώτης στρώσεως.

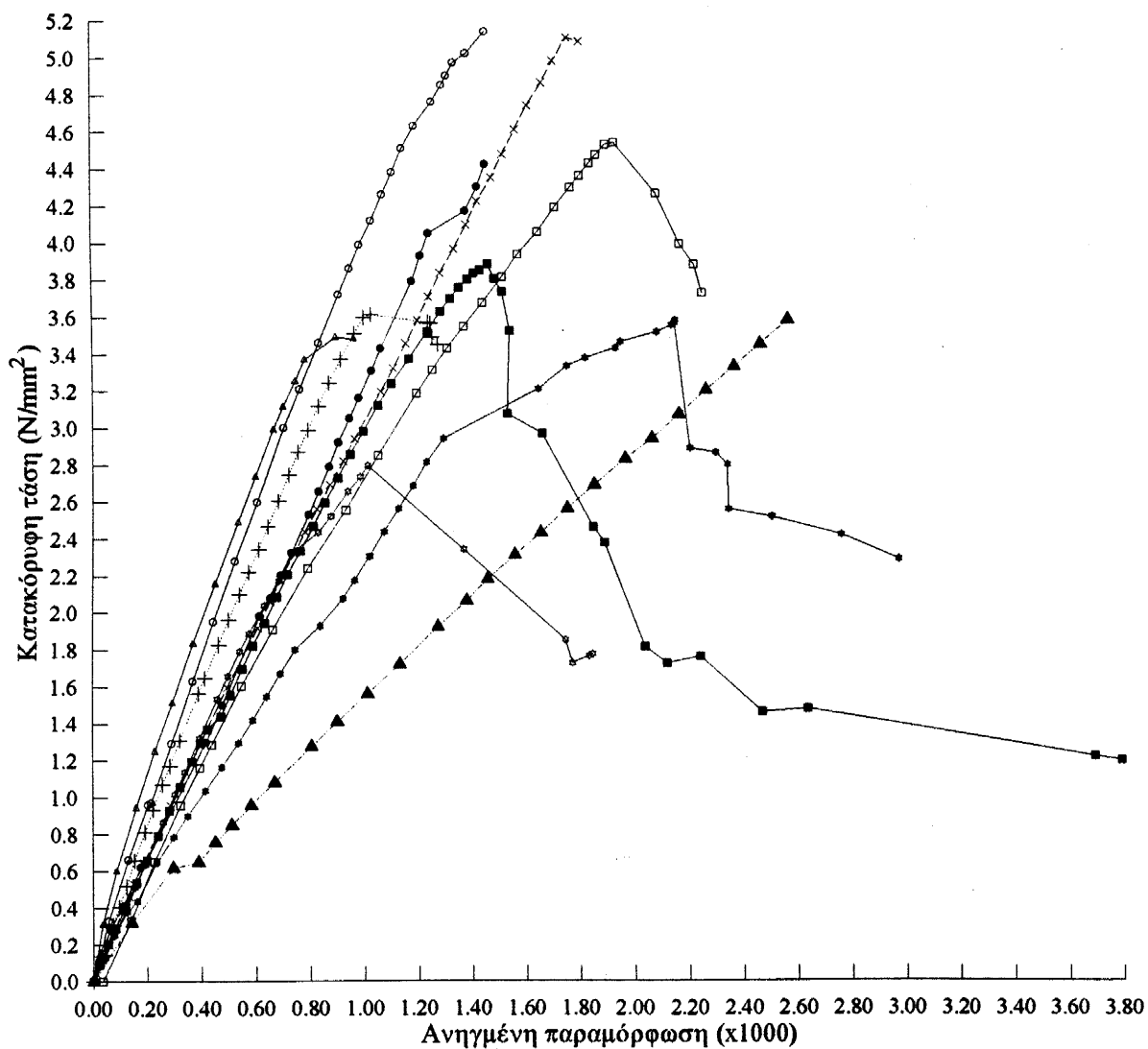
3.3.4.- Θλιπτική αντοχή, Διαγράμματα τάσεων-παραμορφώσεων

Στο Παράρτημα 1 περιέχονται τα διαγράμματα θλιπτικών τάσεων-θλιπτικών παραμορφώσεων για όλους τους τοιχίσκους, όπως προέκυψαν από τις μετρήσεις καθενός από τα τέσσερα κατακόρυφα βελόμετρα. Στο ίδιο Παράρτημα δίνονται αναλυτικά διαγράμματα θλιπτικής τάσεως-οριζόντιας παραμορφώσεως για όλους τους τοιχίσκους και για όλες τις θέσεις μετρήσεως των οριζόντιων παραμορφώσεων. Στην παρουσίαση που ακολουθεί χρησιμοποιούνται συνήθως συνοπτικά διαγράμματα, τα οποία διευκολύνουν την αξιολόγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων και την συναγωγή συμπερασμάτων.

Στο Σχ. 18 έχουν χαραχθή όλα τα διαγράμματα θλιπτικών τάσεων-κατακόρυφων ανηγμένων παραμορφώσεων για τους 10 τοιχίσκους.

Εξ άλλου, στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται συνοπτικώς μερικά από τα πειραματικά αποτελέσματα.

- ● Τοιχίσκοι 1,2
- + × Τοιχίσκοι 3,4
- △ ▲ Τοιχίσκοι 5,6
- ■ Τοιχίσκοι 7,8
- ☆ ★ Τοιχίσκοι 9,10



Σχ. 18: Διαγράμματα θλιπτικών τάσεων-ανηγμένων παραμορφώσεων για το σύνολο των τοιχίσκων.

Πίνακας 8: Συνοπτική παρουσίαση πειραματικών αποτελεσμάτων

Τοιχί- σκος	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Αρχική ακαμψία (N/mm ³)	Ανηγμένη παραμόρφωση αντίστοιχη της θλιπτικής αντοχής (%)	Μέση θλιπτική αντοχή κονιάματος (MPa)
1	5,14	4118	1,455	6,64
2	4,42	3525	1,456	8,16
3	3,61	3863	1,029	8,55
4	5,11	2905	1,758	8,48
5	3,49	4947	0,899	7,73
6	3,58	2014	2,569	8,28
7	4,54	2848	1,932	6,59
8	3,88	3318	1,463	10,14
9	2,80	3320	1,015	5,27
10	3,58	2686	2,154	7,78

Βάσει του Σχ. 18 μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

(α) Τα πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζουν σημαντικές διασπορές οι οποίες δεν μπορούν να αποδοθούν στην επιρροή των παραμέτρων που μελετήθηκαν. Πράγματι, οι τοιχίσκοι 3 και 4 είχαν όλες τις παραμέτρους των ίδιες, ενώ όπως φαίνεται και στον Πίνακα 8, είχαν και την ίδια μέση θλιπτική αντοχή κονιάματος. Παρ' όλα αυτά, η θλιπτική αντοχή του τοιχίσκου 4 είναι κατά 40% μεγαλύτερη από εκείνην του τοιχίσκου 3.

Αναλόγως, στην περίπτωση των τοιχίσκων 5 και 6, οι οποίοι έχουν τις ίδιες παραμέτρους και πρακτικώς ίσες θλιπτικές αντοχές κονιάματος, ενώ μετρήθηκαν πρακτικώς ίσες θλιπτικές αντοχές των τοιχίσκων, ο τοιχίσκος 5 έχει διπλάσια ακαμψία

από εκείνην του τοιχίσκου 6. Αυτή η έντονη διασπορά των πειραματικών αποτελεσμάτων, η οποία είναι εγγενής της τοιχοποιίας, αναμένεται να δυσχεράνη την συναγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων περί του ρόλου του τοπικού οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς. Παρ' όλα αυτά, οι παρατηρήσεις που ακολουθούν διατηρούν την ποιοτική τους αξία.

(β) Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 7 και από τα αποτελέσματα του Πίνακα 8, δεν εντοπίζεται επιρροή του πάχους των οριζόντιων αρμών στην θλιπτική αντοχή των τοιχίσκων. Τούτο μπορεί να αποδοθή στο γεγονός ότι στους τοιχίσκους, ο κρίσιμος για την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας λόγος του πάχους του αρμού προς το ύψος του λιθοσώματος ήταν εν γένει μικρός (0,04 ή 0,08). Ετσι, η αναμενόμενη μείωση της θλιπτικής αντοχής με την αύξηση του πάχους των αρμών καλύπτεται από την διασπορά των πειραματικών αποτελεσμάτων.

(γ) Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι η προσθήκη τοπικού οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς των τοιχίσκων δεν προκάλεσε αύξηση της θλιπτικής των αντοχής. Όπως θα αποδειχθή και στα επόμενα, η αμελητέα επιρροή του τοπικού οπλισμού στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας αναμενόταν και βάσει του αναλυτικού προσομοιώματος. Θα πρέπει να σημειωθή ότι η μειωμένη θλιπτική αντοχή του τοιχίσκου 9 μπορεί να αποδοθή εν μέρει και στην μειωμένη θλιπτική αντοχή του κονιάματος το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του (πρβλ. Πίν. 8).

(δ) Οι δοκιμές των τοιχίσκων δείχνουν μιά πολύ σημαντική διαφορά στην συμπεριφορά των τοιχίσκων που διαθέτουν τοπικόν οπλισμό και των άοπλων τοιχίσκων. Πράγματι, στην περίπτωση των άοπλων τοιχίσκων (Τοιχίσκοι 1 έως 4) τον ανερχόμενο κλάδο του διαγράμματος θλιπτικής τάσεως-ανηγμένης παραμορφώσεως ακολουθεί ένας πρακτικώς κατακόρυφος φθιτός κλάδος (ο οποίος

δεν έχει σχεδιασθεί στο Σχ. 18 για λόγους ευκρίνειας του σχήματος). Η δοκιμή σταματούσε όταν αυτός ο φθιτός κλάδος έφθανε μέχρι το 50% περίπου της θλιπτικής αντοχής του τοιχίσκου, έτσι ώστε να μην αποδιοργανώνεται πλήρως ο τοιχίσκος, πράγμα το οποίο δημιουργεί δυσκολίες κατά την απομάκρυνση του δοκιμίου από την μηχανή φορτίσεως, ενώ υπάρχει και αυξημένος κίνδυνος καταστροφής των μετρητικών οργάνων τα οποία στηρίζονται στον υπό δοκιμήν τοιχίσκο. Αντιθέτως, όπως παρατηρείται στο Σχ. 18, οι τοιχίσκοι οι οποίοι διέθεταν οπλισμό στους οριζόντιους αρμούς των (με εξαίρεση τον τοιχίσκο 6, ο οποίος παρουσίασε ψαθυρή αστοχία) έδειξαν μία πολύ ευνοϊκότερη συμπεριφορά. Πράγματι, οι ωπλισμένοι τοιχίσκοι έχουν έναν φθιτό κλάδο με σχετικώς μαλακή κλίση ως προς τον άξονα των παραμορφώσεων. Καί στην περίπτωση των ωπλισμένων τοιχίσκων, πάντως, δεν ήταν δυνατή η συνέχιση των δοκιμών πέραν μιάς τιμής της παραμορφώσεως, για τους ίδιους λόγους οι οποίοι αναφέρονται και για τους άοπλους τοιχίσκους.

(ε) Μία άλλη σημαντική διαφορά στην συμπεριφορά των άοπλων και των ωπλισμένων τοιχίσκων φαίνεται στο Σχ. 18 και στον Πίνακα 8. Παρατηρείται ότι η προσθήκη του οπλισμού οδηγεί σε μίαν αύξηση της ανηγμένης παραμορφώσεως η οποία αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας (και σε αντίστοιχη μείωση της ακαμψίας των τοιχίσκων).

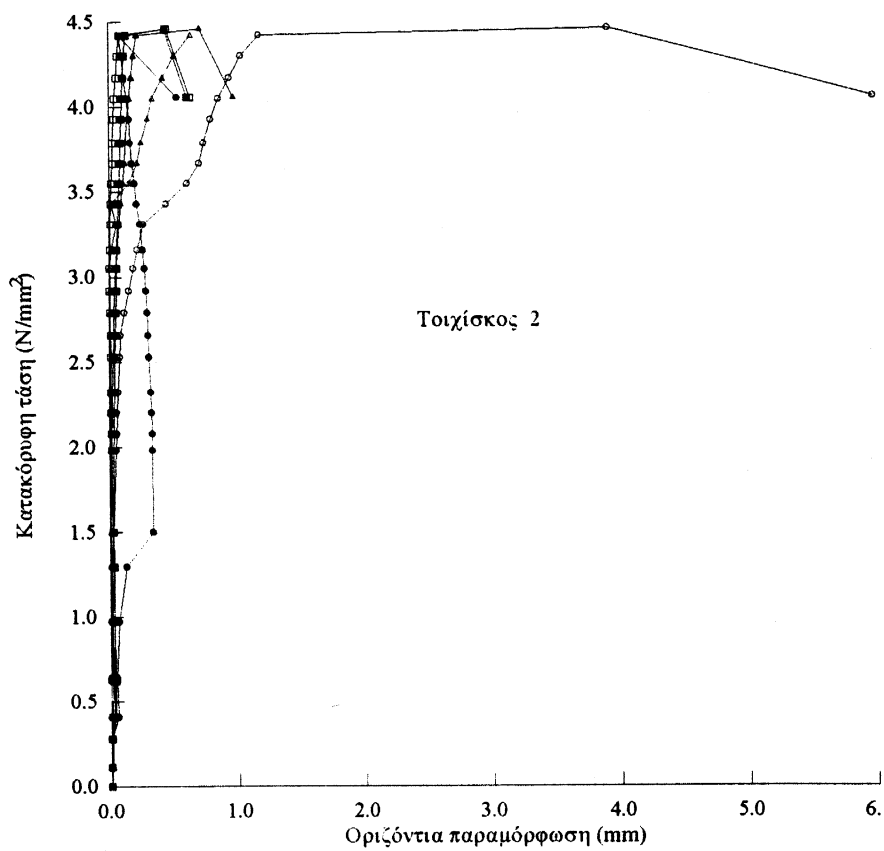
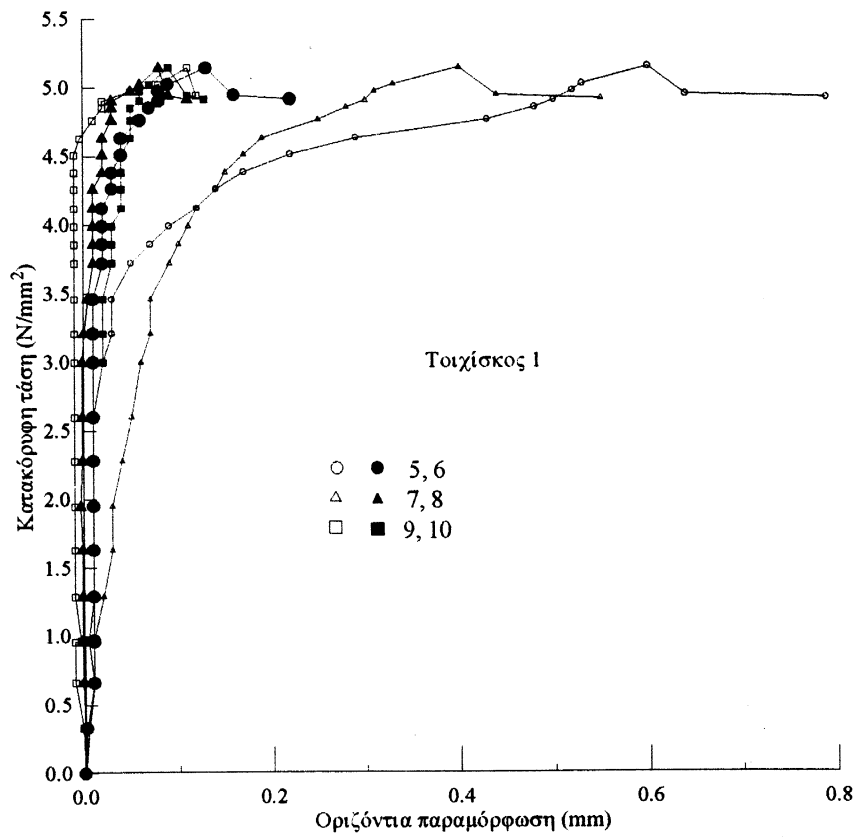
(στ) Τα δύο χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν στις προηγούμενες δύο παραγράφους (δ) και (ε) συνιστούν την σημαντική ευνοϊκή συμβολή του οπλισμού των οριζόντιων αρμών στην αύξηση της πλαστιμότητας σε θλίψη της άοπλης τοιχοποιίας. Πράγματι, η αύξηση της ανηγμένης παραμορφώσεως που αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας σημαίνει ότι ο τοίχος στον οποίον ανήκει το τμήμα με τον τοπικόν οπλισμό, έχει την

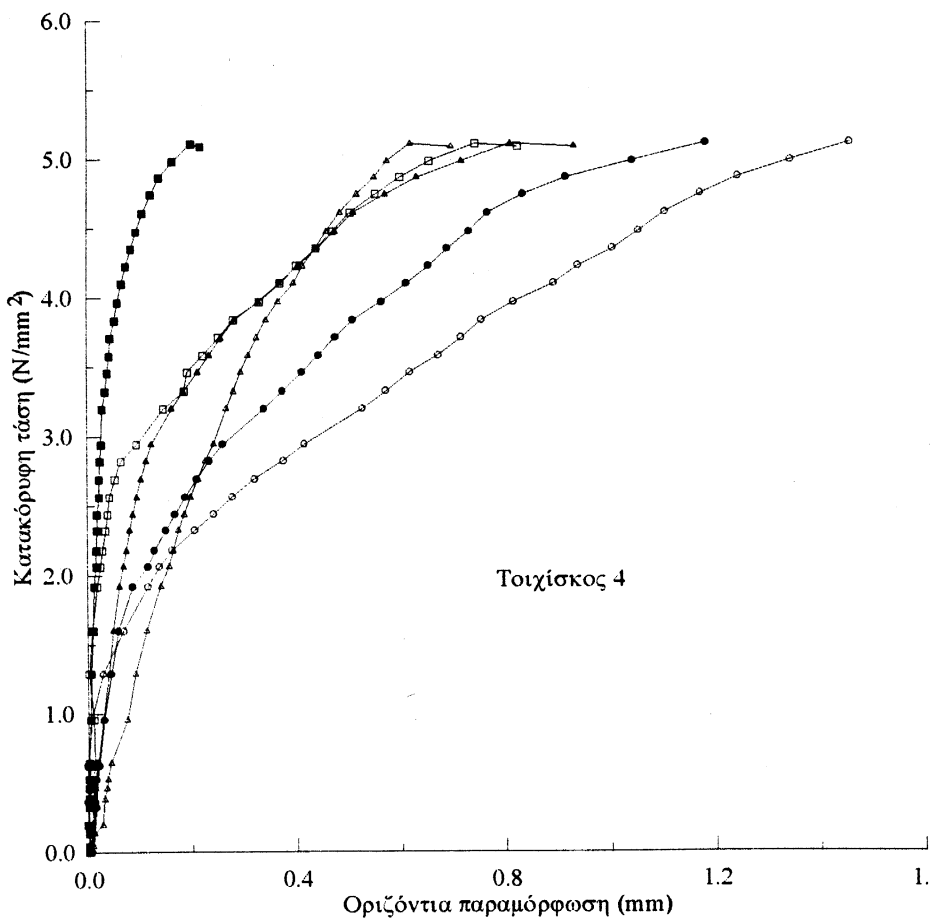
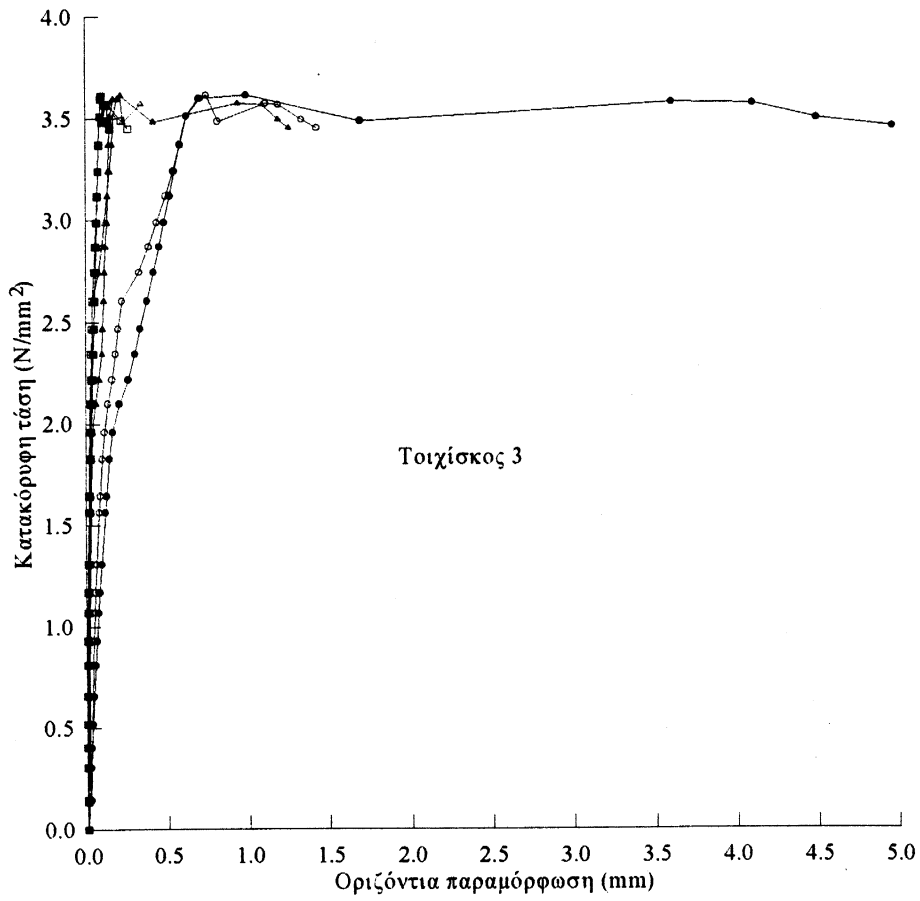
δυνατότητα να στραφή περισσότερο (λόγω κάμψεως) χωρίς να προκληθή τοπική αποδιοργάνωσή του.

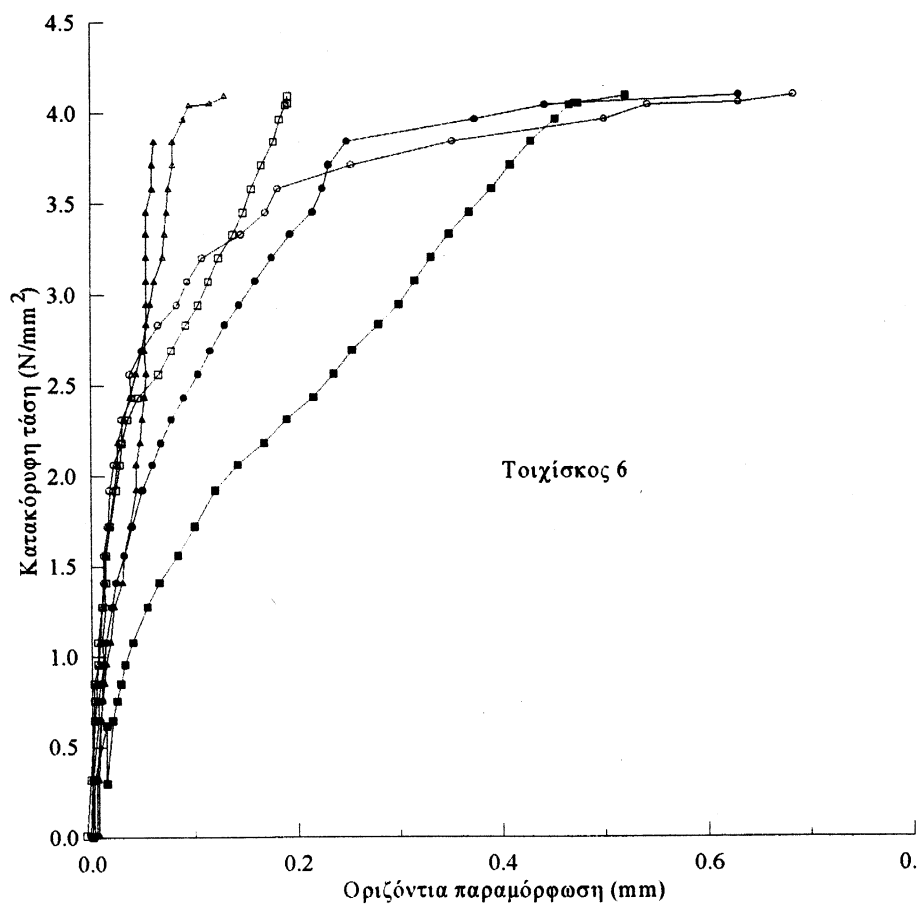
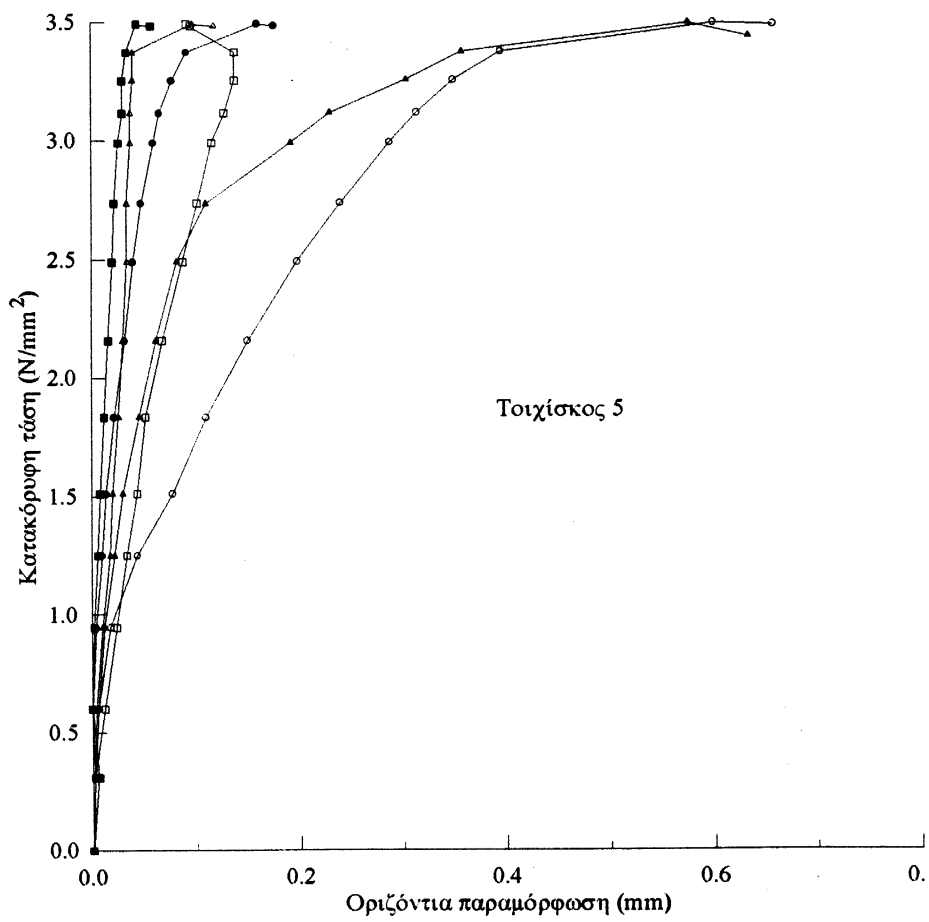
Ακόμη όμως και εάν η επιβαλλόμενη παραμόρφωση είναι τόσο μεγάλη, ώστε να υπερβληθή η τιμή που αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας, θα ακολουθήσει μεν μία μείωση της φέρουσας ικανότητας της τοιχοποιίας σε θλίψη, η οποία όμως δεν είναι απότομη μέχρις ακαριαίου μηδενισμού της, αλλά, αντιθέτως, είναι σταδιακή. Ετσι, θα είναι δυνατή η ανακατανομή της εντάσεως και σε άλλους τοίχους του δομήματος (λιγότερο επιβαρυσμένους) ή και η μερική αποφόρτιση του εν λόγω τοίχου ώστε να αποφευχθή αποδιοργάνωσή του. Αξίζει εν προκειμένω να αναφερθή ότι (βλ. και Σχ. 17) η μορφολογία ρηγματώσεως των ωπλισμένων τοιχίσκων μόλις υπερβούν την θλιπτική τους αντοχή περιλαμβάνει μόνον πρωτεύουσες ρωγμές (κατά μήκος ενός κατακορύφου αρμού κονιάματος ή καθ' ύψος ενός λιθοσώματος). Οι δευτερεύουσες ρωγμές οι οποίες οδηγούν στην αποδιοργάνωση των λιθοσωμάτων εμφανίζονται για σημαντικά μεγαλύτερες τιμές των επιβαλλόμενων παραμορφώσεων. Αντιθέτως, στην περίπτωση των άοπλων τοιχίσκων, η εμφάνιση όλων των οικογενειών ρωγμών είναι πρακτικώς ταυτόχρονη και απότομη. Αυτό σημαίνει ότι η διαπίστωση ότι υπάρχουν πρωτεύουσες ρωγμές σε μία τοιχοποιία με τοπικόν οπλισμό αφήνει περιθώρια διορθωτικών επεμβάσεων (π.χ. μερική αποφόρτιση), πράγμα το οποίο δεν συμβαίνει για τους τοίχους χωρίς τοπικόν οπλισμό.

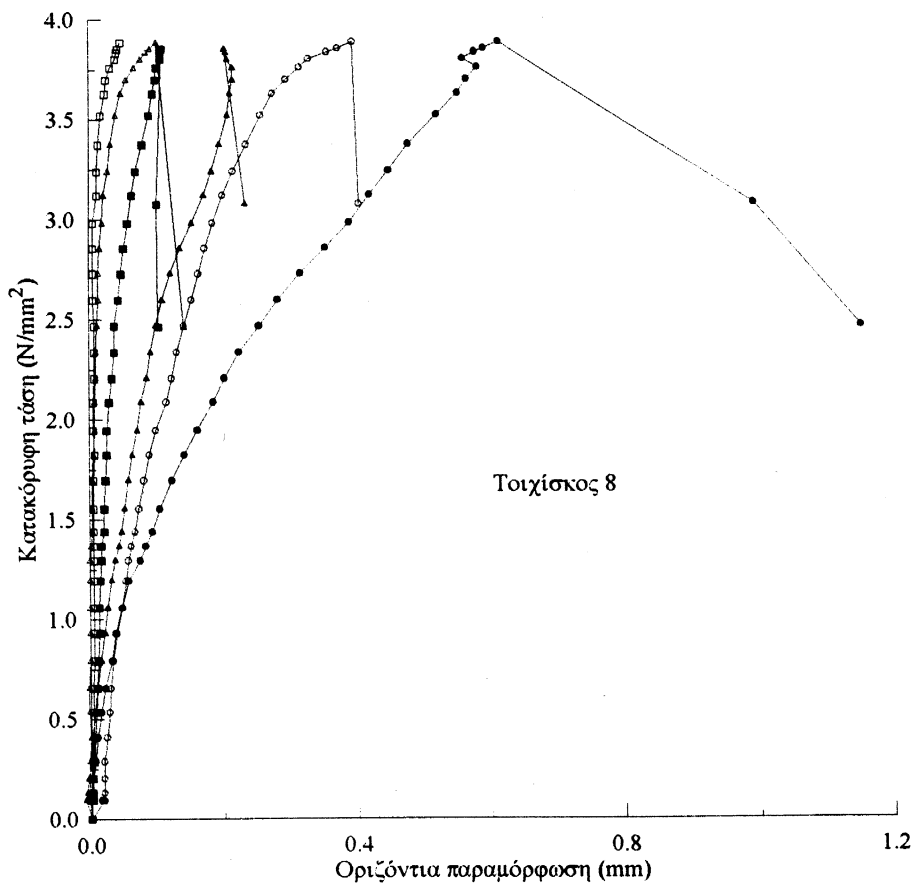
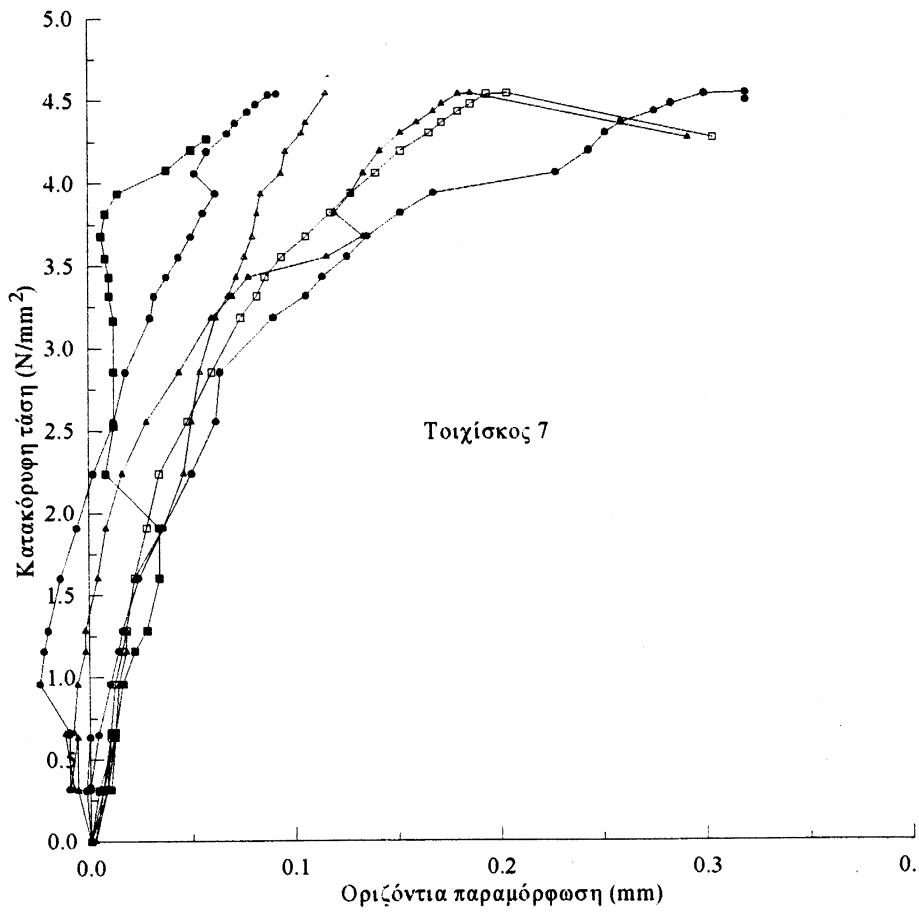
3.3.5.- Οριζόντιες παραμορφώσεις (ανοίγματα ρωγμών)

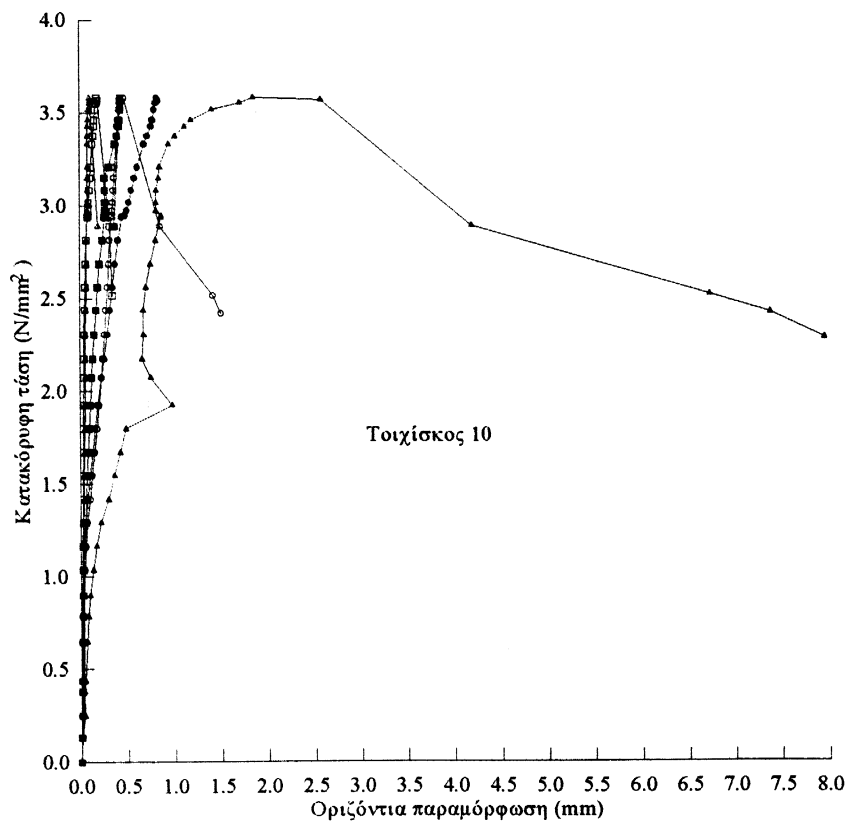
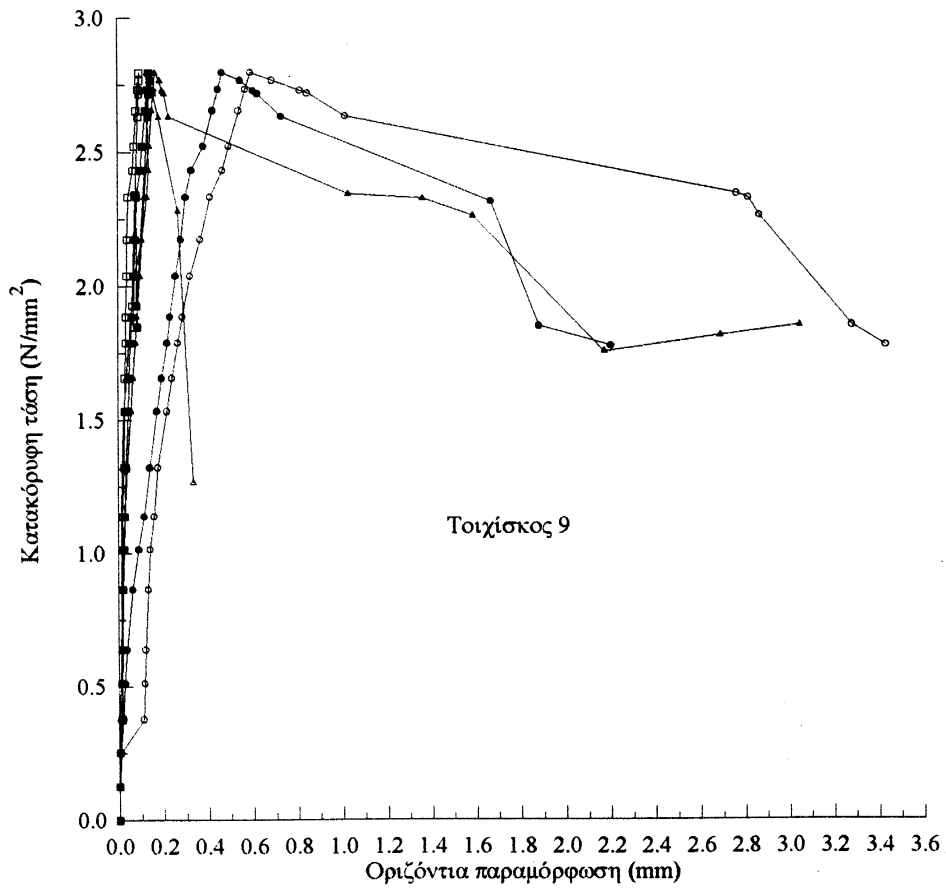
Στο Σχ. 19 δίνονται τα διαγράμματα θλιπτικών τάσεων-οριζόντιων παραμορφώσεων για όλους τους τοιχίσκους. Σ' αυτά τα διαγράμματα οι οριζόντιες παραμορφώσεις δίνονται σε χιλιοστόμετρα και όχι ανηγμένες στο μήκος μετρήσεως διότι περιλαμβάνουν τα ανοίγματα των κατακόρυφων ρωγμών οι οποίες





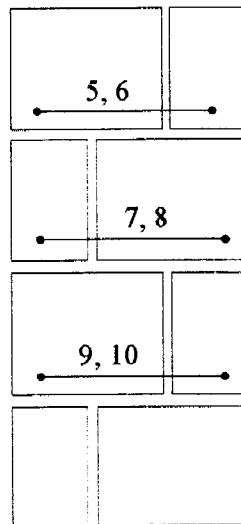






Σχ. 19: Διαγράμματα τάσεων-οριζόντιων παραμορφώσεων

άνοιξαν στους τοιχίσκους κατά την διάρκεια της φορτίσεως. Τα διαγράμματα του Σχ. 19 δίνουν πρόσθετες πληροφορίες για την μορφολογία ρηγματώσεως των τοιχίσκων, λαμβανομένων υπ' όψη των ακριβών θέσεων στις οποίες ήσαν τοποθετημένα τα οριζόντια βελομέτρα και οι οποίες φαίνονται στο Σχ. 20. Πρέπει κατ' αρχάς να παρατηρηθή ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν ήταν δυνατή



Σχ. 20: Θέση των οριζόντιων βελομέτρων στις όψεις του τοιχίσκου

η καταγραφή των οριζόντιων παραμορφώσεων (δηλαδή, των ανοιγμάτων των ρωγμών) μέχρι το τέλος κάθε δοκιμής, δεδομένου ότι οι ρωγμές και οι αποφλοιώσεις των λιθοσωμάτων σε ορισμένες περιπτώσεις περνούσαν από στήριξη οριζόντιου βελομέτρου, το οποίο έπαυε να δίνει αξιόπιστες μετρήσεις. Έτσι, τα αποτελέσματα των μετρήσεων των οριζόντιων βελομέτρων εν γένει δεν επιτρέπουν την συναγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων για τα ανοίγματα ρωγμών στους ωπλισμένους τοιχίσκους στην περιοχή του φθιτού κλάδου.

Παρατηρείται πάντως σε ορισμένες περιπτώσεις (Τοιχίσκοι 8, 9 και 10) ότι μετά από την επιστράτευση της θλιπτικής αντοχής του τοιχίσκου (στην περιοχή του φθιτού κλάδου) τα ανοίγματα

των κατακόρυφων ρωγμών παρουσιάζουν αύξηση για μειούμενη επιστρατευόμενη θλιπτική αντίσταση. Τα ανοίγματα των ρωγμών φθάνουν σε ορισμένες περιπτώσεις τα 4 ή και τα 8mm.

Εν γένει, τα βελόμετρα 5 και 6 (βλ. Σχ. 20) έδειξαν τις μεγαλύτερες μετρήσεις, πράγμα το οποίο είναι συμβατό με την μορφολογία ρηγματώσεως των ωπλισμένων τοιχίσκων (Σχ. 17). Τα υπόλοιπα βελόμετρα δείχνουν οριζόντιες παραμορφώσεις κατά την στιγμή της επιστρατεύσεως της μέγιστης αντιστάσεως μικρότερες από 0,5mm (στις περισσότερες δε περιπτώσεις, τιμές μεταξύ 0,1 και 0,2mm).

Στην περίπτωση των άοπλων τοιχίσκων, οι μεγαλύτερες τιμές των ανοιγμάτων των κατακόρυφων ρωγμών παρατηρούνται και στην θέση των βελομέτρων 7 και 8, πράγμα το οποίο συμφωνεί και με την μορφολογία ρηγματώσεως του Σχ. 17.

4.- ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Όπως αναφέρθηκε ήδη στα προηγούμενα, η παρουσία του οπλισμού στους οριζόντιους αρμούς των τοιχίσκων ήταν ευνοϊκή. Σ' αυτήν την παράγραφο θα γίνη μία προσπάθεια ποσοτικοποίησεως (ή μάλλον ποσοτικοποιημένης ερμηνείας) των αποτελεσμάτων τα οποία επετεύχθησαν.

4.1.- Η επιρροή του οριζόντιου οπλισμού στην αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας

Στην παράγραφο 2.2 αυτής της Εκθέσεως περιλαμβάνεται η ακόλουθη σχέση, η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας στην περίπτωση κατά την οποίαν ο λόγος εγκάρσιας διογκώσεως των αρμών (είτε λόγω πολύ καλής ποιότητας του κονιάματος είτε λόγω της παρουσίας

οπλισμού) είναι μικρότερος από τον λόγο εγκάρσιας διογκώσεως των λιθοσωμάτων.

$$\frac{f_{wc}}{f_{bc}} = 1: \left[1 - \frac{0,2\alpha(\beta v_b + v_m)}{1 - \alpha\beta + \alpha\beta v_b + v_m} \right]$$

Όπως έδειξαν οι δοκιμές οι οποίες έγιναν για τον προσδιορισμό των μηχανικών χαρακτηριστικών των επί μέρους υλικών (βλ. §3.1), ο λόγος εγκάρσιας διογκώσεως των οπτοπλίνθων ήταν ίσος με 0,28 και το μέτρο ελαστικότητάς των ίσο με 7527 N/mm², ενώ οι αντίστοιχες τιμές για το κονίαμα ήταν ίσες με 0,256 και 12699 N/mm². Επί πλέον, δεδομένου ότι το πάχος των οριζόντιων αρμών στους τοιχίσκους ήταν ίσο με 10 ή με 20 mm, ενώ το ύψος της οπτοπλίνθου είναι ίσο με 250mm, ο λόγος α είναι ίσος με 0,04 ή με 0,08 αντιστοίχως.

Η εφαρμογή της πιοπάνω σχέσεως για τα χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και για τα δύο πάχη των αρμών, δίνει τιμή του λόγου f_{wc}/f_{bc} πρακτικώς ίση με την μονάδα και για τα δύο πάχη αρμών. Πράγματι, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις η τιμή του λόγου α είναι επαρκώς μικρή, δεν παρατηρείται μείωση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας για το μεγαλύτερο πάχος αρμού (πράγμα το οποίο διαπιστώθηκε και πειραματικώς).

Εάν, τώρα, θελήσουμε να υπολογίσουμε μέσω της θεωρητικής σχέσεως την αναμενόμενη επιρροή του οπλισμού των οριζόντιων αρμών στο μέγεθος της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, θα πρέπει να γνωρίζουμε τον «τροποποιημένο» λόγο εγκάρσιας διογκώσεως των οριζόντιων αρμών, ο οποίος αναμένεται ότι θα μειώνεται λόγω της παρουσίας του οριζόντιου οπλισμού. Επειδή δεν διατίθενται μετρήσεις οι οποίες να επιτρέπουν τον ακριβέστερο υπολογισμό αυτού του τροποποιημένου λόγου

εγκάρσιας διογκώσεως, θα κάνουμε την παραδοχή ότι η προσθήκη του οπλισμού στους αρμούς αποκλείει την εκδήλωση οποιασδήποτε εγκάρσιας παραμορφώσεως. Άρα, γίνεται η παραδοχή ότι $v_m=0$. Εφαρμόζοντας την ίδια σχέση για τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, διαπιστώνουμε ότι και πάλι ο λόγος f_{wc}/f_{bc} ελάχιστα απέχει από την μονάδα. Επομένως, και η θεωρητική διερεύνηση αποδεικνύει αυτό που παρατηρήθηκε και πειραματικώς, ότι δηλαδή η παρουσία του οπλισμού των αρμών δεν αναμένεται να αυξήσει την θλιπτική αντοχή της τοιχοποιίας.

4.2.- Ο περιορισμός του ανοίγματος των κατακόρυφων ρωγμών

Αντιθέτως προς όσα αναφέρονται στην προηγούμενη παράγραφο, για την αμελητέα επιρροή του οριζόντιου οπλισμού στο μέγεθος της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας, παρατηρείται σημαντικός περιορισμός του ανοίγματος των κατακόρυφων ρωγμών στην περίπτωση των ωπλισμένων τοιχίσκων. Στον Πίνακα 9 δίνεται για όλους τους τοιχίσκους το μέγιστο άνοιγμα κατακόρυφων ρωγμών, το οποίο μετρήθηκε κατά την στιγμή της επιστρατεύσεως της θλιπτικής αντοχής των τοιχίσκων.

