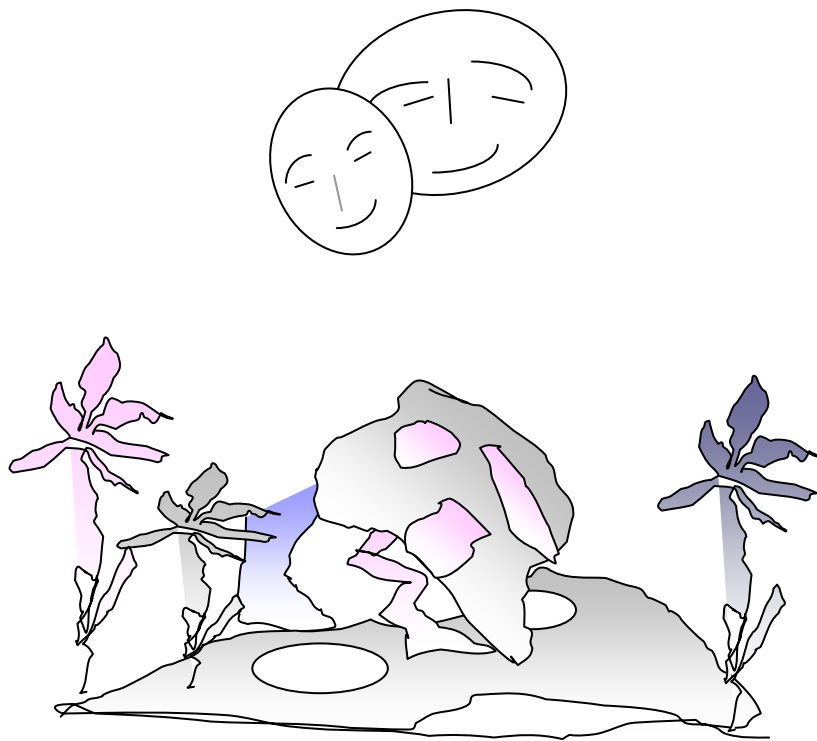


ΜΕΡΟΣ II

ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ



ΡΗΓΜΑΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΥΠΟΙ ΑΣΤΟΧΙΩΝ

Οι φορείς από σκυρόδεμα φέρουν τριχοειδείς ρωγμές με το ξεκαλούπωμα τους, αφού για συνήθεις φορείς (με όχι ιδιαίτερα μεγάλη διατομή) οι εφελκυστικές τάσεις λόγω της ροπής του ίδιου βάρους υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος.

Η περαιτέρω διεύρυνση των ρωγμών με την άσκηση των φορτίων λειτουργίας είναι αναπόφευκτη.

Με τον σχεδιασμό σε κατάσταση λειτουργικότητας ή με τις κατασκευαστικές διατάξεις που τον αντικαθιστούν για συνήθεις φορείς, η διεύρυνση αυτή των ρωγμών κρατείται σε αποδεκτά όρια ώστε να μην γίνονται αντιληπτές, με γυμνό οφθαλμό.

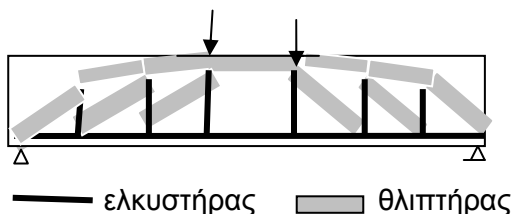
Όταν το άνοιγμα των ρωγμών είναι τέτοιο που οι ρωγμές γίνονται αντιληπτές με γυμνό οφθαλμό υπάρχει πρόβλημα και απαιτείται να αντιμετωπιστεί.

1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΜΠΤΟΔΙΑΤΜΗΤΙΚΩΝ ΡΩΓΜΩΝ

1.1 Καμπτικές Ρωγμές

Όπως εντοπίστηκε στο Πρώτο Μέρος Κεφ. 7.1, ένας φορέας μπορεί να ειπωθεί ως σύνθεση των θλιβόμενων και εφελκυσμένων περιοχών του, ως ένα **σύστημα θλιπτήρων και ελκυστήρων, προσομοιούμενος με δίκτυωμα**.

Για φορέα με καμπτοδιατμητική επιπόνηση το ισοδύναμο δίκτυωμα φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχ.1,1 Φυσικό προσομοίωμα για καμπτοδιατμητική επιπόνηση

Οι λοξοί θλιπτήρες έχουν πάντα διεύθυνση προς τις στηρίξεις (αντιστοιχούν στη ροή του φορτίου προς τις στηρίξεις του φορέα).

Όπως εντοπίστηκε στο Πρώτο Μέρος, Ενότητα Α, Κεφ. 6, οι ρωγμές εμφανίζονται:

- *κάθεται στους ελκυστήρες όταν υπερβληθεί η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος και*

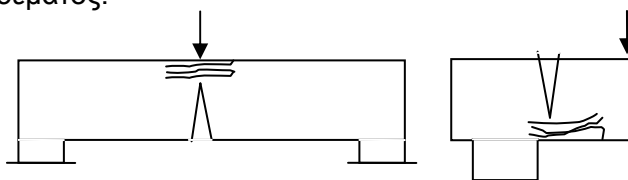
- *κατά μήκος των θλιπτήρων όταν υπερβληθεί η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος*

Η αστοχία των θλιπτήρων σηματοδοτεί την αστοχία του φορέα.

➤ Μορφολογία Ρωγμών

Στο Σχ. 2 φαίνονται οι θέσεις και η μορφολογία των ρωγμών των διαμήκων ελκυστήρων και θλιπτήρων για αμφιέρειστο και πρόβολο φορέα και στο Σχ. 3 για αμφιπρόεχοντα φορέα.