Όπως διαπιστώνεται από τις τιμές του Πίνακα 9, οι άοπλοι τοιχίσκοι (με εξαίρεση τον τοιχίσκο 1) εμφάνισαν κατά την στιγμή της επιστρατεύσεως της θλιπτικής αντοχής των μεγάλά ανοίγματα κατακόρυφων ρωγμών, τα οποία οδήγησαν και στην αποδιοργάνωση των τοιχίσκων με ταυτόχρονη απότομη μείωση της αποκρίσεώς των (κατακόρυφος φθιτός κλάδος). Αντιθέτως, στην περίπτωση των ωπλισμένων τοιχίσκων (με μόνη εξαίρεση τον τοιχίσκο 10), τα ανοίγματα των κατακόρυφων ρωγμών την στιγμή της επιστρατεύσεως της θλιπτικής αντοχής των τοιχίσκων είναι

Πίνακας 9: Μέγιστο άνοιγμα κατακόρυφων ρωγμών αντίστοιχο της θλιπτικής αντοχής των τοιχίσκων

Τοιχίσκος	Άνοιγμα ρωγμής (mm)
1	0,60
2	3,0-4,0
3	3,0-5,0
4	1,2-1,4
5	0,7
6	0,7
7	0,3
8	0,6
9	0,6
10	1,0-2,0

πολύ μικρότερα. Συνέπεια αυτής της ευνοϊκής συμπεριφοράς είναι η καθυστέρηση της αποδιοργανώσεως της τοιχοποιίας και η συνακόλουθη αργή μείωση της θλιπτικής της αντιστάσεως των τοιχίσκων.

Το γεγονός ότι οι ωπλισμένοι τοιχίσκοι δεν παρουσιάζουν αυξημένη θλιπτική αντοχή έναντι των άοπλων μπορεί να ερμηνευθή και με τον ακόλουθο τρόπο. Όπως έδειξαν οι δοκιμές εξολκεύσεως των ράβδων του οπλισμού (βλ. §3.2.1), η επιστράτευση του ορίου διαρροής των ράβδων επιτυγχανόταν για μιάν ολισθήση της τάξεως του ενός χιλιοστομέτρου (δηλαδή, για ένα άνοιγμα ρωγμής περίπου ίσο με 2 χιλιοστόμετρα). Δεδομένου δε ότι μέχρι την επιστράτευση του ορίου διαρροής, το διάγραμμα τάσεων εξολκεύσεως-ολισθήσεως είναι πρακτικώς γραμμικό, μπορεί κανείς να υπολογίσει αναλογικώς την τάση της ράβδου για μικρότερες τιμές της ολισθήσεως μεταξύ ράβδου και

κονιάματος. Έτσι, εάν για τους ωπλισμένους τοιχίσκους δεχθούμε ένα μέσο άνοιγμα ρωγμής ίσο με 0,70mm, θα έχουμε μία μέση τιμή ολισθήσεως ίση με 0,35mm. Δεδομένου δε ότι απαιτείται ολισθήση ίση με 1mm για την επιστράτευση του ορίου διαρροής (το οποίο είναι ίσο με 610 MPa), μπορούμε να δεχθούμε ότι κατά την στιγμή της επιστρατεύσεως της θλιπτικής αντοχής των ωπλισμένων τοιχίσκων, ο πλέον εντεινόμενος οριζόντιος οπλισμός θα έχει μιάν εφελκυστική τάση περίπου ίση με 215 MPa. Ακόμη και για την ευμενέστερη περίπτωση κατά την οποίαν οι οριζόντιοι αρμοί διαθέτουν διπλό δομικό πλέγμα (άρα ο οπλισμός κάθε αρμού είναι 5Ø5), η οριζόντια δύναμη περισφίγξεως η οφειλόμενη στον οπλισμό θα είναι $5 \times 19,63 \text{mm}^2 \times 215 \text{MPa} = 21108 \text{N}$. Εάν αυτή η δύναμη διαιρεθί με την διατομή του τοιχίσκου ($485 \times 320 \text{mm}^2$), θα προκύψη μία οριζόντια τάση περισφίγξεως ίση με 0,136 MPa. Εάν ληφθή υπ' όψιν ότι η αντοχή του λιθοσώματος σε μονοαξονική θλίψη είναι 8,5MPa, γίνεται φανερό ότι μία τόσο μικρή οριζόντια τάση περισφίγξεως δεν είναι σε θέση να προκαλέση αύξηση της θλιπτικής αντοχής των λιθοσωμάτων και, επομένως, και της τοιχοποιίας.

Εξ άλλου, όπως έδειξαν οι δοκιμές τριβής κατά μήκος των αρμών λιθοσώματος-κονιάματος (βλ. §3.2.2), η διατμητική τάση η οποία μπορεί να μεταφερθή κατά μήκος των αρμών μέσω τριβής είναι τουλάχιστον ίση με 0,30MPa και μάλιστα για μικρές τιμές της κατακόρυφης θλιπτικής τάσεως. Επομένως, η αναπτυσσόμενη οριζόντια τάση περισφίγξεως, λόγω της παρουσίας του οριζόντιου οπλισμού, μπορεί με ασφάλεια να μεταφερθή από τὸν αρμό κονιάματος στα λιθοσώματα, πρακτικῶς χωρίς την εκδήλωση ολισθήσεως στην διεπιφάνεια λιθοσώματος-κονιάματος. Αυτό αποδείχθηκε και πειραματικῶς, μίας και δεν παρατηρήθηκαν τέτοιου είδους ολισθήσεις στους οριζόντιους αρμούς κατά την διάρκεια των δοκιμών των τοιχίσκων.

5.- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τόσο η αναλυτική , όσο και η πειραματική εργασία οι οποίες περιγράφηκαν στα προηγούμενα, επιτρέπουν την συναγωγή των ακόλουθων συμπερασμάτων, ως προς τον ρόλο του τοπικού οπλισμού ο οποίος τοποθετείται στους οριζόντιους αρμούς της άοπλης φέρουσας τοιχοποιίας:

1.- Δεν διαπιστώθηκε αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας λόγω της παρουσίας του οπλισμού στους αρμούς για καμμία από τις δύο περιπτώσεις οπλίσεως (με μονό ή με διπλό δομικό πλέγμα T196). Οπως αποδεικνύεται αναλυτικώς, αλλά και πειραματικώς (βάσει των αποτελεσμάτων των δοκιμών εξολκεύσεως του οριζόντιου οπλισμού), οι οριζόντιες τάσεις περισφίξεως, οι οφειλόμενες στον οριζόντιο οπλισμό είναι μικρές και ανεπαρκείς για να προκαλέσουν αύξηση της θλιπτικής αντοχής της τοιχοποιίας.

2.- Αντιθέτως, η παρουσία του οριζόντιου οπλισμού προκάλεσε μείωση του ανοίγματος των κατακόρυφων ρωγμών (λόγω θλίψεως) των τοιχίσκων, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της αποδιοργανώσεώς των. Αυτό το γεγονός είχε ως συνέπεια την αύξηση της ανηγμένης παραμορφώσεως η οποία αντιστοιχεί στην θλιπτική αντοχή των οπλισμένων τοιχίσκων, αλλά και την καταγραφή ενός φθιτού κλάδου πολύ λιγότερο απότομου απ' ότι στην περίπτωση των άοπλων τοιχίσκων.

3.- Πρέπει, βεβαίως, να αναφερθή ότι λόγω της αναμενόμενης μεγάλης διασποράς των πειραματικών αποτελεσμάτων (χαρακτηριστικής για την τοιχοποιία), δεν είναι δυνατή η συναγωγή ακριβών ποσοτικών συμπερασμάτων, τα οποία να οδηγούν σε υπολογισμό του απαιτούμενου οριζόντιου οπλισμού των αρμών. Φαίνεται, πάντως, ότι ακόμη και ένα κομμάτι απλού δομικού

πλέγματος (πρακτικώς αμελητέου κόστους) μπορεί να εξασφαλίση τα θετικά αποτελέσματα που περιγράφηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Πρέπει, ακόμη να αναφερθή ότι παρά τα θετικά αποτελέσματα τα οποία επιτεύχθησαν χάρις στον οπλισμό των οριζόντιων αρμών, η αστοχία της τοιχοποιίας παρέμεινε ψαθυρή, δεδομένου ότι δεν είναι δυνατόν να αρθή με τέτοιες μεθόδους το ψαθυρό των λιθοσωμάτων.

4.- Πιστεύεται ότι θα ήταν χρήσιμη η συνέχιση της έρευνας μέσω της δοκιμής τοίχων φυσικής κλίμακας με τοπικόν οπλισμό μόνον στις κατώτερες (τις πλέον θλιβόμενες) περιοχές των. Οι τοίχοι θα πρέπει να δοκιμασθούν σε συνδυασμό αξονικής δυνάμεως, ροπής κάμψεως και τέμνουσας, έτσι ώστε να ελεγχθή κατά πόσον η παρατηρηθείσα βελτίωση σε τοπικό επίπεδο, βελτιώνει πράγματι την συμπεριφορά ολόκληρου του τοίχου. Το θέμα αυτό είναι πολύ σημαντικό, δεδομένου ότι οι βλάβες λόγω θλίψεως είναι δυσχερέστατες ως προς την επισκευή των. Επομένως, ο περιορισμός των και μάλιστα με απλά μέσα, χωρίς ιδιαίτερη υπολογιστική επιβάρυνση και με πολύ μικρό κόστος θα σημαίνει μία σημαντική βελτίωση της συμπεριφοράς των κτιρίων από άοπλη φέρουσα τοιχοποιία κυρίως έναντι σεισμού.

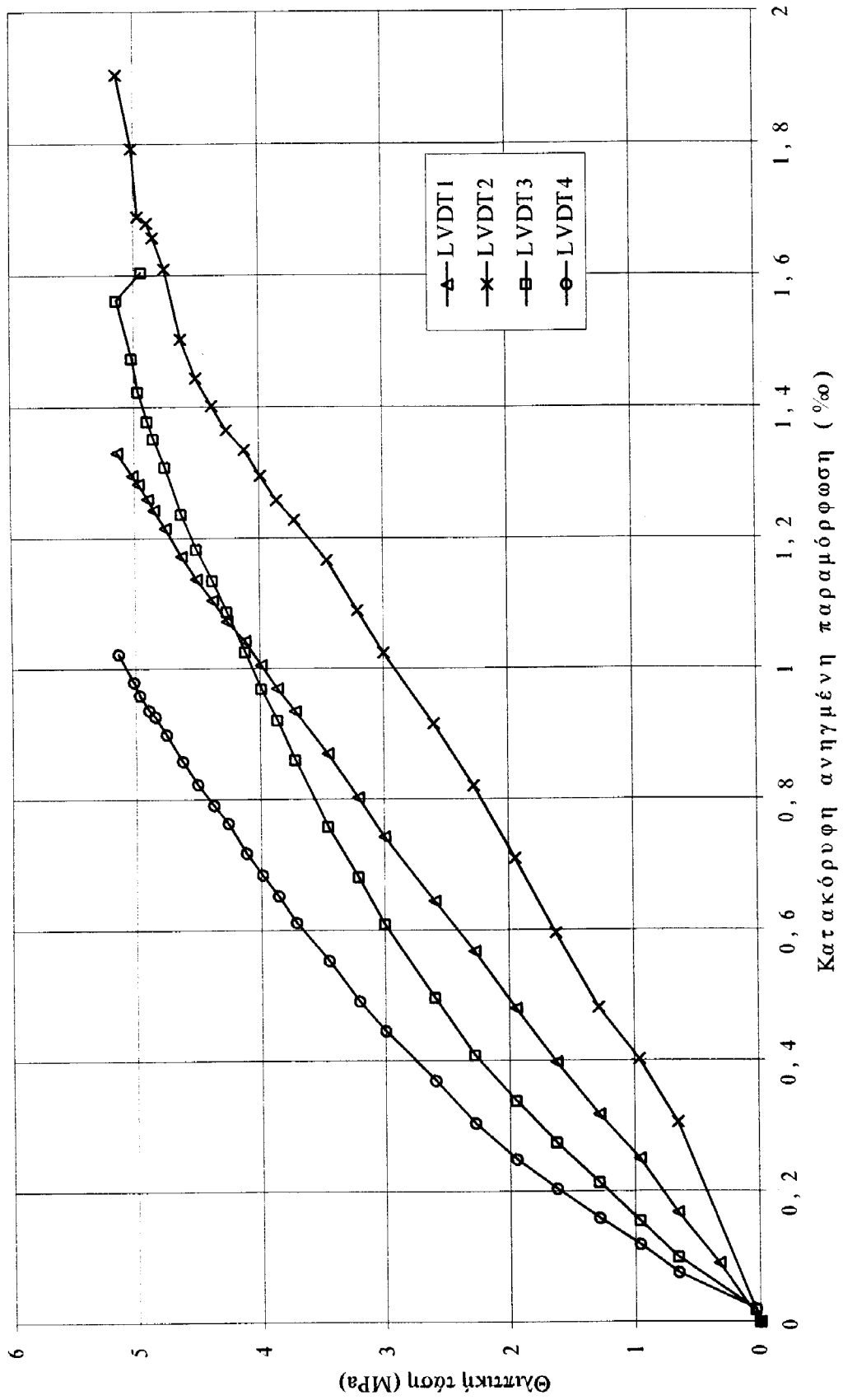
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

Priestley M.J.N., Elder D.M.: «Stress-strain curves for unconfined and confined concrete masonry», ACI Journal, May-June 1983.

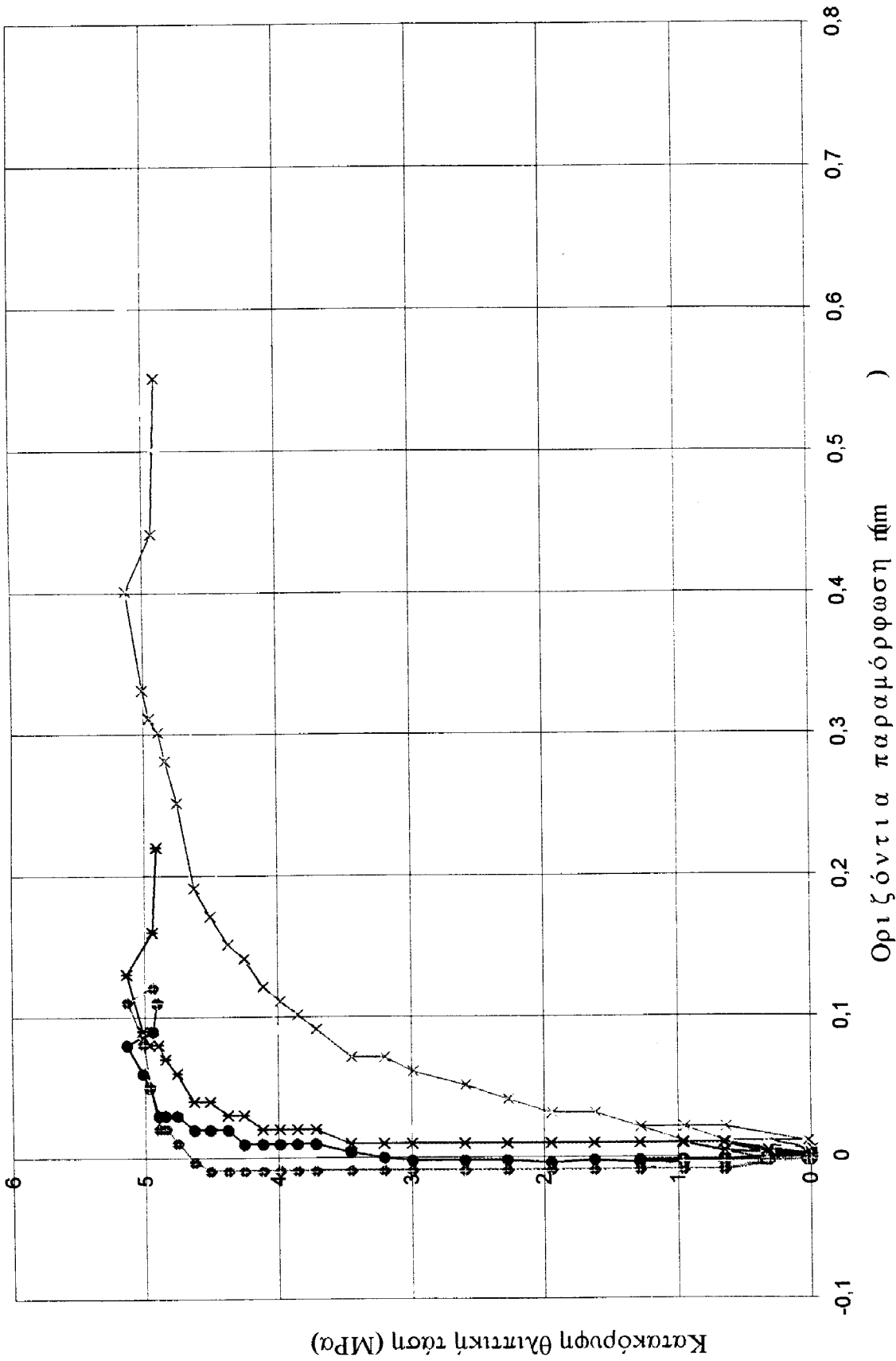
Τάσιος Θ.Π.: «Η Μηχανική της τοιχοποιίας», Εκδοση ΕΜΠ, 1986.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

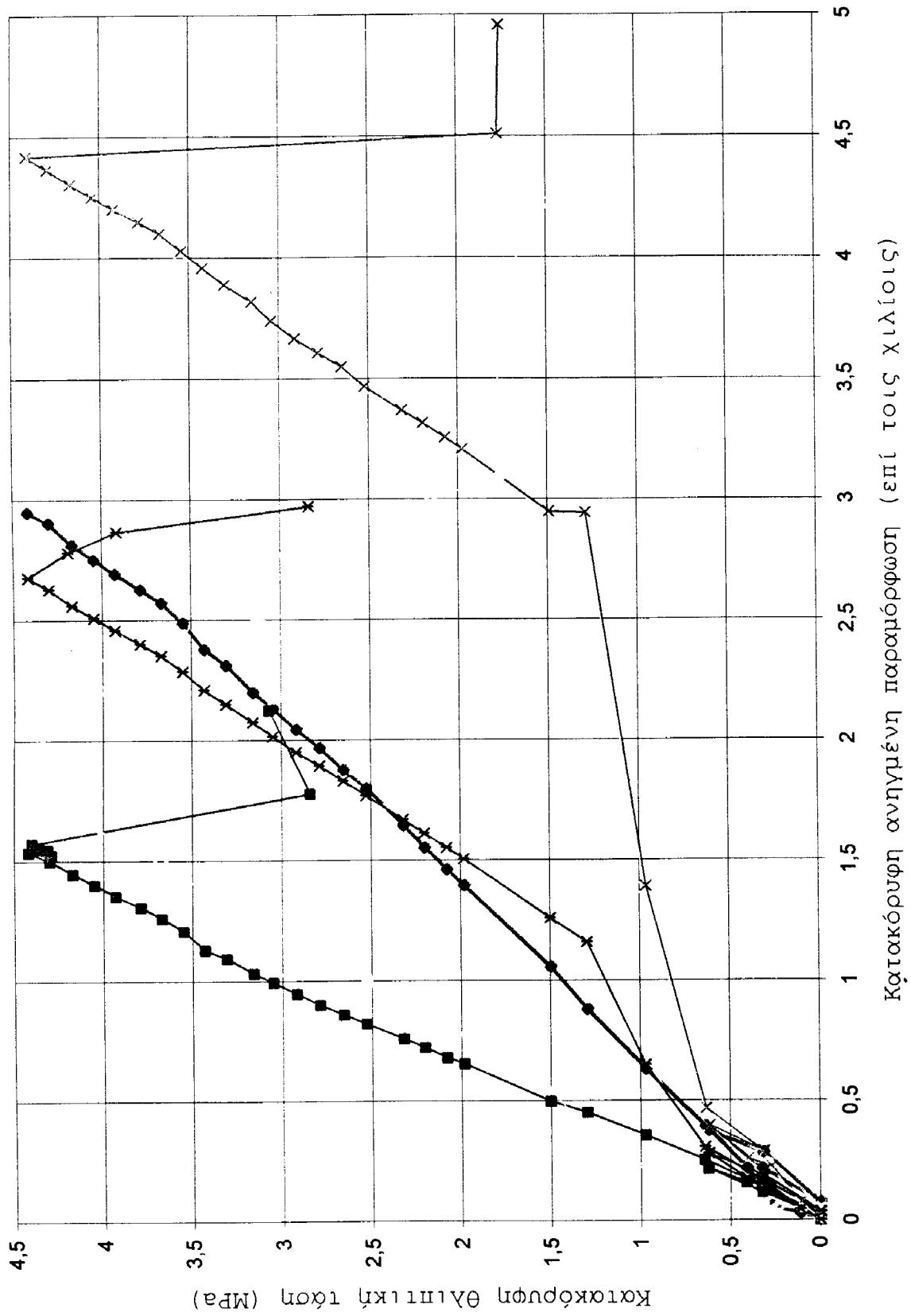
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 1

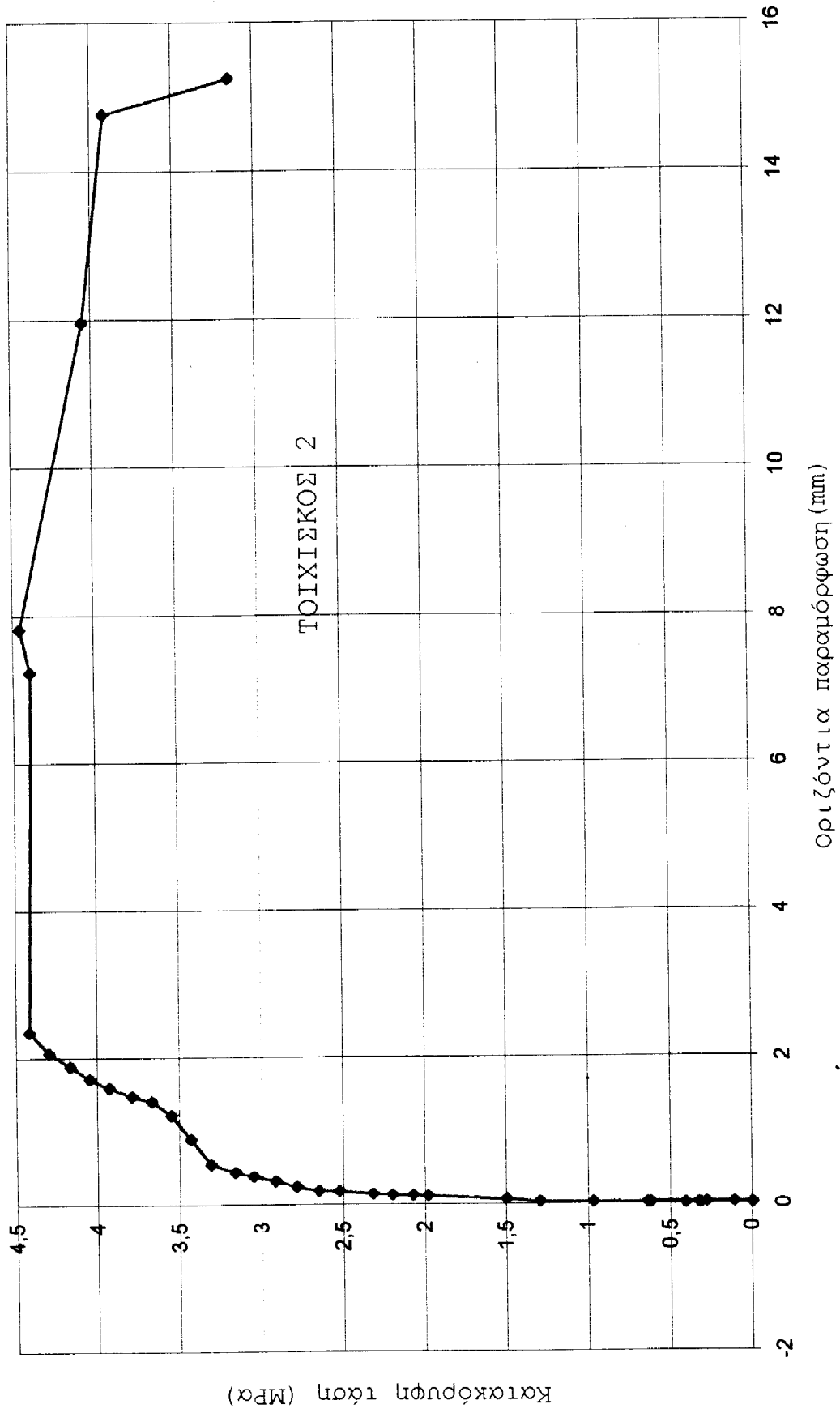


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 1

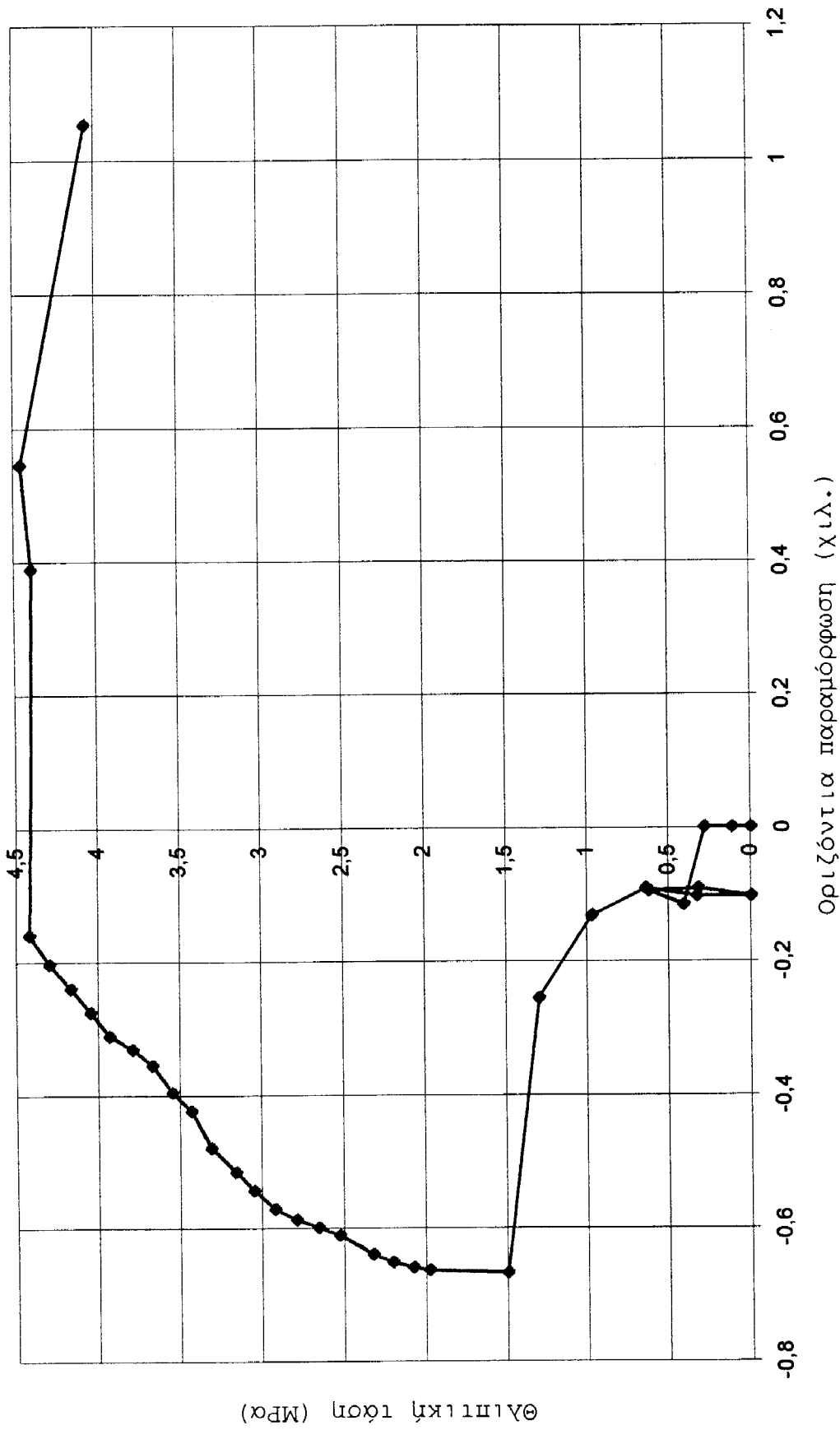


ΤΟΙΧΙΣΤΙΚΟΣ 2

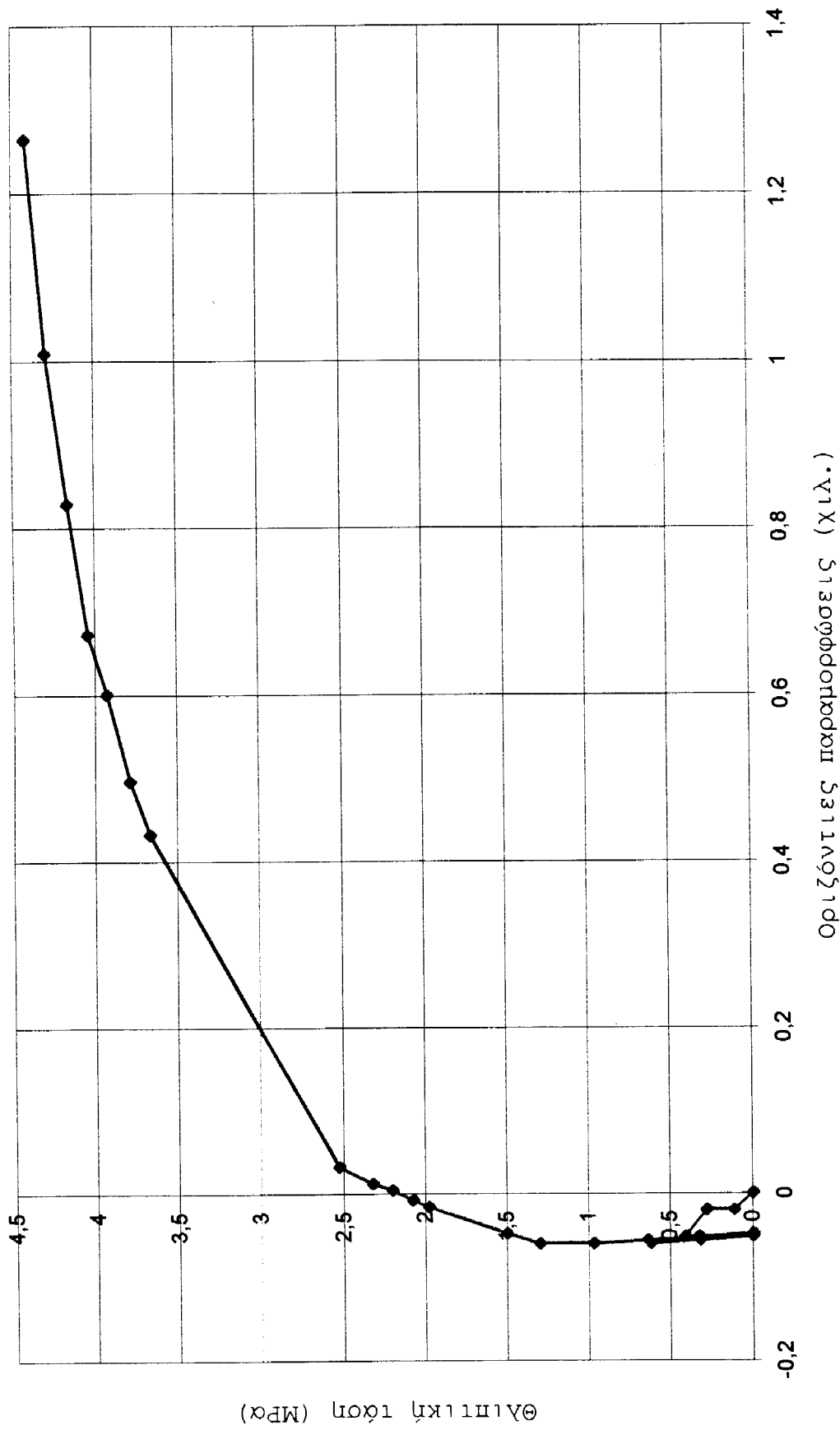




ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 2

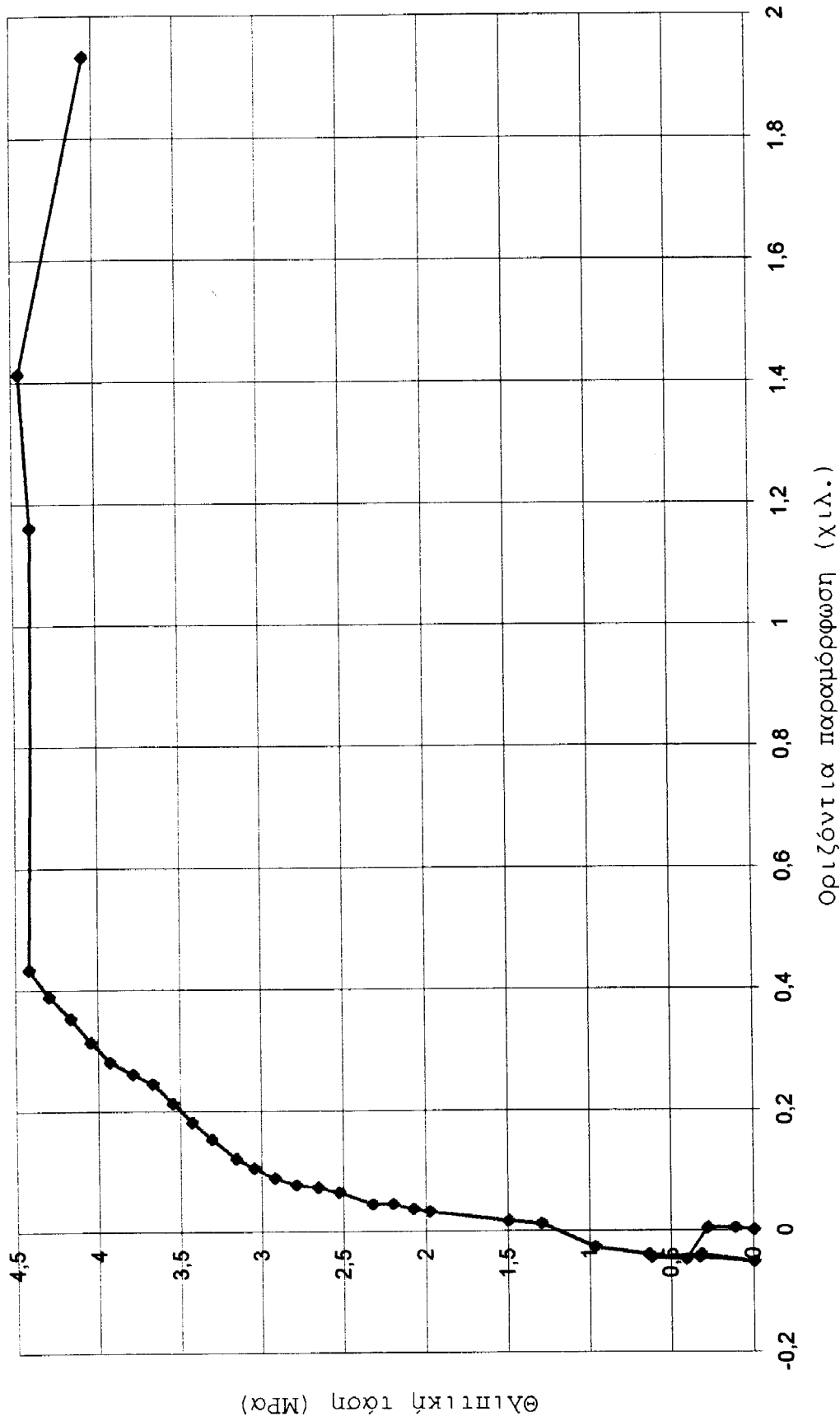


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 2

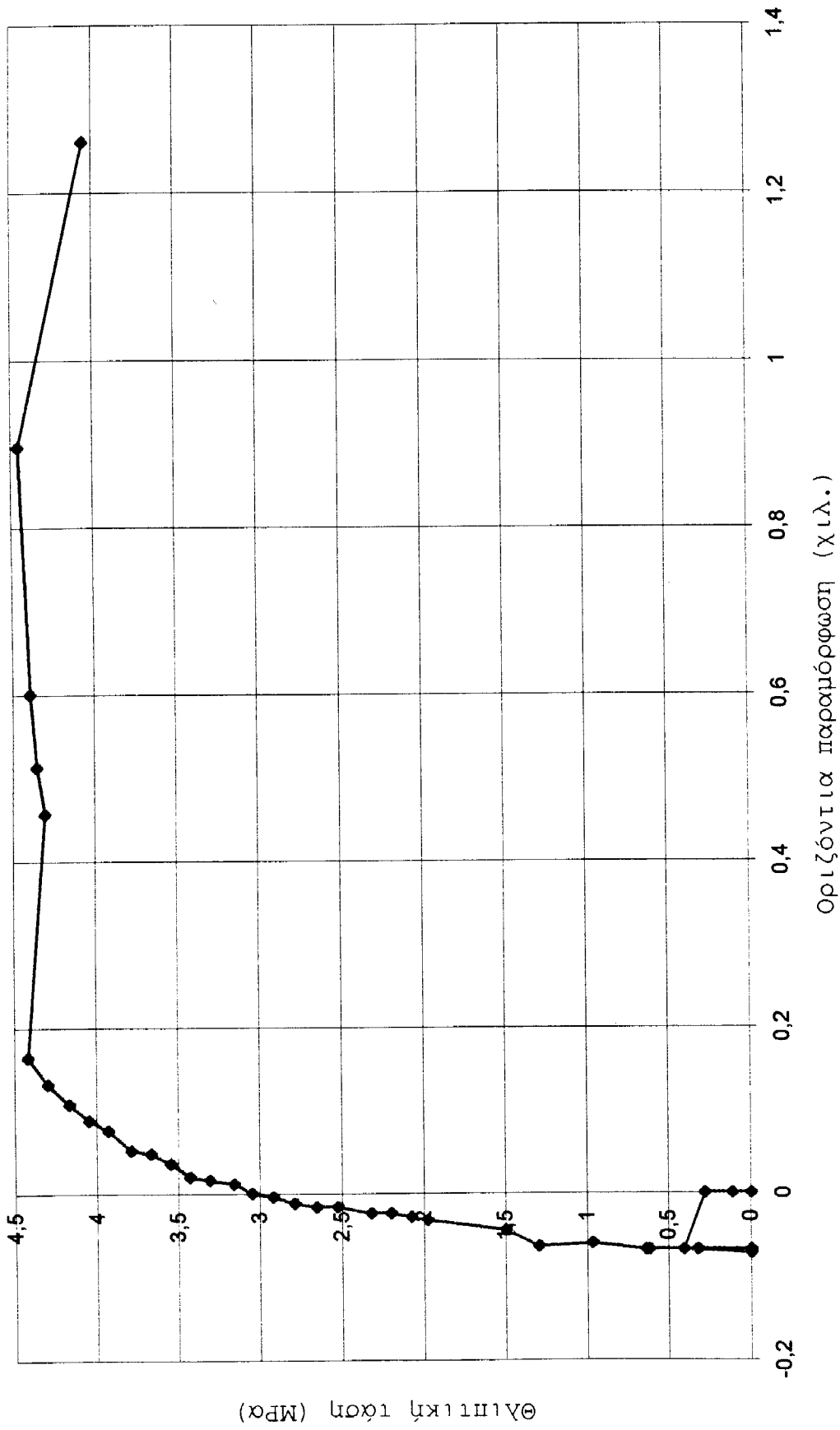


—◆— LVDT7

ΤΟΙΧΙΣΤΟΣ 2

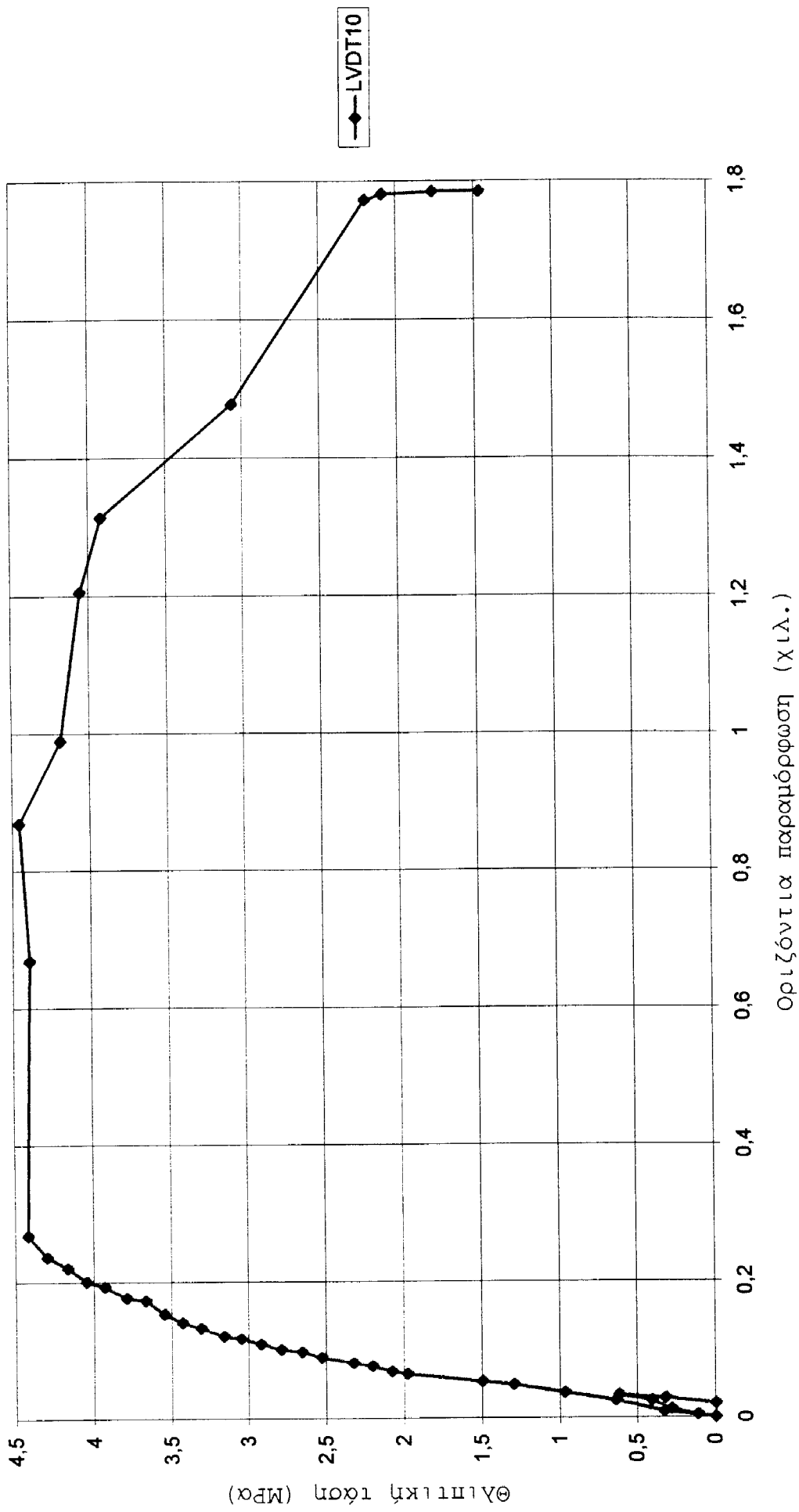


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 2

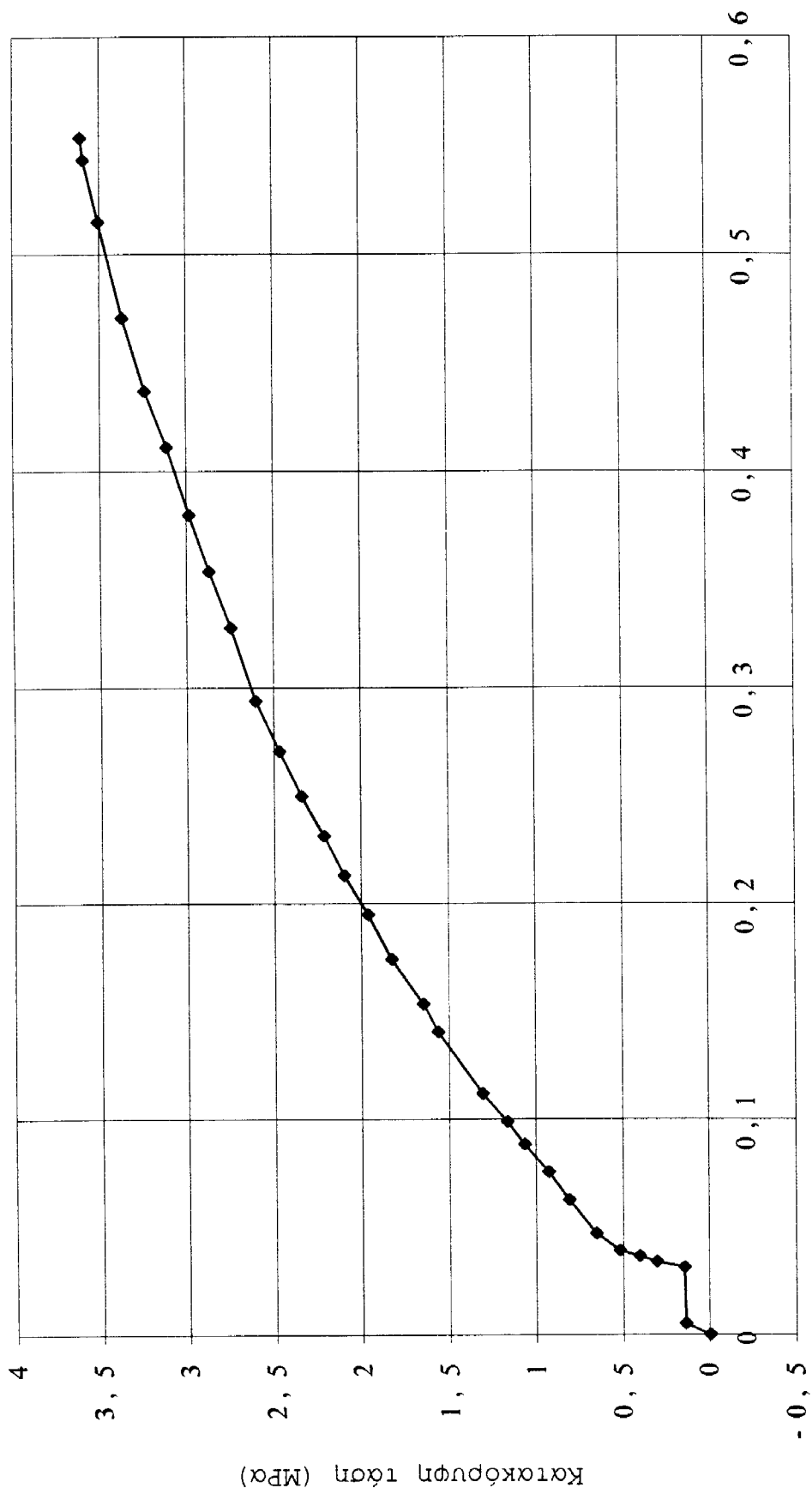


—◆— LVDT9

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 2

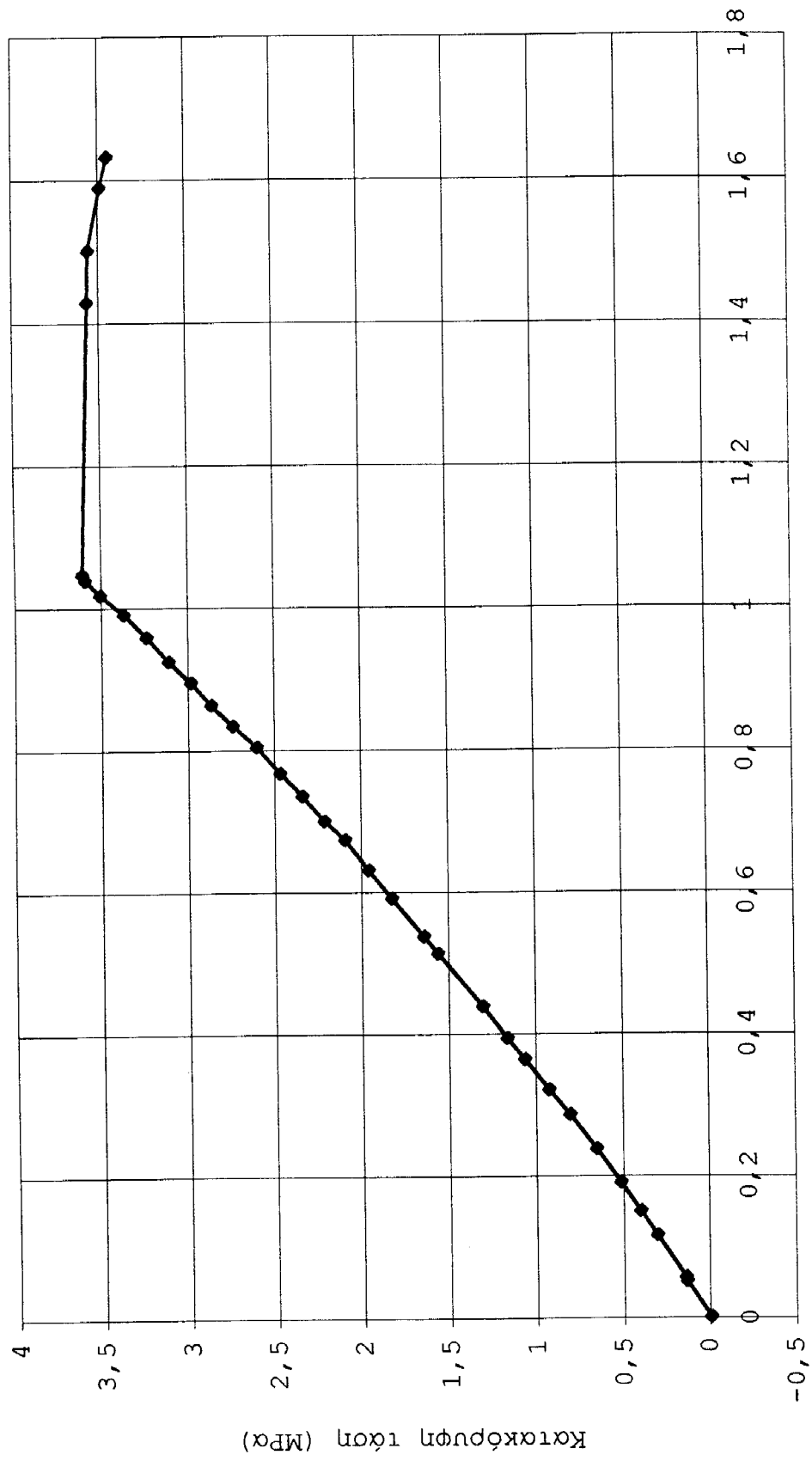


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 3



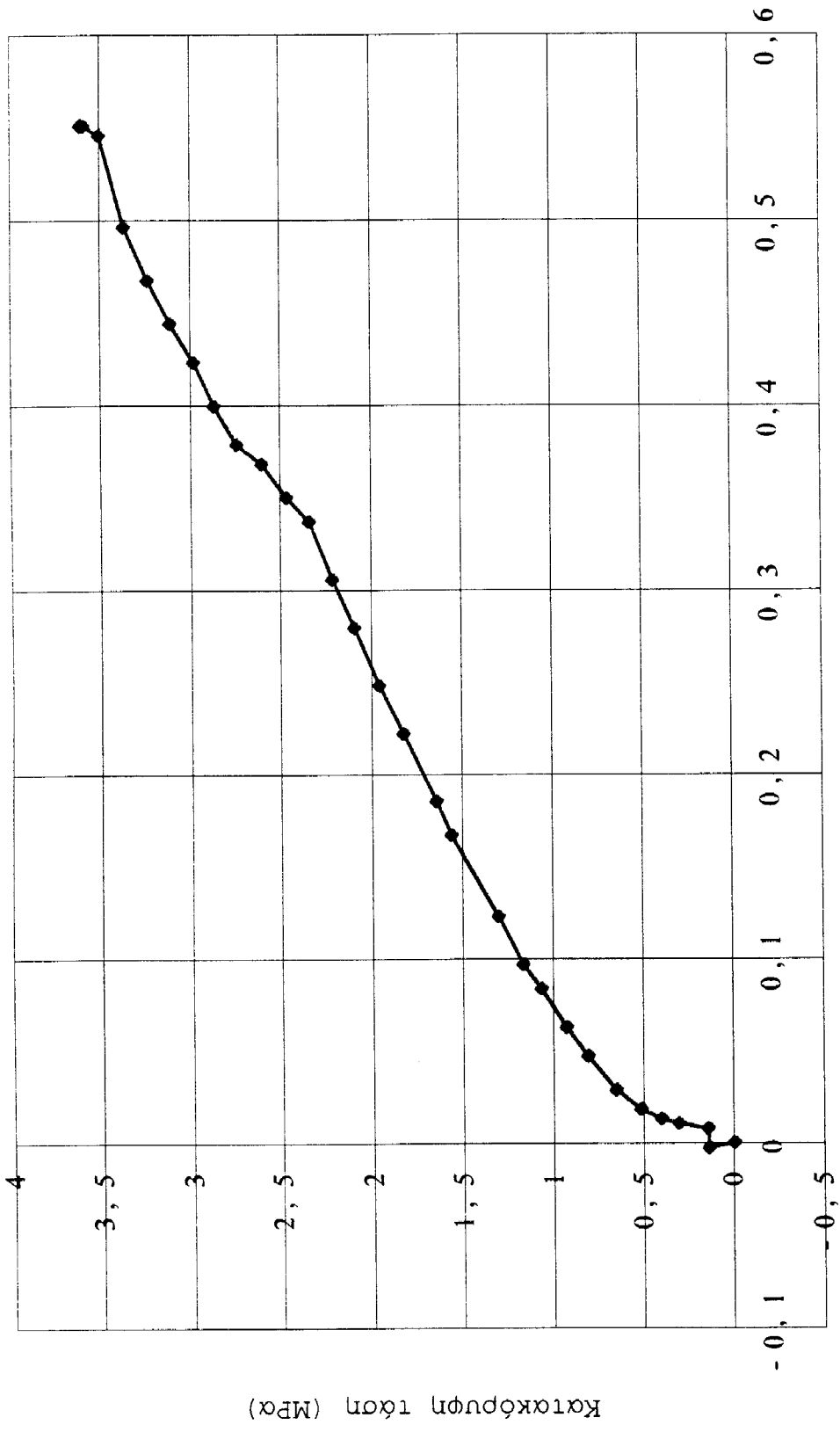
LVDΤ1

ΤΟΙΧΙΣΤΙΚΟΣ 3



LVDΓ2

ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 3

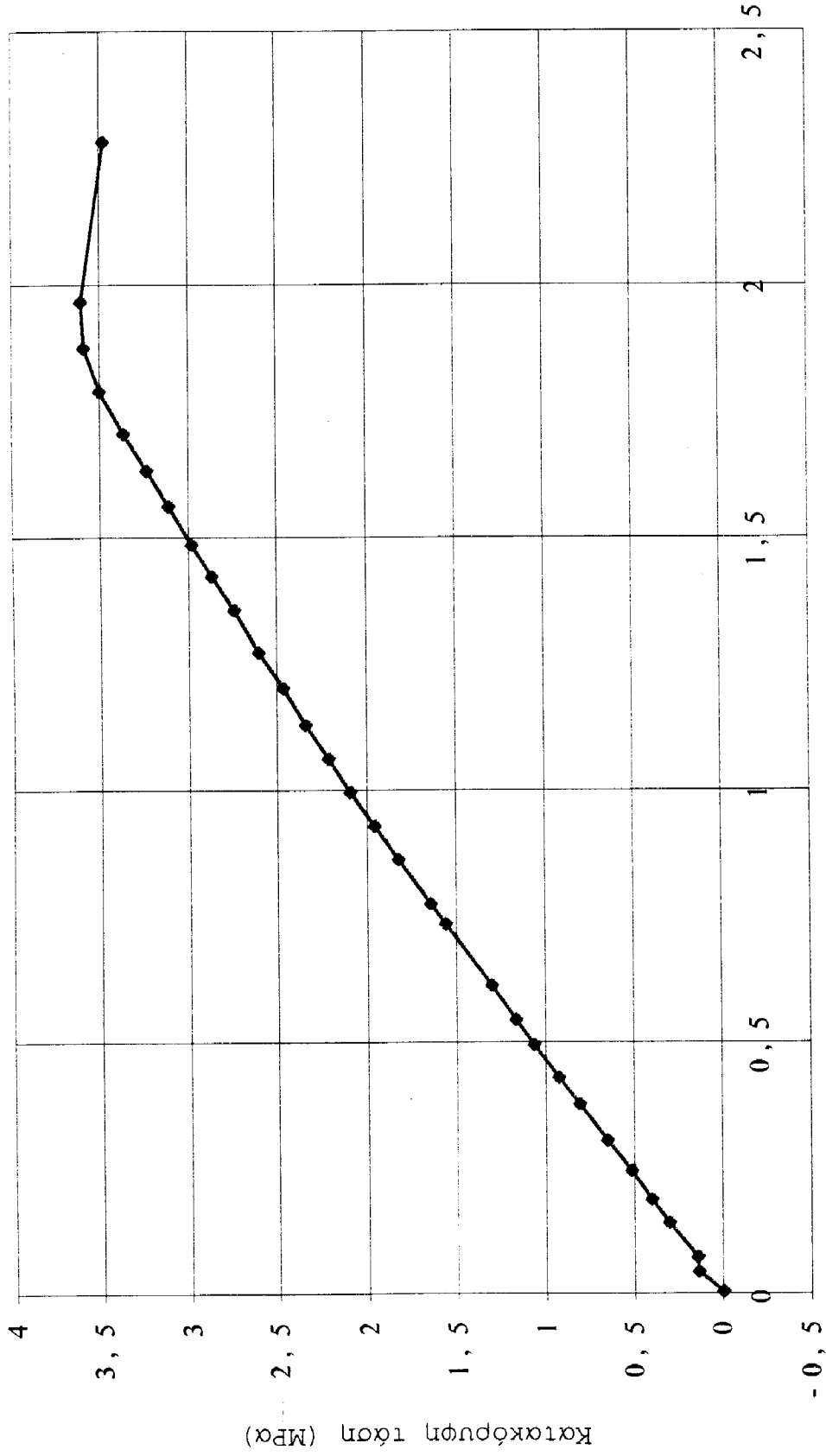


LVDT3

Ανηγμένη παραμόρφωση (mm)

Κατακόρυφη τάση (MPa)

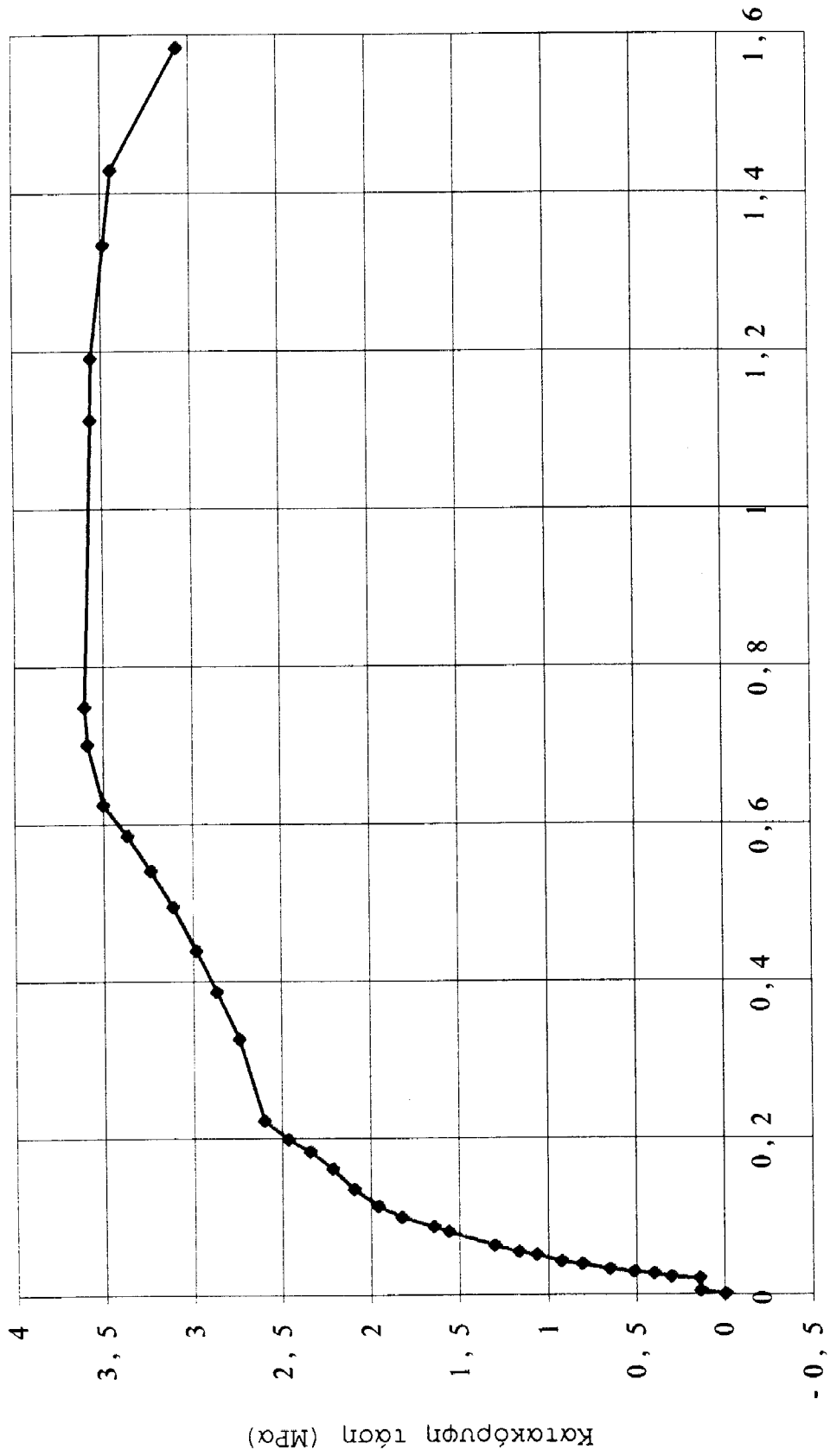
ΤΟΙΧΙΣΤΟΣ 3



LVDΤ4

Ανηγμένη παραμόρφωση (%)

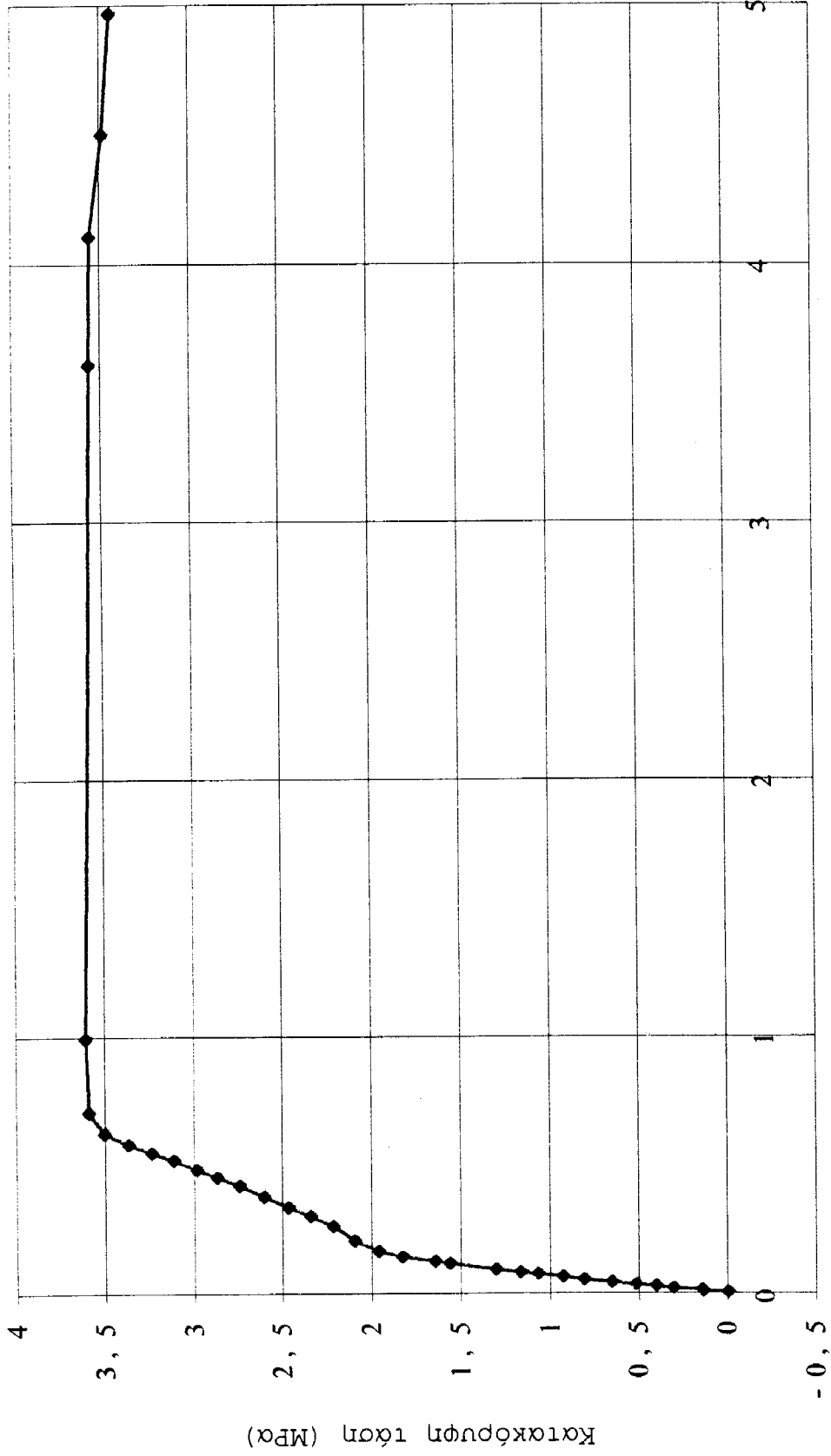
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 3



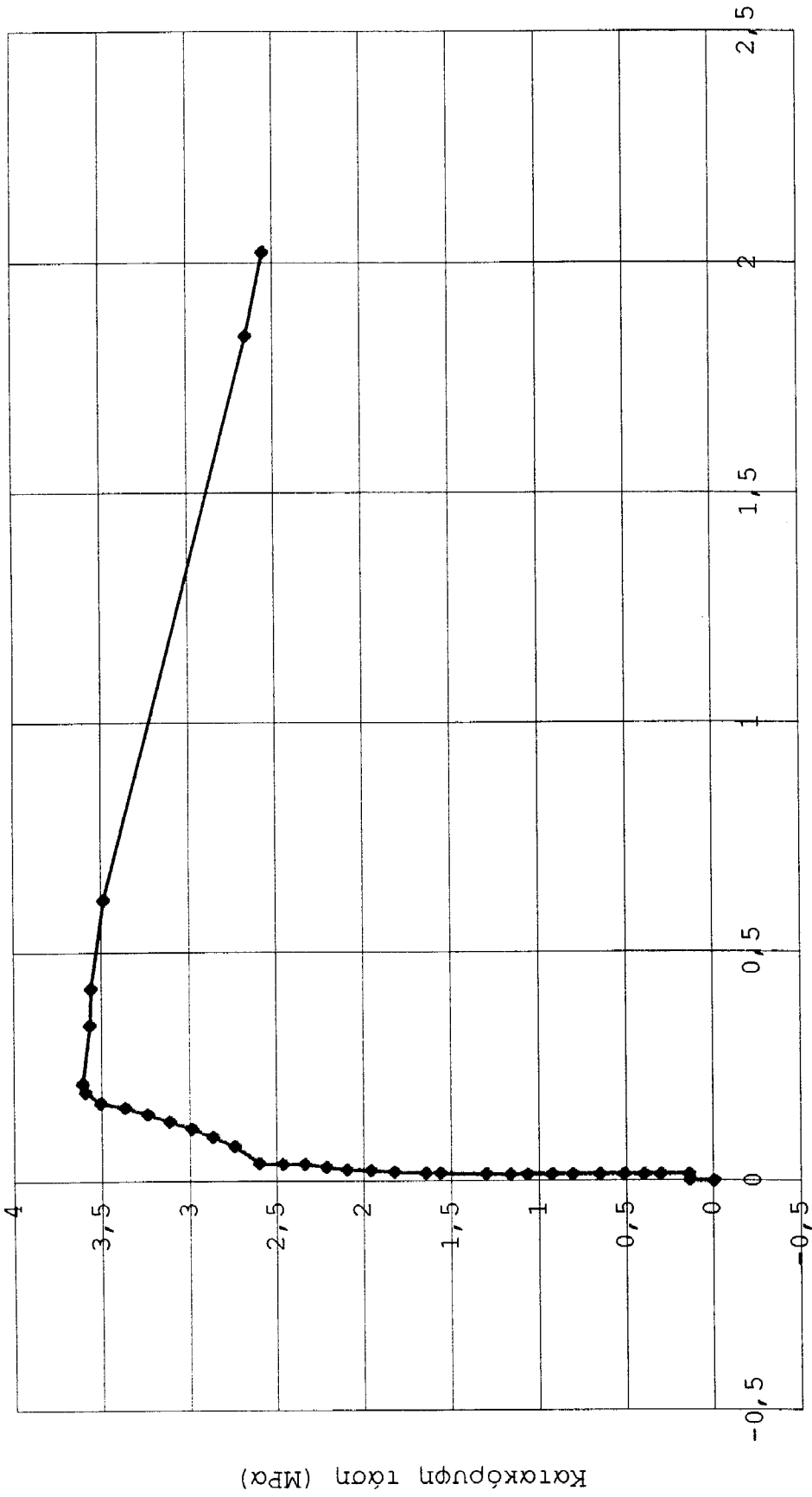
LVDΤ 5

Οριζόντια παραμόρφωση (χιλ.)

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 3



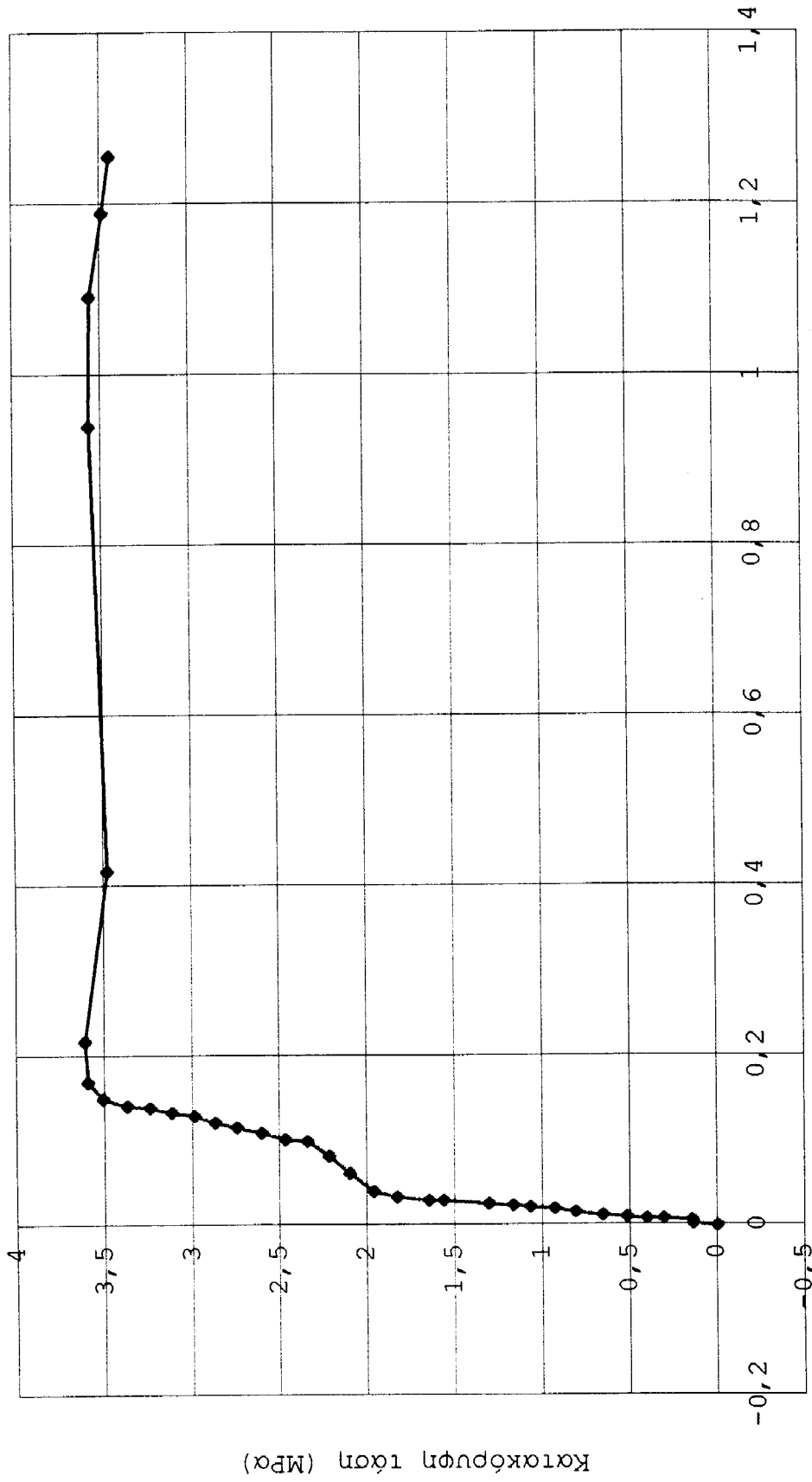
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 3



LVDT 7

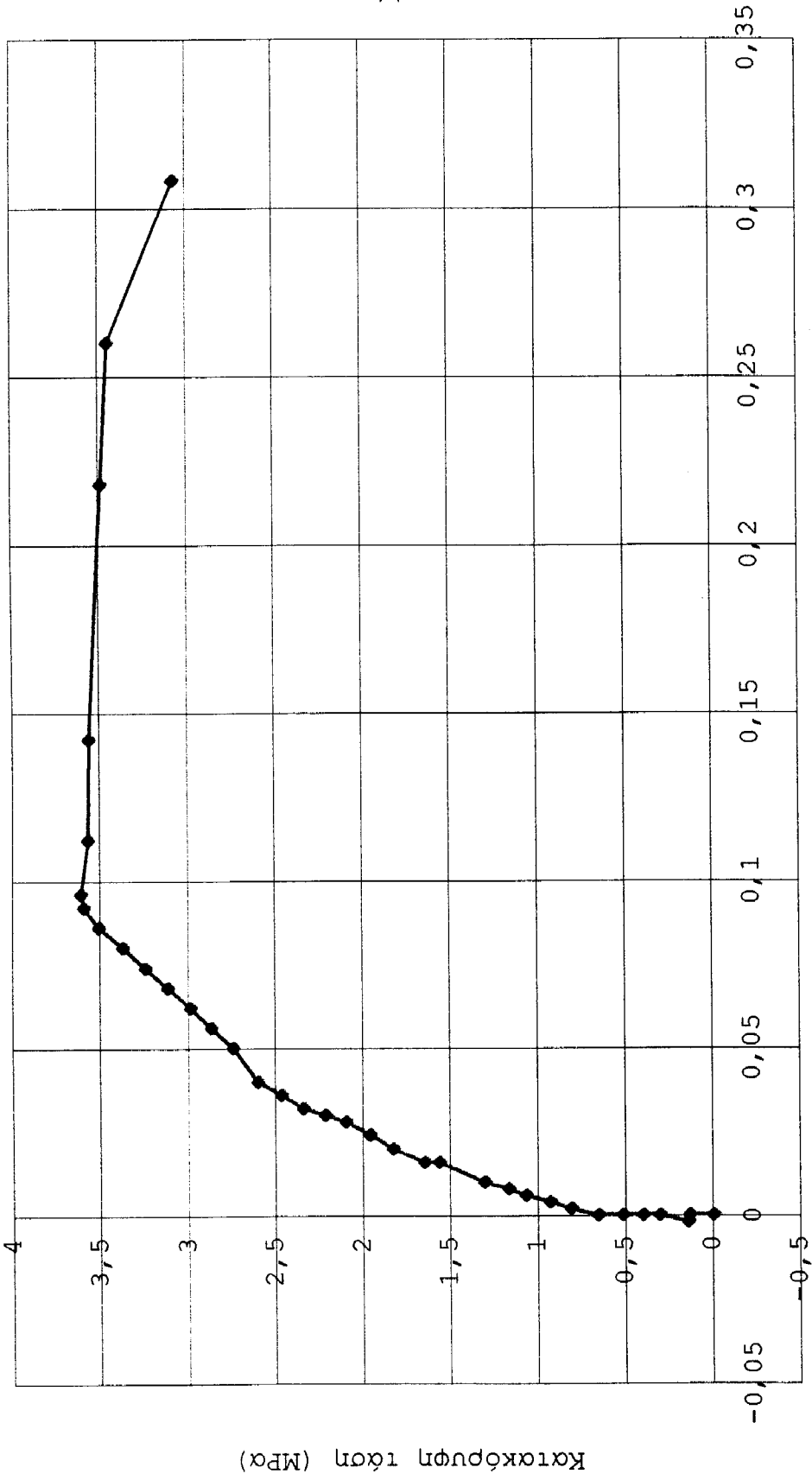
Οριζόντια παραμόρφωση (χιλ.)

ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 3



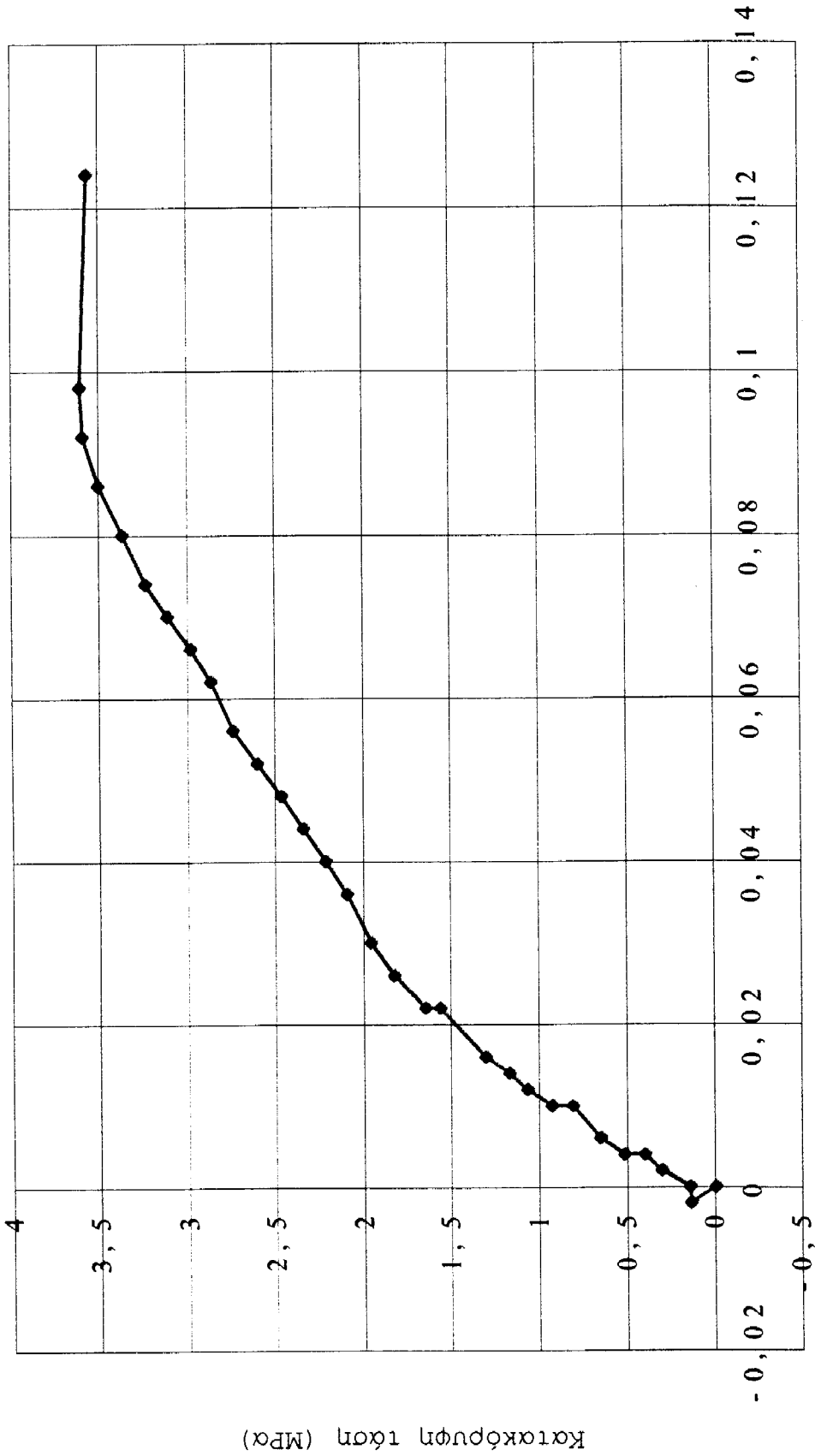
Οριζόντια παραμόρφωση (χιλ.)

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 3



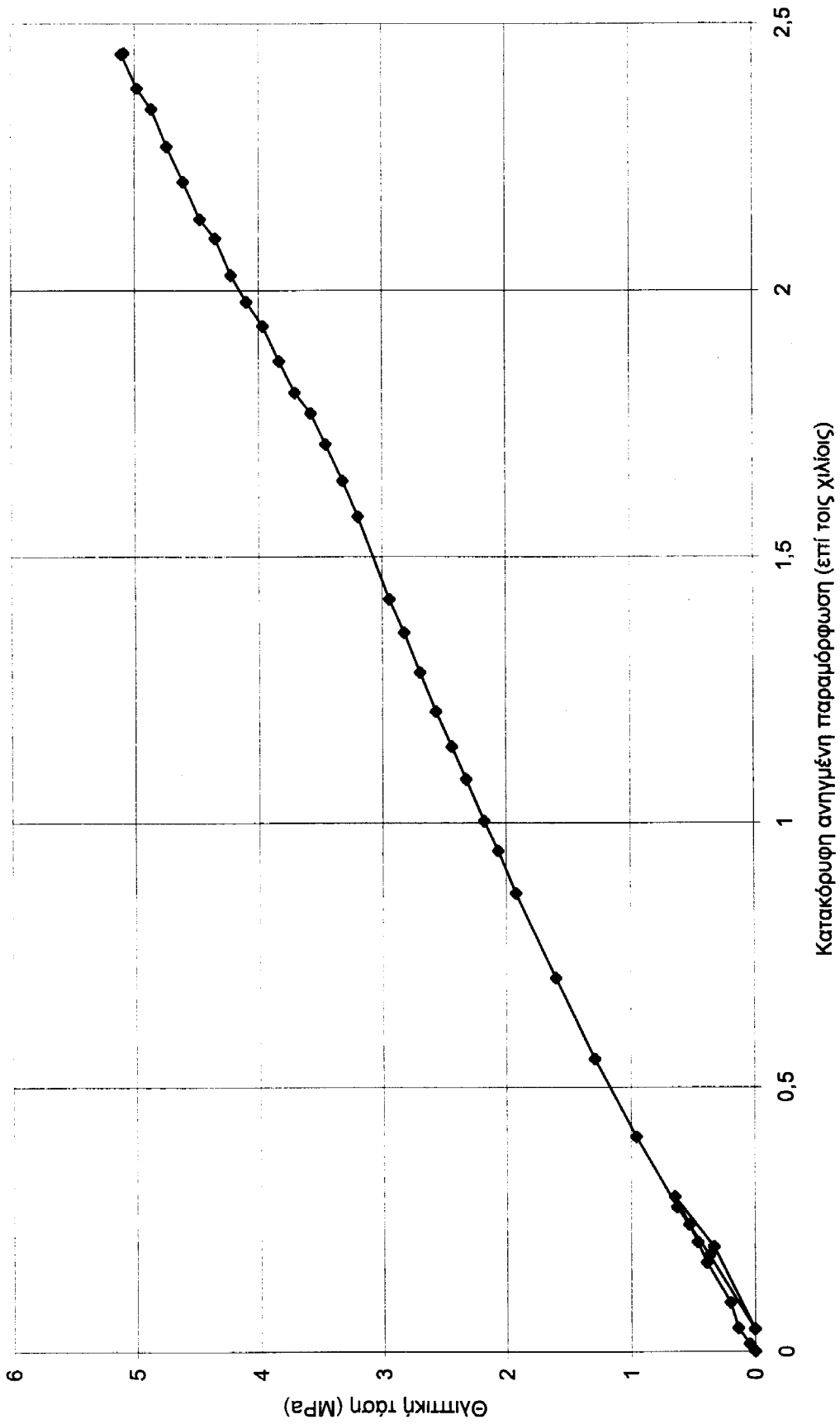
LVDT 9

ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 3

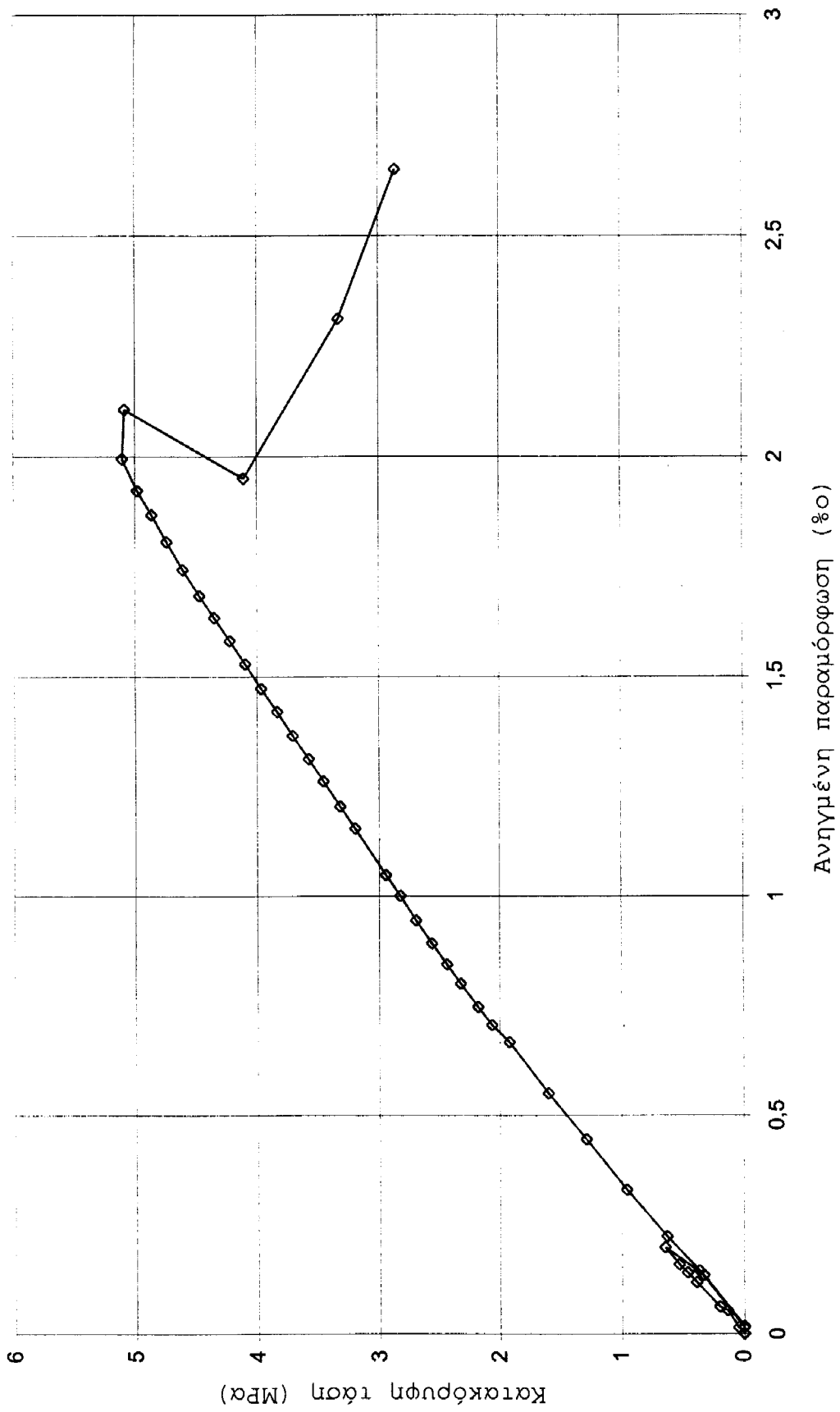


LVDΤ 10

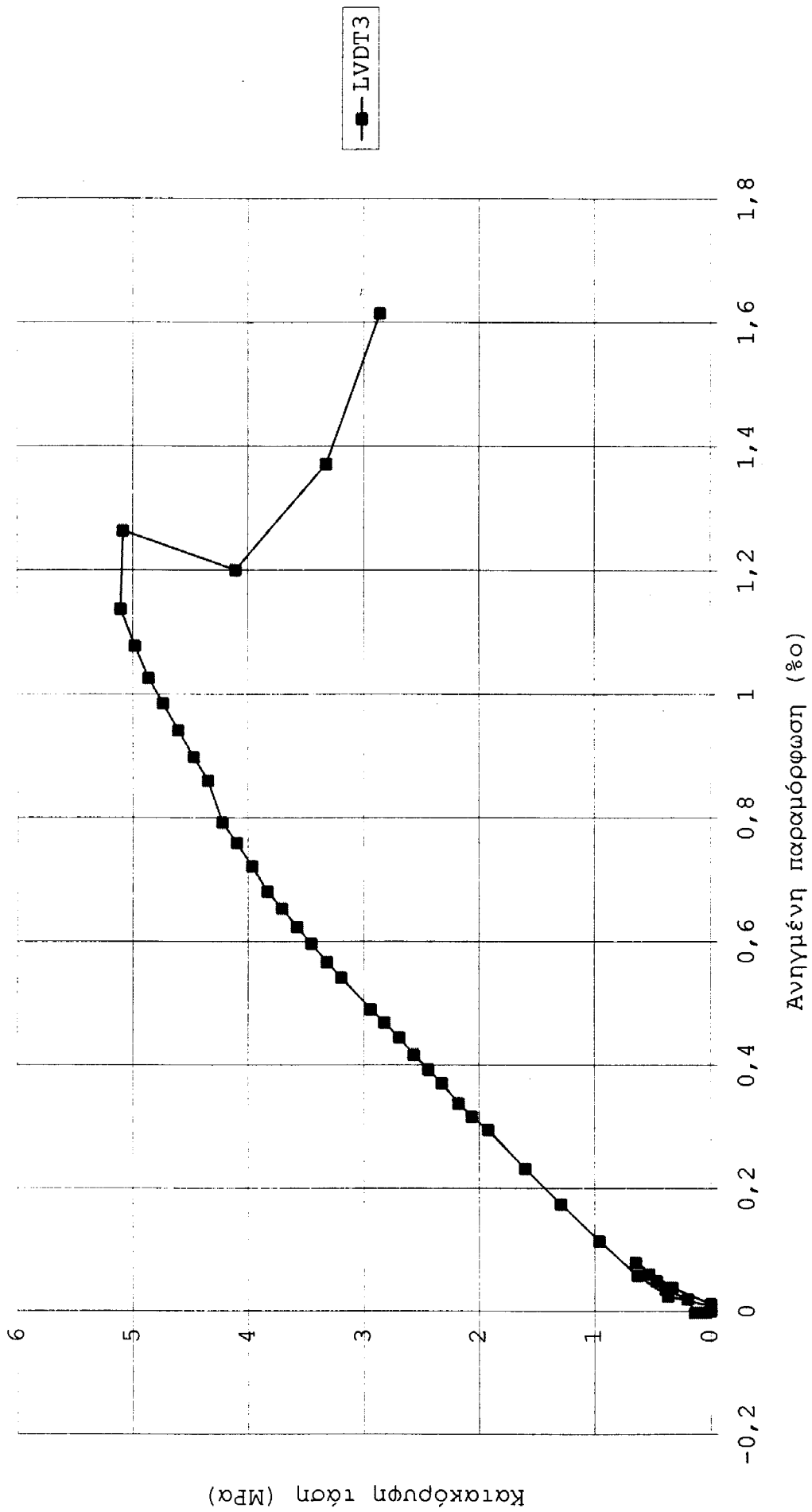
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4