Οι ρωγμές οι οφειλόμενες σε αστοχία του διαμήκους ελκυστήρα του σκυροδέματος, ρωγμές (α), έχουν διακριτά χείλη, ενώ οι ρωγμές αστοχίας του διαμήκους θλιπτήρα, ρωγμές (β) είναι υπό τη μορφή σύνθλιψης του σκυροδέματος.



Σχ. 1.2 Θέσεις και μορφολογία καμπτικών ρωγμών

Και οι δύο τύποι ρωγμών εκτείνονται σε όλο το πλάτος του φορέα (είναι διαμπερείς).

➤ Βαθμός Επικινδυνότητας των Ρωγμών

Η εμφάνιση των ρωγμών (β) σηματοδοτεί και την αστοχία του φορέα, ενώ οι ρωγμές (α) επειδή η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος είναι πολύ μικρή, οι εμφανίζονται για πολύ μικρά φορτία.

Για τα φορτία λειτουργίας οι ρωγμές (α) δεν διακρίνονται με γυμνό οφθαλμό.

- Αν οι ρωγμές (α) είναι σαφώς διακριτές, αυτό σημαίνει ότι η παραμόρφωση του εφελκυσμένου χάλυβα είναι σημαντική, και ενδέχεται ο φορέας να πλησιάζει στην αστοχία του.

Για να εκτιμηθεί το περιθώριο ασφάλειας που έχει ο φορέας για να μην αστοχήσει μπορεί κανείς:

- Να μετρήσει την απόσταση της κορυφής της ρωγμής από το θλιβόμενο πέλμα του φορέα που είναι το βάθος x της θλιβόμενης ζώνης και να τη συγκρίνει με την τιμή του x κατά την αστοχία που είναι της τάξεως του **0,25d** [προκύπτει θεωρώντας $\epsilon_c = 3,5\%$ και $\epsilon_s = 10\%$, $x = d \cdot \epsilon_c / (\epsilon_c + \epsilon_s)$], είτε
- Να εκτιμήσει την παραμόρφωση ϵ_s του εφελκυσμένου χάλυβα μετρώντας το συνολικό άνοιγμα των ρωγμών στην κρίσιμη διατομή του φορέα και διαρώντας το με το μήκος της περιοχής.

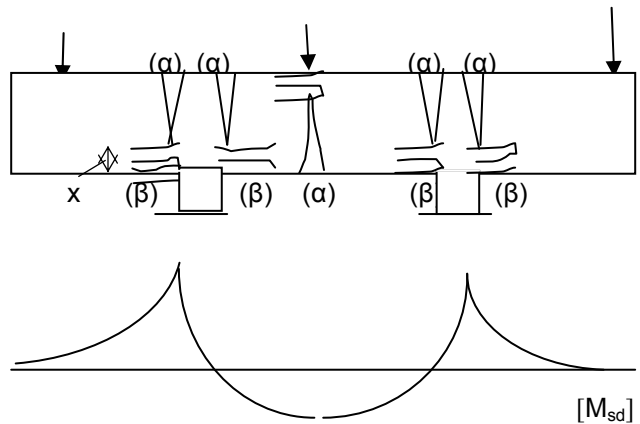
Αν η τιμή της ϵ_s πλησιάζει την παραμόρφωση θραύσεως του χάλυβα (της τάξεως του 80 έως 00%) ο φορέας κινδυνεύει να καταρρεύσει (όχι απλά να αστοχήσει, βλ. Κεφ. 2) και πρέπει να ληφθούν άμεσα μέτρα για αποφόρτιση και προστασία των χρηστών.

➤ Θέσεις Ρωγμών

Οι θέσεις εμφάνισης των ρωγμών είναι αυτές των κρίσιμων διατομών για την καμπτική ροπή (για σταθερή την διατομή του φορέα σ'όλο το άνοιγμά του και σταθερό τον καμπτικό οπλισμό είναι οι θέσεις της μέγιστης καμπτικής ροπής).

Σε αμφιέρειστο φορέα με συμμετρική φόρτιση κρίσιμη διατομή είναι αυτή στο μέσον του ανοίγματος, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.

Σε φορέα με περισσότερα από ένα ανοίγματα (μονοπροέχοντα, αμφιπροέχοντα και συνεχή) εκτός από τις θέσεις με τη $\max M_{sd}$ στα ανοίγματα του φορέα (κρίσιμες διατομές για θετική M_{sd}), ρωγμές εμφανίζονται και στις παρειές των στηρίξεων του φορέα, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, οι οποίες αποτελούν κρίσιμες διατομές του φορέα για αρνητική ροπή M_{sd} .



Σχ. 1.3 Πιθανές θέσεις και μορφολογία καμπτικών ρωγμών

1.2 Ρωγμές Λοξών Ελκυστήρων και Θλιπτήρων (Διατμητικές)

➤ Μορφολογία Ρωγμών

Στο Σχ. 4 φαίνονται οι θέσεις και η μορφολογία των ρωγμών (α) των λοξών ελκυστήρων και (β) των θλιπτήρων για αμφιέρειστο φορέα και στο Σχ. 5 για αμφιπροέχοντα φορέα.

Οι ρωγμές (α) έχουν διακριτά χείλη, ενώ οι ρωγμές (β) είναι υπό μορφή σύνθλιψης του σκυροδέματος. Και οι δύο τύποι ρωγμών εκτείνονται σε όλο το πλάτος του φορέα.

Λόγω της κλίσης των λοξών ελκυστήρων και θλιπτήρων οι ρωγμές αυτές είναι κεκλιμένες. Ακολουθούν τη διεύθυνση των λοξών θλιπτήρων και, γι'αυτό, **έχουν κλίση προς τις στηρίξεις.**

Επειδή η εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος είναι πολύ μικρή:

- ❖ οι ρωγμές (α) εμφανίζονται για πολύ μικρά φορτία.

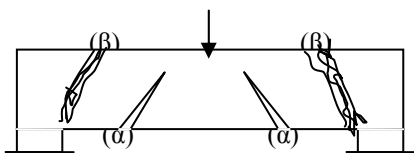
Για τα φορτία λειτουργίας οι ρωγμές (α) δεν διακρίνονται με γυμνό οφθαλμό.