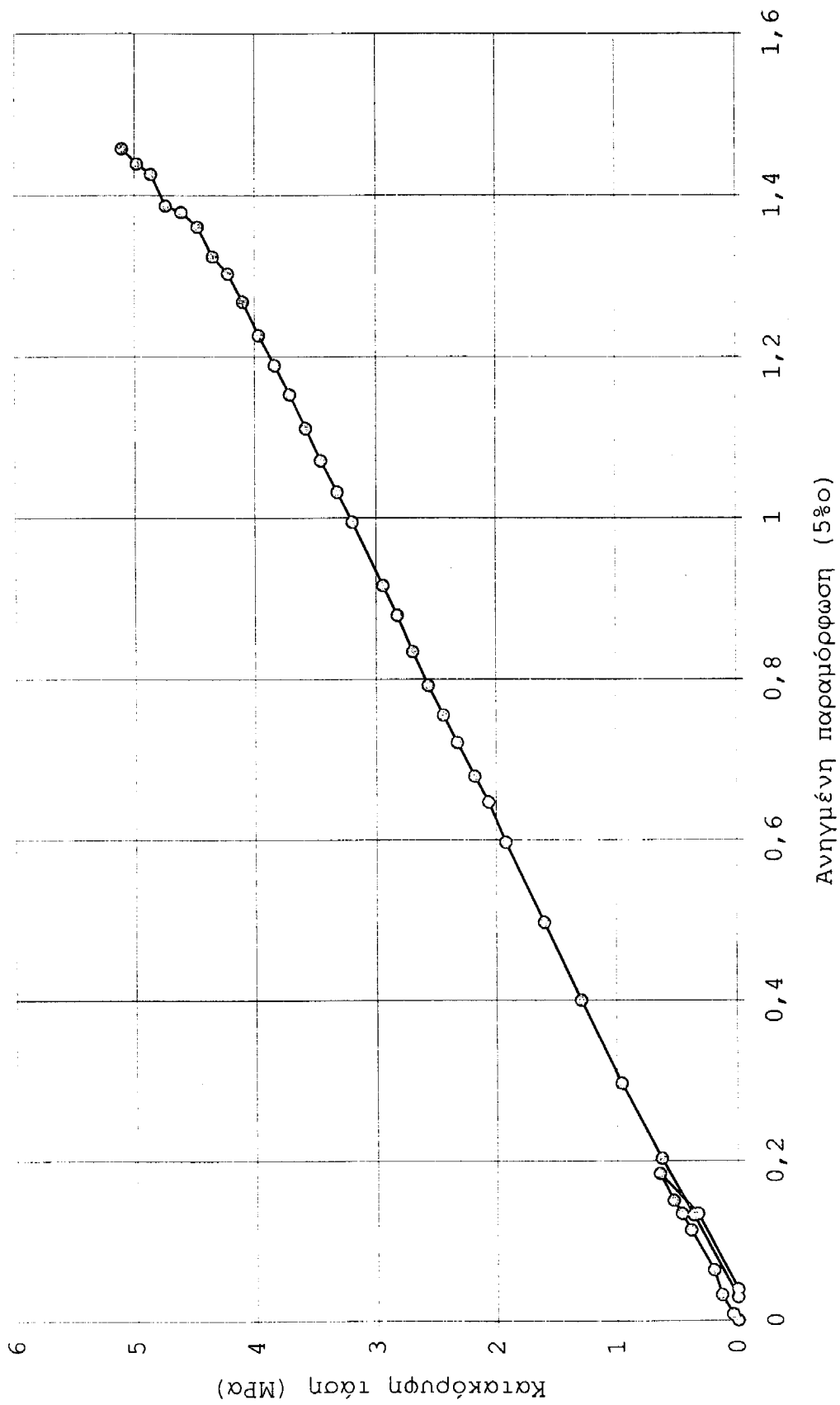
ΤΟΙΣΙΣΚΟΣ 4



ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4

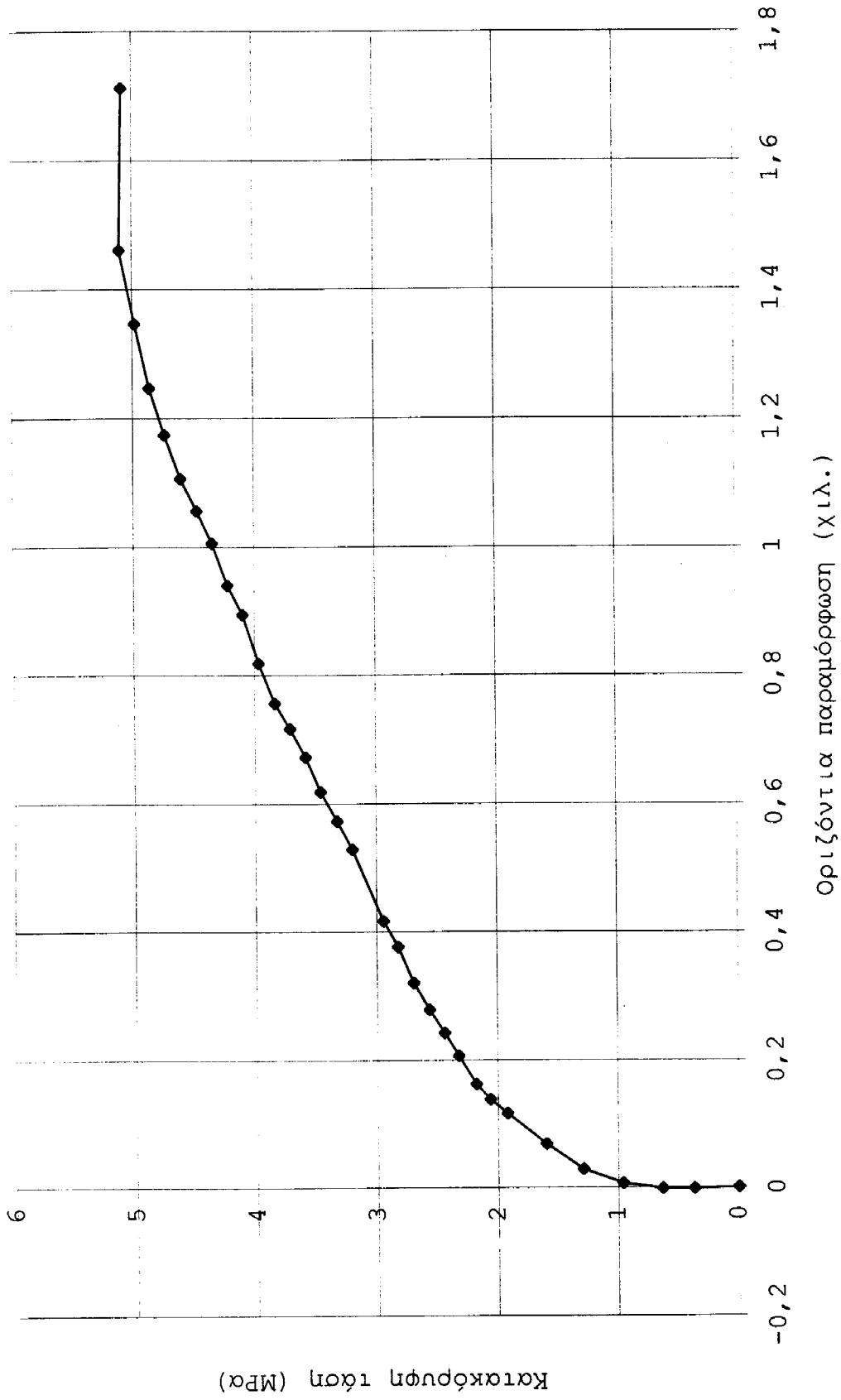


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4

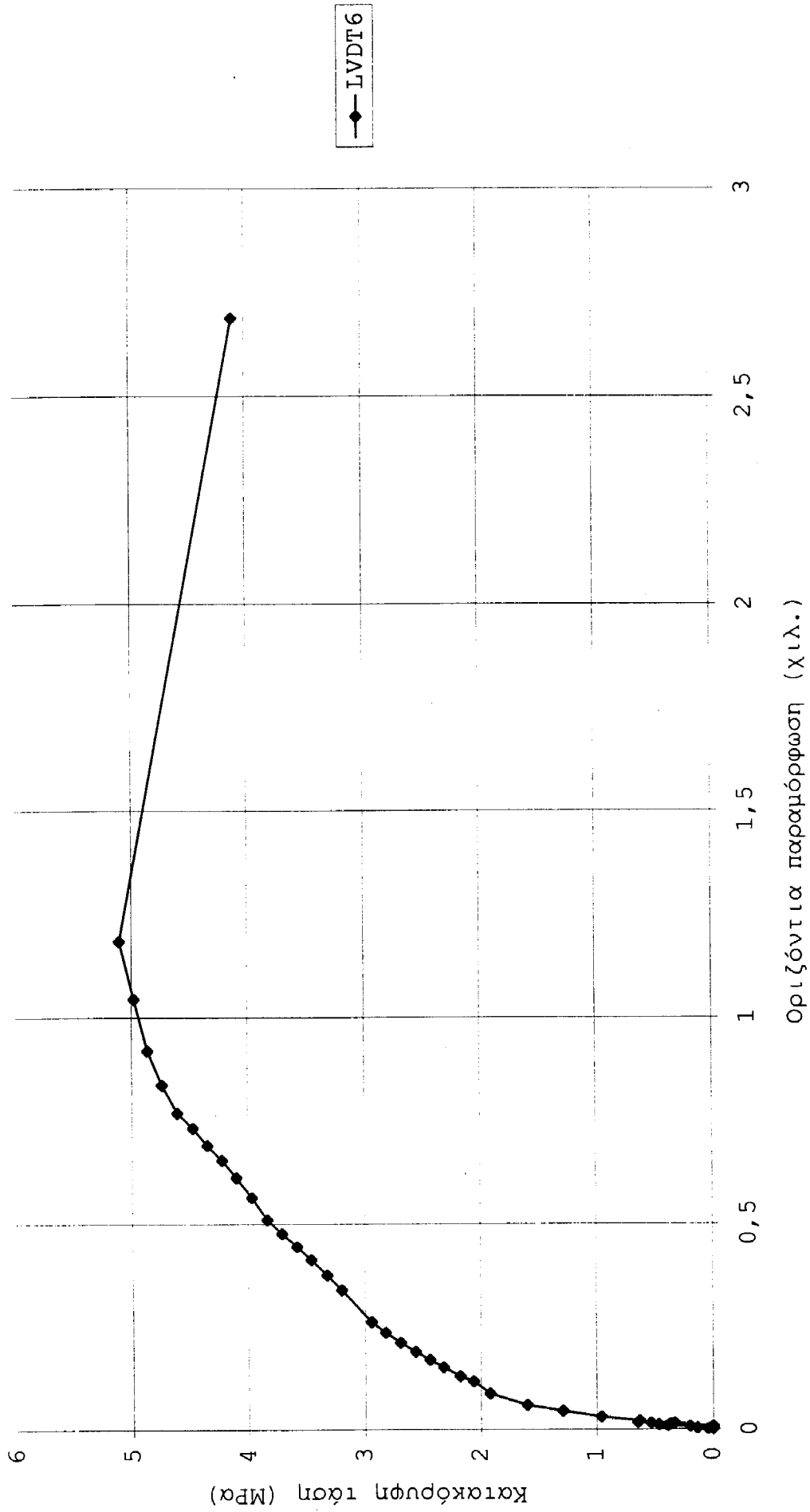


—○— LVDT4

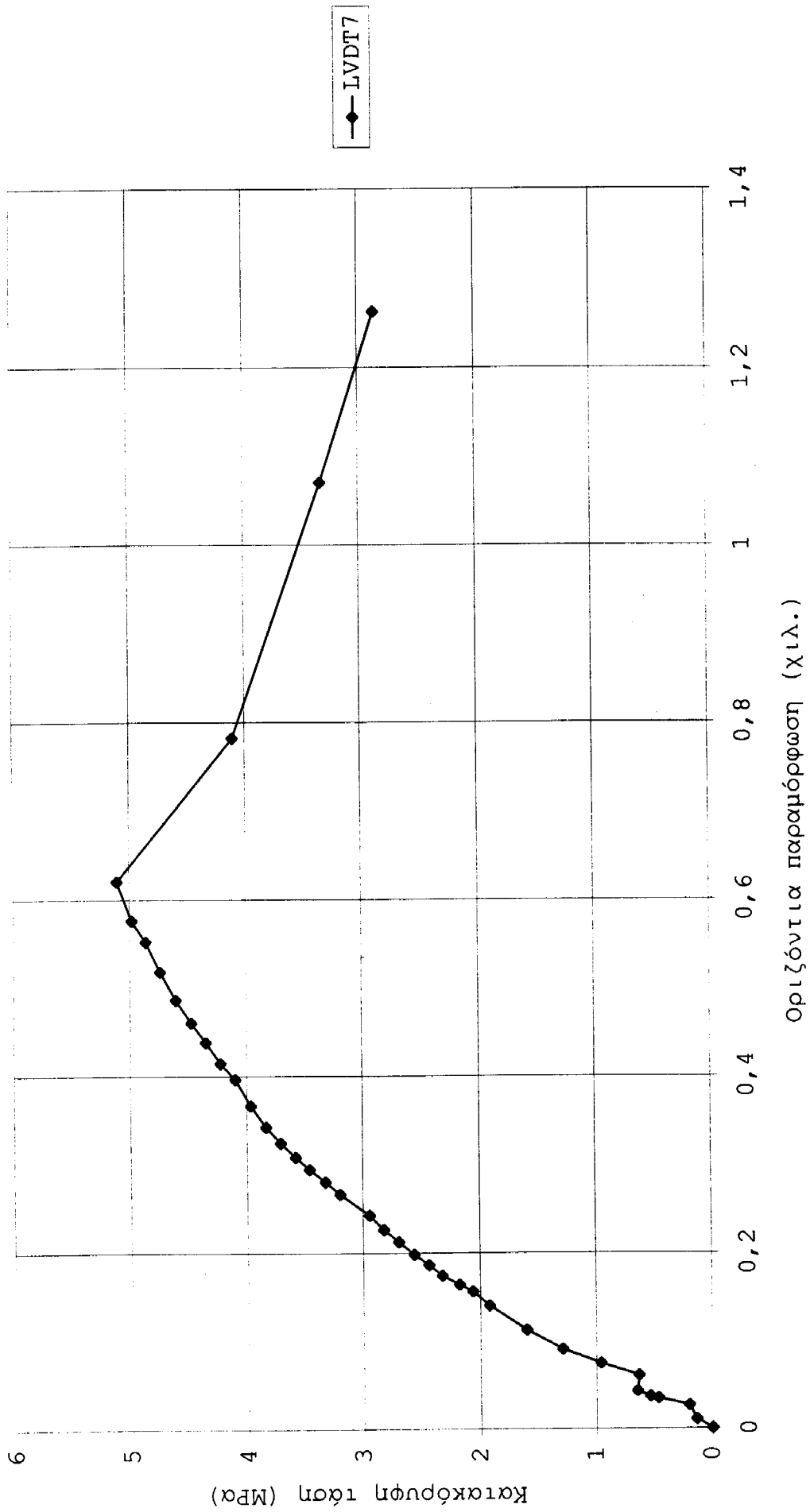
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 4



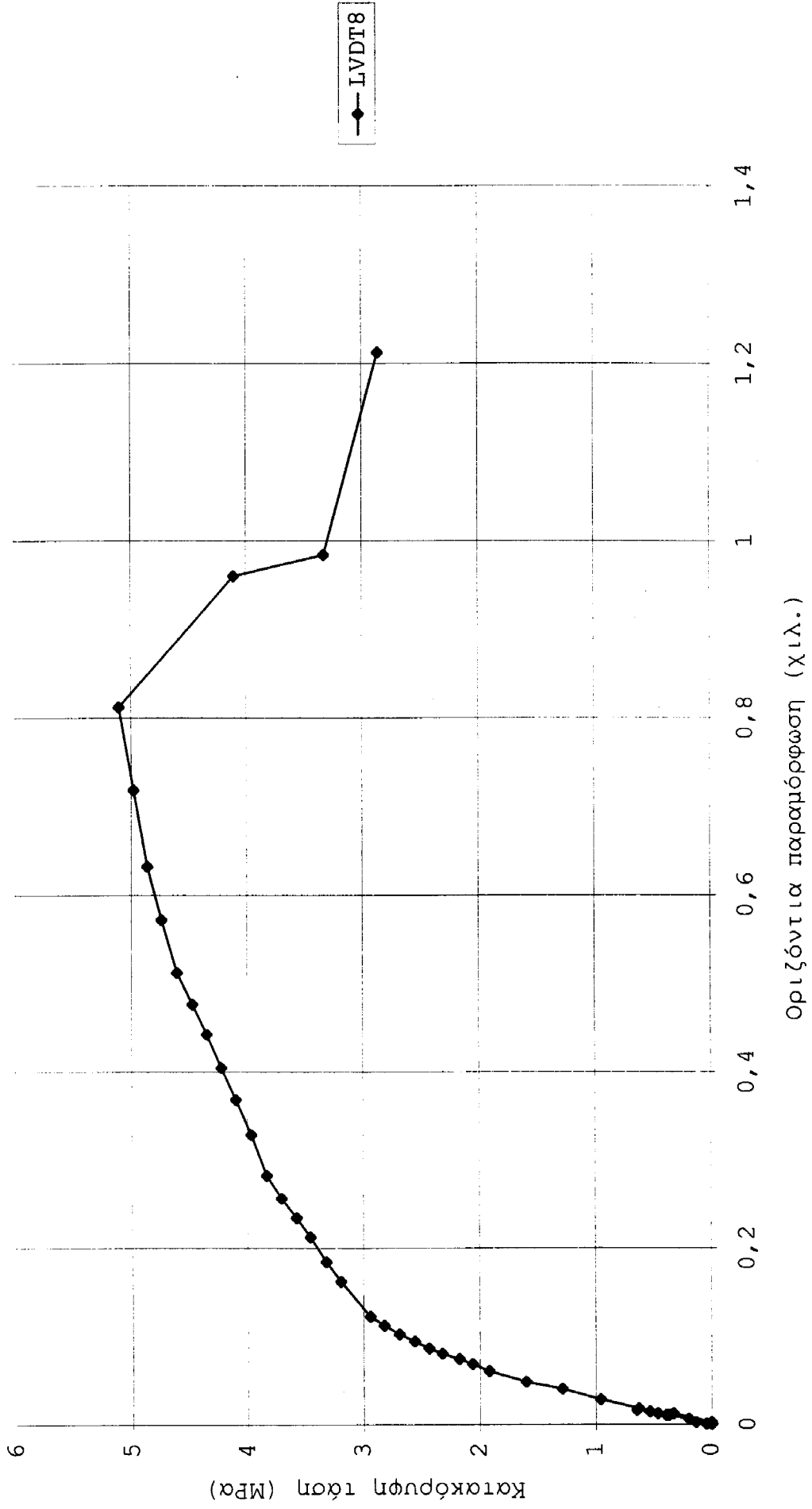
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4



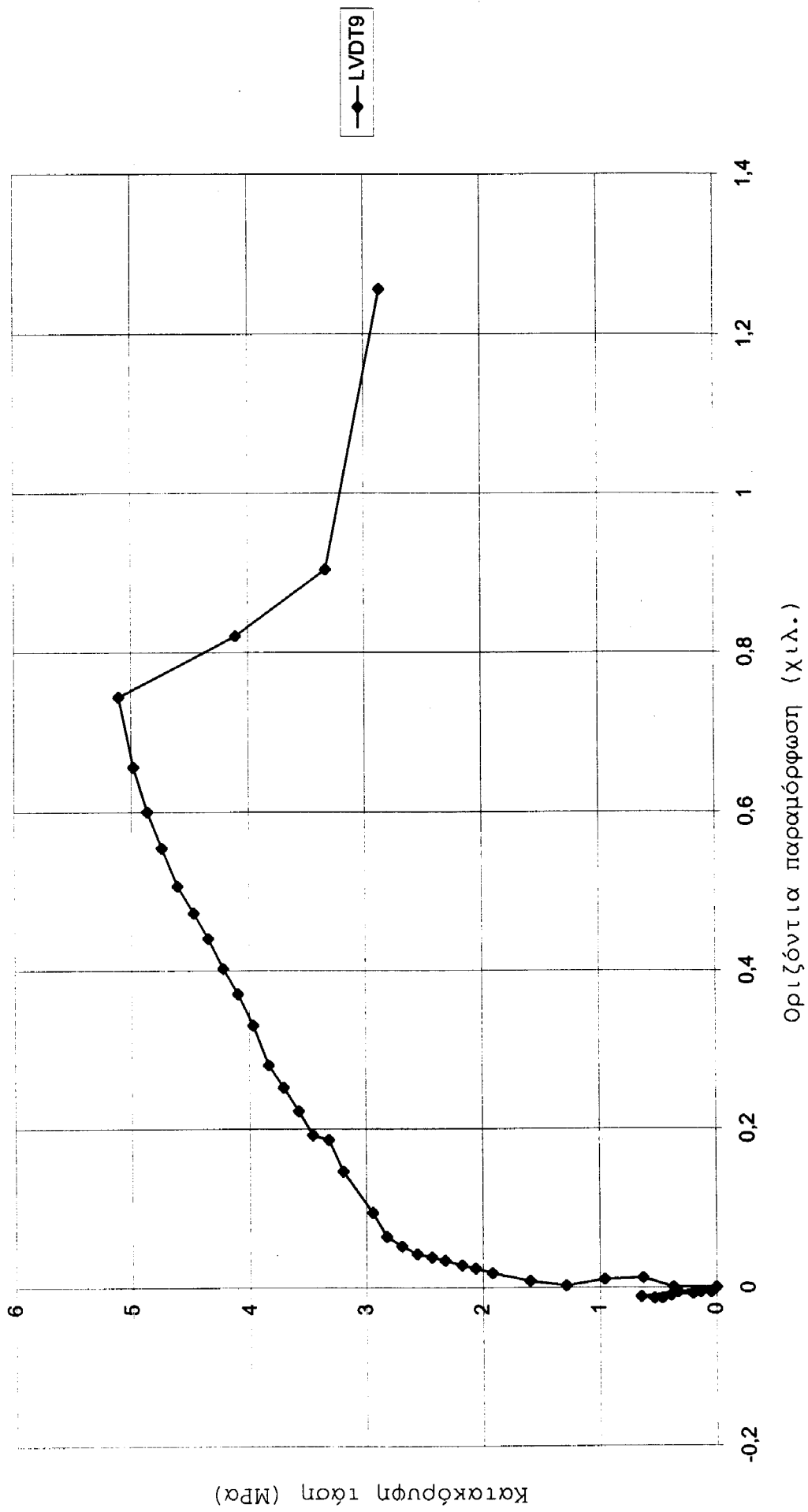
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4



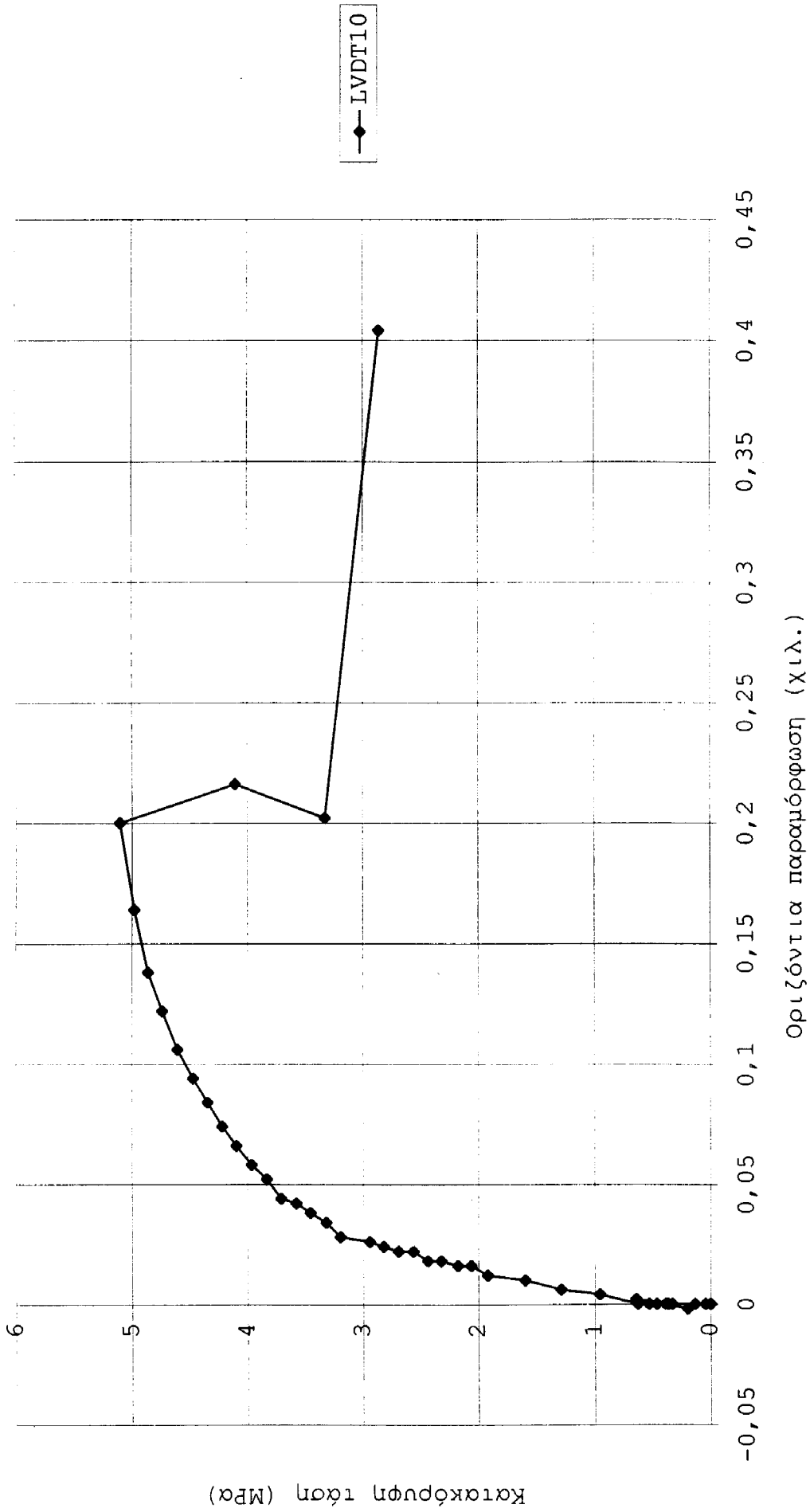
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4



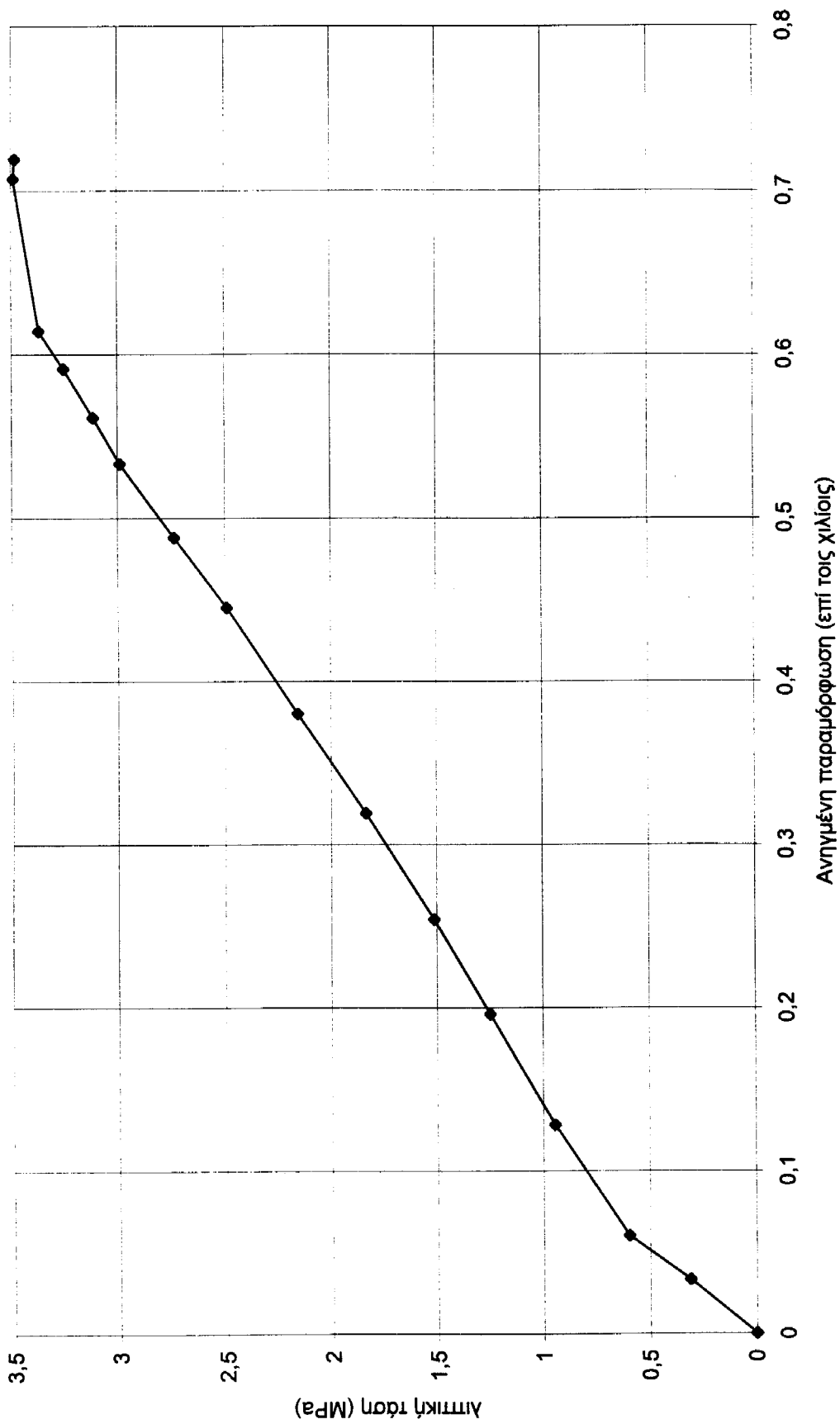
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 4



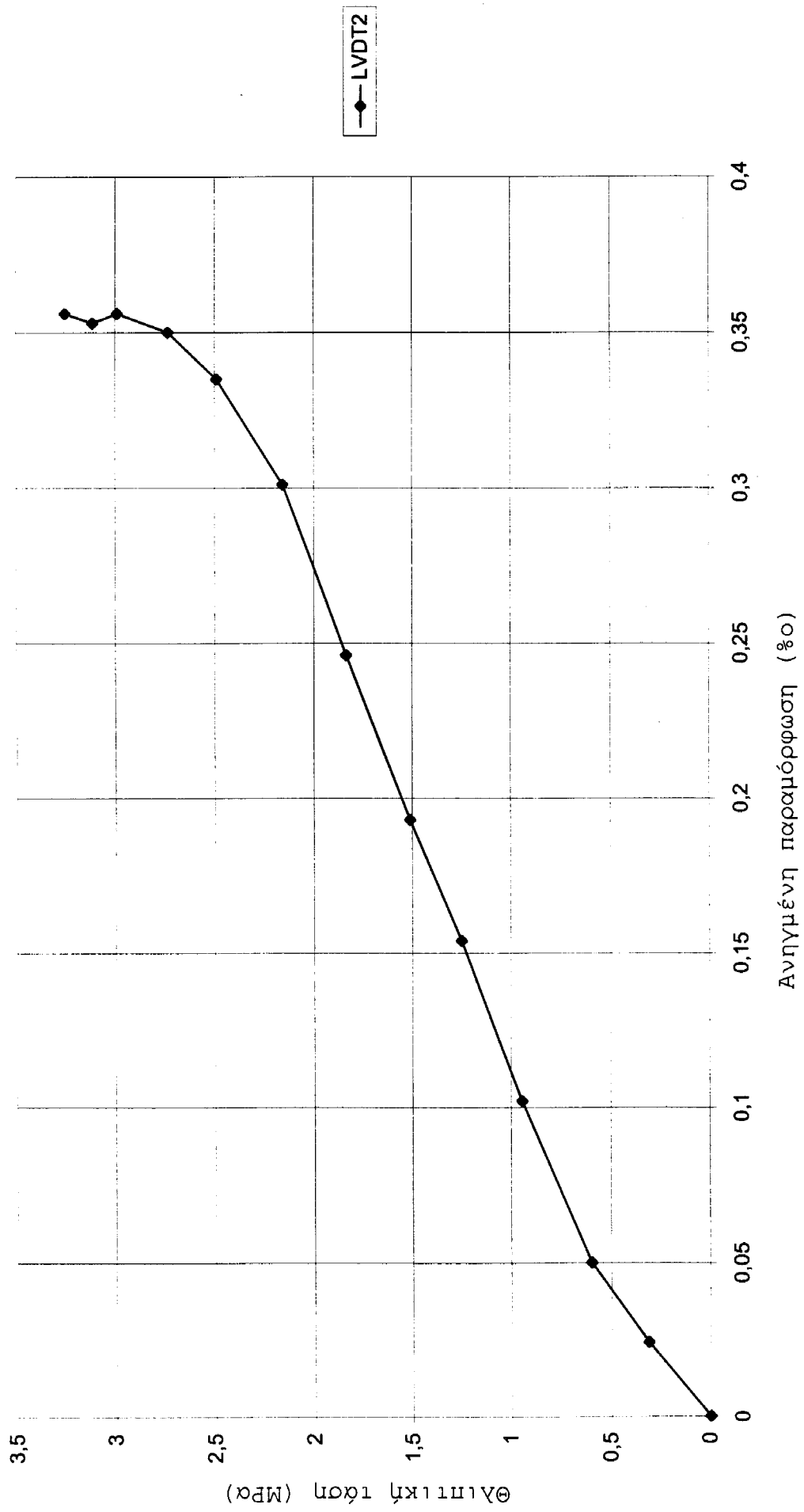
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 4



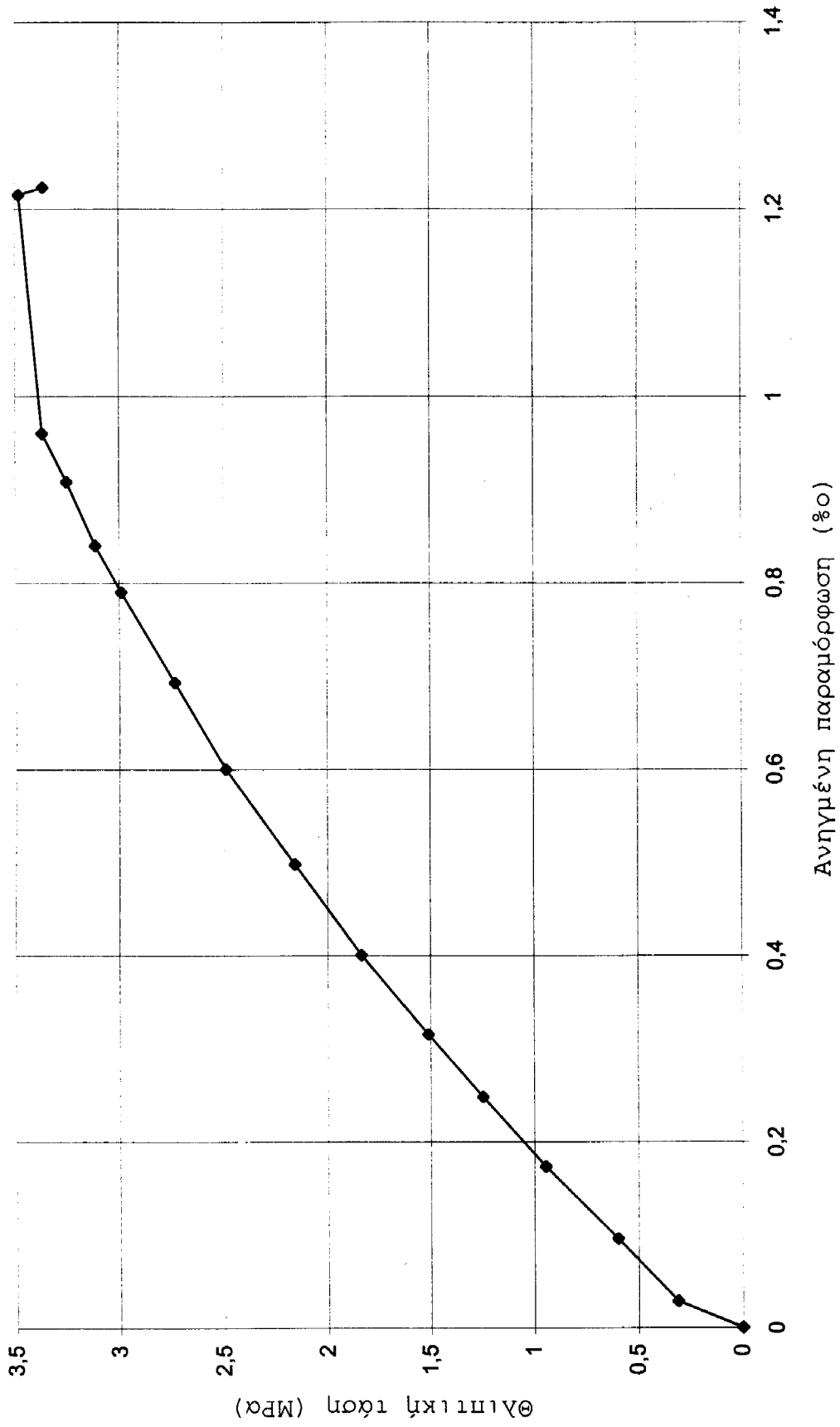
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 5



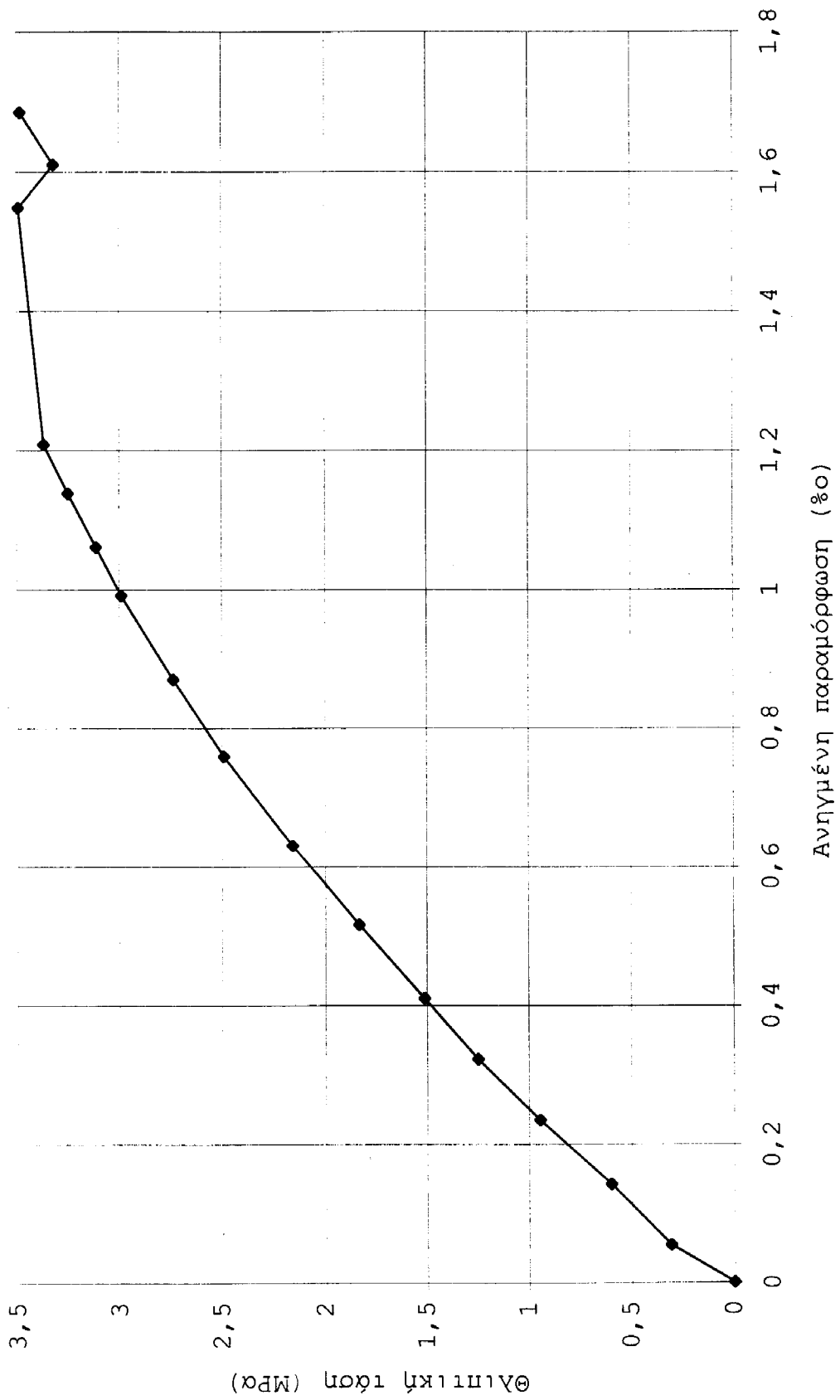
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



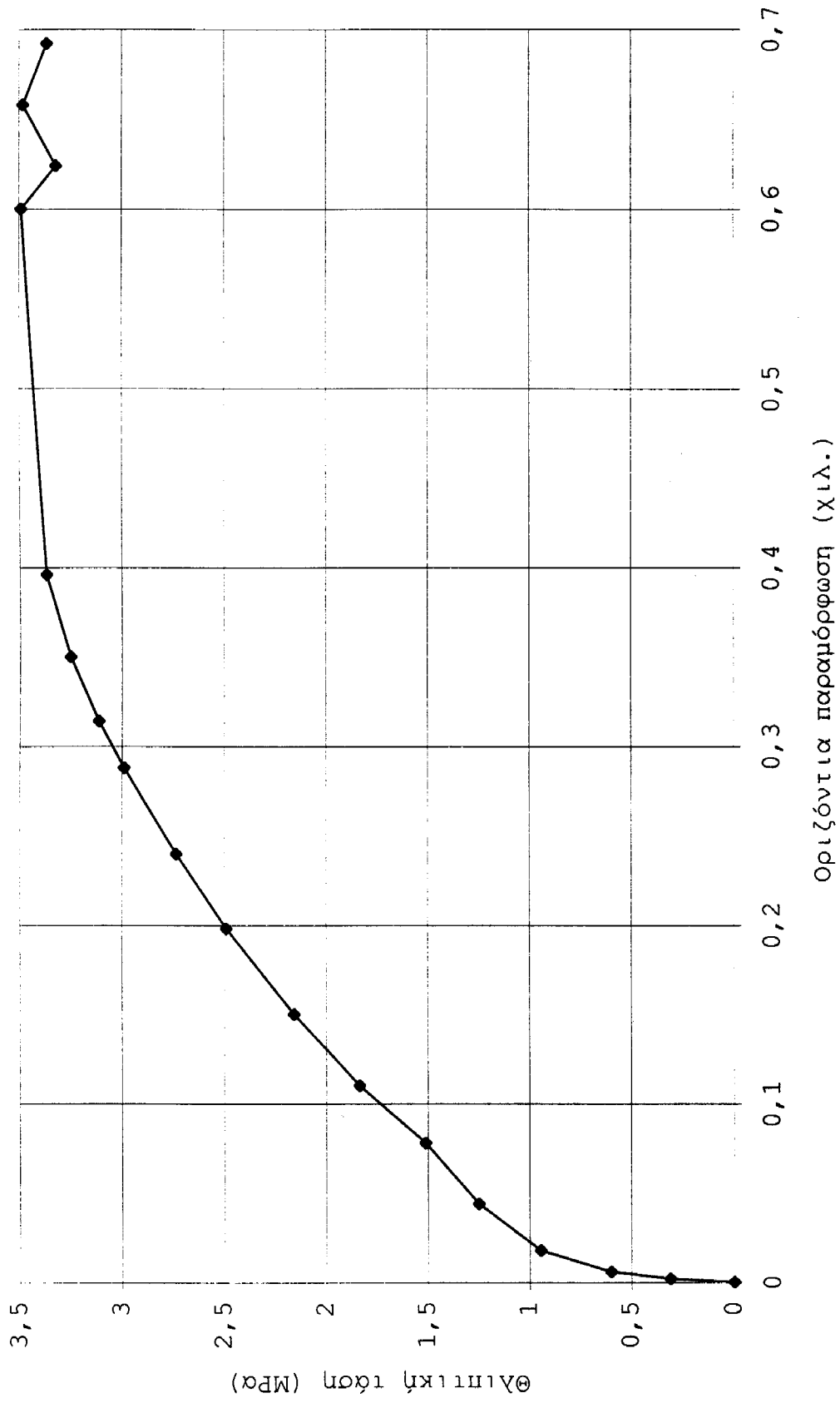
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



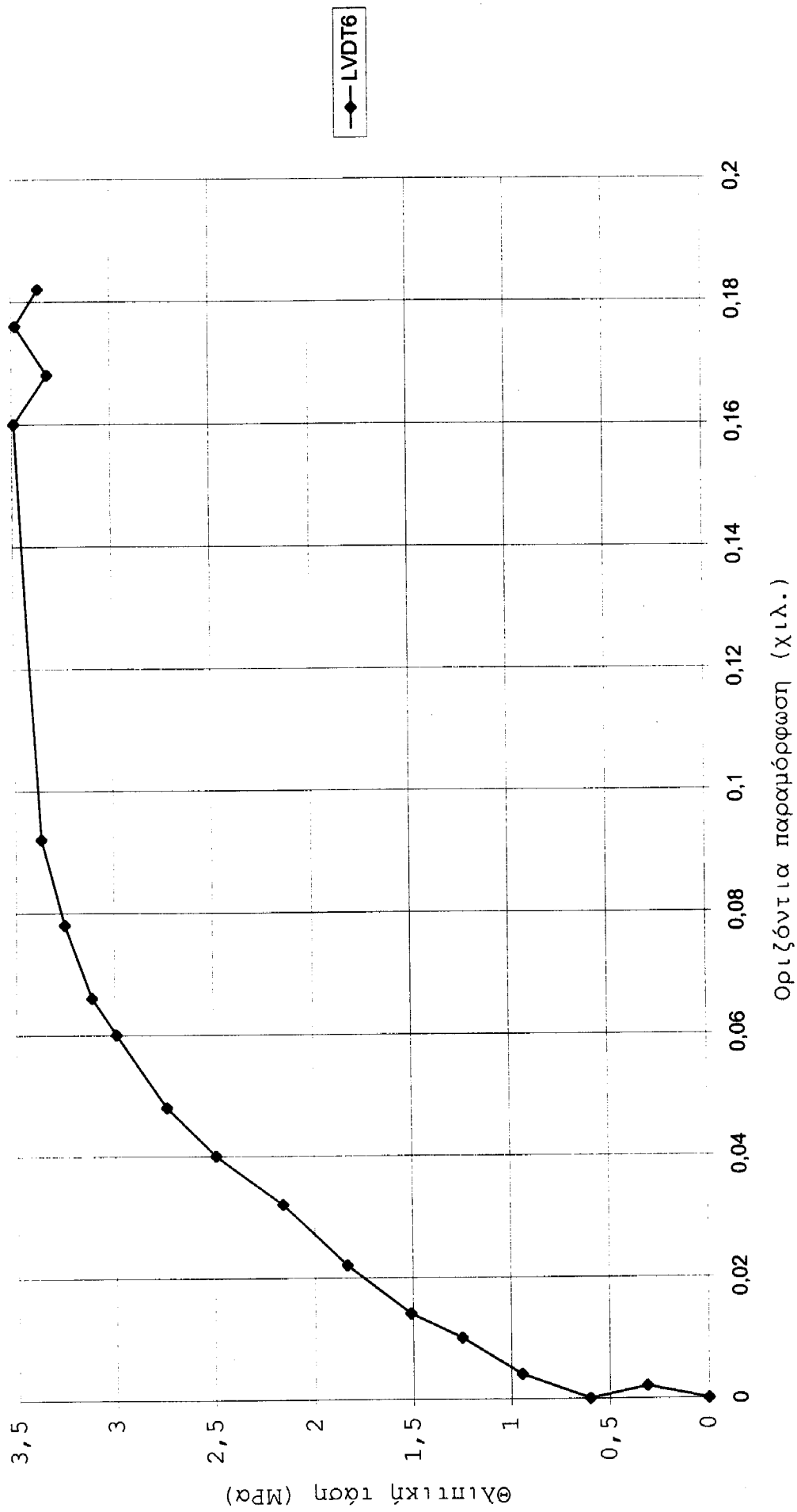
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



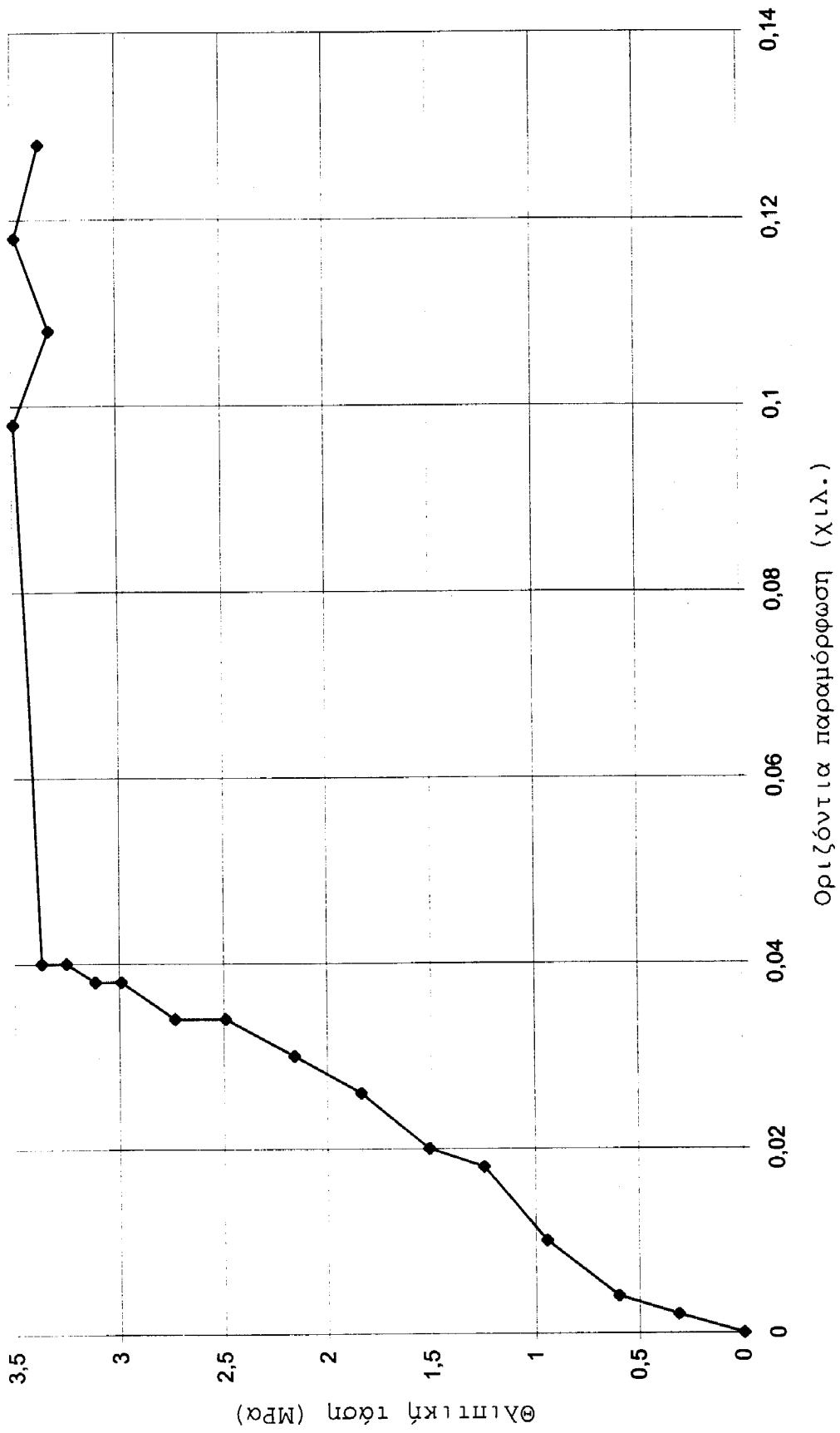
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



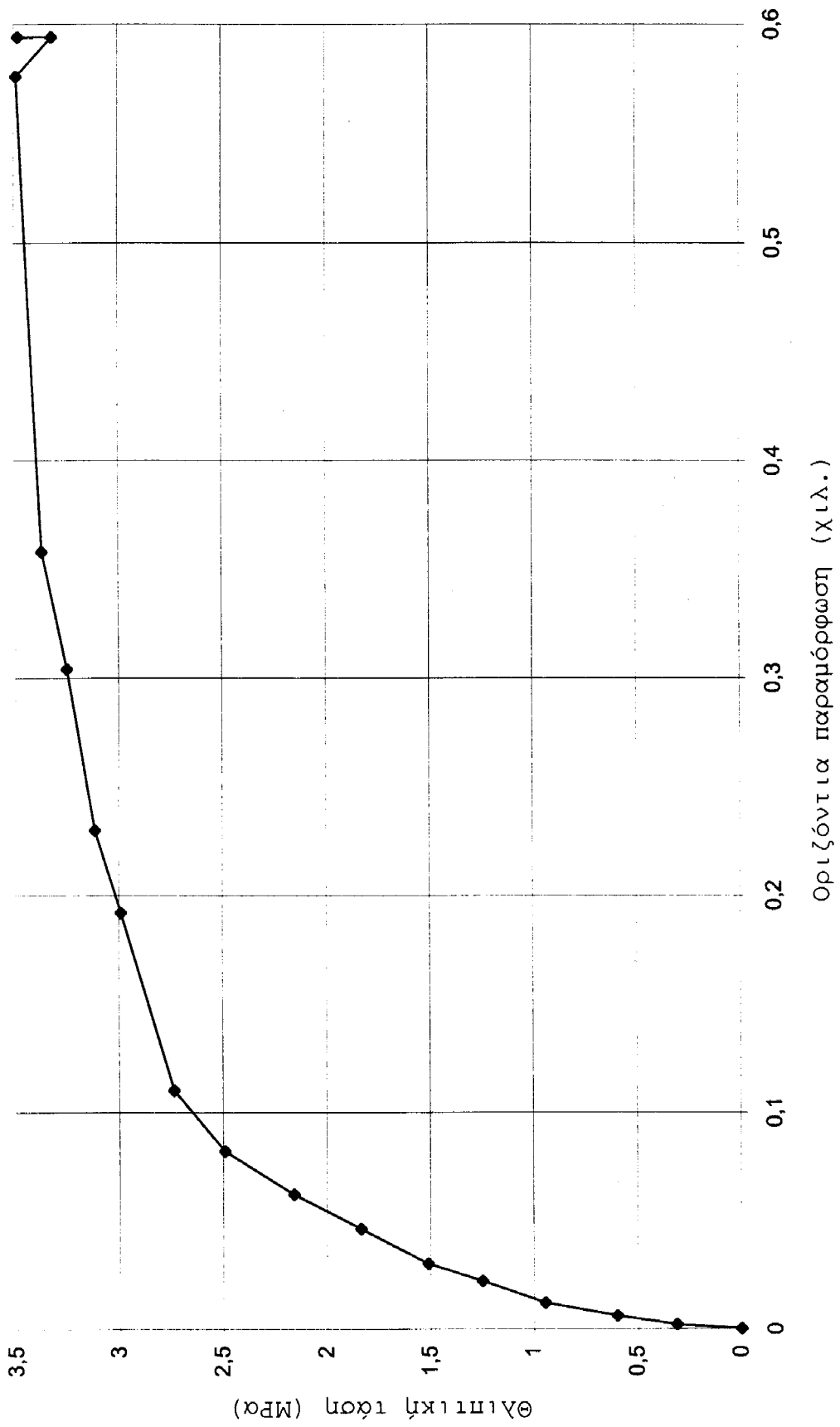
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 5



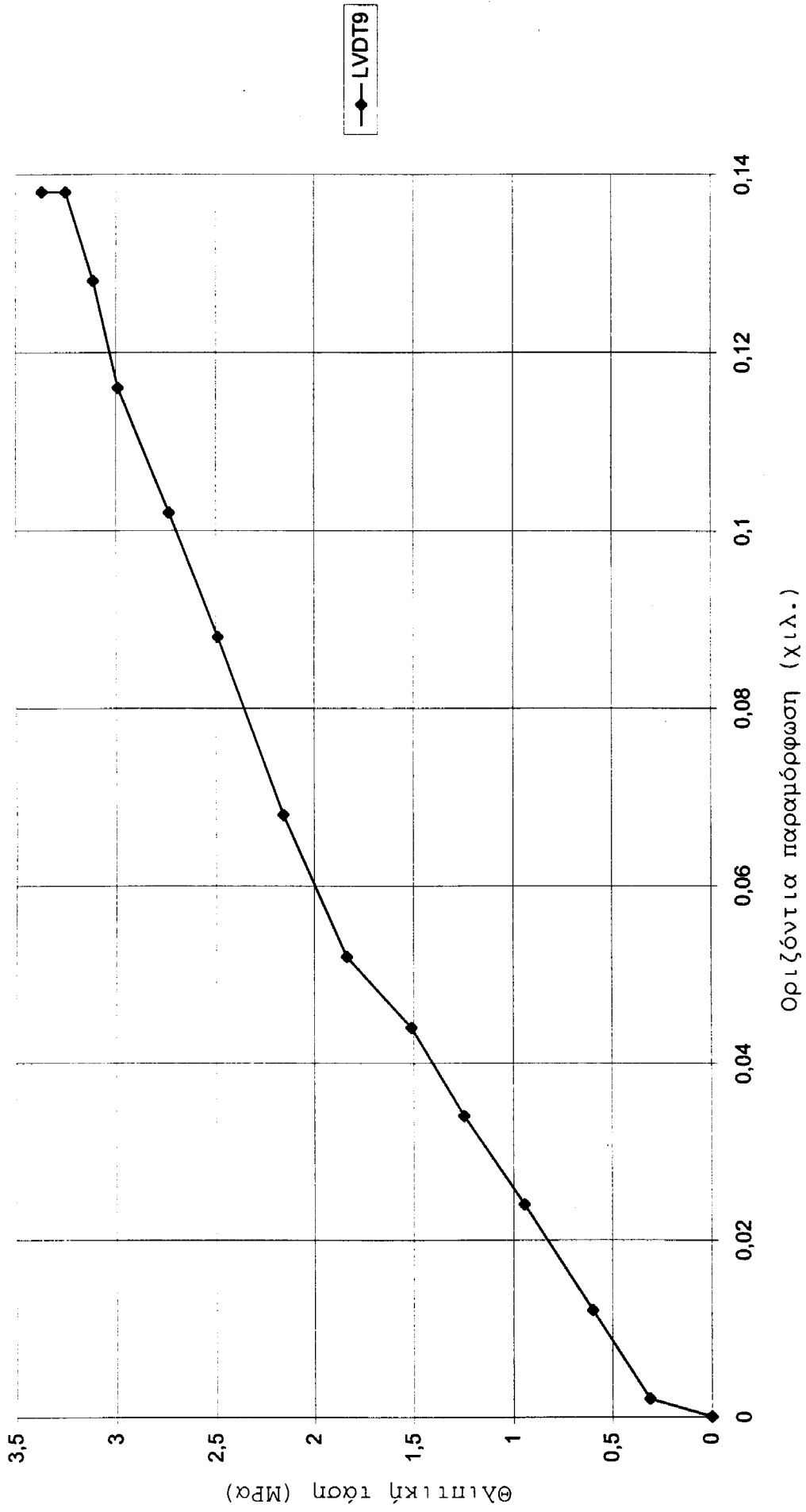
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



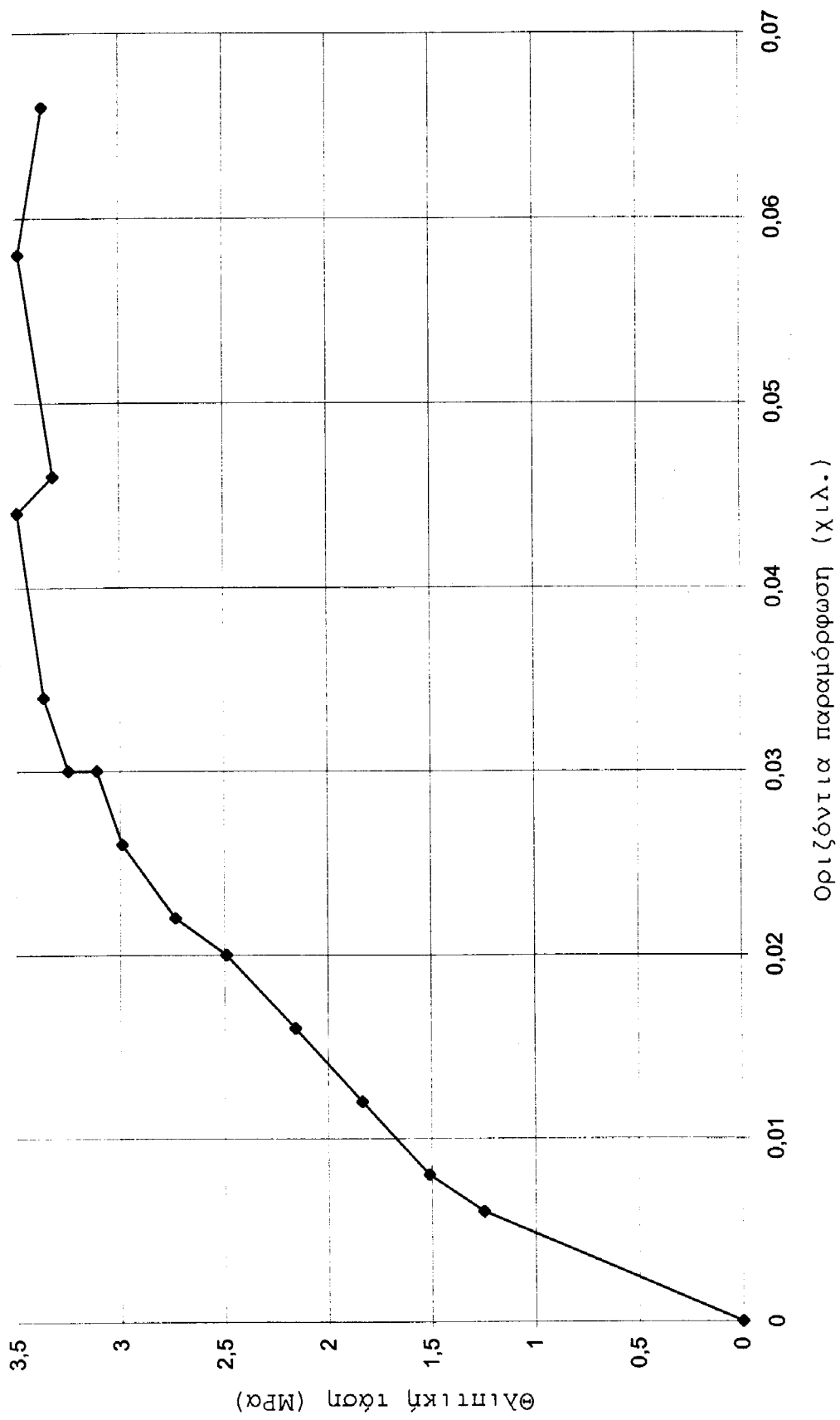
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



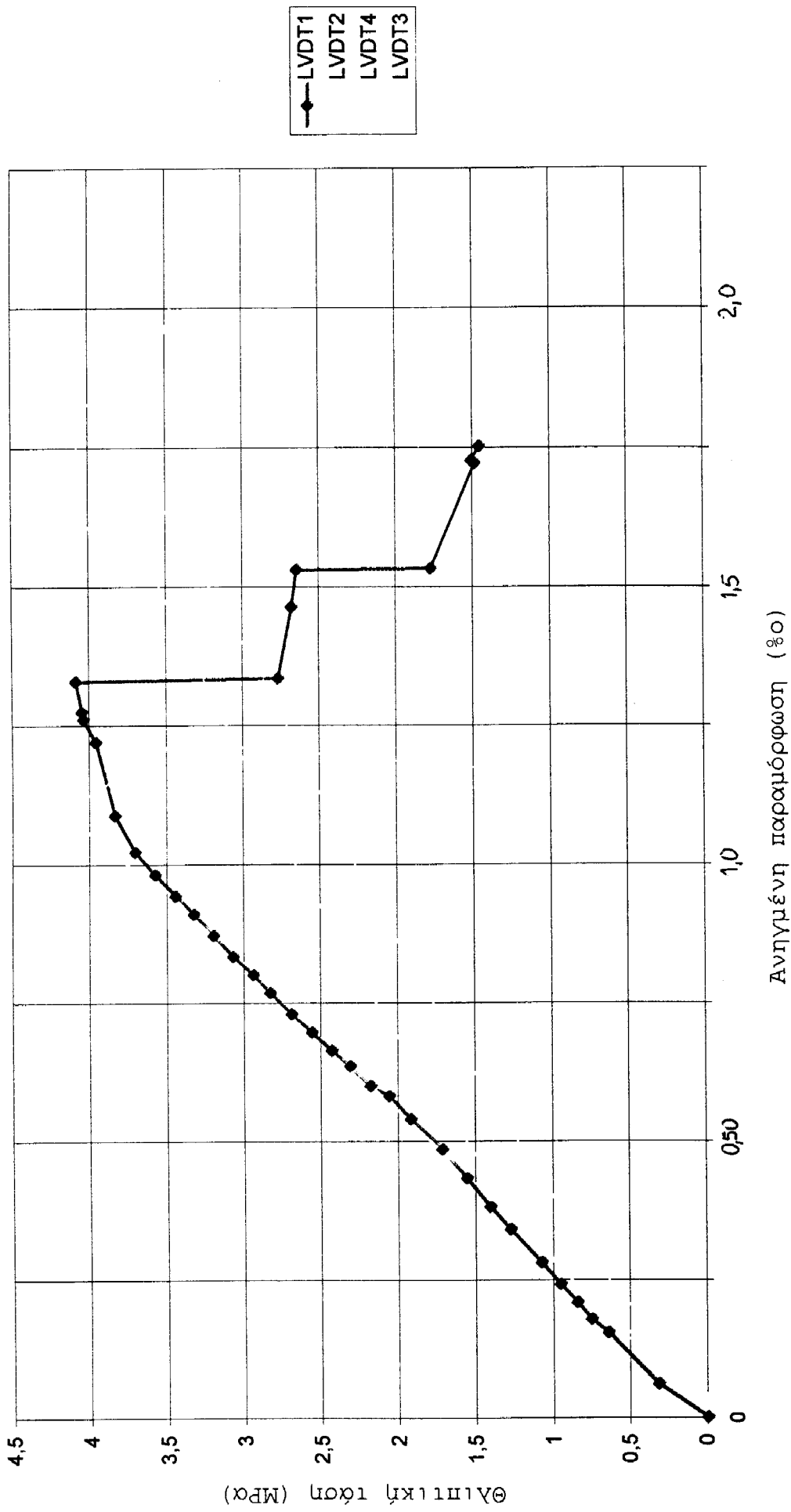
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



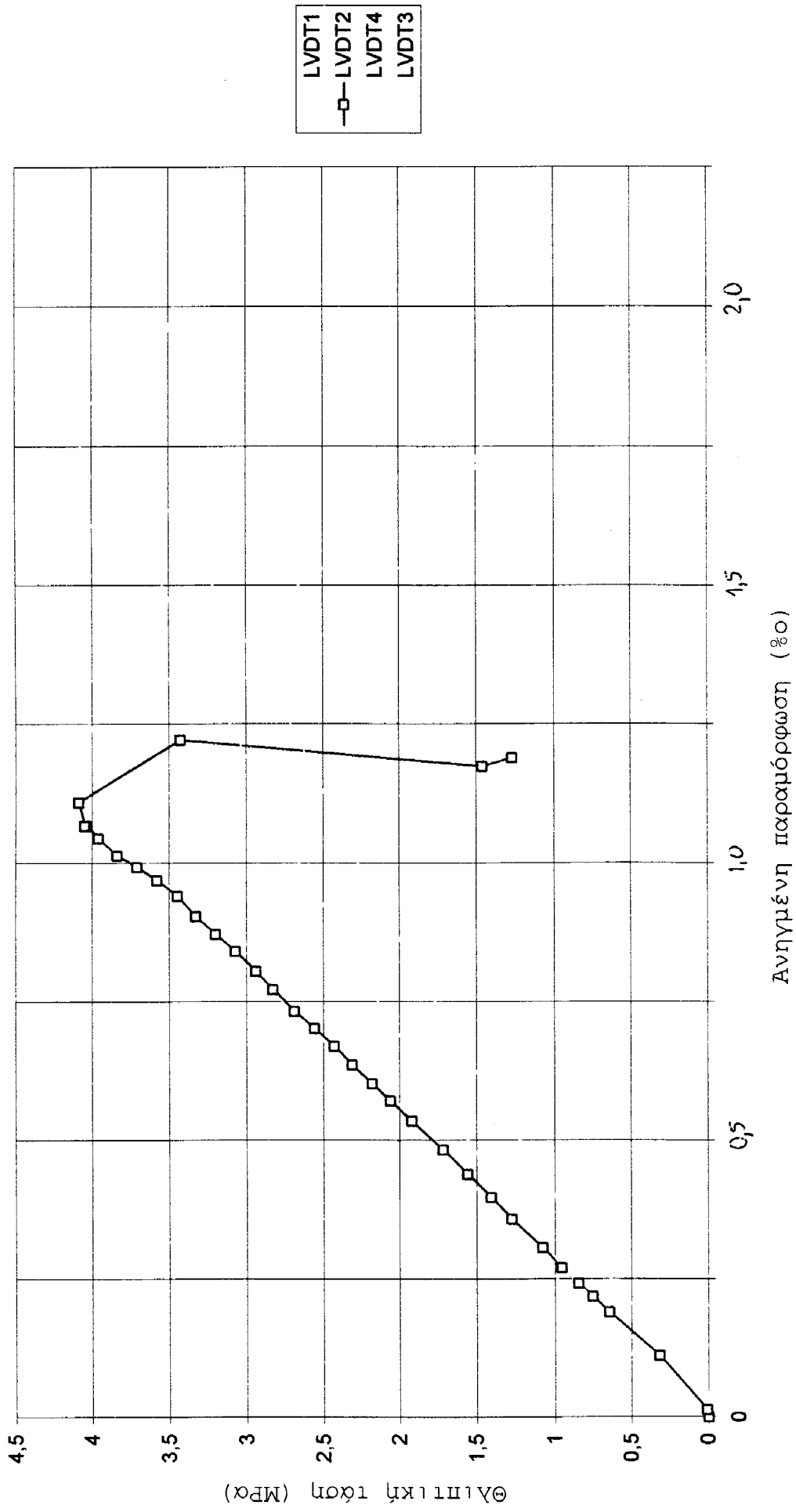
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 5



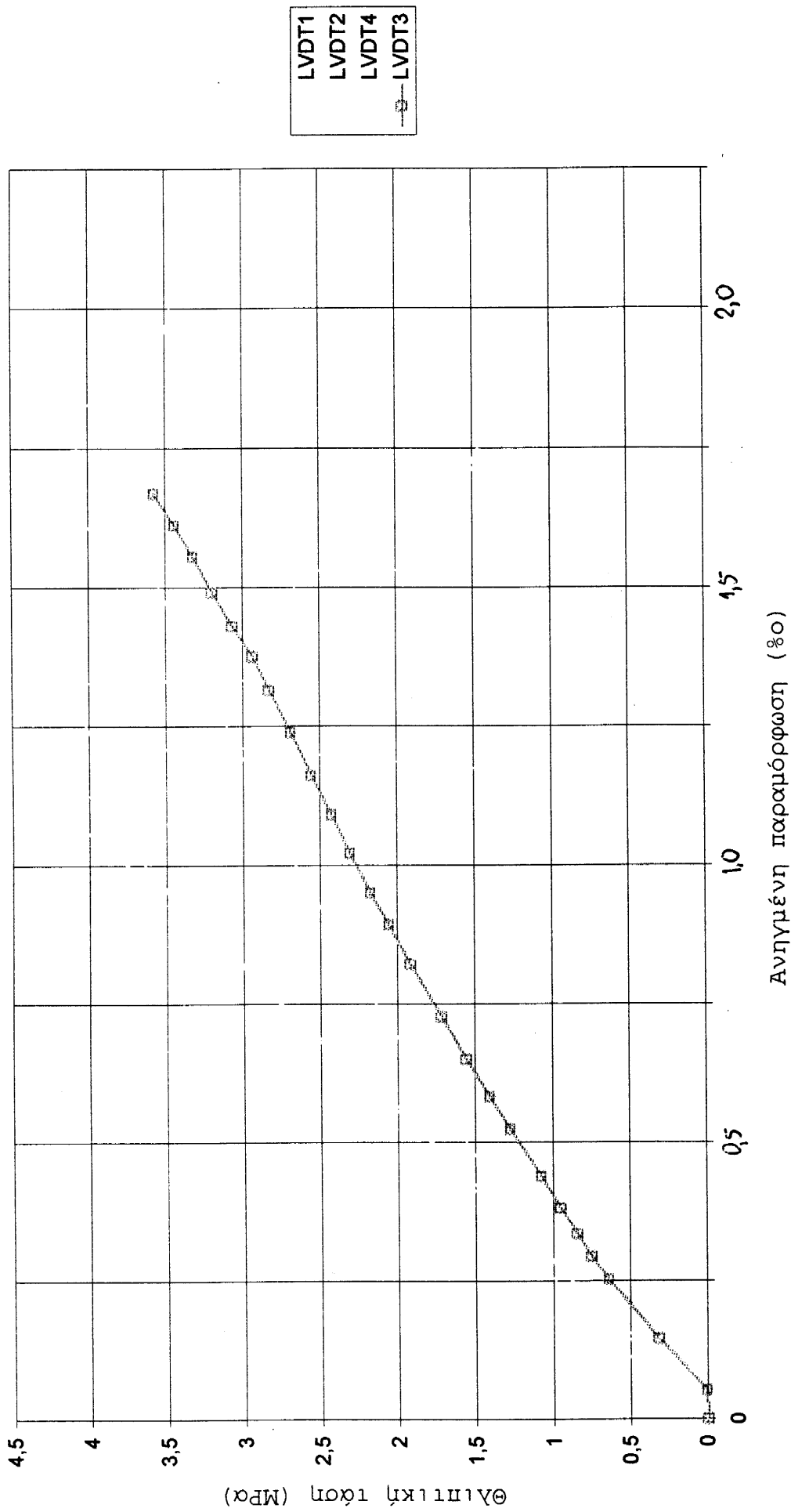
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 6



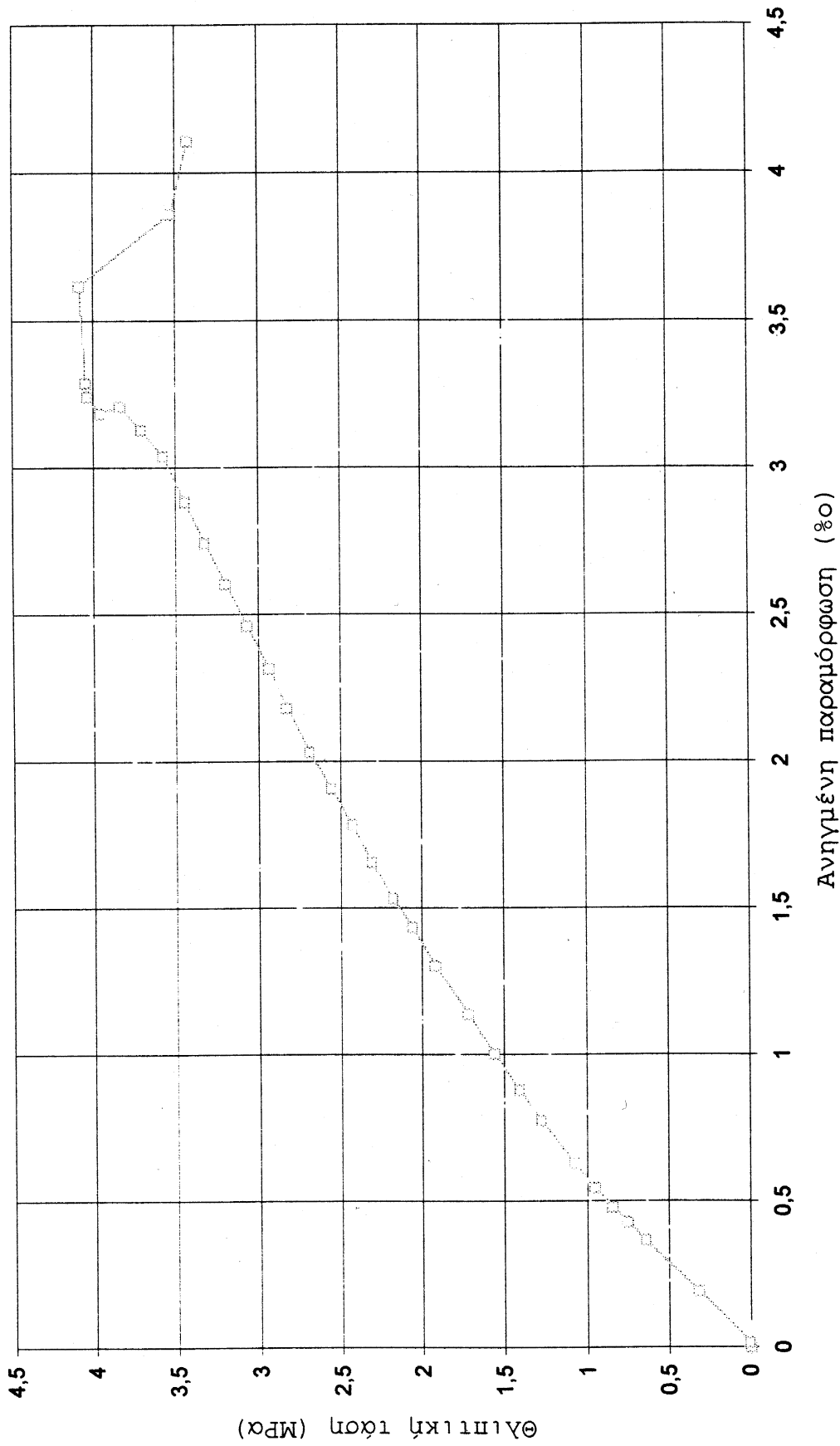
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 6

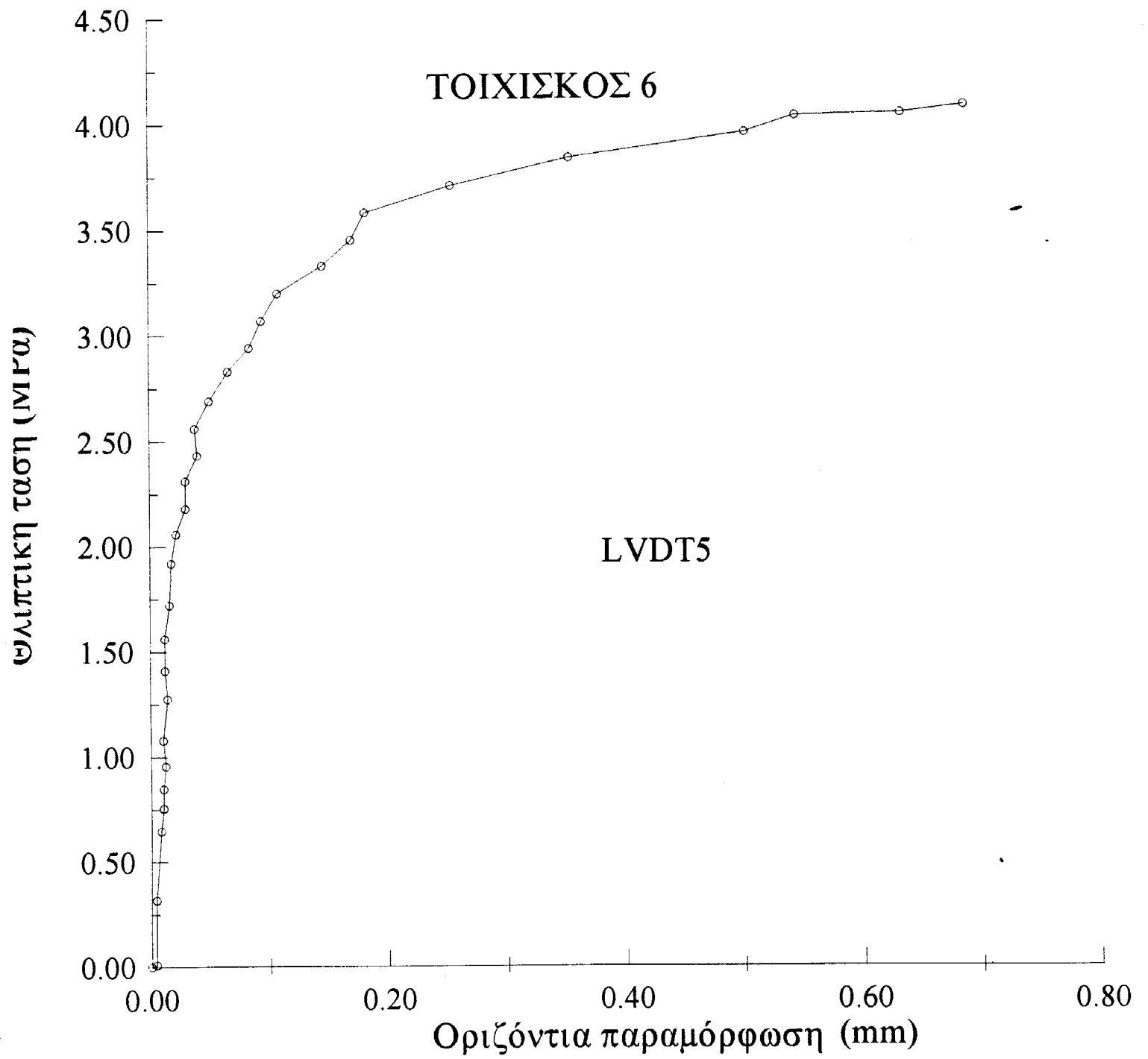


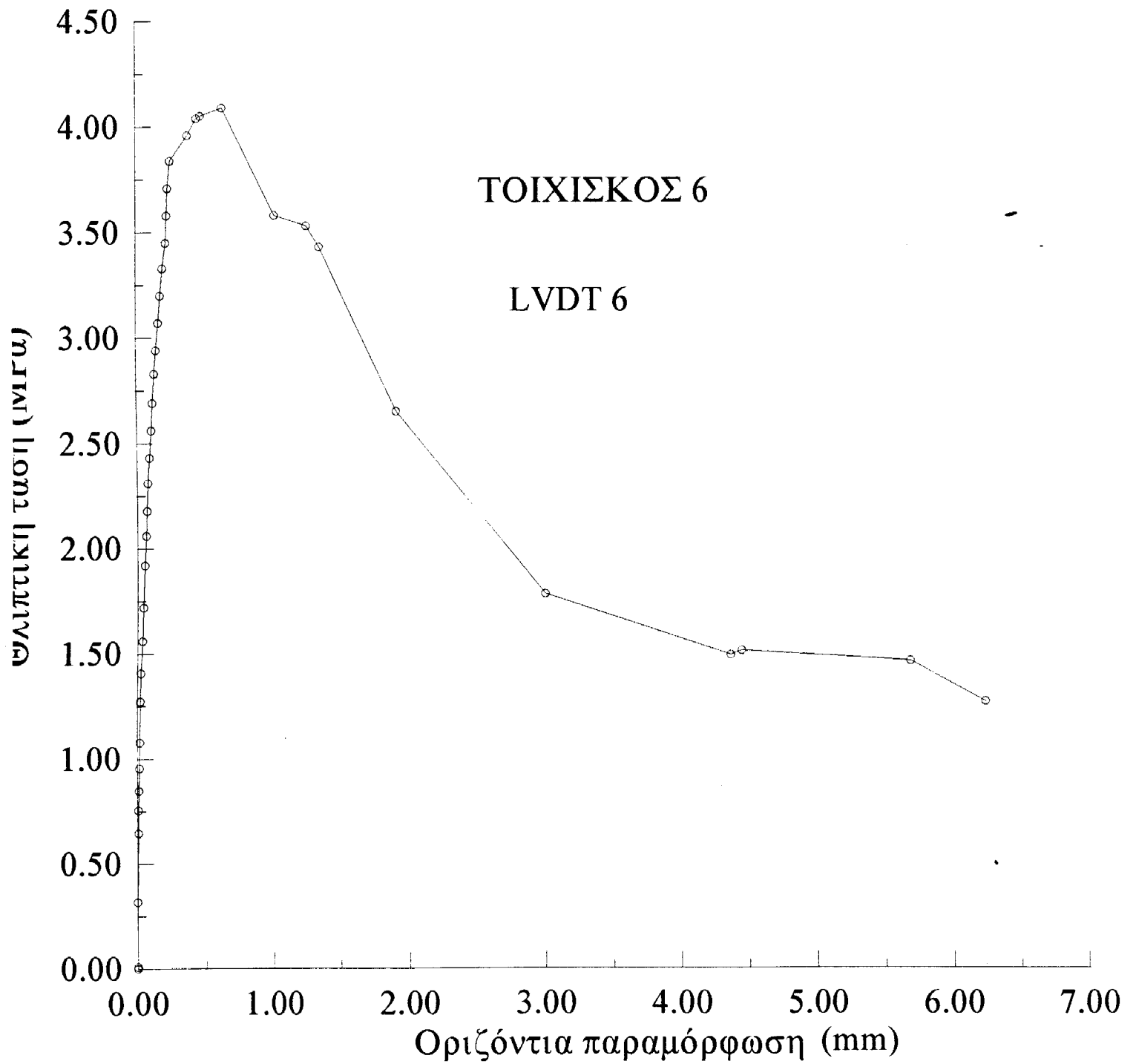
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 6

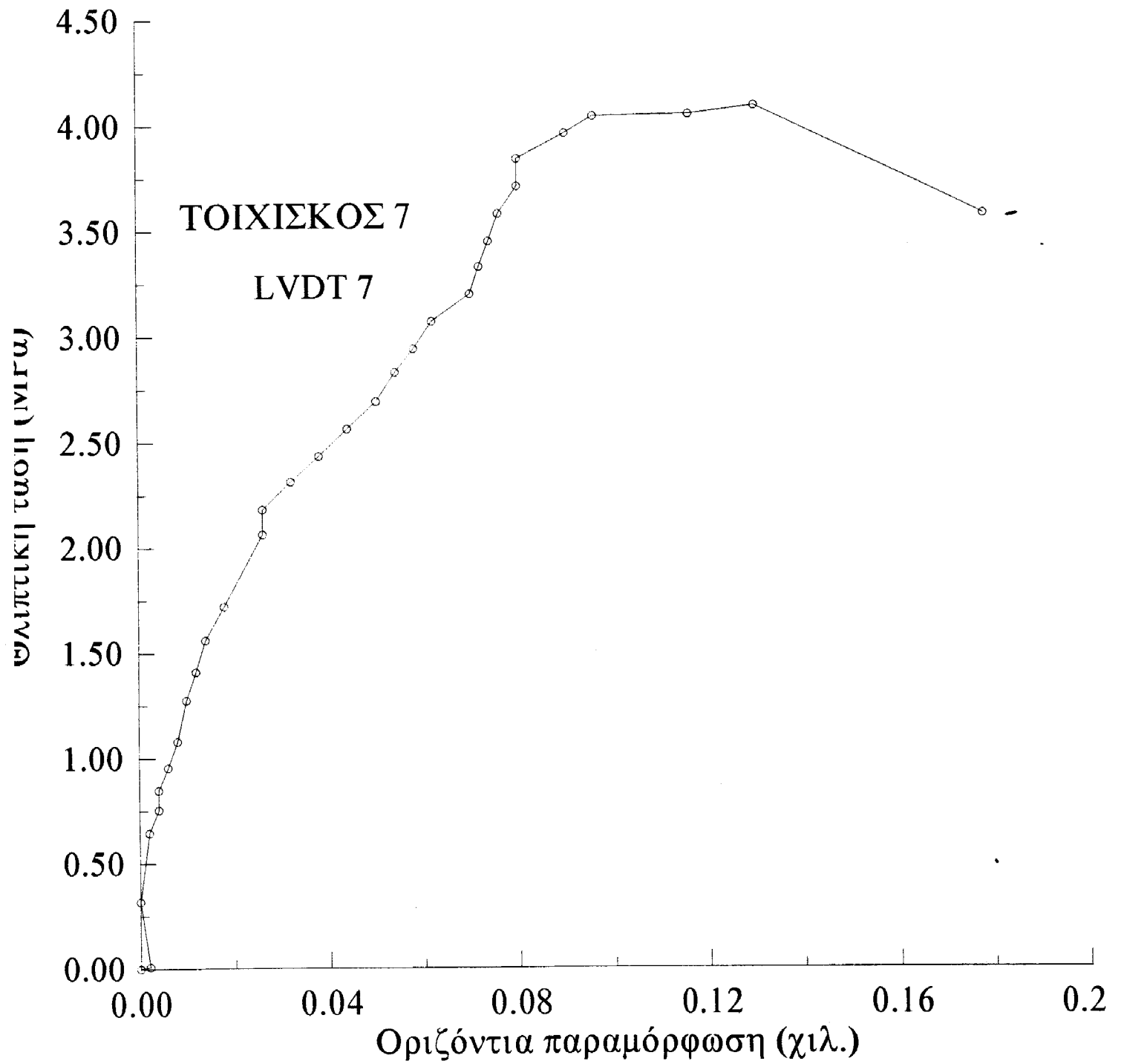


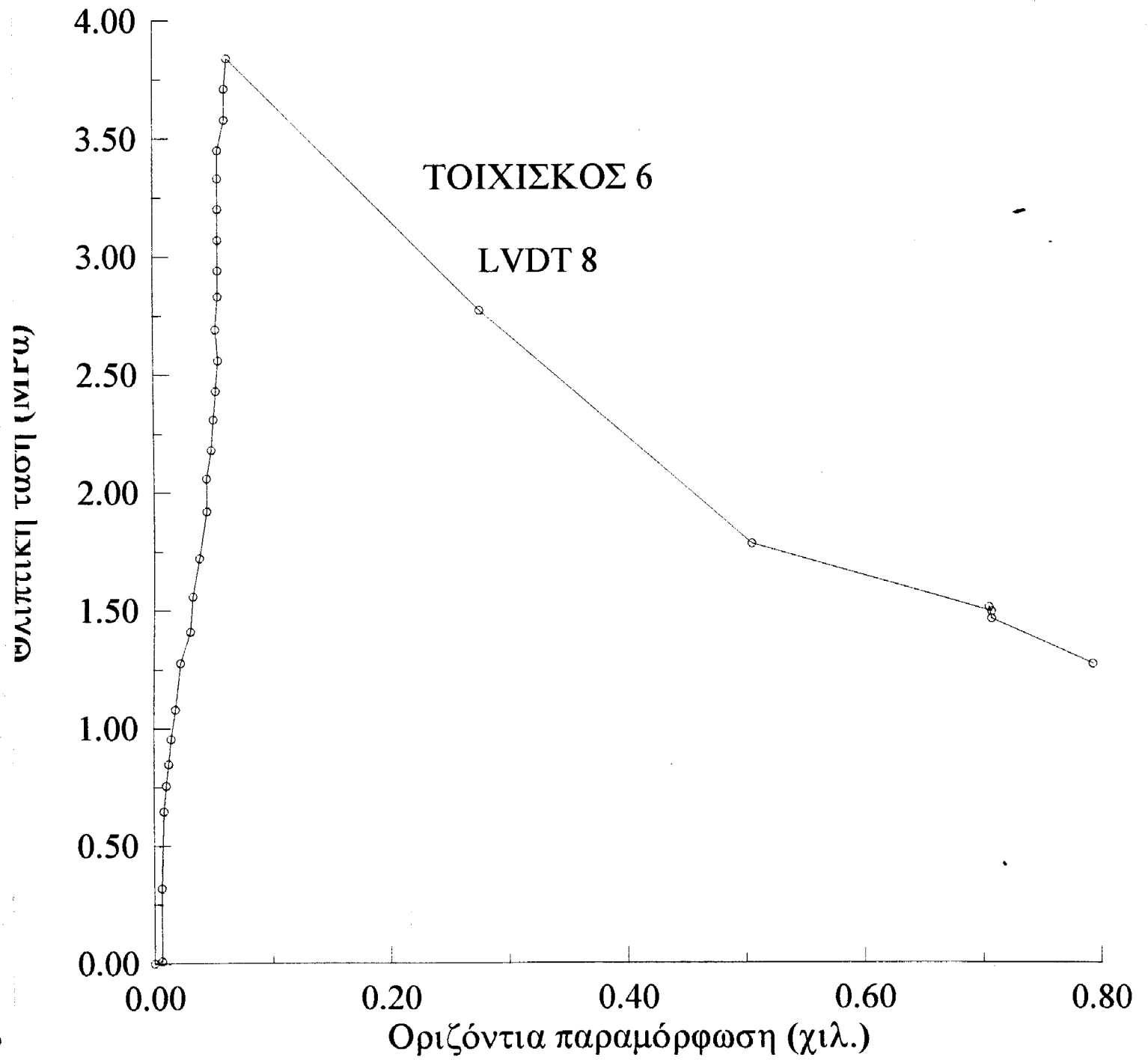
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 6