Αν οι ρωγμές (α) είναι εντελώς διακριτές, αυτό σημαίνει, ότι η παραμόρφωση του εγκάρσιου χάλυβα είναι σημαντική και ο φορέας πλησιάζει στην αστοχία του.

- ❖ **Οι ρωγμές (β) εμφανίζονται μόνον σε φορείς με ανεπαρκές πλάτος.**

Η εμφάνισή τους σηματοδοτεί την αστοχία του φορέα.

Ενώ στην καμπτική αστοχία συνυπάρχουν οι ρωγμές (α) και οι ρωγμές (β) (στην καμπτική αντοχή συμβάλλουν τόσο ο ελκυστήρας όσο και ο θλιπτήρας), **στην διατμητική αστοχία εμφανίζονται ή οι ρωγμές (α) ή οι ρωγμές (β)** καθώς η διατμητική αντοχή αντιστοιχεί σε αστοχία ή του θλιπτήρα ή του ελκυστήρα.



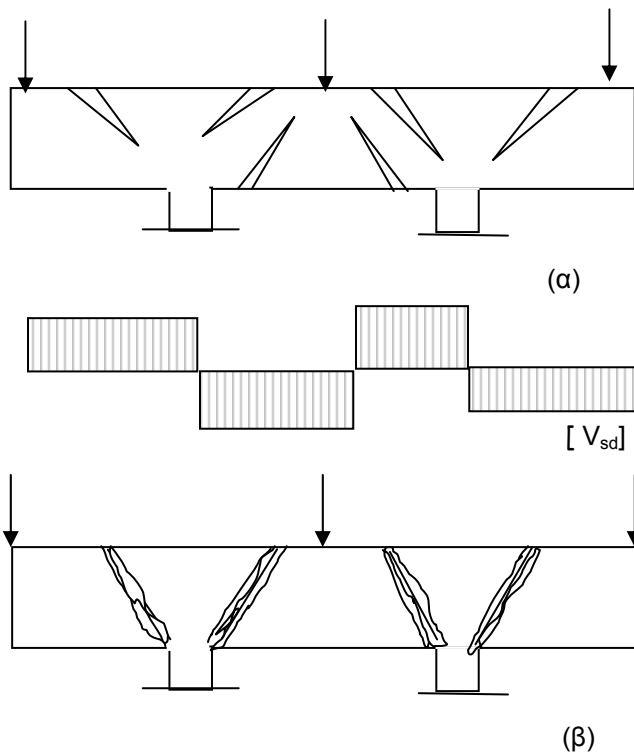
Σχ. 1,4 Μορφολογία και πιθανές θέσεις διατμητικών ρωγμών

➤ Θέσεις των Ρωγμών

Οι κρίσιμες διατομές για τις ρωγμές είναι στην περιοχή με την μεγαλύτερη δρώσα τέμνουσα V_{sd} με την προϋπόθεση ότι η τέμνουσα αντοχή V_{Rdu} παραμένει σταθερή σ' όλο το μήκος του φορέα (διατομή και διατμητική όπλιση σταθερή σ' όλο το μήκος).

Στις συνήθειες περιπτώσεις που η περιοχή αυτή είναι στις στηρίξεις του φορέα η κρίσιμη διατομή για τον λοξό θλιπτήρα είναι στην παρειά της στήριξης (και όχι στη θέση της θεωρητικής στήριξης γιατί εκεί είναι μεγαλύτερη η διατομή και γι' αυτό μεγαλύτερη και η V_{Rdu}).

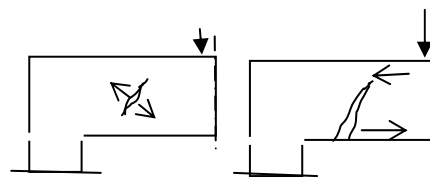
Για τον λοξό ελκυστήρα η κρίσιμη διατομή είναι σ' απόσταση z ($z = 0,9d$) από την παρειά της στήριξης, γιατί, όπως φαίνεται από το φυσικό προσομοίωμα στο Σχ. 1. δεν αναπτύσσεται λοξός ελκυστήρας κοντά στη στήριξη.



Σχ. 1.5 Μορφολογία και πιθανές θέσεις διατμητικών ρωγμών

➤ Εξέλιξη των Ρωγμών

Οι λοξές ρωγμές (α) εμφανίζονται, όπως φαίνεται στο Σχ. 6, στην αρχή ενδιάμεσα του ύψους στις θέσεις με την μέγιστη διατμητική τάση (για δοκό ορθογωνικής διατομής στο μέσον του ύψους) και με κλίση προς τις στηρίξεις.



Σχ. 1.6 Εξέλιξη διατμητικών ρωγμών (α)

Με την αύξηση της επιπόνησης προεκτείνονται προς τα πέλματα του φορέα διευρυνόμενες

προς το εφελκόμενο πέλμα λόγω της ελκτικής δράσης του διαμήκους ελκυστήρα και κλείνοντας προς το θλιβόμενο πέλμα λόγω της συμπιεστικής δράσης του διαμήκους θλιπτήρα.

Γι αυτό, οι ρωγμές αυτές, όπως και οι καμπτικές, στα ανοίγματα των φορέων είναι ανοικτές προς τα κάτω και στην περιοχή των στηρίξεων ανοικτές προς τα άνω.

Προκύπτουν στρέφοντας τις καμπτικές ρωγμές προς τις στηρίξεις του φορέα.

Η εξέλιξη των διατμητικών ρωγμών είναι πολύ γρήγορη, η διατμητική αστοχία είναι, όπως σχολιάζεται στο κεφ. 2, ιδιαίτερα ψαθυρή, γι' αυτό, συνήθως:

❖ **διατμητική ρηγμάτωση εμφανίζεται σε μία μόνον από τις κρίσιμες διατομές** κι αν επιπονούνται όλες με την ίδια δρώσα τέμνουσα.