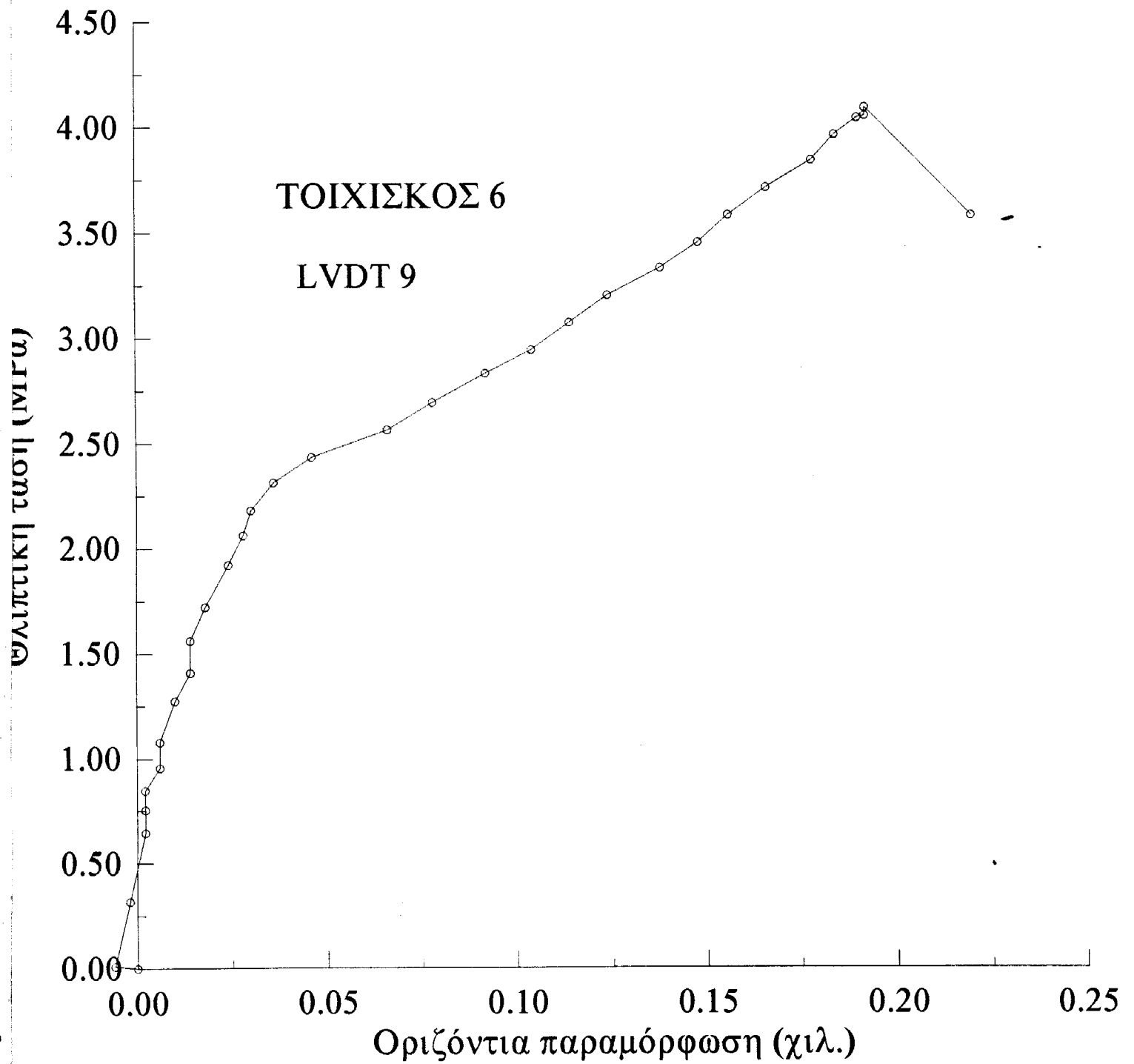


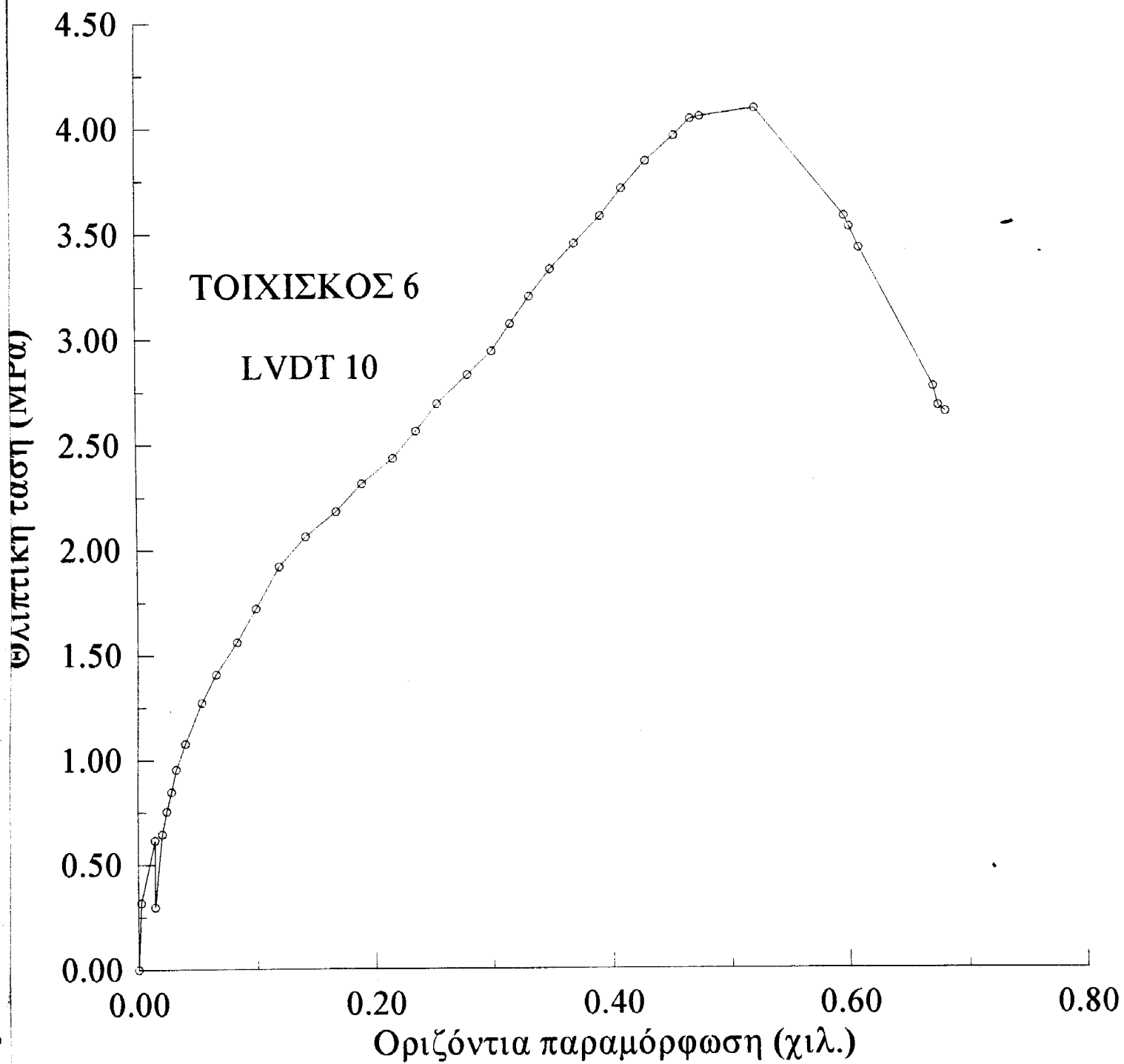




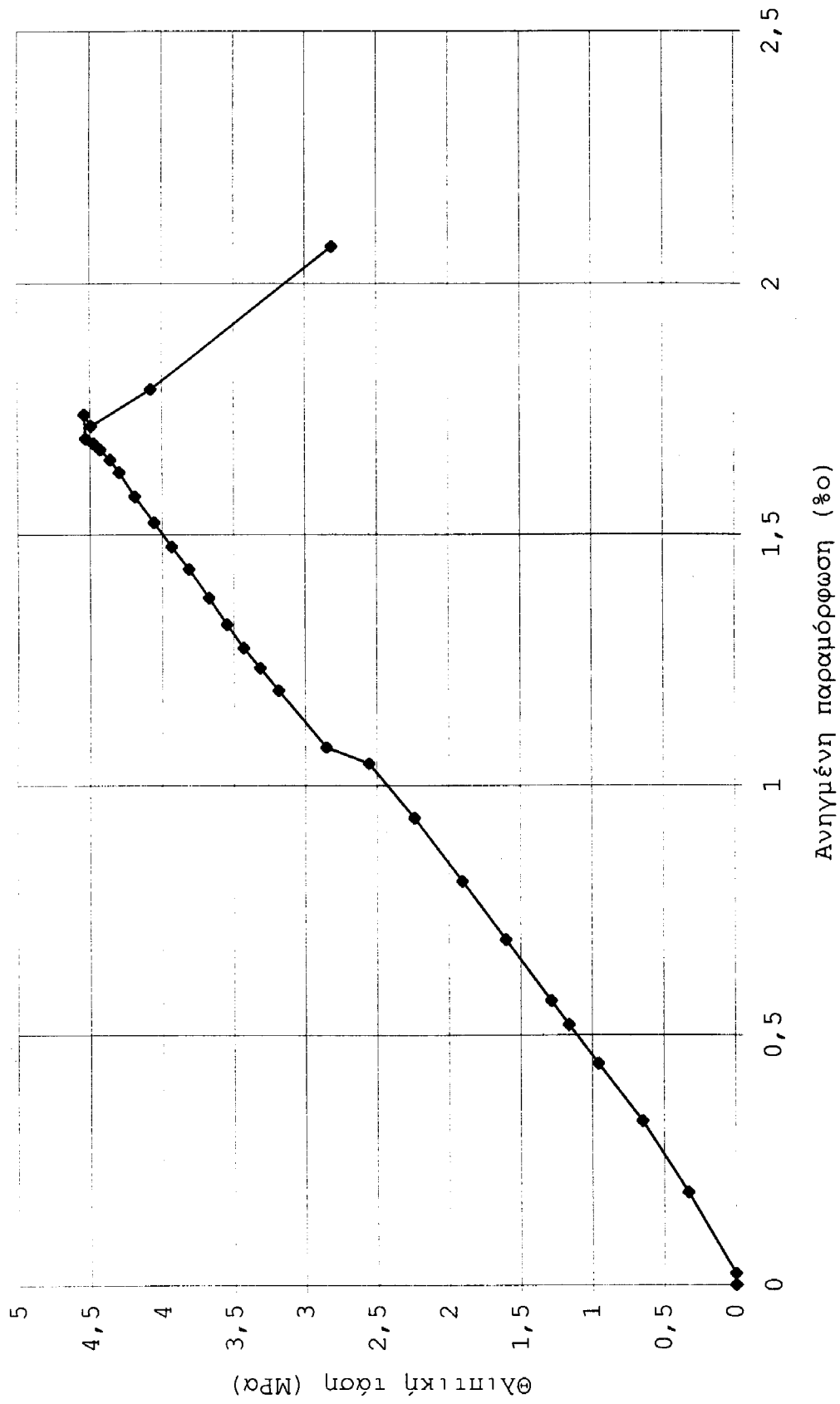




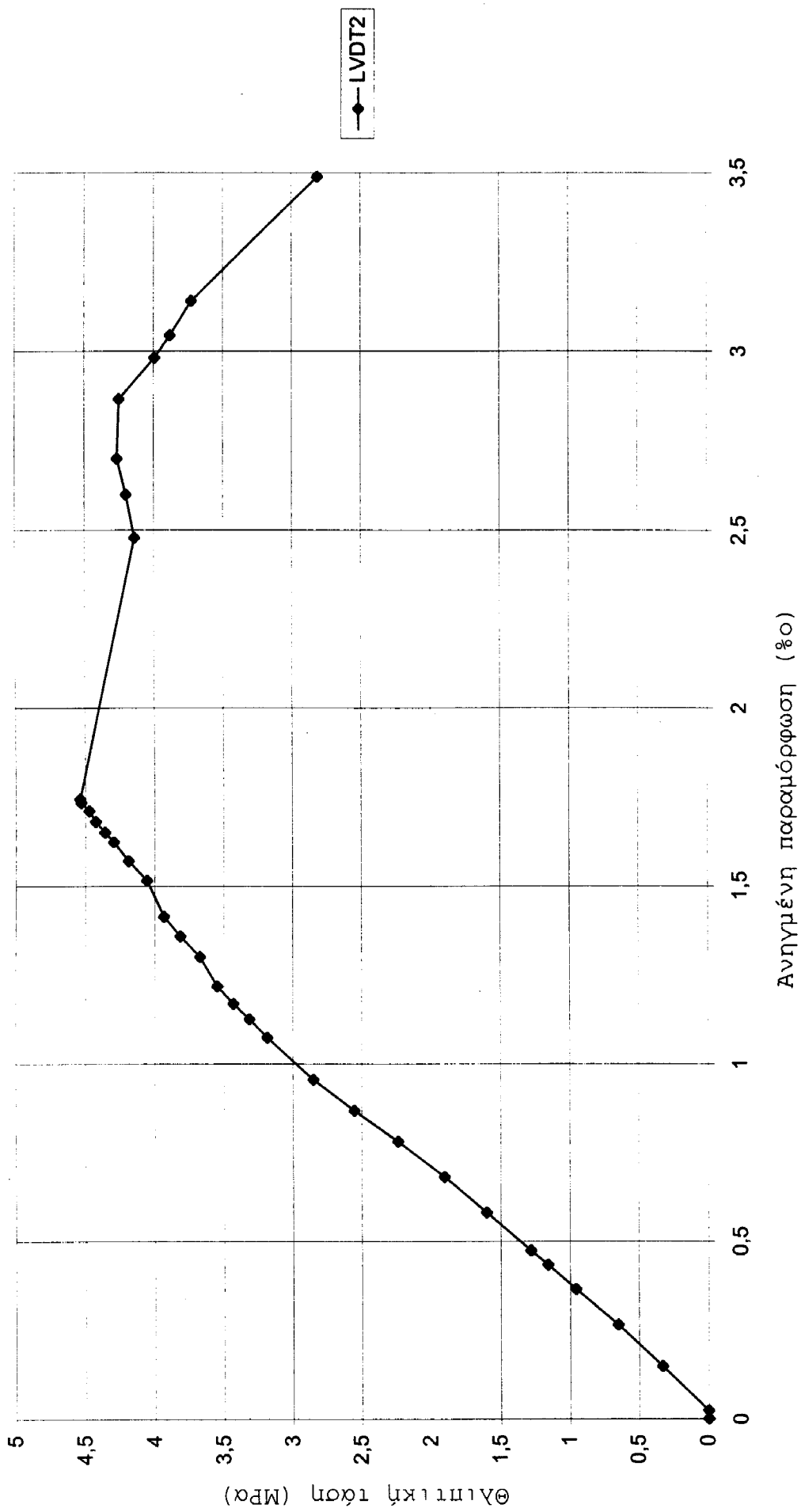




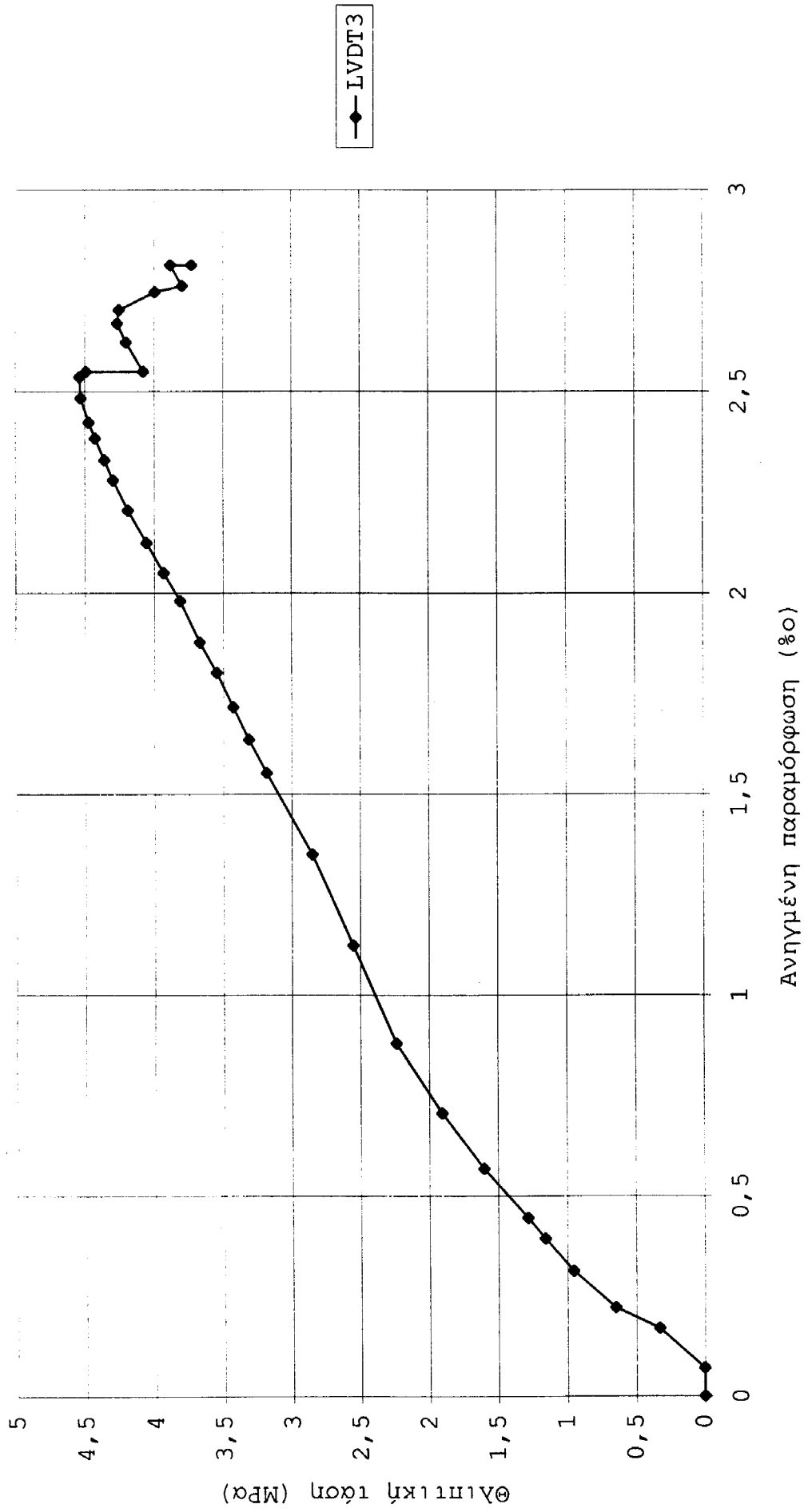
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 7



ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 7

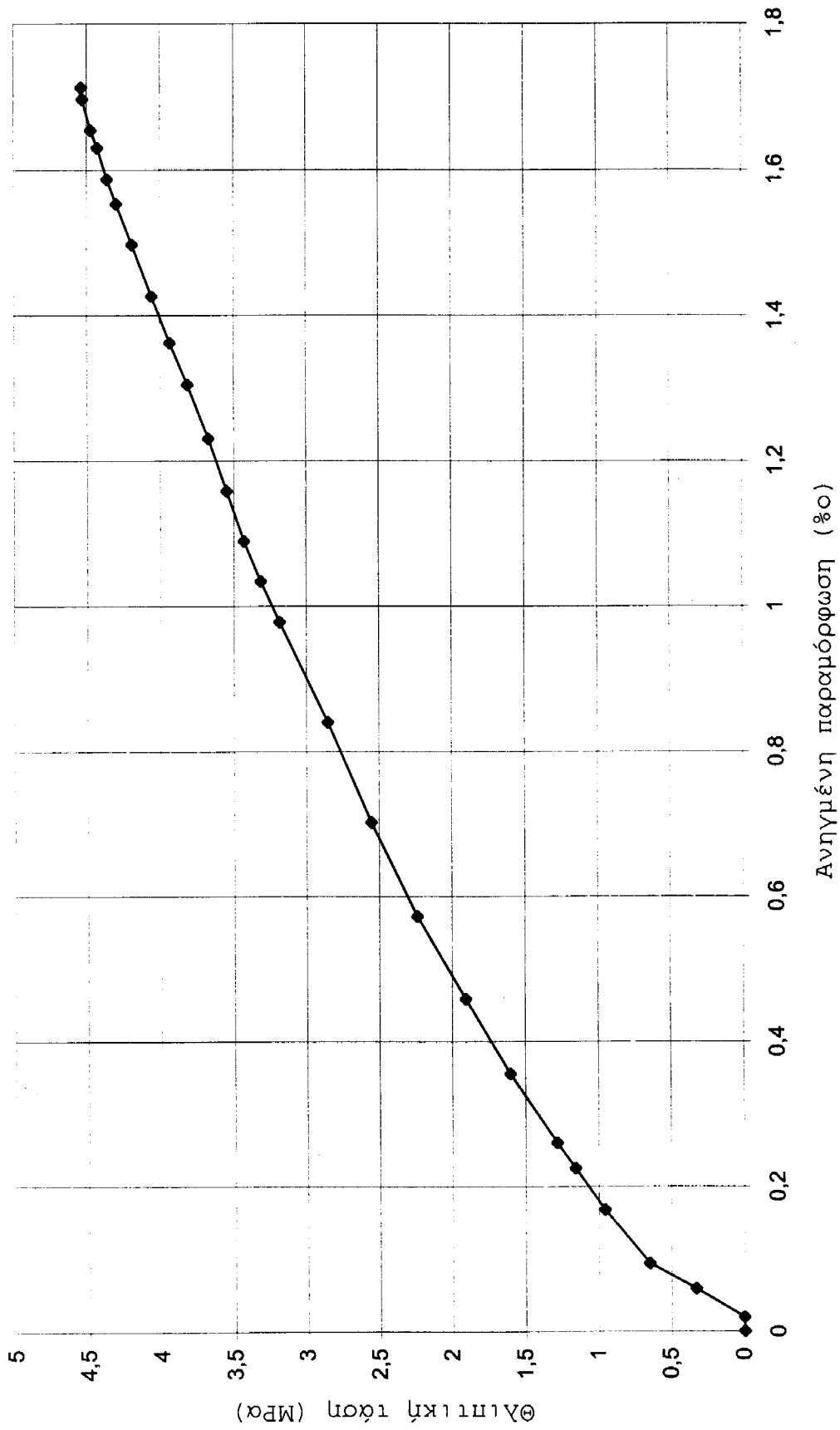


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 7



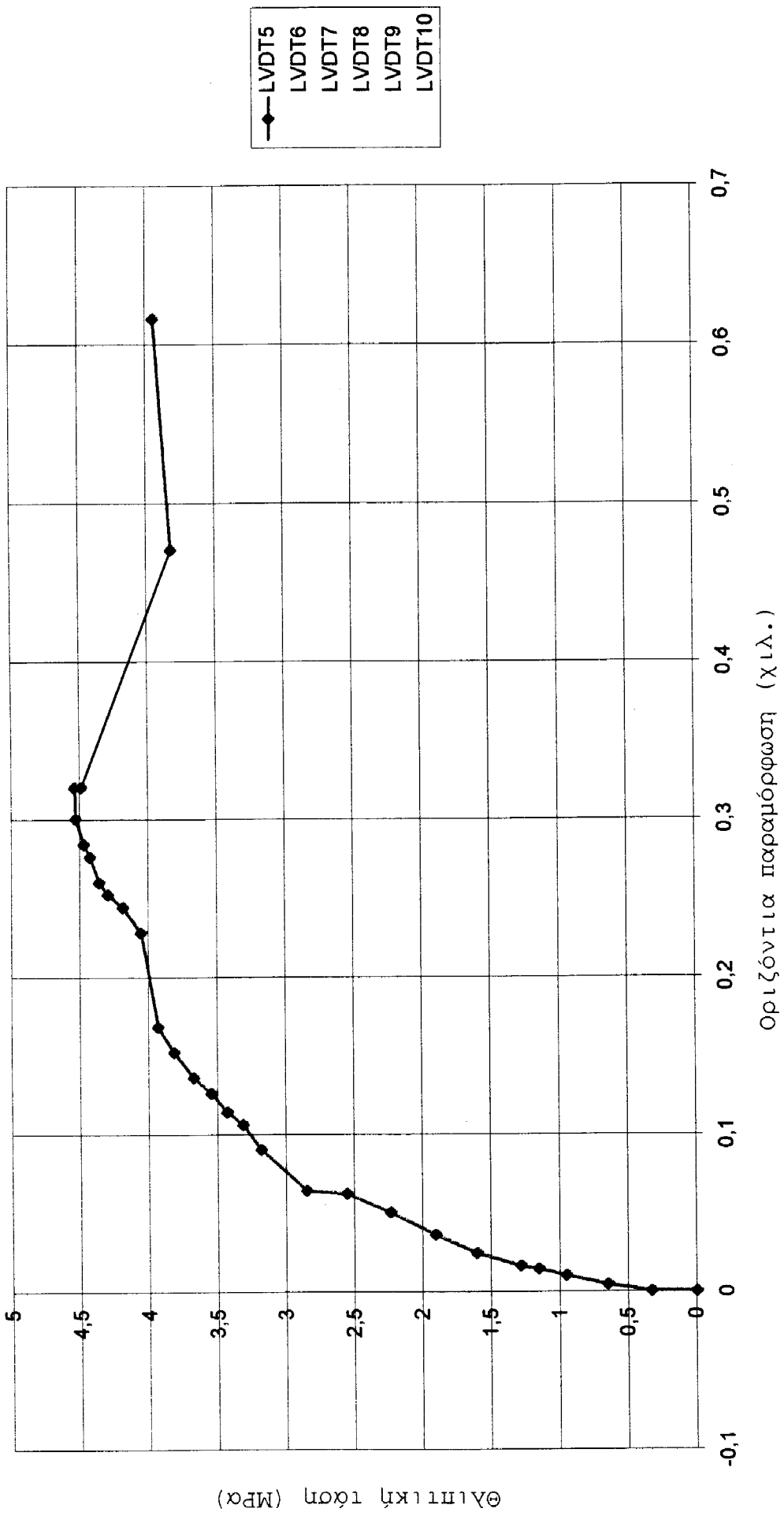
—◆— LVDT3

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 7

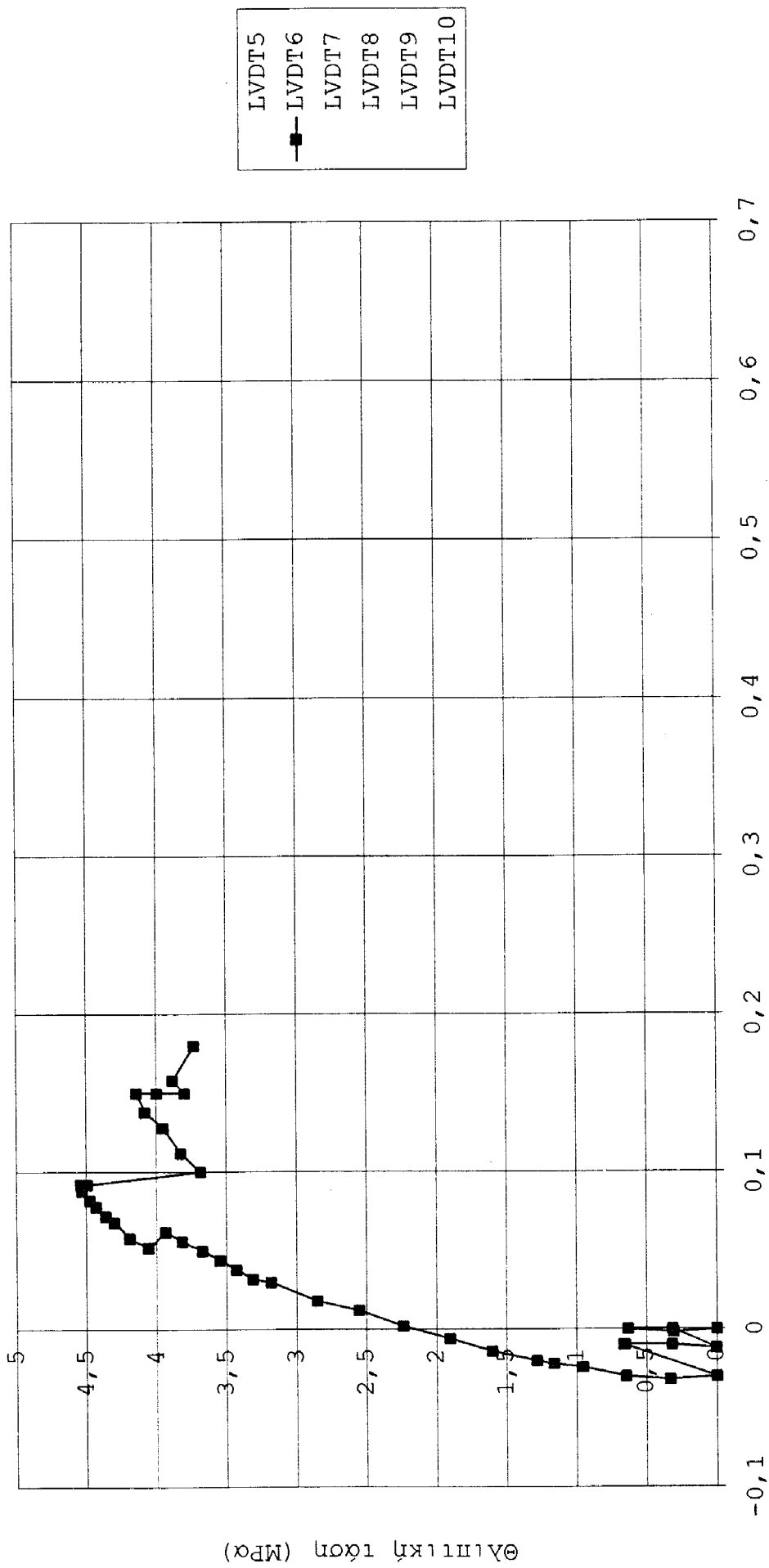


—●— LVDT4

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 7

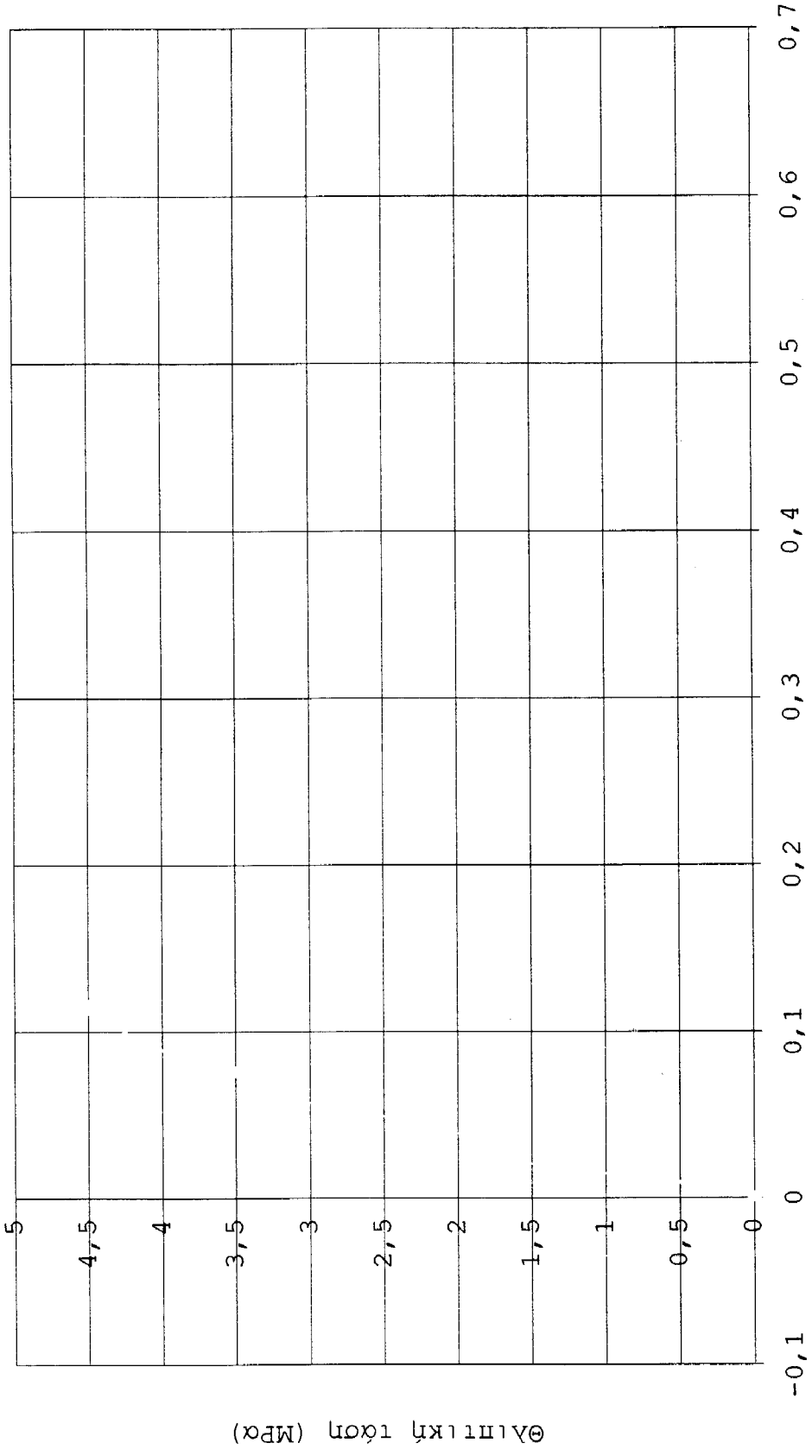


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 7



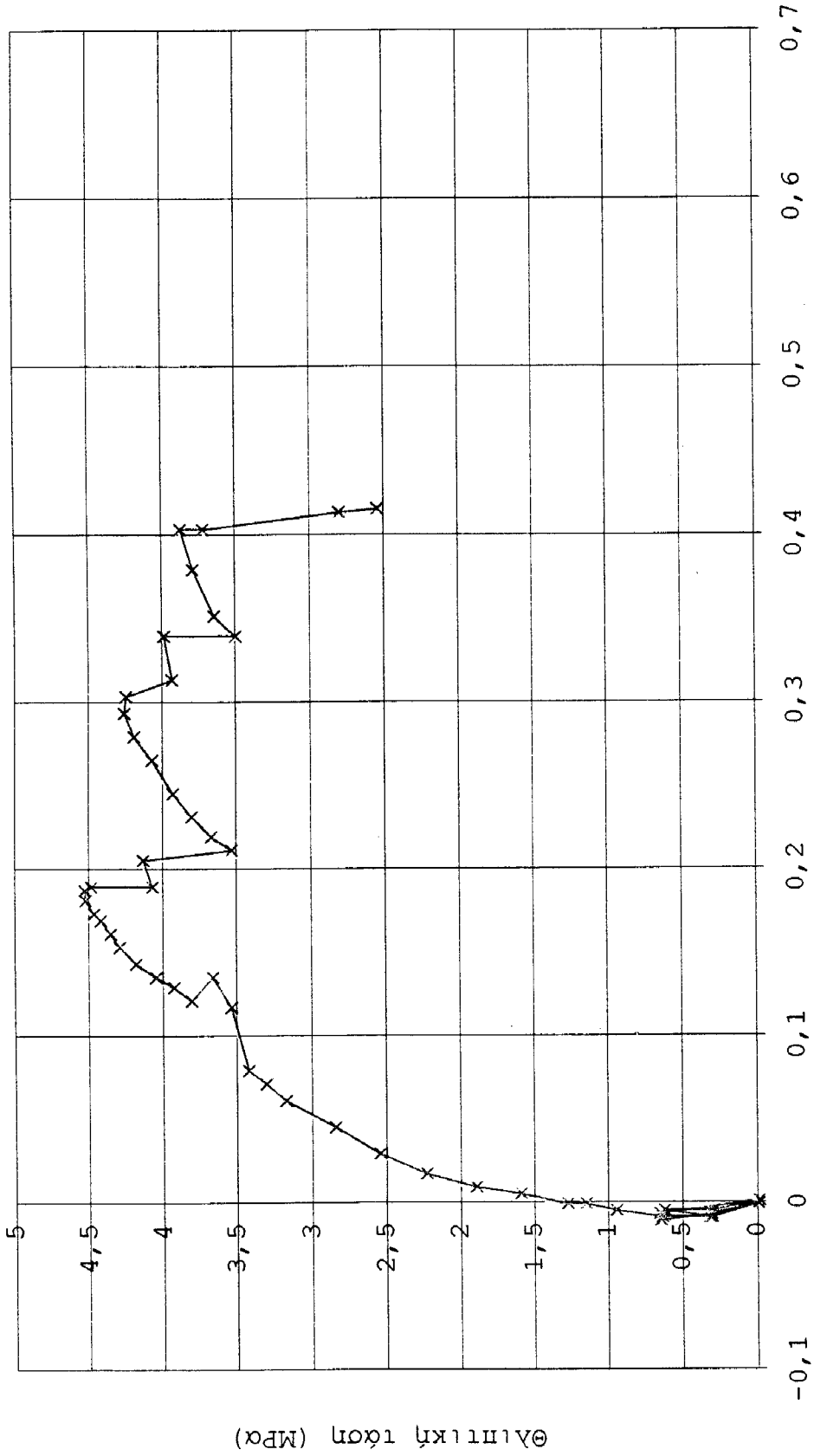
LVDT5
 LVDT6
 LVDT7
 LVDT8
 LVDT9
 LVDT10

ΤΟΙΧΙΕΚΟΣ 7



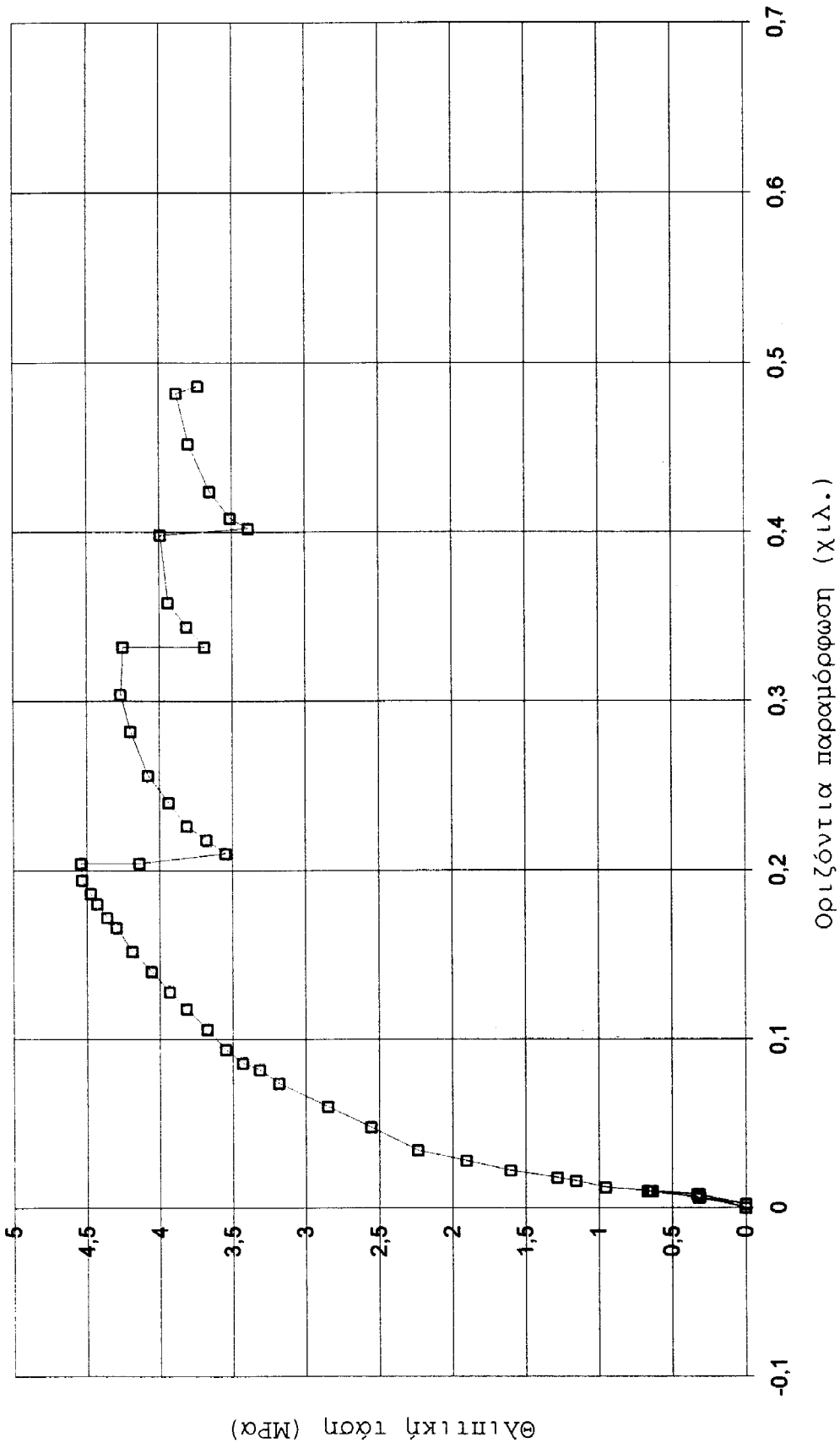
LVDT5
 LVDT6
 LVDT7
 LVDT8
 LVDT9
 LVDT10

ΤΟΙΧΙΣΤΙΚΟΣ 7

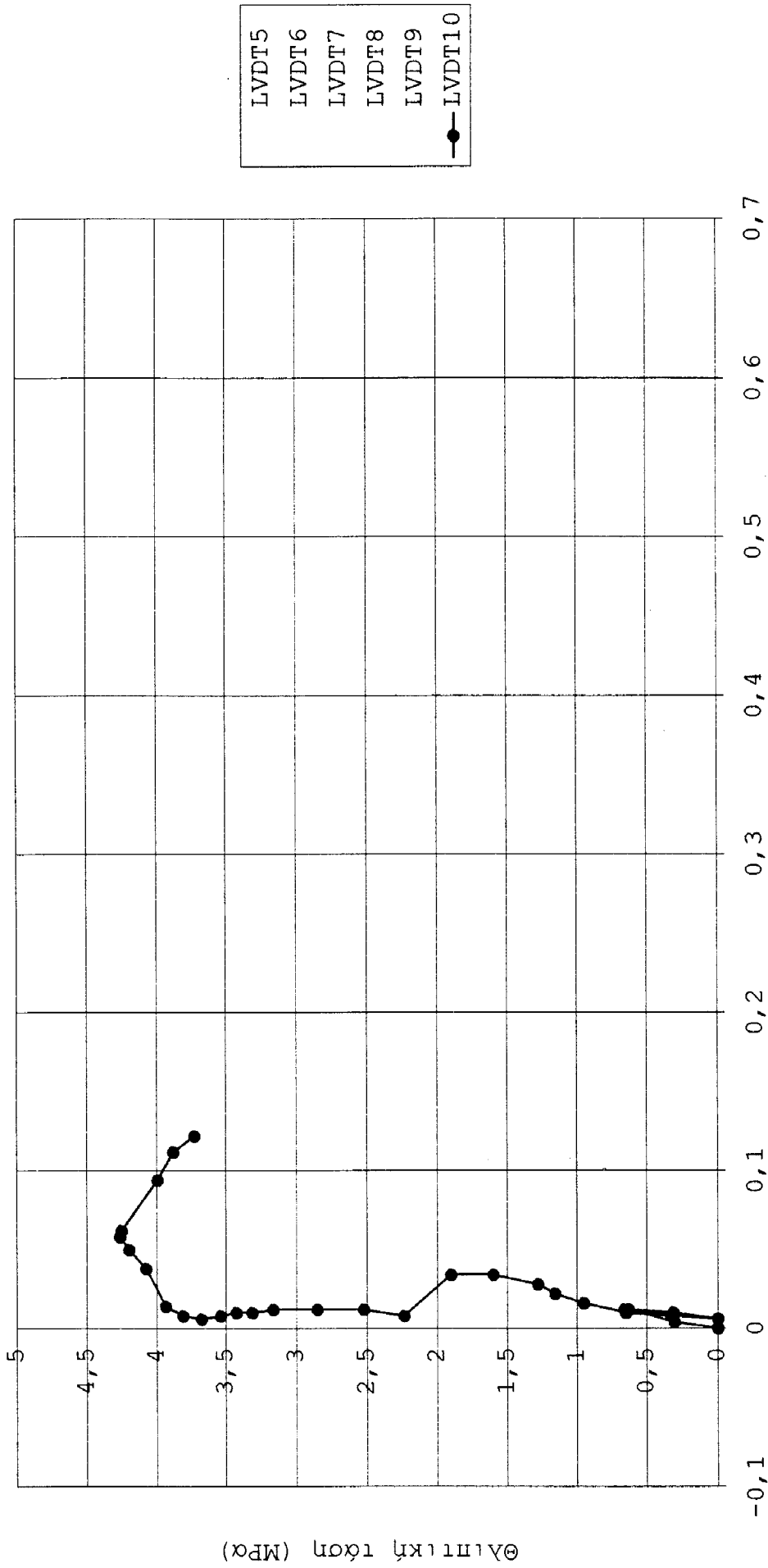


LVDT5
 LVDT6
 LVDT7
 * LVDT8
 LVDT9
 LVDT10

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 7

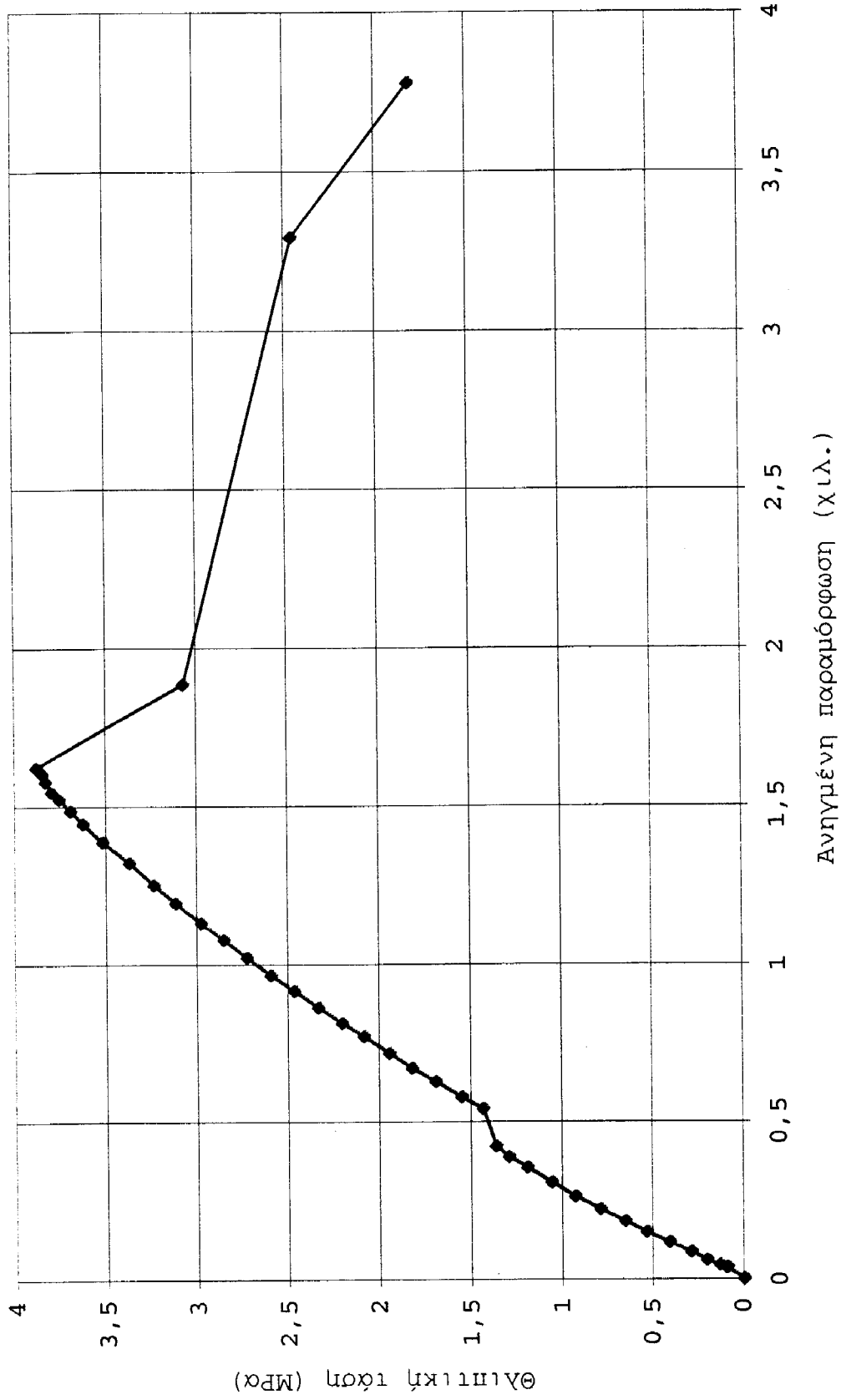


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 7



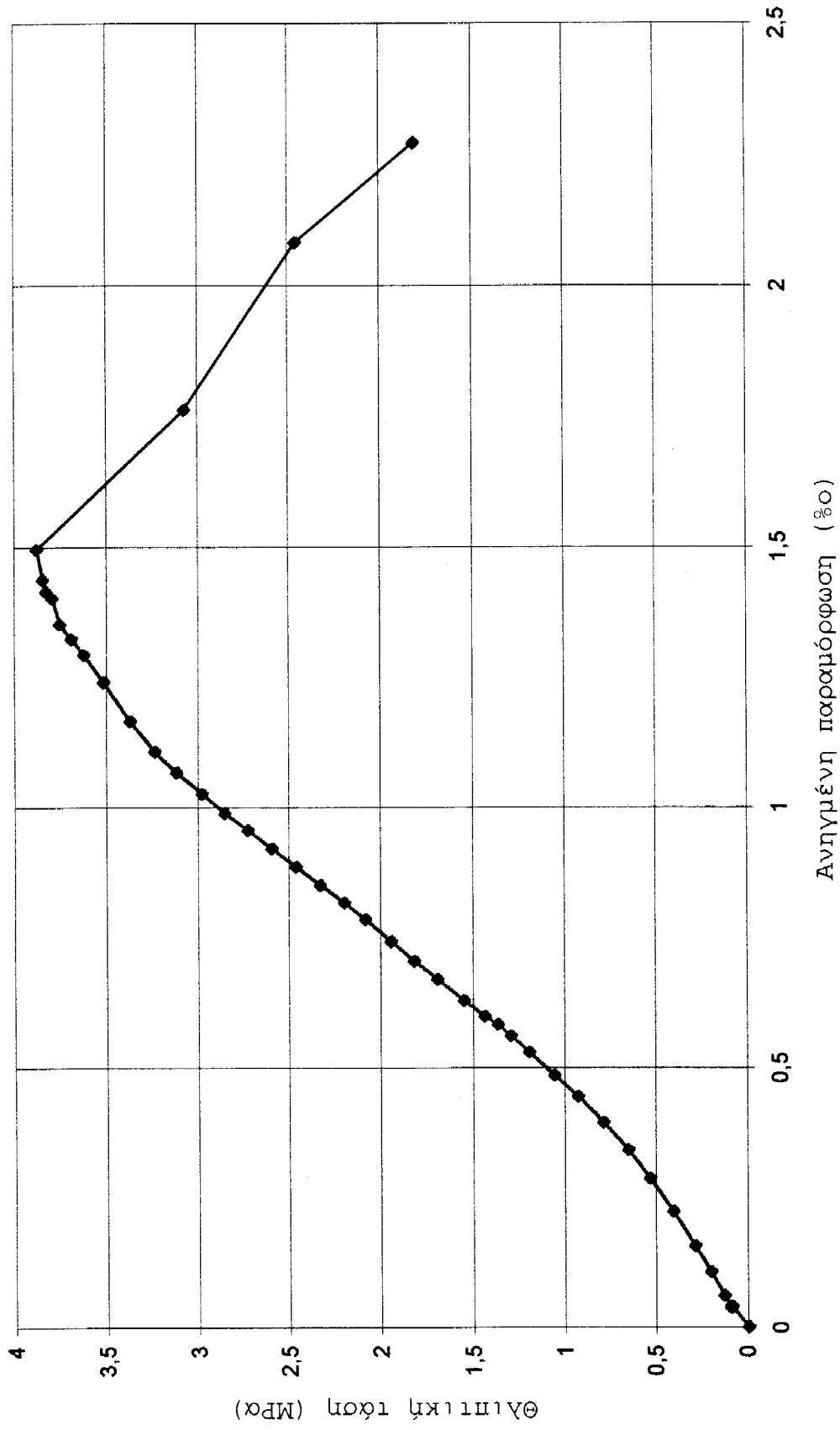
Οριζόντια παραμόρφωση (χιλ.)

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 8



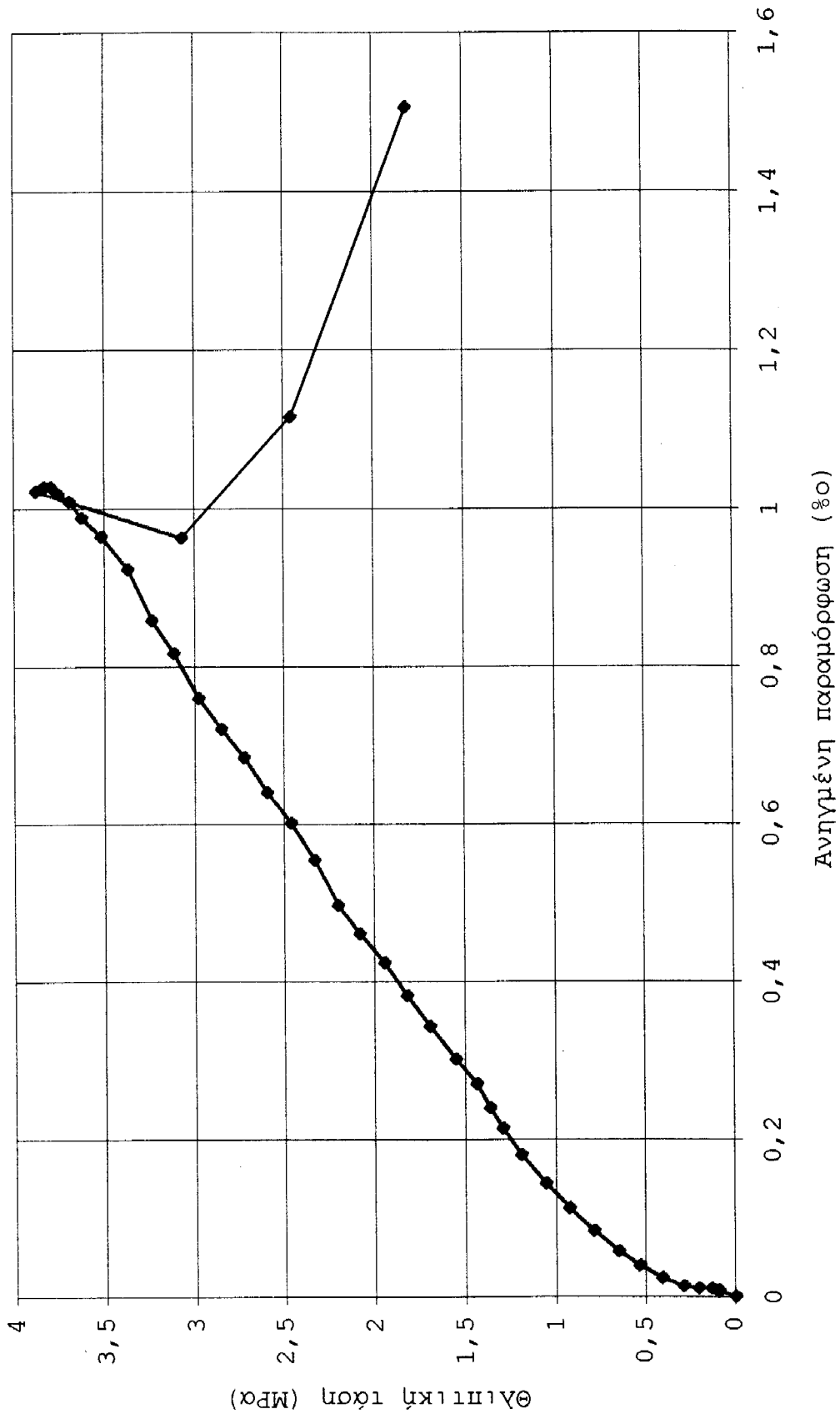
LVDT1

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 8



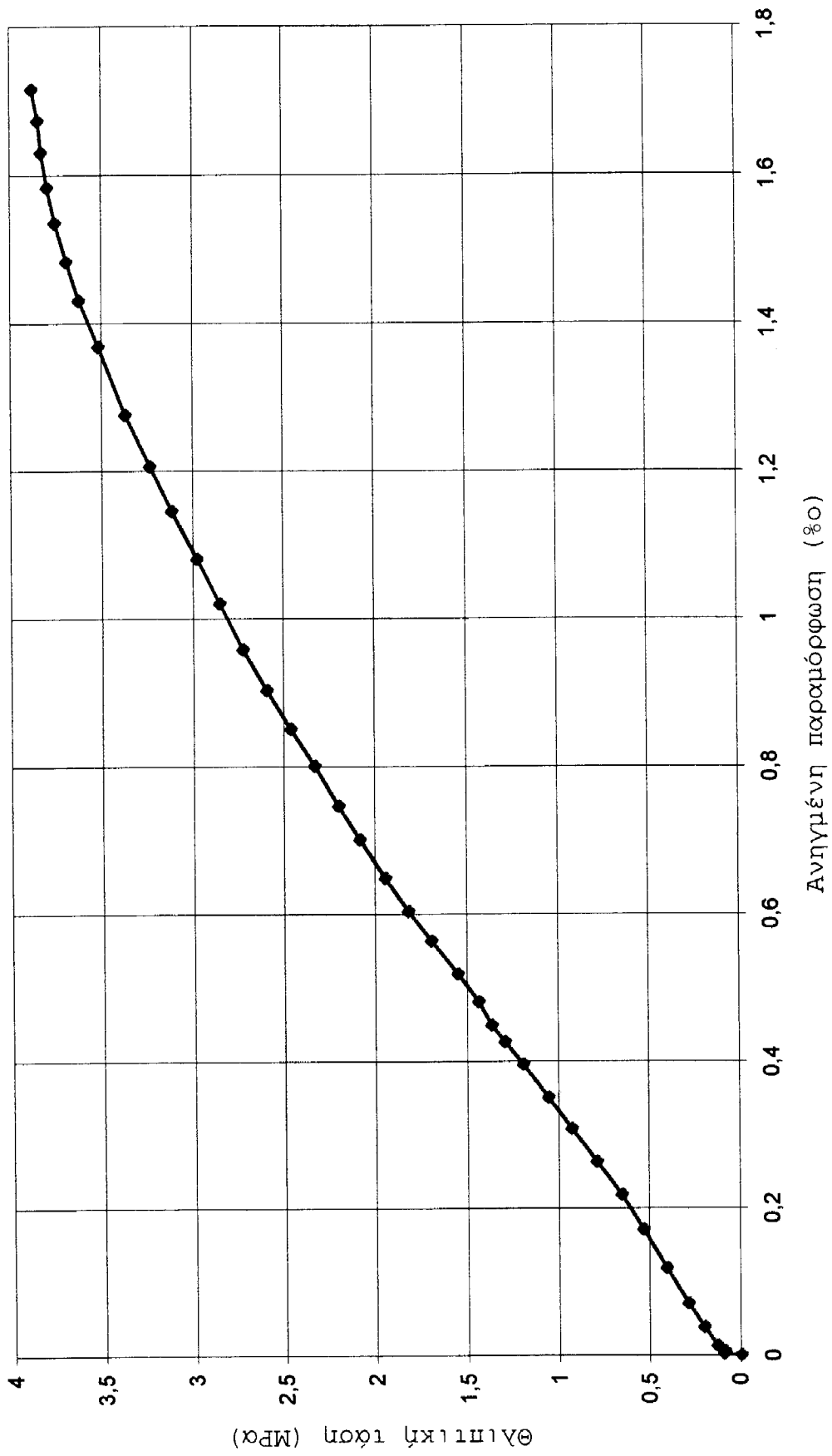
LVDT 2

ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

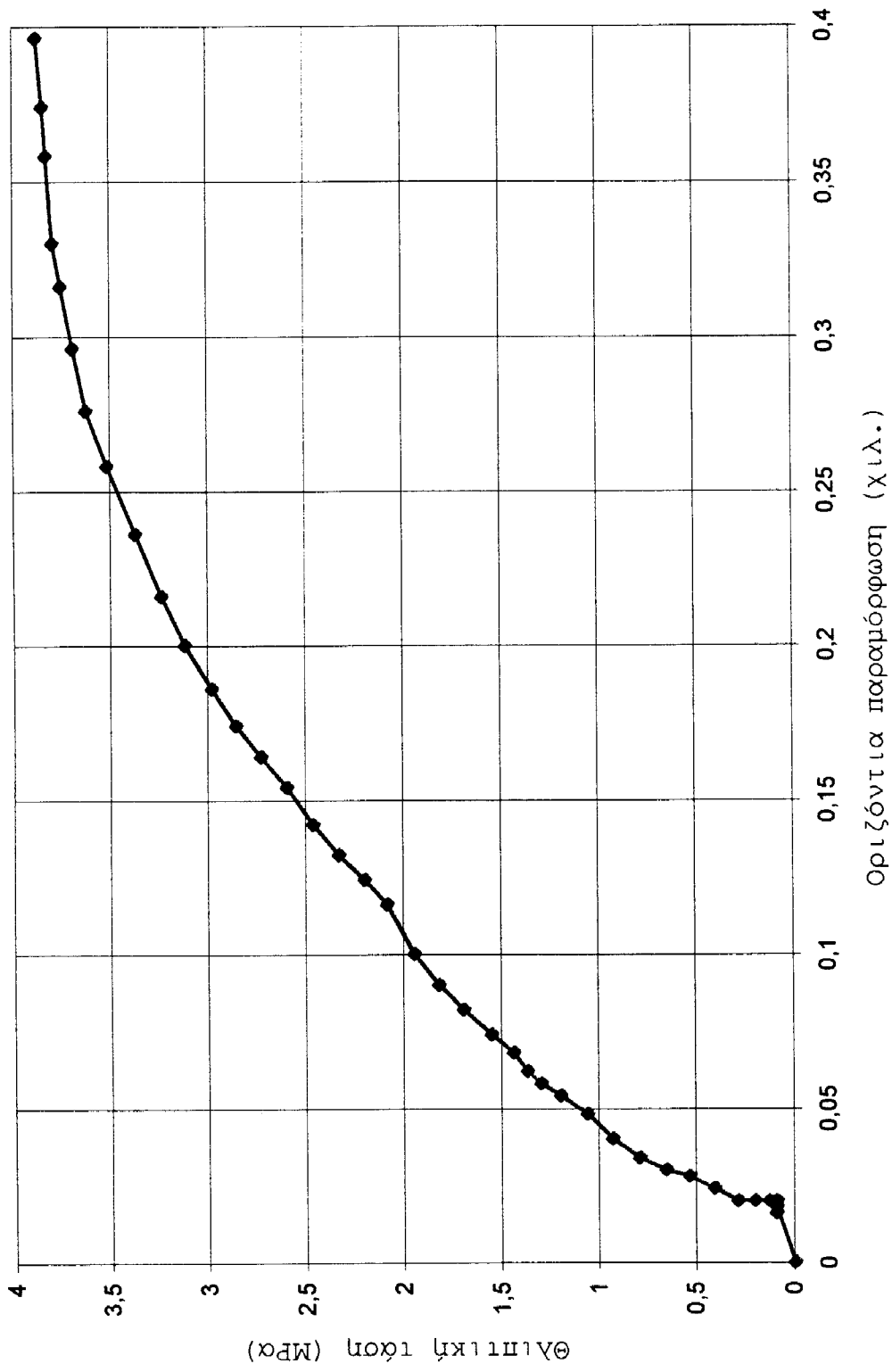


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

LVDΤ 4



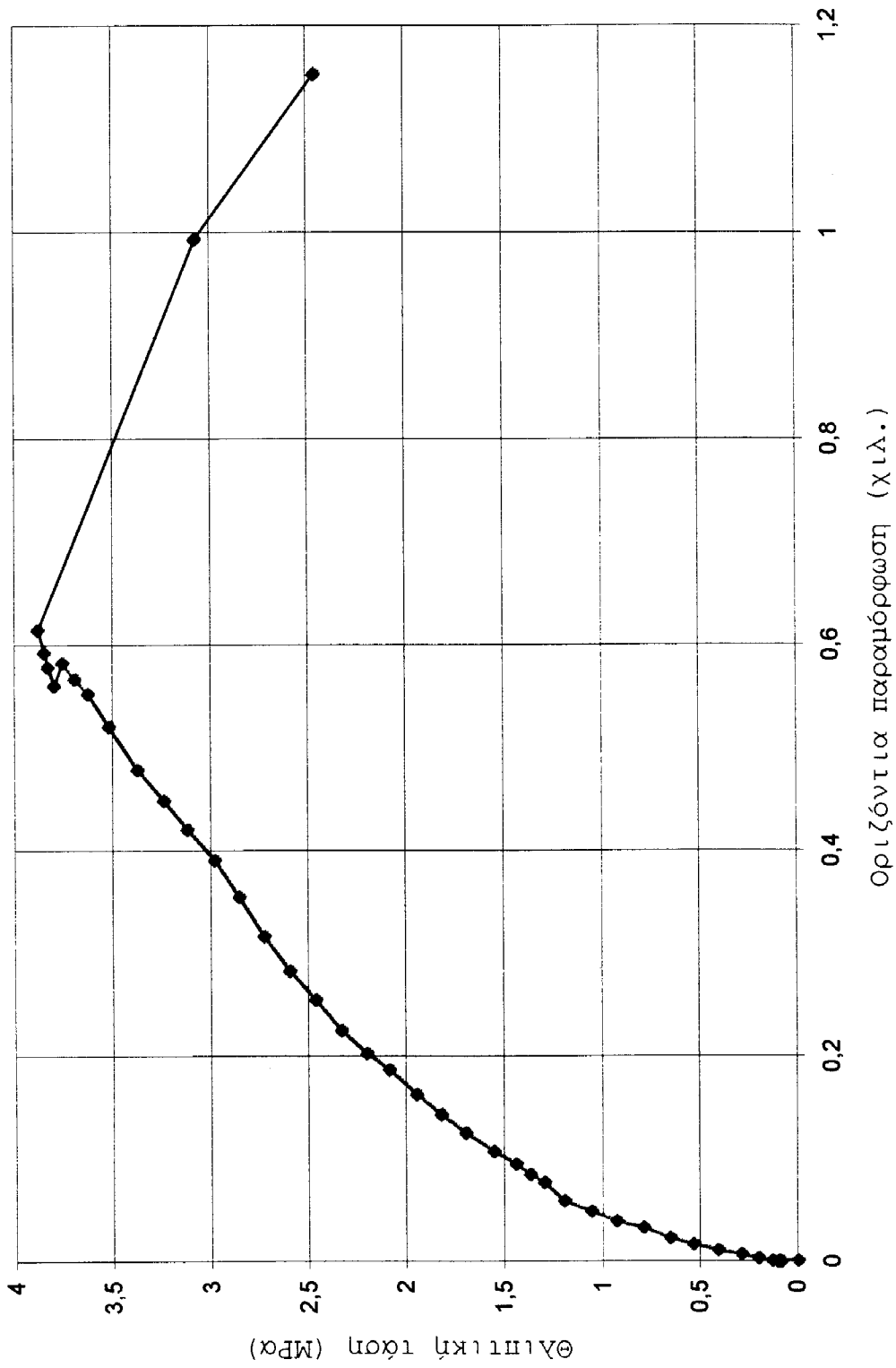
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8



LVDT 5

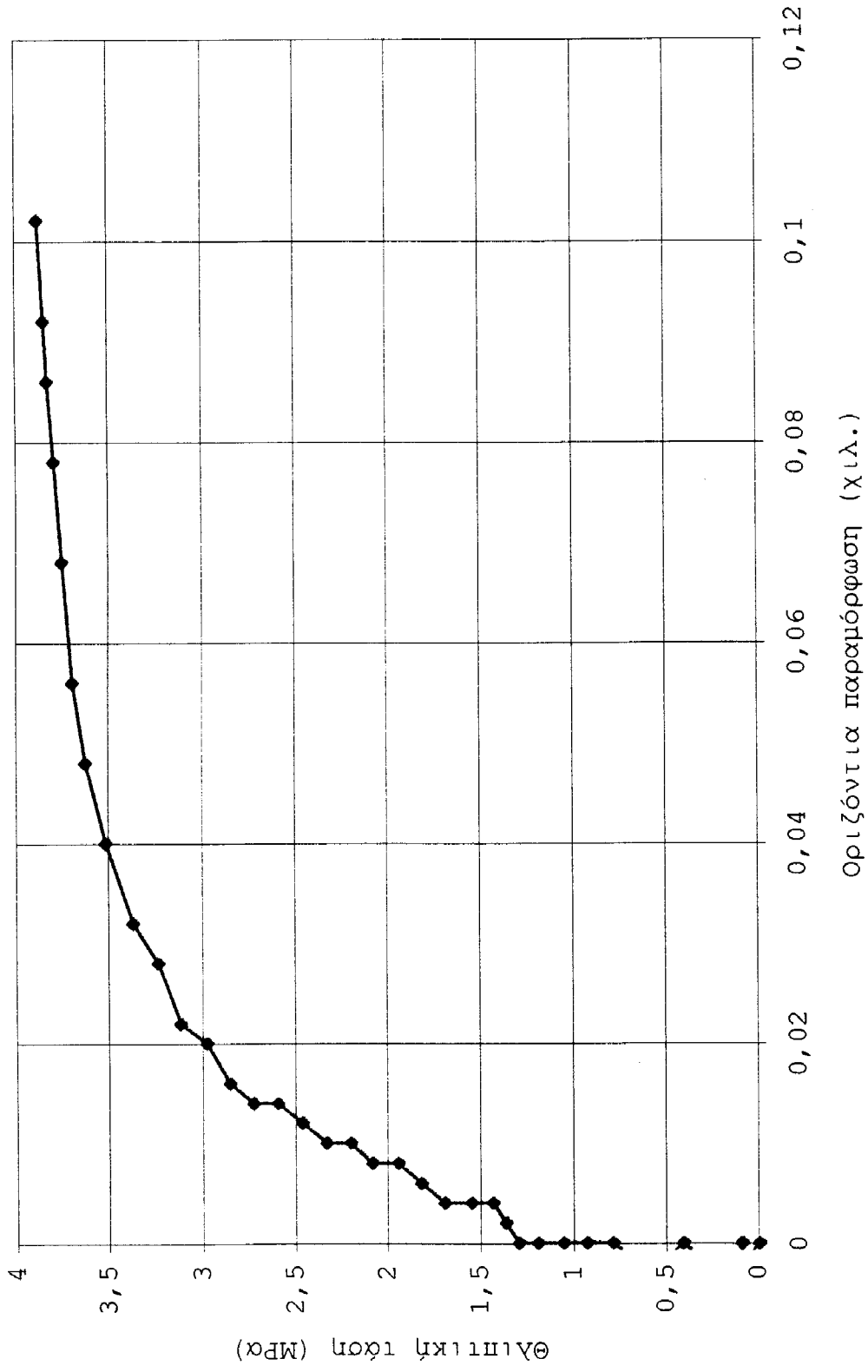
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

LVDΤ 6



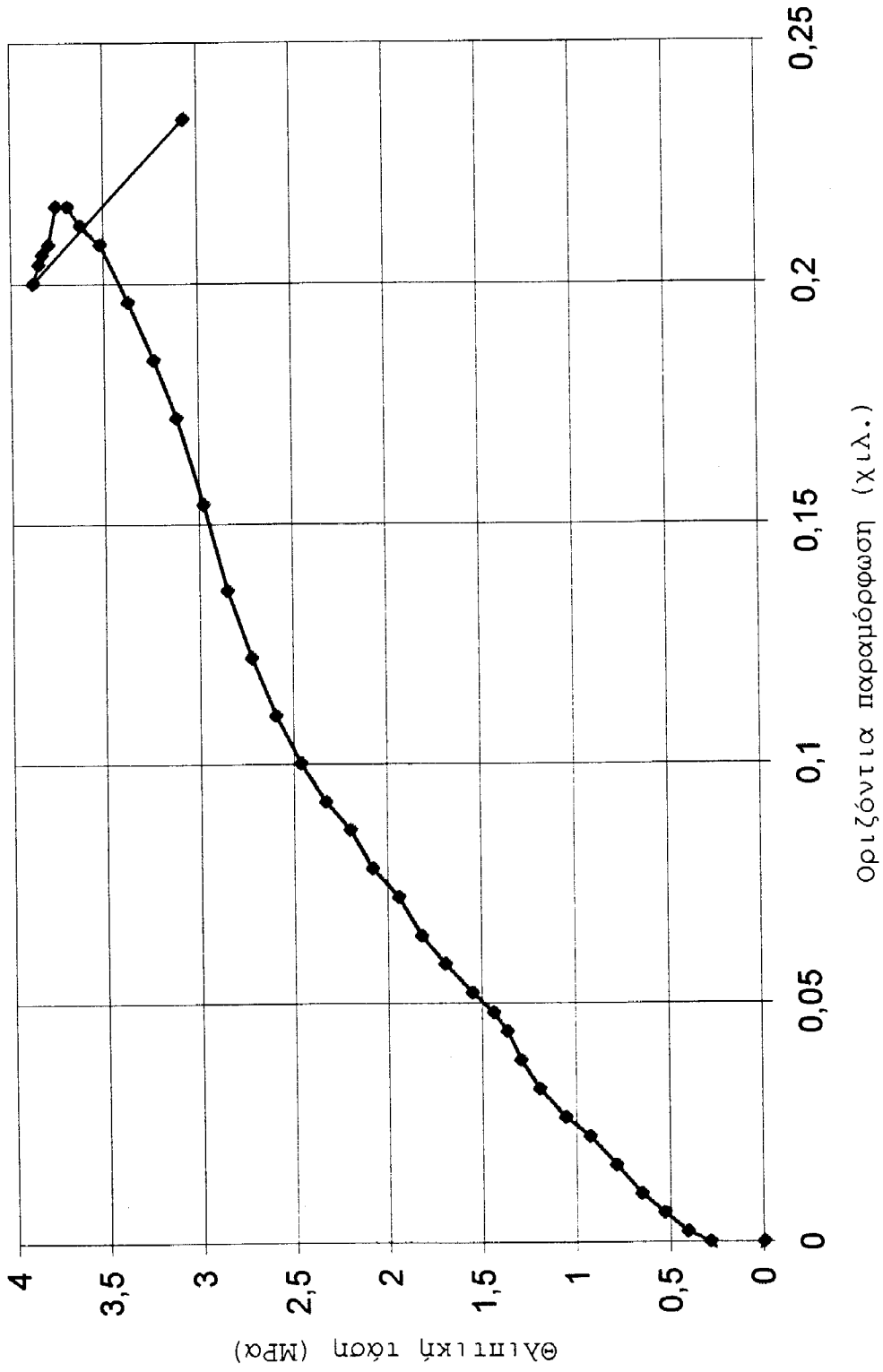
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

LVDT 7

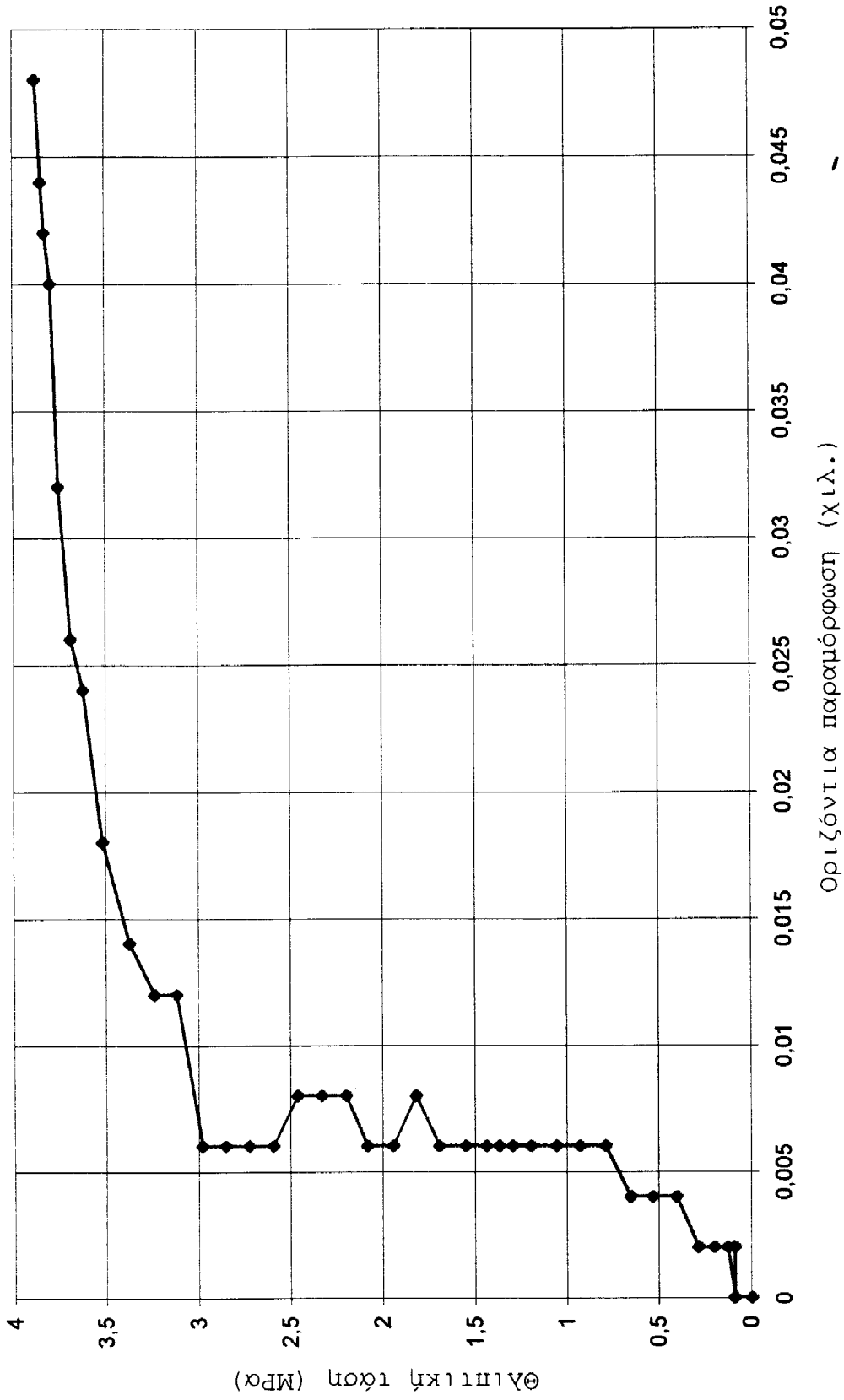


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

LVDΤ 8

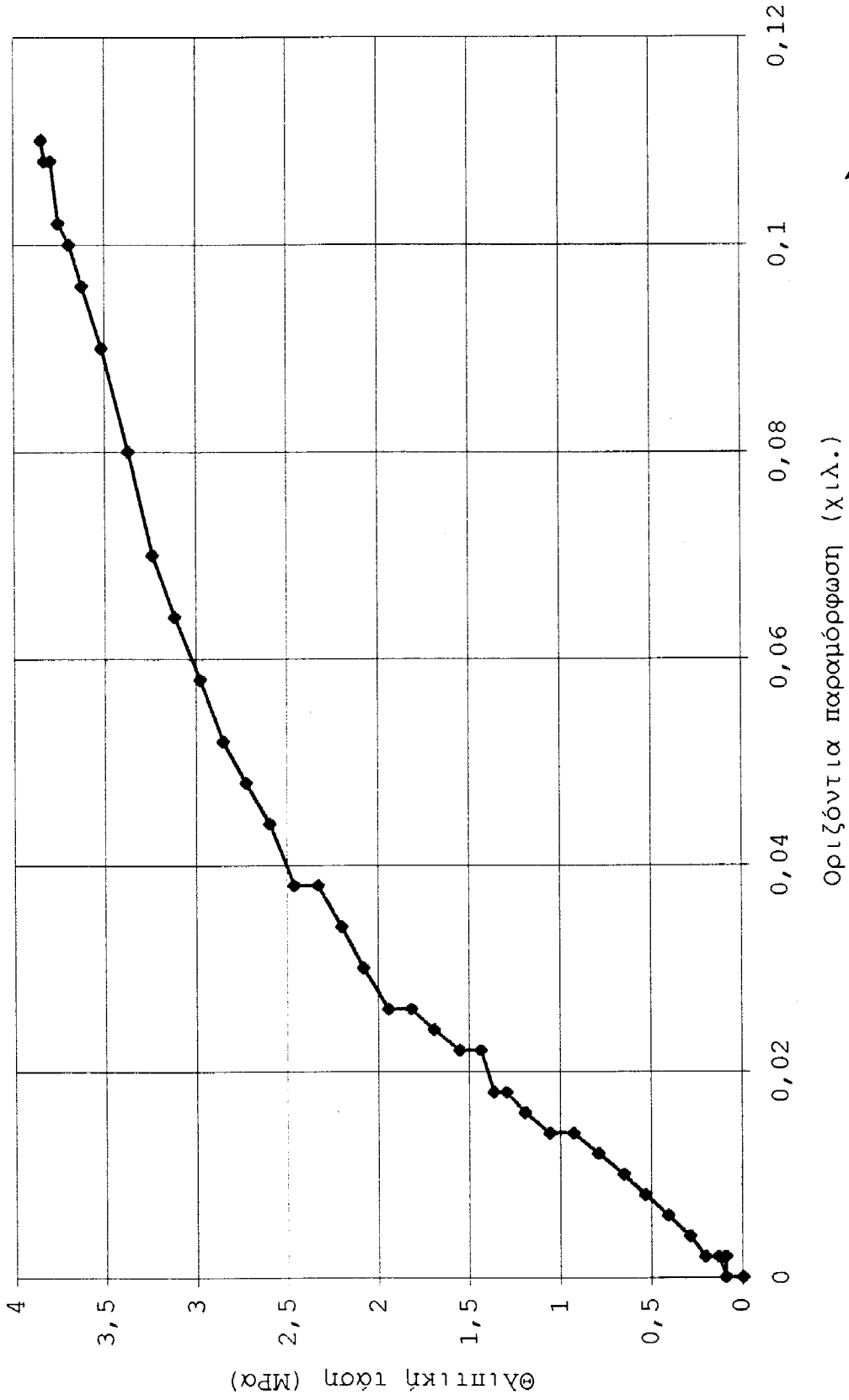


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 8

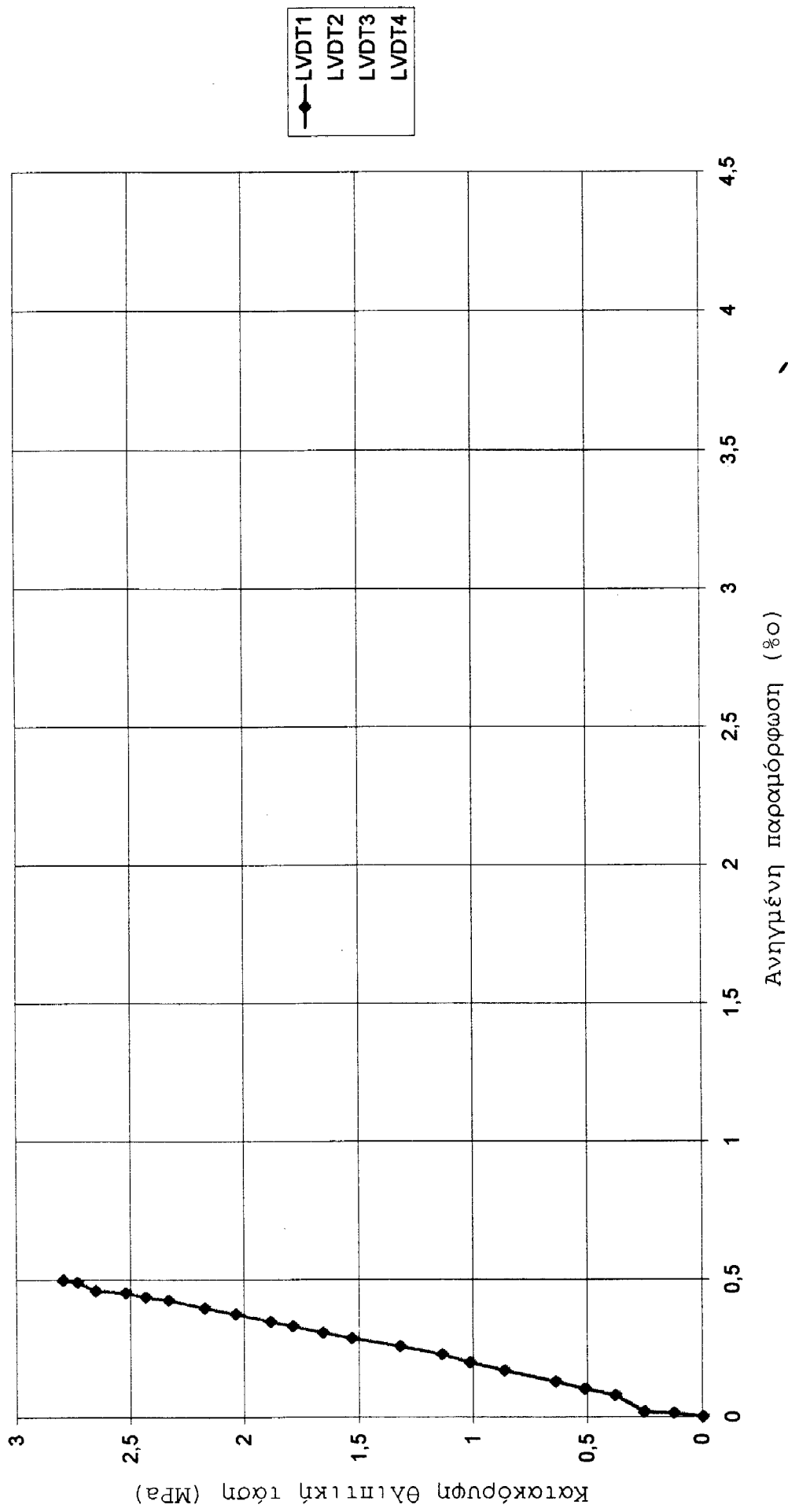


LVDΤ 9

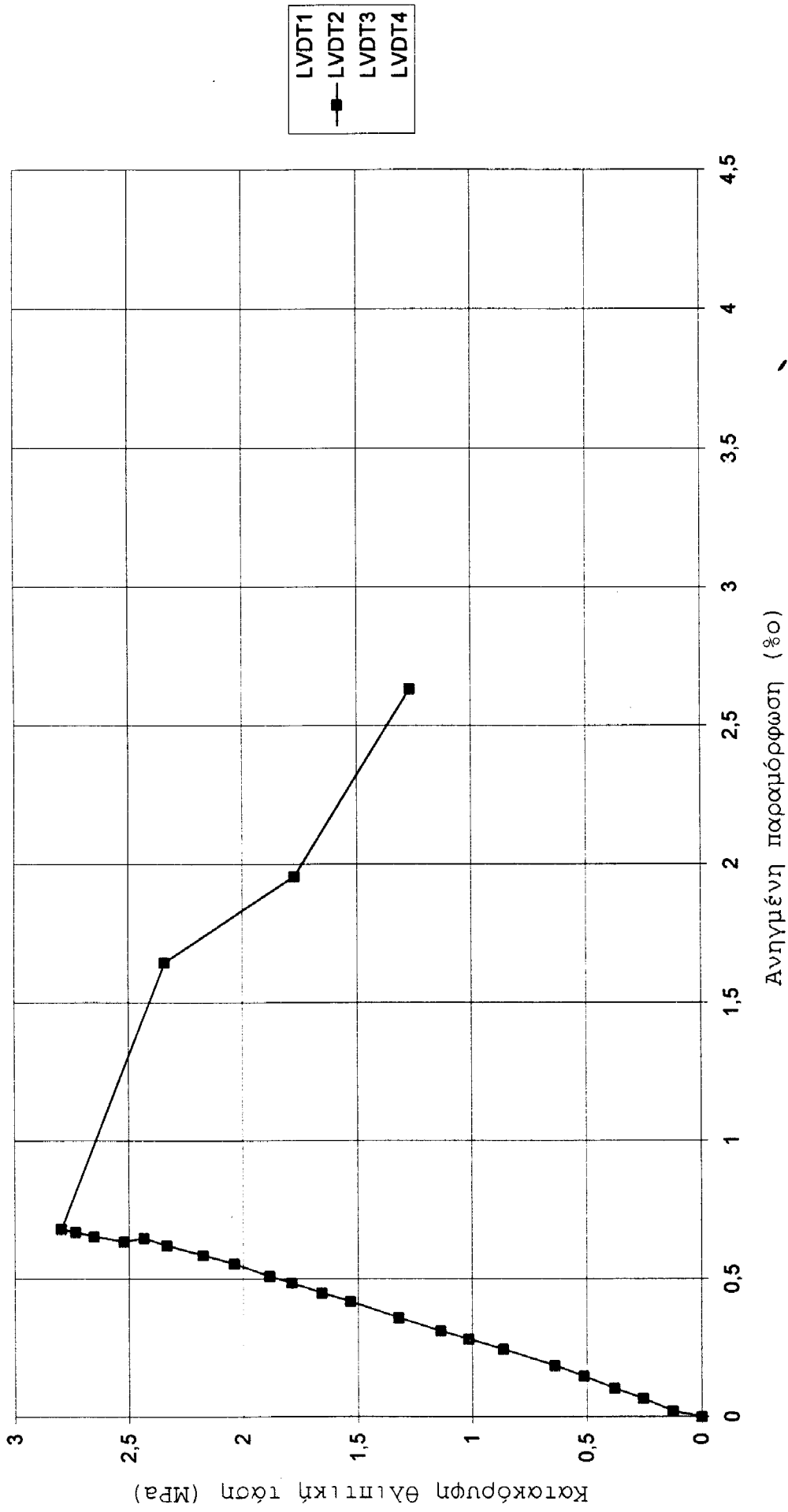
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 8



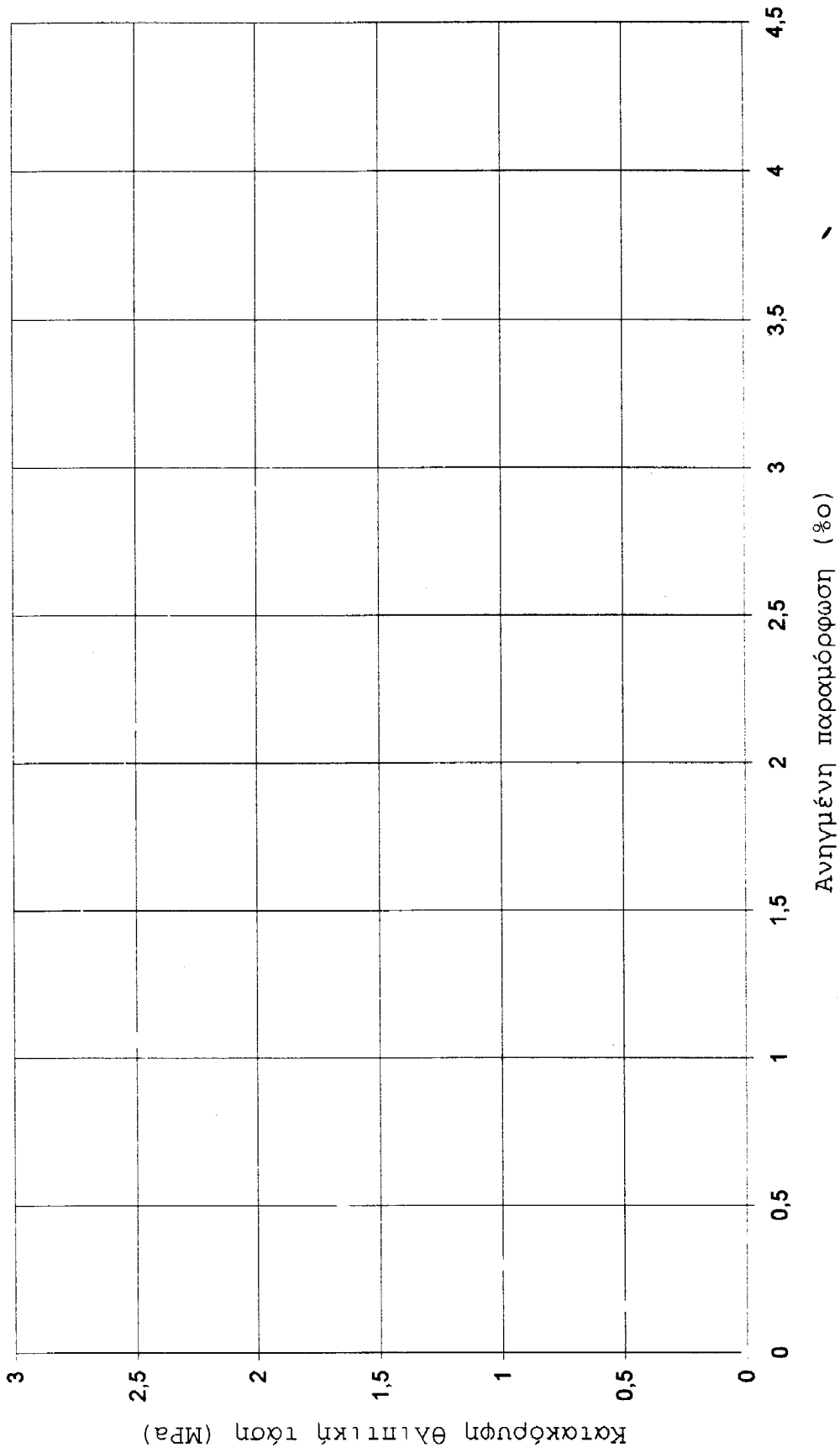
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 9



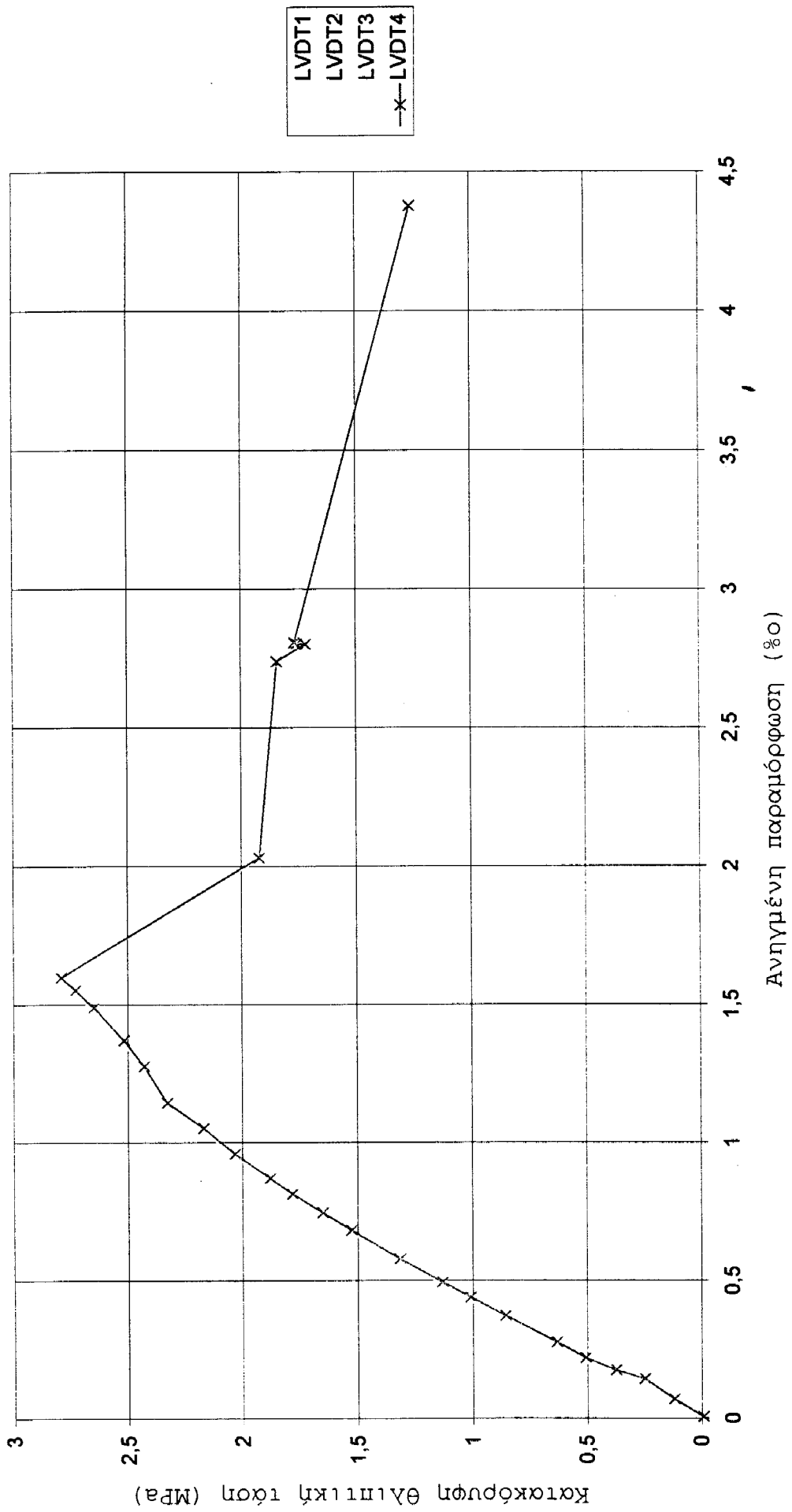
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 9



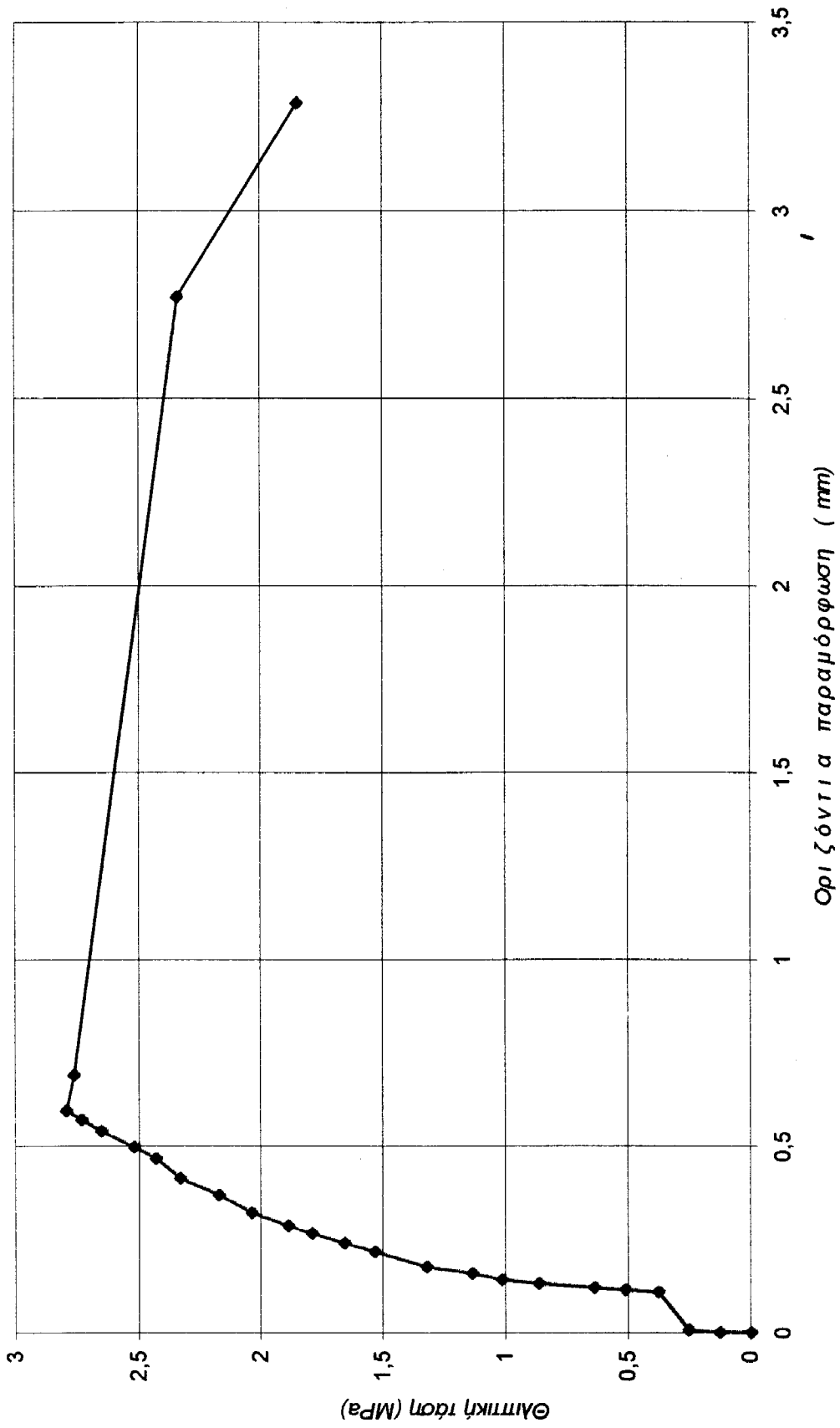
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 9



ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 9

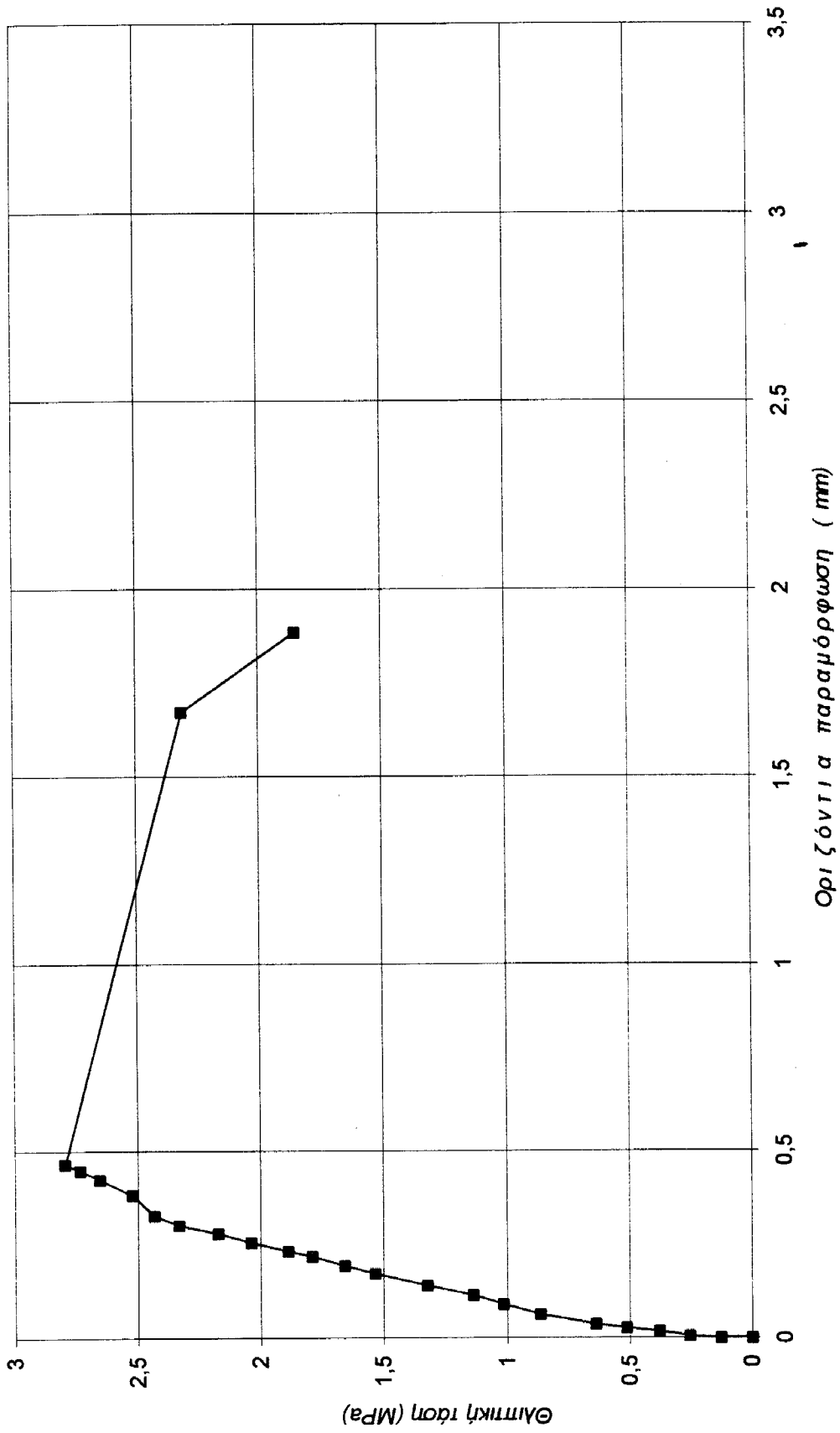


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9



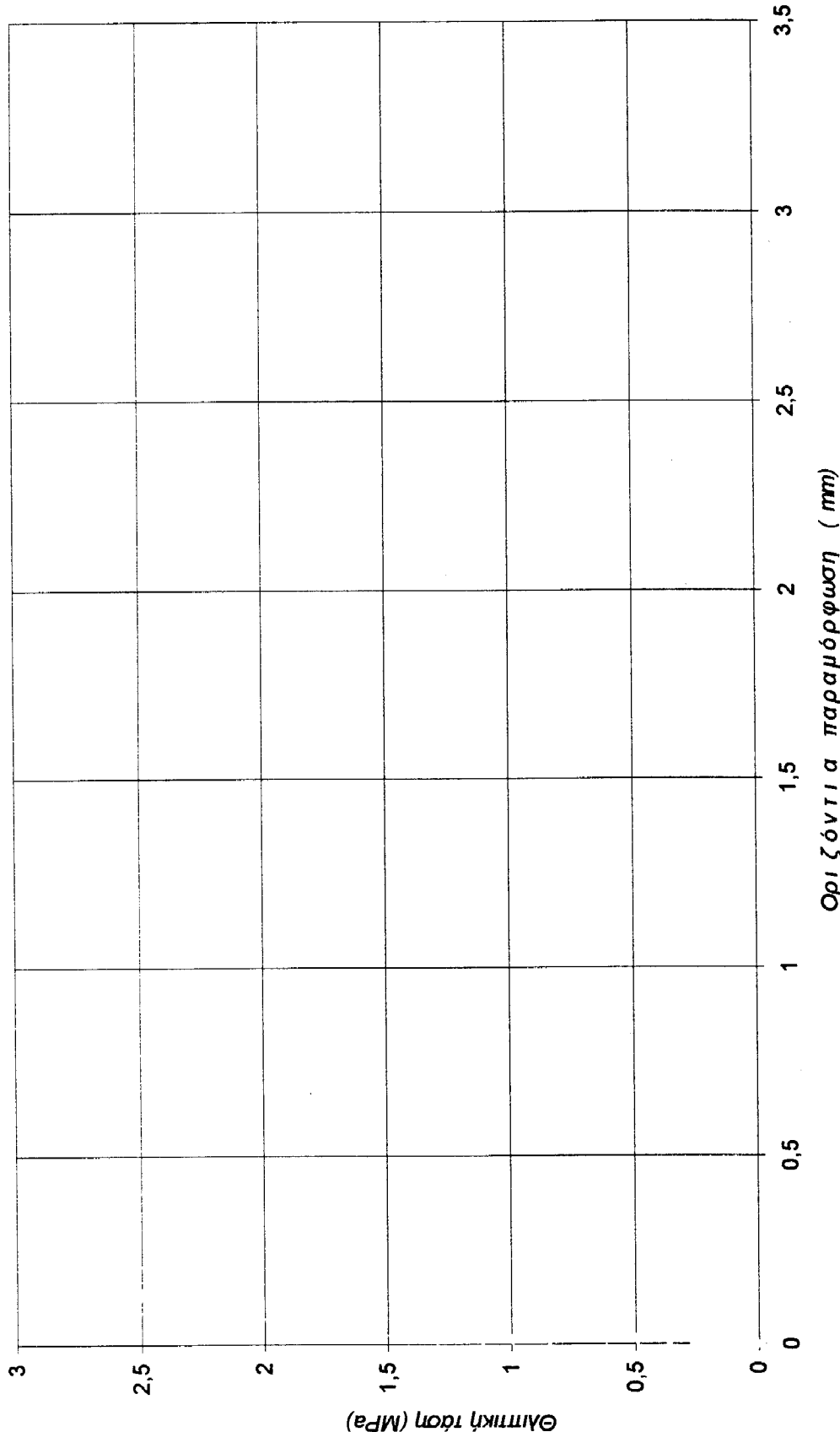
- LVDT5
- LVDT6
- LVDT7
- LVDT9
- LVDT10
- LVDT8