Η πρώτη ρωγμή που θα εμφανιστεί σε μία από τις κρίσιμες διατομές θα εξελιχθεί τόσο γρήγορα και θα φθάσει σε αστοχία και δεν θα επιτρέψει να εμφανιστούν άλλες ρωγμές στις υπόλοιπες κρίσιμες θέσεις (βλέπε και κεφ. 4)

1.3 Ρωγμές σε Πλάκες

Οι πλάκες μπορούν να ειπωθούν ότι προκύπτουν με παράθεση διαδοκίδων. Γι' αυτό, η συμπεριφορά τους είναι ίδια με τη συμπεριφορά

των διαδοκίδων αυτών και η ρηγμάτωσή τους ίδια με τη ρηγμάτωση των δοκών που αναλύθηκε παραπάνω με την εξής διαφοροποίηση:

❖ Οι **συνήθεις πλάκες** (με σχετικά μικρό πάχος) εμφανίζουν, πολύ μεγάλη διατμητική αντοχή (λόγω του μεγάλου πλάτους τους) σε σχέση με τη δρώσα τέμνουσα και, γι' αυτό, **δεν αστοχούν διατμητικά**.

Οι καμπτικές ρωγμές σημειώνονται συνήθως στην κάτοψη και άνοψη των πλακών, όπως φαίνεται στο Σχ. 7.

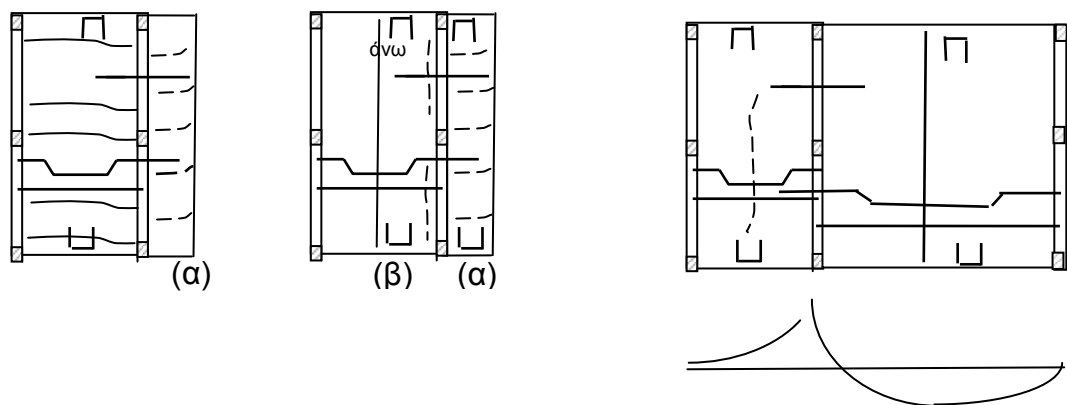
Συνήθεις ρωγμές πλακών είναι:

- Ρωγμές (α) οφειλόμενες σε έλλειψη του οπλισμού των διανομών.
- Ρωγμές (β) επάνω στην περιοχή των στηρίξεων οφειλόμενες συνήθως σε πάτημα του κύριου οπλισμού. Ρωγμές (γ) επάνω στο μικρό άνοιγμα συνεχών πλακών με έντονα άνω ανοίγματα οφειλόμενες σε έλλειψη άνω κύριου οπλισμού στο άνοιγμα λόγω της ανάπτυξης σ' αυτό αρνητικής ροπής.

Οι ρωγμές εμφανίζονται κάθετα στις εφελκυστικές τάσεις και άρα κάθετα στον οπλισμό που είναι ανεπαρκής ή έχει πατηθεί.

Έτσι:

❖ **Μια ρωγμή σε μια πλάκα δηλώνει πρόβλημα στον οπλισμό τον κάθετο σ' αυτήν.**



Σχ. 1.7 Ρωγμές πλακών

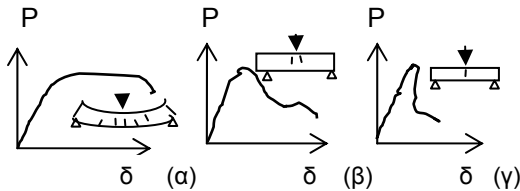
2. Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ Ο ΤΥΠΟΣ ΤΗΣ ΚΑΜΠΤΟΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ

2.1 Η Έννοια της Αστοχίας Φορέων

❖ Με τον όρο αστοχία δεν νοείται κατάρρευση του φορέα αλλά αχρήστευσή του.

Ο φορέας που αστοχεί εμφανίζει εκτεταμένη ή έντονη ρηγμάτωση, είτε σημαντικό βέλος και απαιτείται σημαντική αποφόρτιση και επισκευή του ώστε να αποκατασταθεί η φέρουσα ικανότητά του.

Αν δεν αποφορτιστεί, ο φορέας οδηγείται σε κατάρρευση, άμεσα αν η συμπεριφορά του αντιστοιχεί σ' αυτήν που φαίνεται στο Σχ. 1(β) και 1(γ), είτε μετά κάποιο χρονικό διάστημα αν η συμπεριφορά του αντιστοιχεί σ' αυτήν στο Σχ. 1(α).



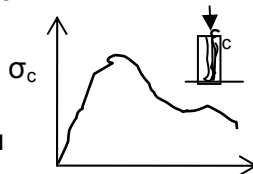
Σχ. 2.1 Τύποι αστοχίας και αντίστοιχα διαγράμματα συμπεριφοράς P-δ

2.2. Τύπος Διατμητικής Αστοχίας

Όπως εντοπίστηκε στο κεφ. 1, η διατμητική αστοχία εμφανίζεται με τη μορφή:

- ❖ Λοξής σύνθλιψης του σκυροδέματος λόγω ανεπάρκειας του λοξού θλιπτήρα του φορέα (περίπτωση φορέων με ανεπαρκές πλάτος). ή
- ❖ Μεμονωμένης λοξής ρωγμής με διακριτά χείλη, λόγω ανεπάρκειας του λοξού ή εγκάρσιου ελκυστήρα του φορέα.

Στην πρώτη περίπτωση της σύνθλιψης του σκυροδέματος η αστοχία δεν είναι παρατεταμένη, όπως φαίνεται από το διάγραμμα $[\sigma-\epsilon]$ του σκυροδέματος σε θλίψη..



Η δεύτερη περίπτωση αστοχίας λόγω της διακριτής λοξής ρηγμάτωσης θα ανεμείνετο να είναι πιο παρατεταμένη, καθώς η παρουσία των εγκάρσιων ελκυστήρων του οπλισμού (των συνδετήρων) παρεμποδίζει την ανεξέλεγκτη εξέλιξη της ρηγμάτωσης αυτής.

Εν τούτοις, και αυτή η περίπτωση αστοχίας είναι ψαθυρή γιατί, όπως φαίνεται στο Σχ. 2 και την Εικόνα 1, οι διατμητικές ρωγμές:

- Συναντούν τον διαμήκη εφελκόμενο οπλισμό σε θέση κοντά στην αγκύρωσή του και καταστρέφοντας τη συνάφεια οπλισμού και σκυροδέματος στη θέση αυτή οδηγούν σε καταστροφή της αγκύρωσης του διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού.
- Συναντούν τον διαμήκη θλιβόμενο οπλισμό σε θέση κοντά στη μέγιστη καμπτική επιπόνηση και καταστρέφοντας τοπικά τη συνάφεια του θλιβόμενου οπλισμού, οδηγούν, όπως φαίνεται στο Σχ. 2 σε πρόωρο λυγισμό του με αποτέλεσμα εκτίναξη του σκυροδέματος της επικάλυψης, αποδιοργάνωση του διαμήκους θλιπτήρα και απότομη αστοχία.



Σχ. 2.2 Διατμητική αστοχία

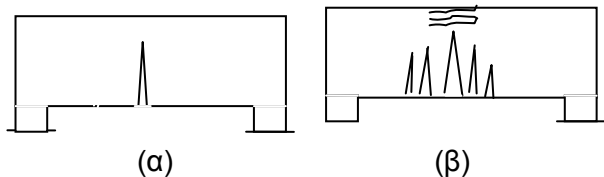
2.3 Τύπος Καμπτικής Αστοχίας

Η καμπτική αστοχία είναι, εν γένει, παρατεταμένη, καθώς, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, οι καμπτικές ρωγμές:

- Δεν οδηγούν σε αστοχία της αγκύρωσης του διαμήκους εφελκόμενου οπλισμού, γιατί δεν τον συναντούν σε θέση κοντά στην αγκύρωσή του.

Η ράβδος του οπλισμού εκτείνεται σημαντικά πέραν από τη θέση της καμπτικής ρηγμάτωσης, τουλάχιστον κατά το απαιτούμενο μήκος αγκύρωσης.

- Δεν συναντούν το θλιβόμενο οπλισμό και δεν οδηγούν σε πρόωρο λυγισμό του.



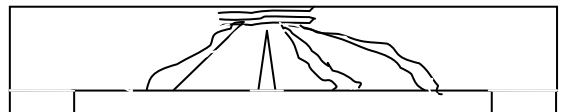
Σχ. 2.3 (α) Καμπτική ρηγμάτωση,
(β) Καμπτική αστοχία

Λόγω της βραδύτερης, πιο παρατεταμένης, εξέλιξης της καμπτικής αστοχίας, ο φορέας μπορεί να αστοχήσει σε περισσότερες από μία κρίσιμες θέσεις εμφανίζοντας περισσότερες από μία καμπτικές ρωγμές σε κάθε θέση, όπως φαίνεται στο Σχ 3(β).

2.4 Τύπος Καμπτοδιατμητικής Αστοχίας

Στην περίπτωση ταυτόχρονης καμπτικής και διατμητικής αστοχίας, δηλ. στην περίπτωση καμπτοδιατμητικής αστοχίας, αποφεύγονται οι δυσμενείς παρενέργειες του λυγισμού του

θλιβόμενου οπλισμού και της ολίσθησης του εφελκυσμένου οπλισμού που παρατηρείται στην περίπτωση της καθαρά διατμητικής αστοχίας που σχολιάστηκε στο κεφ. 2.2.



Σχ. 2.4 Καμπτοδιατμητική αστοχία

Οι λοξές ρωγμές εμφανίζονται στην περιοχή του φορέα μεταξύ της μέγιστης τέμνουσας και της μέγιστης ροπής.

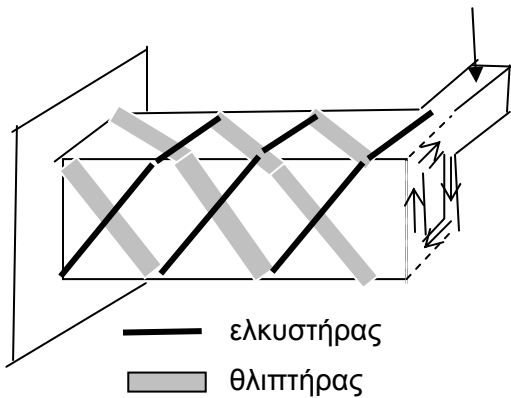
Οι λοξές ρωγμές, λόγω των σημαντικών καμπτικών εφελκυστικών τάσεων στη θέση του διαμήκους ελκυστήρα, πλησιάζοντας στο εφελκυσμένο πέλμα του φορέα κατακορυφώνονται, όπως φαίνεται στο Σχ. 3, με αποτέλεσμα οι λοξές ρωγμές να μην συναντούν τον διαμήκη εφελκυσμένο οπλισμό κοντά στην αγκύρωσή του και να αποφεύγεται η ολίσθησή του και η μαθυρότητα που συνεπάγεται.