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9

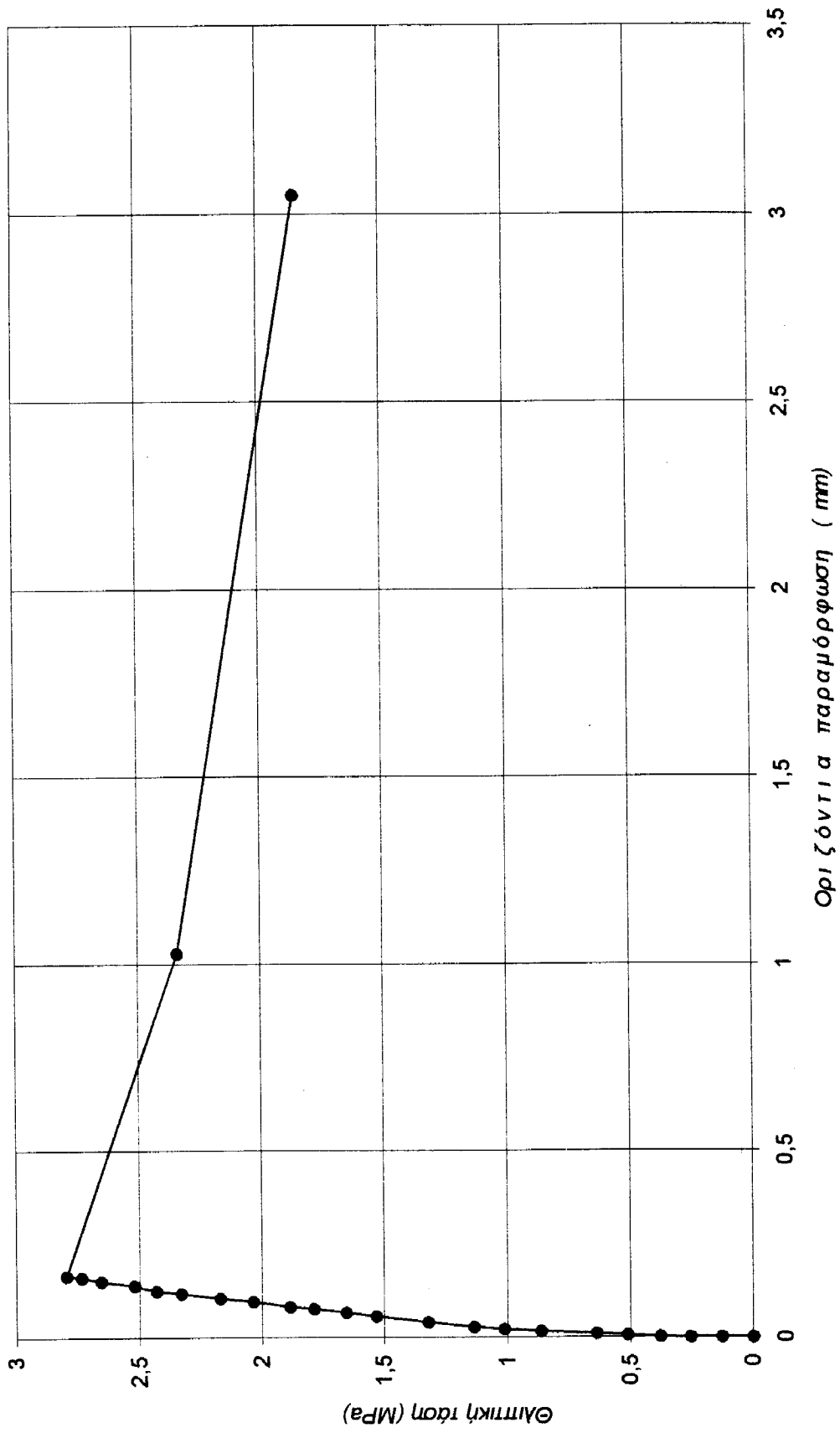


LVDT5
LVDT6
LVDT7
LVDT9
LVDT10
LVDT8

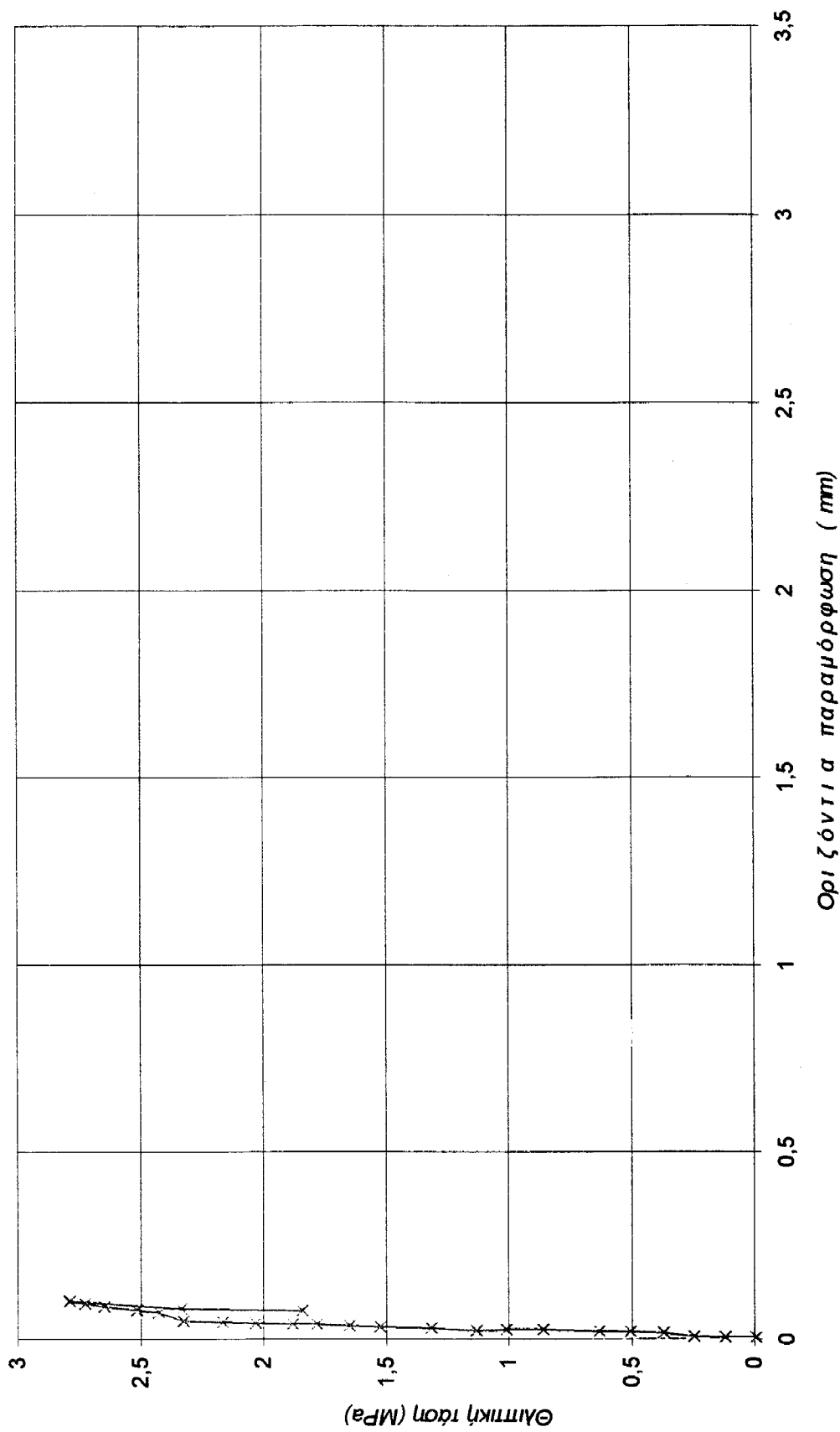
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9



ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9

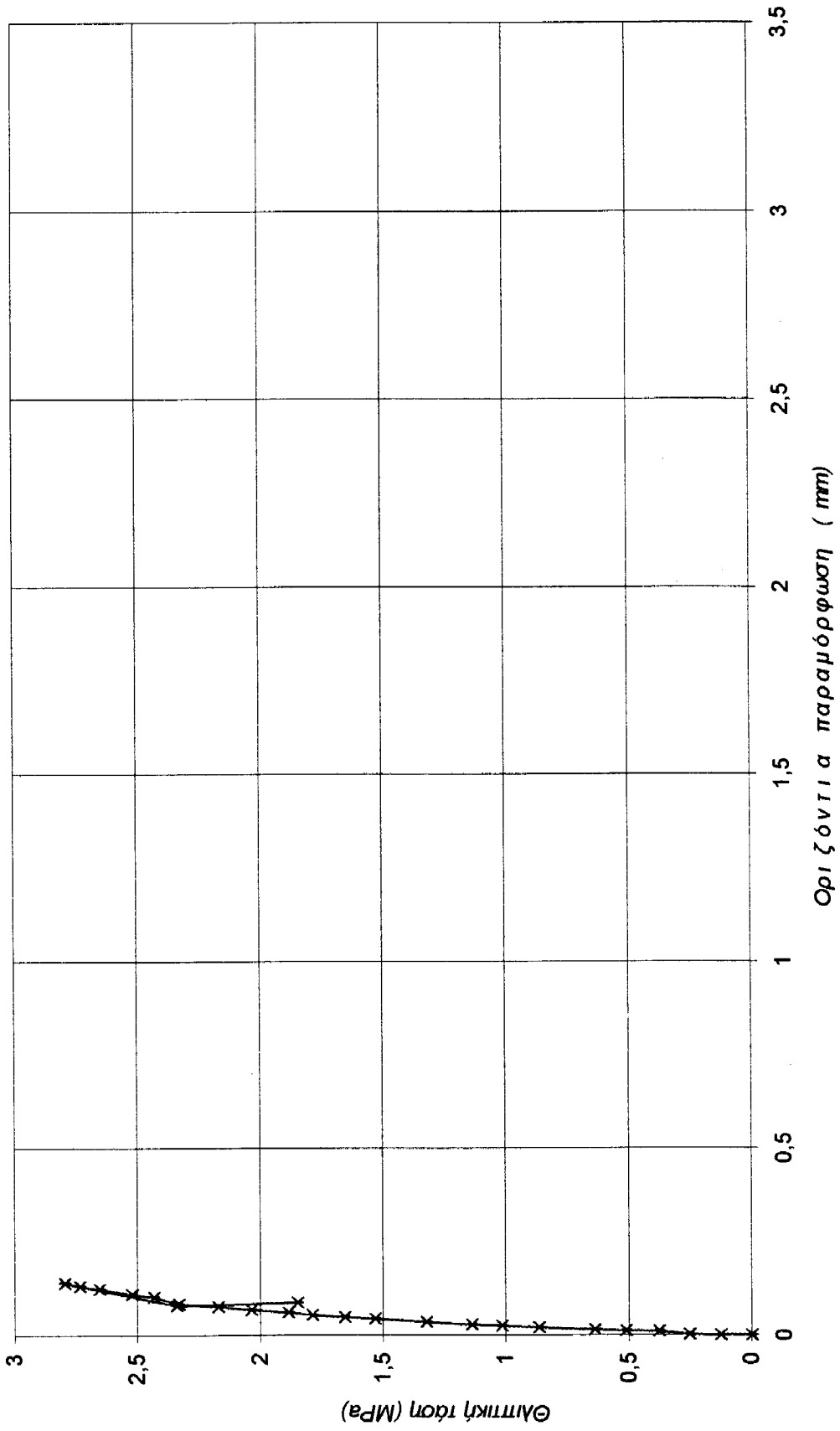


ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9



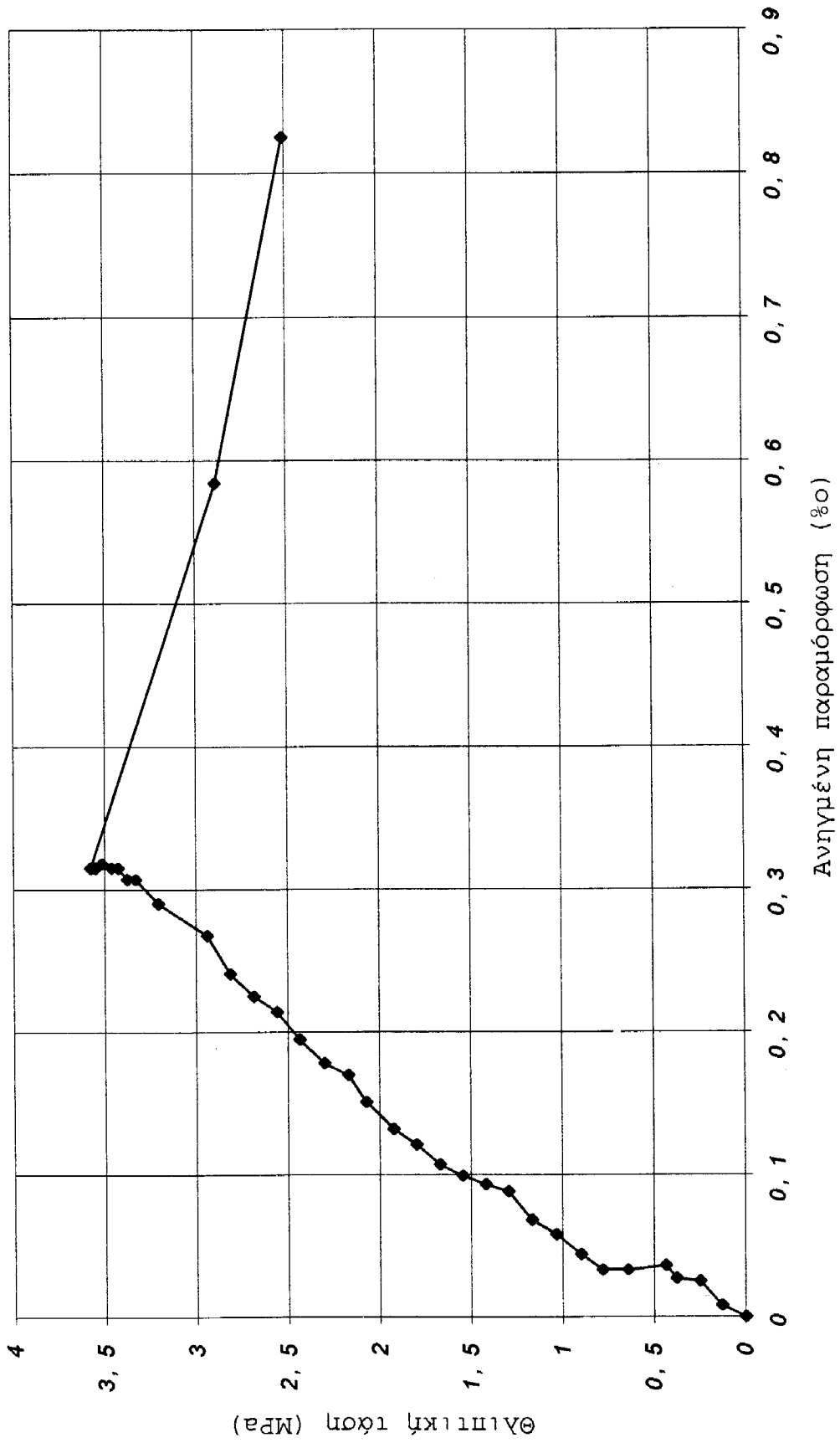
LVDT5
LVDT6
LVDT7
—*— LVDT9
LVDT10
LVDT8

ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 9

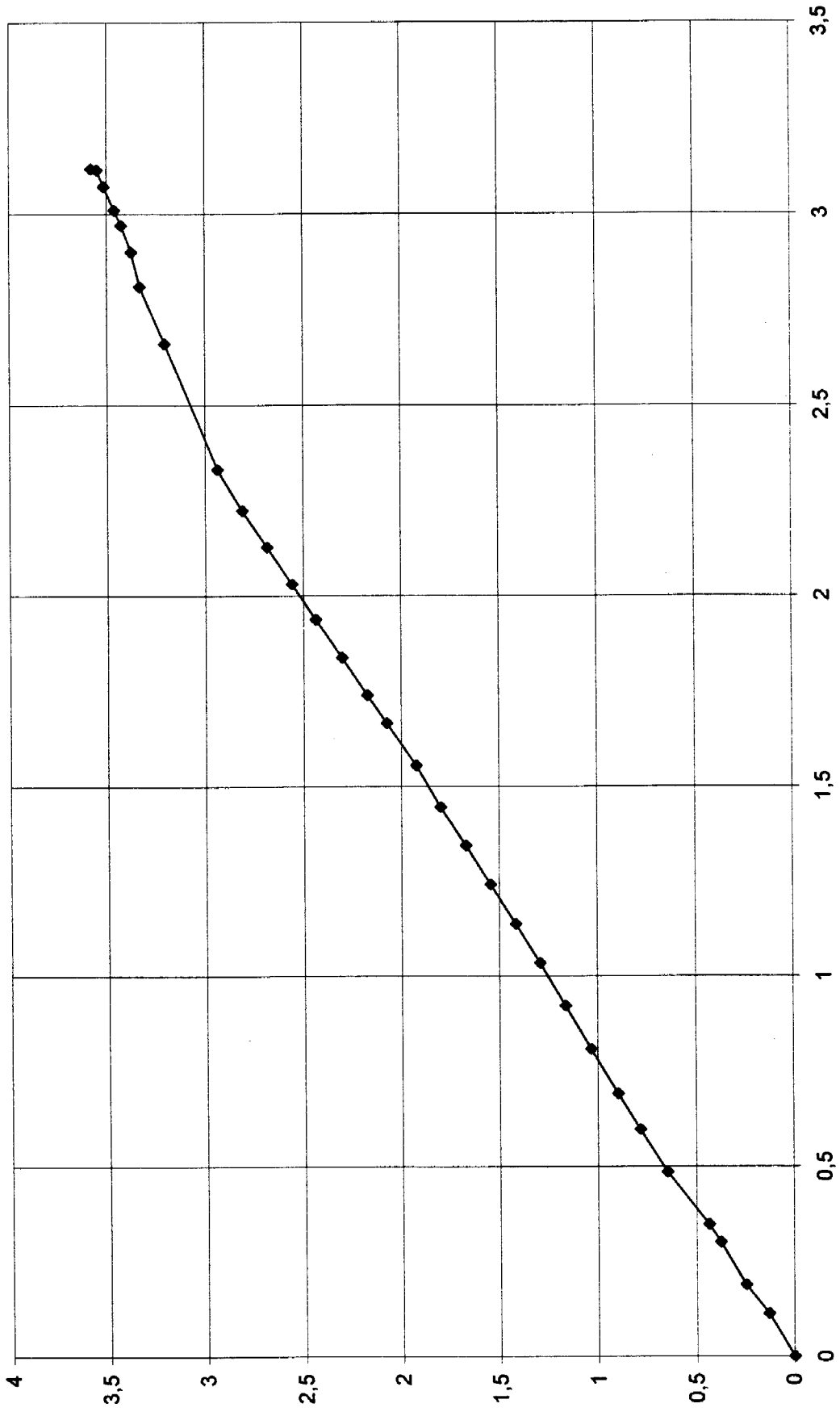


LVDTS5
LVDTS6
LVDTS7
LVDTS9
*—LVDTS10
LVDTS8

ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 10

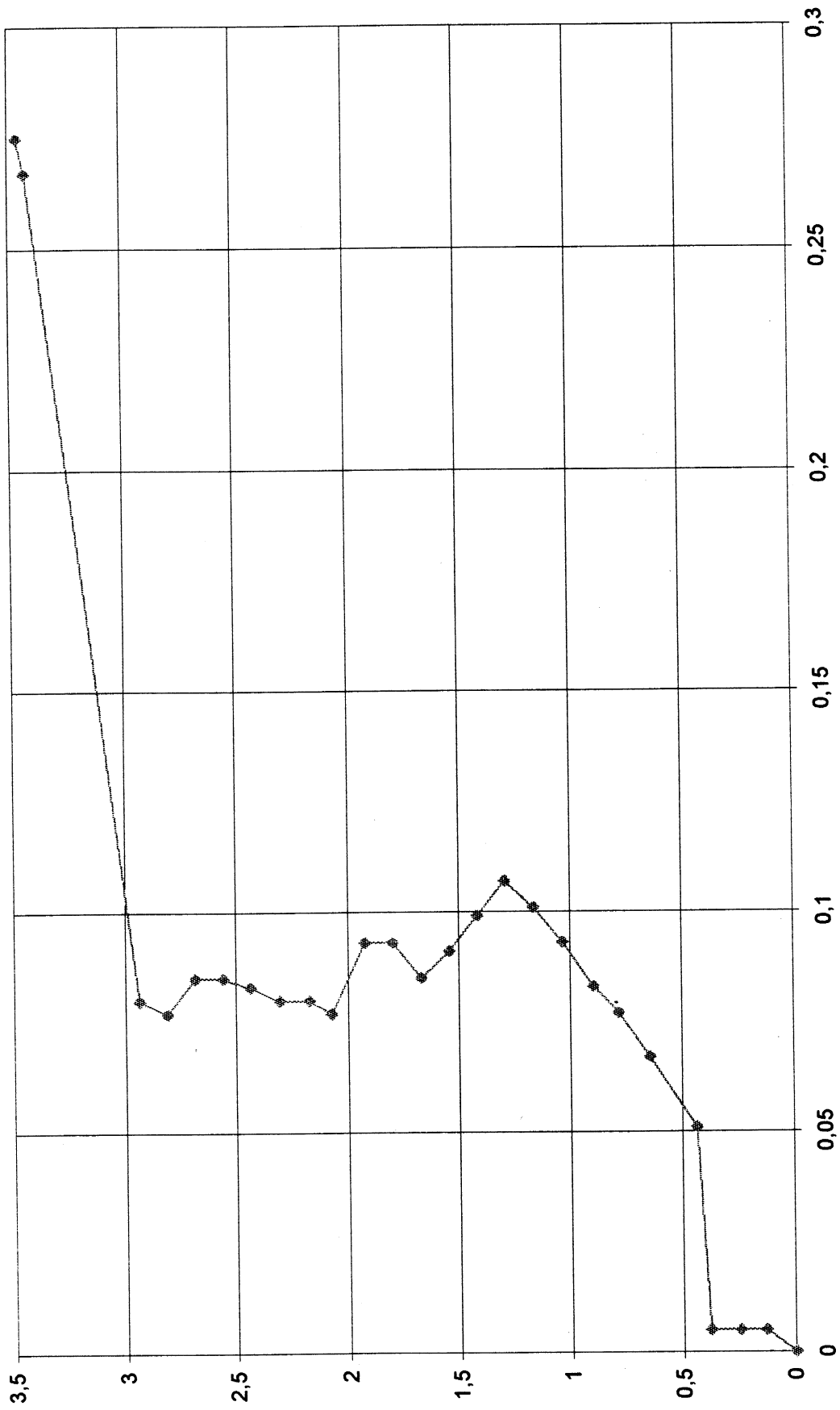


LVDT2



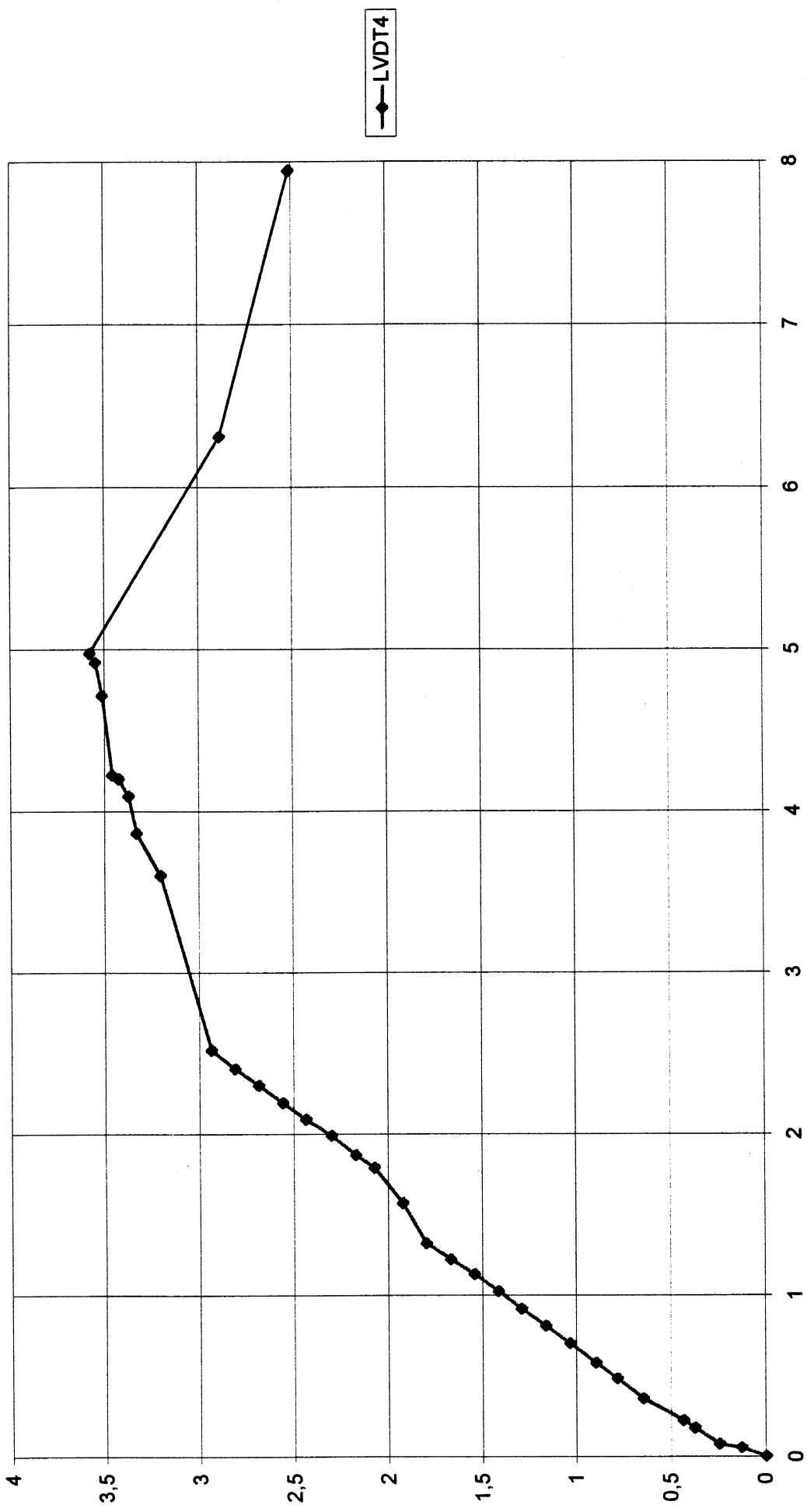
—◆— LVDT2

LVDT3

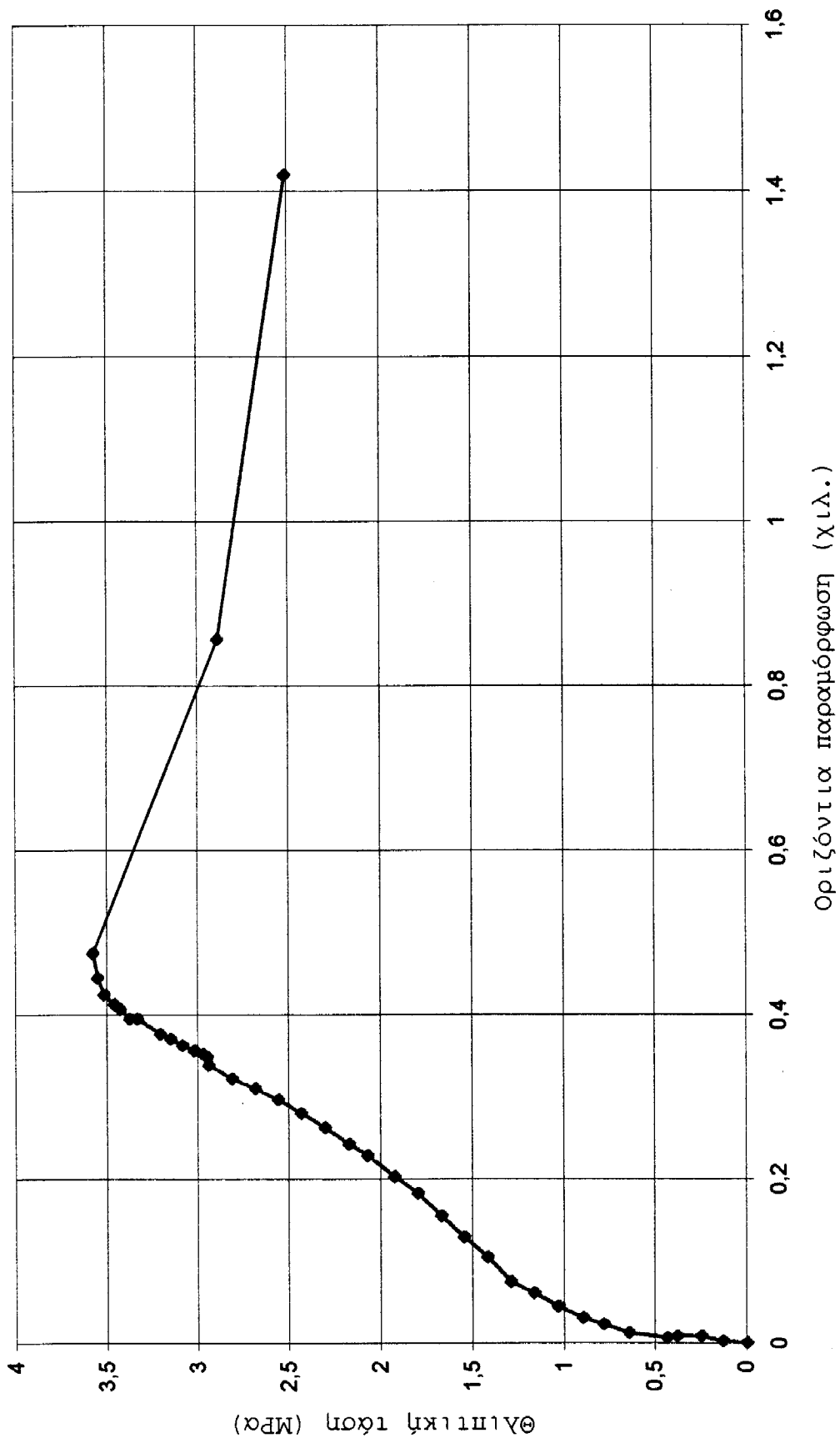


LVDT3

LVDT4



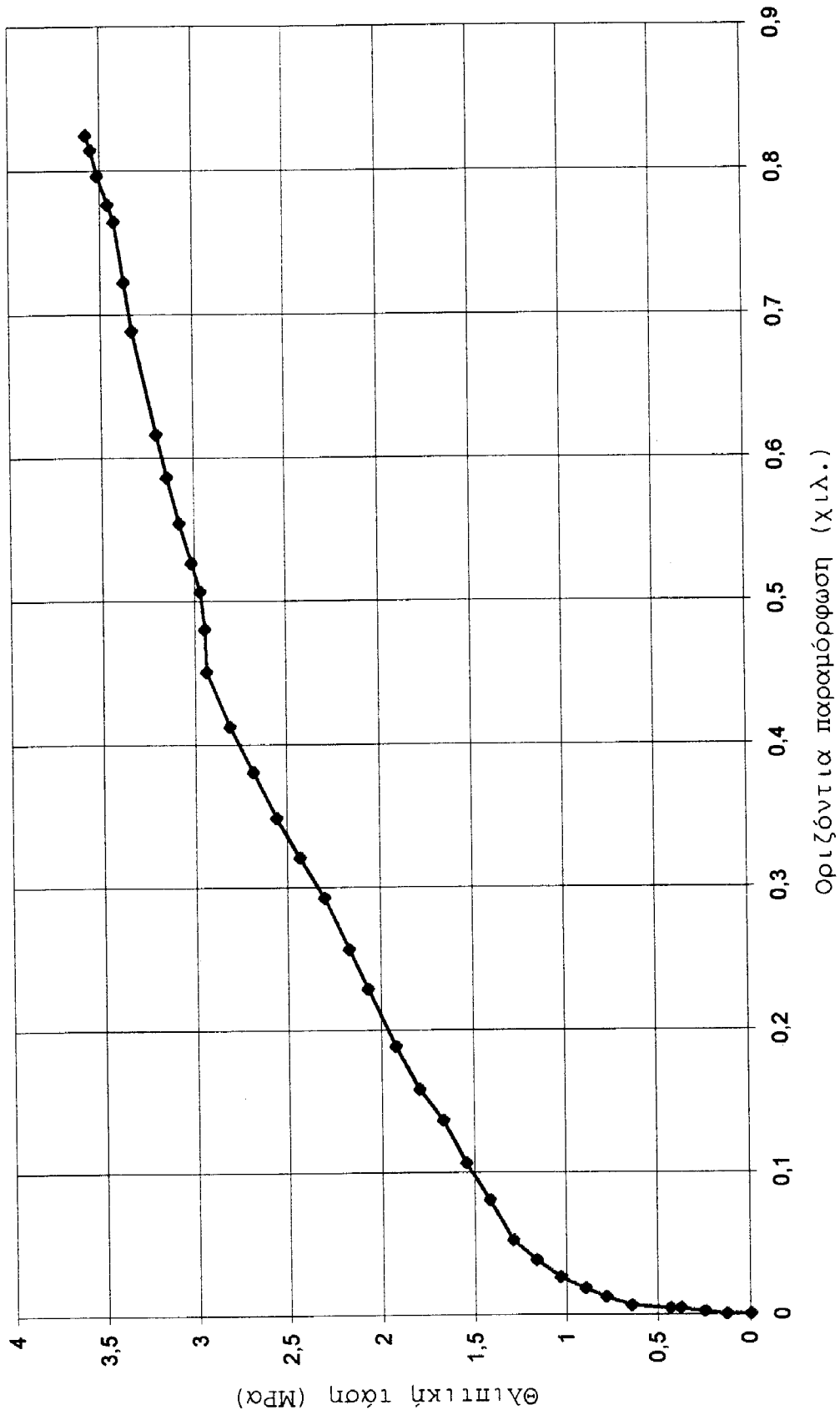
ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 10



LVDT 5

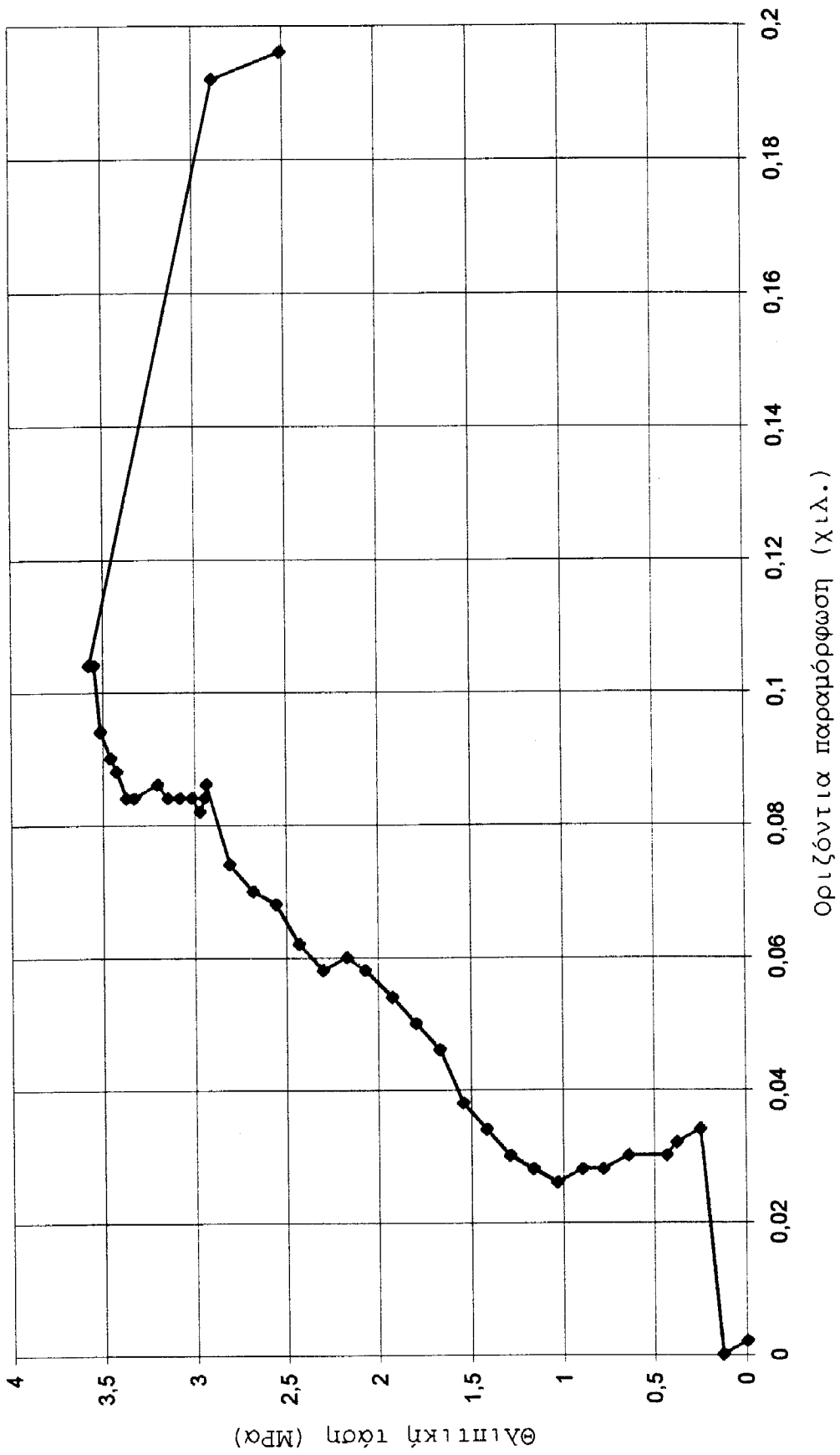
ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 10

LVDΤ 6

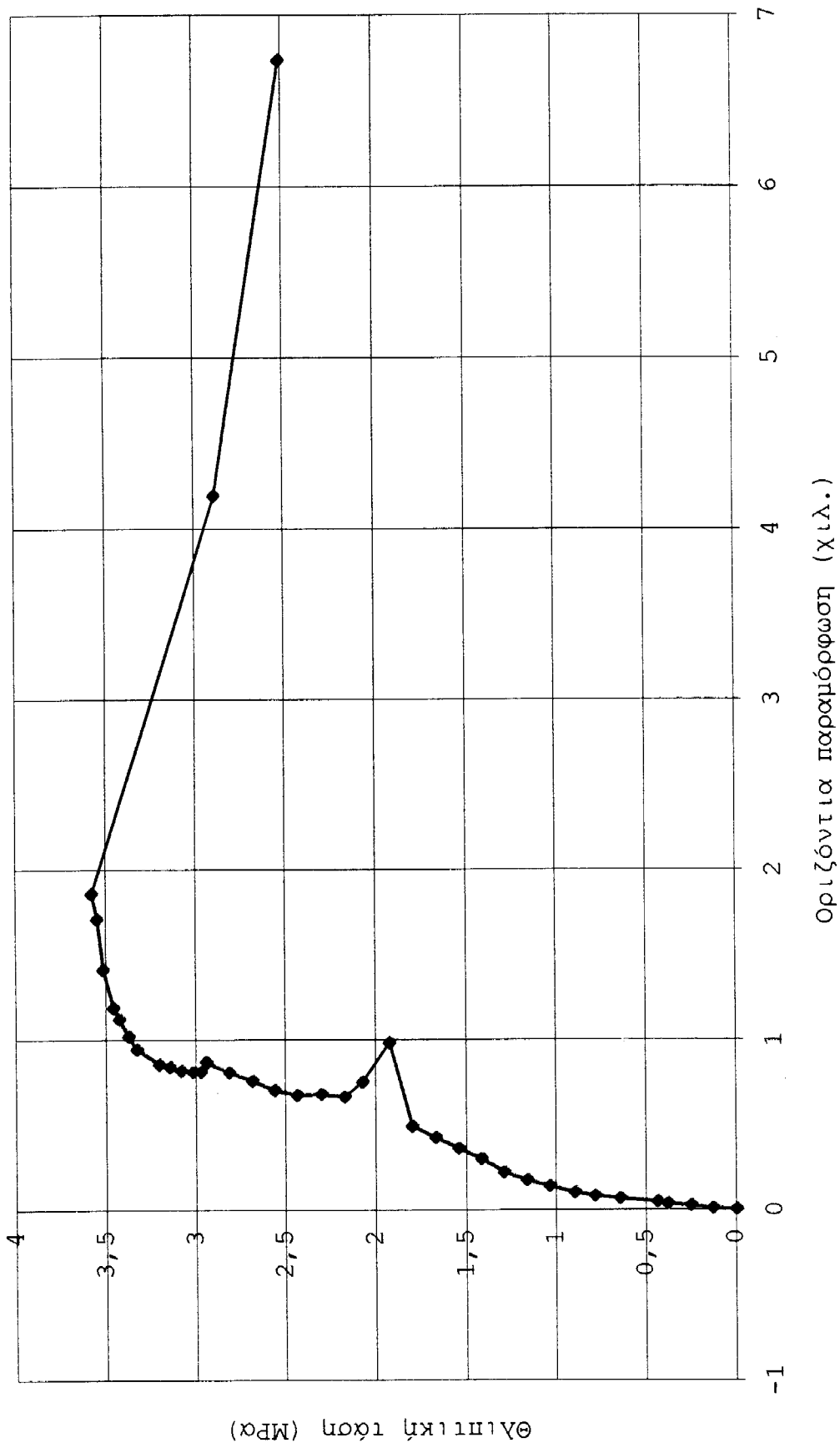


ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 10

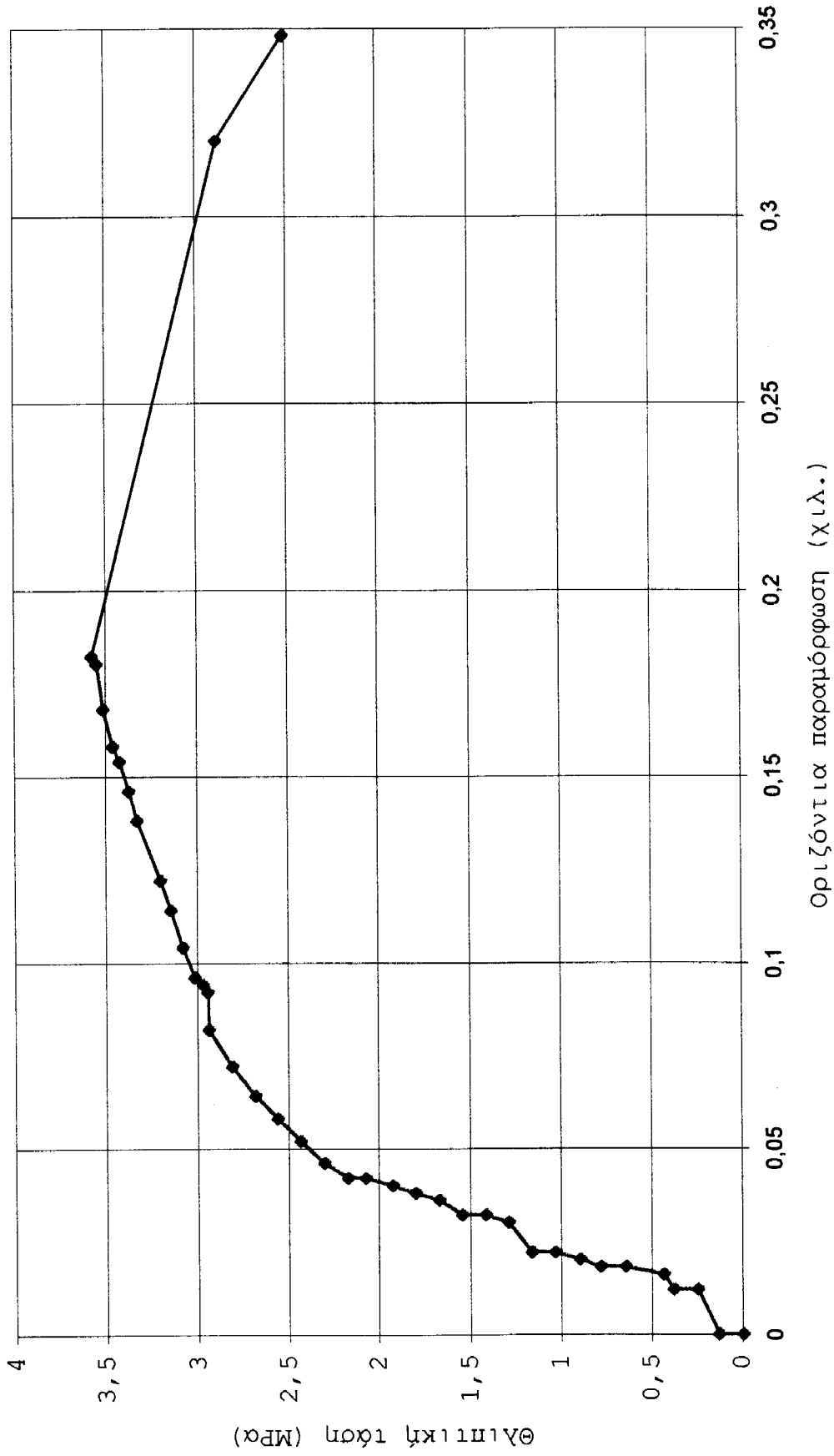
LVDΤ 7



ΤΟΙΧΙΣΜΟΣ 10



ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 10



ΤΟΙΧΙΣΚΟΣ 10