Η αστοχία είναι πιο παρατεταμένη και, γι' αυτό εμφανίζονται, όπως φαίνεται στο Σχ. 4, περισσότερες από μία καμπτοδιατμητικές ρωγμές.

3. ΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΑ

3.1 Ρωγμές Ανεπάρκειας Λοξού Ελκυστήρα

Στο Σχ.1 δίνεται το φυσικό προσομοίωμα φορέα με στρεπτική επιπόνηση και στο Σχ. 2 και 3 η μορφολογία των ρωγμών των λοξών ελκυστήρων για φορέα με μία και δύο στρεπτικές στηρίξεις.



Σχ. 3.1 Φυσικό προσομοίωμα φορέα με στρεπτική επιπόνηση

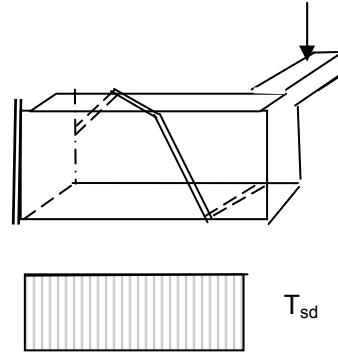
Έχουν διεύθυνση κάθετη σ' αυτήν του ελικοειδούς ελκυστήρα και, γι' αυτό, είναι **ελικοειδείς** και **ακολουθούν τη διεύθυνση του ελικοειδούς θλιπτήρα**, όπως φαίνεται στο Σχ. 2 και 3.

Αν το στρεπτικό φορτίο σε μια πλευρά του φορέα προκαλεί βύθισή του (όπως η πίσω κατακόρυφη πλευρά της δοκού στο Σχ. 1) οι ρωγμές θα έχουν φορά προς τη στήριξη προς τα κάτω.

Αν το στρεπτικό φορτίο σε μια πλευρά του φορέα προκαλεί ανύψωσή του (όπως η εμπρόσθια κατακόρυφη πλευρά της δοκού στο Σχ. 1) οι ρωγμές θα έχουν φορά προς τη στήριξη προς τα πάνω.

Η ρωγμή είναι **επιφανειακή** και όχι διαμπερής όπως στην περίπτωση της καμπτοδιατμητικής επιπόνησης, καθώς, στην περιοχή κοντά στον στρεπτικό άξονα οι διατμητικές τάσεις είναι πολύ μικρές, και επαρκεί η εφελκυστική αντοχή του

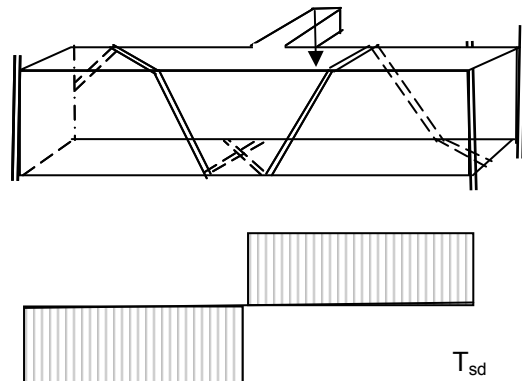
σκυροδέματος για την ανάληψή τους.



Σχ. 3.2 Ρωγμές ανεπάρκειας λοξού ελκυστήρα για φορέα με μία στήριξη

Σε σχέση με τις αντίστοιχες ρωγμές της καμπτοδιατμητικής επιπόνησης οι στρεπτικές ρωγμές εμφανίζουν τις παρακάτω διαφοροποιήσεις:

- ❖ Διαφορετική κλίση στις απέναντι πλευρές.
- ❖ Επιφανειακή ρωγμή και όχι διαμπερής.
- ❖ Σταθερό άνοιγμα ρωγμής σ' όλη την περίμετρο της διατομής.



Σχ. 3.3 Ρωγμές ανεπάρκειας λοξών ελκυστήρων για φορέα με δύο στηρίξεις

Σημειώνεται ότι στην περίπτωση των φορέων με περισσότερες από μία στρεπτικές στηρίξεις κατά μήκος του φορέα η κλίση των στρεπτικών ρωγμών αλλάζει κατά μήκος του φορέα και, γιαυτό, δεν είναι αποτελεσματική η σπειροειδής όπλιση.

3.2 Ρωγμές Ανεπάρκειας Λοξού Θλιπτήρα

Οι ρωγμές εμφανίζονται κατά τη διεύθυνση του ελικοειδούς θλιπτήρα και, γι' αυτό, είναι ελικο-

ειδείς και επιφανειακές, όπως και οι ρωγμές ανεπάρκειας του λοξού ελκυστήρα.

Διακρίνονται απ' αυτές ως προς την υφή τους.

Ενώ οι ρωγμές ανεπάρκειας του ελκυστήρα είναι σαφείς με ευκρινή χείλη, οι ρωγμές ανεπάρκειας του θλιπτήρα είναι υπό μορφή σύνθλιψης του σκυροδέματος.

- **Οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται μόνον σε φορείς με ανεπαρκές πλάτος.**
- **Η εμφάνισή τους σηματοδοτεί την αστοχία του φορέα.**

4. ΤΥΠΟΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΤΗΣ ΑΓΚΥΡΩΣΗΣ ΤΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

4.1 Η Σημασία της Αγκύρωσης

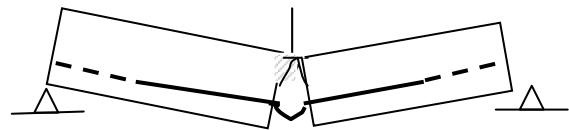
Για να ενταθεί ένας φορέας πρέπει να είναι παμποδιζόμενη η μετακίνησή του.

Ομοίως, προϋπόθεση για την παραμόρφωση και την ένταση των ράβδων του χάλυβα είναι η επιμήκυνσή τους να είναι παρεμποδιζόμενη.

Οι ράβδοι του χάλυβα παραμορφώνονται και εντείνονται μόνον αν στηρίζονται σε κάποια θέση τους, δηλ. αν είναι αγκυρωμένες στο σκυρόδεμα, αν είναι κολλημένες σ' αυτό.

Όπως μία δοκός, αν υποχωρήσουν οι στηρίξεις της, απλά κατέρχεται χωρίς να παραμορφώνεται και, κατά συνέπεια, χωρίς να εντείνεται, έτσι και μια ράβδος χάλυβα αν δεν είναι αγκυρωμένη, απλά ολισθαίνει χωρίς να εντεί-

νεται και ο φορέας παραμένει άοπλος και αστοχεί ακαριαία, όπως φαίνεται στο Σχ. 1.



Σχ. 4.1 Αστοχία αγκύρωσης

Γι' αυτό:

- ❖ **Αστοχία της αγκύρωσης των ράβδων του οπλισμού, λόγω ελλειπούς μήκους αγκύρωσής τους, είτε κακής επαφής τους με το σκυρόδεμα (π.χ. κακή συμπύκνωση του σκυροδέματος), οδηγεί σε άμεση κατάρρευση του φορέα.**

5 . ΡΗΓΜΑΤΩΣΗ ΛΟΓΩ ΣΥΣΤΟΛΟΔΙΑΣΤΟΛΩΝ ΚΑΙ ΔΙΟΓΚΩΣΕΩΝ

5.1 Αιτίες Ρωγμών και Τρόποι Αποφυγής

Εκτός από τις ρωγμές που είναι συνέπεια της έντασης του φορέα από τα φορτία του, όπως είναι οι καμπτικές, διατμητικές και στρεπτικές που εξετάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, εμφανίζονται και ρωγμές οι οποίες οφείλονται σε ένταση του φορέα λόγω **επιβαλλόμενων παραμορφώσεων** (μετακινήσεων που παρεμποδίζονται από τις στηρίξεις των φορέων ή λόγω **παρασιτικών τάσεων**).

Οι επιβαλλόμενες παραμορφώσεις εμφανίζονται με τη μορφή συστολοδιαστολών είτε διογκώσεων, όπως:

- Συστολοδιαστολές του λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.
- Συστολή κατά την πήξη του σκυροδέματος.
- Συστολή με την πάροδο του χρόνου λόγω συστολής ξηράνσεως του σκυροδέματος.
- Διογκώσεις λόγω διάβρωσης του οπλισμού.
- Διογκώσεις λόγω βλαπτικών προσβολών από το περιβάλλον.
- Διογκώσεις λόγω βλαπτικής αλληλεπίδρασης των συστατικών του σκυροδέματος.

Οι παραπάνω συστολοδιαστολές και διογκώσεις επειδή, εν γένει, είναι παρεμποδιζόμενες, προκαλούν ένταση στο φορέα και εμφάνιση ρωγμών λόγω υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής του σκυροδέματος.

Για την αποφυγή των συνεπειών των παραπάνω συστολοδιαστολών προβλέπονται στους κανονισμούς κατασκευαστικές διατάξεις για δευτερεύοντες οπλισμούς, αρμούς, κ.λ.π.

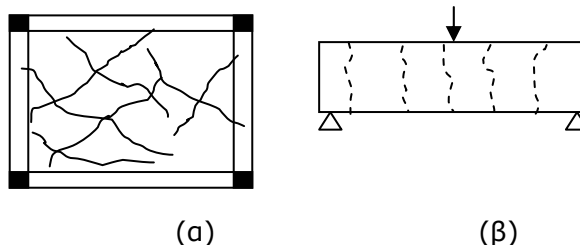
Οι παραπάνω διογκώσεις αποφεύγονται μέσω του ποιοτικού ελέγχου των υλικών (βλ. Μέρος II) και τήρησης ελάχιστων επικαλύψεων του οπλισμού.

5.3 Ρωγμές λόγω Συστολής Πήξεως του Σκυροδέματος

Οι ρωγμές λόγω συστολής κατά την πήξη του σκυροδέματος μπορεί να είναι ιδιαίτερα εκτε-

ταμένες με τη μορφολογία που φαίνεται στο Σχ.1.

Στις πλάκες έχουν ακανόνιστες διευθύνσεις (μπακλαβωτές),στις δοκούς και τους στύλους εμφανίζονται συνήθως στις θέσεις των συνδετήρων (θέσεις εξασθενημένης διατομής του σκυροδέματος).



Σχ. 5.1 Ρωγμές λόγω συστολής πήξεως του σκυροδέματος

Το άνοιγμα τους μπορεί να είναι αρκετά μεγάλο και σε περιπτώσεις έντονης συστολής μπορεί οι ρωγμές να είναι διαμπερείς.

Η συστολή κατά την πήξη είναι έντονη στην περίπτωση σκυροδεμάτων με πολύ λεπτό υλικό (πολλή παιπάλη στα αδρανή και πολύ τσιμέντο) και ανεπαρκή συντήρηση ιδιαίτερα σε περιβάλλον με μεγάλη θερμοκρασία (σκυροδέτηση καλοκαίρι μεσημέρι).

Ιδιαίτερα εκτενείς είναι σε παλιές κατασκευές, ιδιαίτερα στις ταράτσες, γιατί τα παλιά έτοιμα σκυροδέματα είχαν πολύ λεπτό υλικό για να μπορεί να περνάει από τις αντλίες.

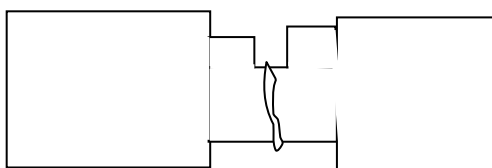
- ❖ Οι ρωγμές αυτές μετά την πήξη του σκυροδέματος δεν εξελίσσονται και δεν επηρεάζουν άμεσα την φέρουσα ικανότητα του φορέα παρά μόνον έμμεσα επιταχύνοντας τη διάβρωση του οπλισμού.

Για την προστασία του οπλισμού αρκεί η έγχυση ρευστής ασφάλτου στις ρωγμές.

- ❖ Το πρόβλημα μπορεί να προληφθεί αν οι ρωγμές κλείσουν τη στιγμή που εμφανιστούν (5 έως 6 ώρες μετά τη διάστρωση του σκυροδέματος) που το σκυρόδεμα είναι εν είδει ζελέ.

5.4 Ρωγμές λόγω Συστολής Ξηράνσεως και Θερμοκρασιακών Συστολοδιαστολών

Οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως εμφανίζονται σε εξαθηνημένες θέσεις της διατομής ενός φορέα, όπως είναι οι θέσεις των συνδετήρων, είτε επιμήκους κτιρίου, όπως φαίνεται στο Σχ. 2, στο οποίο δεν έχουν προβλεφθεί αρμοί συστολοδιαστολής (λόγω συστολής ξηράνσεως και θερμοκρασιακών μεταβολών).



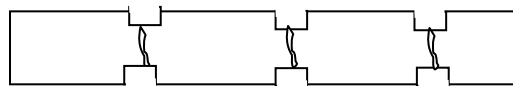
Κάτοψη κτιρίου

Σχ. 5.2 Ρωγμές εν είδει αρμού διαστολής

Η ρωγή αυτή, αν εστιάζεται σε μη κρίσιμες θέσεις πλακών και δοκών και πληρωθεί με ελαστική μαστίχη για προστασία του οπλισμού από διάβρωση όχι μόνον δεν είναι επιβλαβής αλλά **λειτουργώντας ως θέση αποτόνωσης της έντασης προστατεύει από εκτεταμένη ρηγμά-τωση.**

Αρκετές φορές οι παραπάνω ρωγμές αν εμφανιστούν πριν τους σοβάδες, όπως για παράδειγμα οι ρωγμές λόγω συστολής πήξεως του σκυροδέματος, ή και οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως, αν καθυστερήσουν οι σοβάδες,

καλύπτονται από το σοβά και εμφανίζονται μετά από την «αποκαλυπτική» δράση του σεισμού.



Σχ. 5.3 Εξασθένηση διατομής για προκαθορισμό της θέσης των ρωγμών

Οι ρωγμές λόγω συστολής ξηράνσεως εξελίσσονται με το χρόνο και σταθεροποιούνται μετά από δύο έως τρία χρόνια από τη σκυροδέτηση που σταματά η συστολή ξηράνσεως.

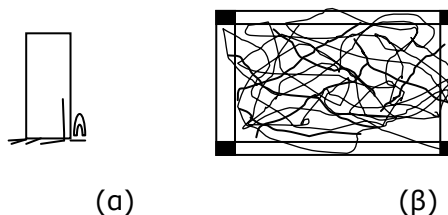
- ❖ Το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί **καθορίζοντας εκ των προτέρων τις θέσεις εμφάνισης αυτών των ρωγμών εξασθενίζοντας κατά τόπους τη διατομή των στοιχείων, όπως φαίνεται στο Σχ. 3** ώστε να μπορεί κανείς εύκολα να τις σφραγίζει (όχι να τις κλείνει γιατί θα εμφανιστούν ξανά).

5.5 Ρωγμές λόγω Διογκωτικών Δράσεων

Στο Σχ. 4, φαίνονται ρωγμές κατά μήκος των ράβδων του οπλισμού οφειλόμενες σε διογκωση του σκυροδέματος λόγω διάβρωσης του οπλισμού.

Συνήθως οι ρωγμές αυτές εμφανίζονται στα υποστρώματα του ισογείου σε συνθήκες αυξημένης υγρασίας (κήπος).

Οι ρωγμές αυτές χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης καθώς λόγω της ρωγμής επιταχύνεται η διάβρωση του οπλισμού με συνέπεια διατάραξη της συνάφειας σκυροδέματος και χάλυβα.



Σχ. 5.1 Ρωγμές λόγω (α) διάβρωσης του οπλισμού και (β) βλαπτικών αντιδράσεων

Οι ράβδοι πρέπει κατά το δυνατόν να καθαριστούν από τη σκουριά (αλλά όχι με χρήση οξέων τα οποία μειώνοντας το ΡΗ του γειτονικού σκυροδέματος επιταχύνουν τη διαδικασία διάβρωσης) και να κλείσει η ρωγμή (με ασυστολικό κονίαμα, βλ. ΕνότηταΓ).

Στο Σχ. 5(β) φαίνεται η εικόνα εκτεταμένης ρηγμάτωσης υπό μορφήν αποσάθρωσης πλάκας κοιτόστρωσης σε έδαφος γύψου.

Την ίδια εικόνα εμφανίζουν και πλάκες με σκυρόδεμα του οποίου τα αδρανή περιέχουν πυρίτιο.

Και στις δύο περιπτώσεις η αιτία της εκτεταμένης ρηγμάτωσης είναι **διογκωτικές διεργασίες** οι οποίες είναι αποτέλεσμα βλαπτικής

αντίδρασης των θειικών του εδάφους στην πρώτη περίπτωση και του πυριτίου των αδρανών στην δεύτερη με συστατικά του τσιμέντου.

Στην δεύτερη περίπτωση το πρόβλημα μπορεί να αρθεί προσθέτοντας στο μίγμα του σκυροδέματος σκόνη πυριτίου ούτως ώστε η τελική περιεκτικότητα σε πυρίτιο να είναι τέτοια που η ταχύτητα της βλαπτικής αντίδρασης να είναι πολύ μικρή.

Η ταχύτητα της χημικής αντίδρασης, όπως φαίνεται στο σχήμα, είναι πολύ μικρή για πολύ μικρή ή μεγάλη περιεκτικότητα σε βλαπτική ουσία.

