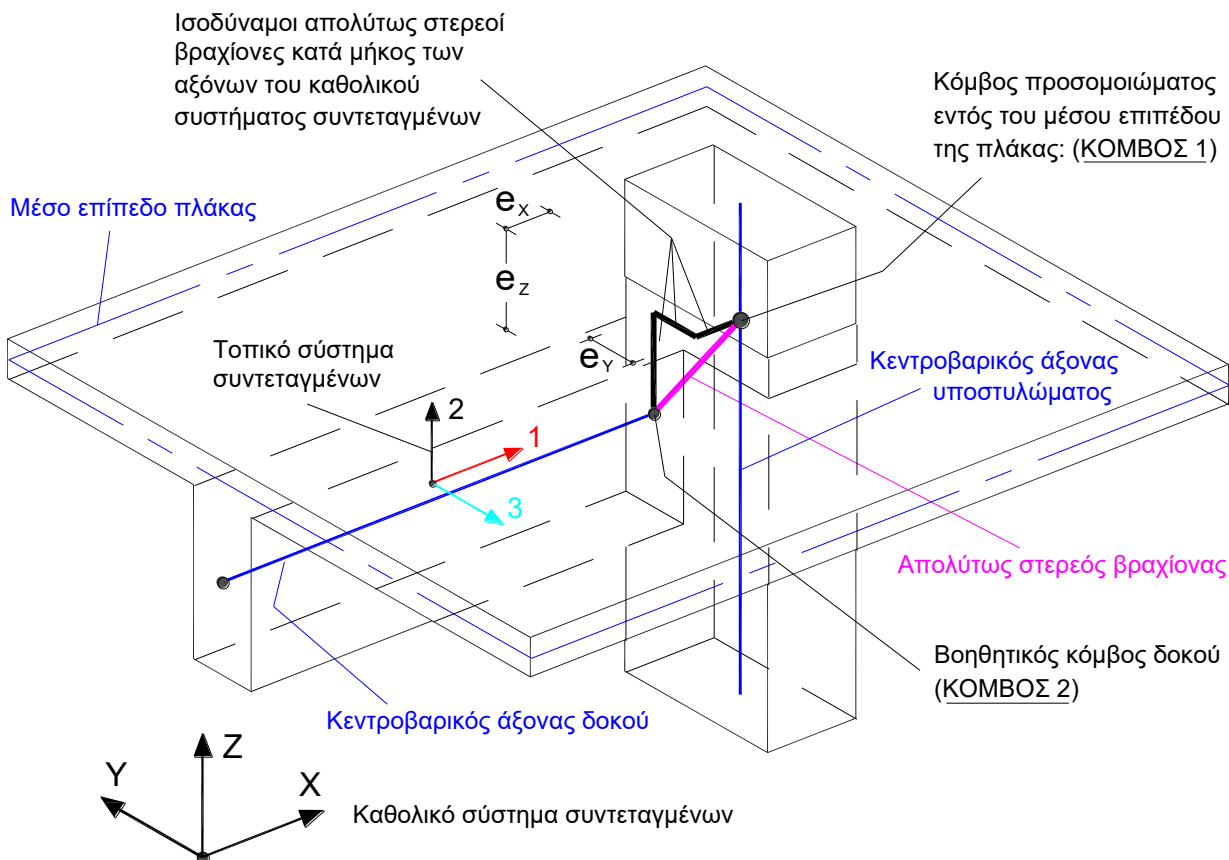


ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ

Οι στερεοί βραχίονες

Γενικά

Κατά την ανάλυση χωρικών κτιριακών φορέων, η απαίτηση για την όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση της μηχανικής τους συμπεριφοράς, προϋποθέτει μεταξύ άλλων και την σωστή προσομοίωση της σύνδεσης των δομικών τους στοιχείων. Οι κόμβοι του προσομοιώματος ενός πλαισίου (π.χ. ΚΟΜΒΟΣ 1, Σχήμα 5.5) τοποθετούνται εντός του μέσου επιπέδου των πλακών κατά την κατακόρυφη διεύθυνση αφενός, και στα κέντρα βάρους της διατομής των κατακορύφων στοιχείων (στύλων ή τοιχωμάτων) κατά τις δυο οριζόντιες διευθύνσεις του καθολικού συστήματος αφετέρου. Οι κόμβοι αρχής και πέρατος των δοκών (π.χ. ΚΟΜΒΟΣ 2, Σχήμα 5.5), που ορίζουν τους κεντροβαρικούς τους άξονες, τοποθετούνται στις παριές των διατομών των στοιχείων με τα οποία συνδέονται. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την έκκεντρη τοποθέτηση των κόμβων που ορίζουν την αρχή και το πέρας των δοκών ως προς τους βασικούς κόμβους του προσομοιώματος.



Σχήμα 5.5 Το πρόβλημα της προσομοίωσης των έκκεντρων συνδέσεων των δοκών με τους βασικούς κόμβους του χωρικού δομικού συμπλέγματος.

Δεδομένου του ότι περιοχές σύνδεσης των δομικών στοιχείων θεωρούνται ως στερεές, για να ληφθούν υπόψη οι εκκεντρότητες αυτές θα πρέπει:

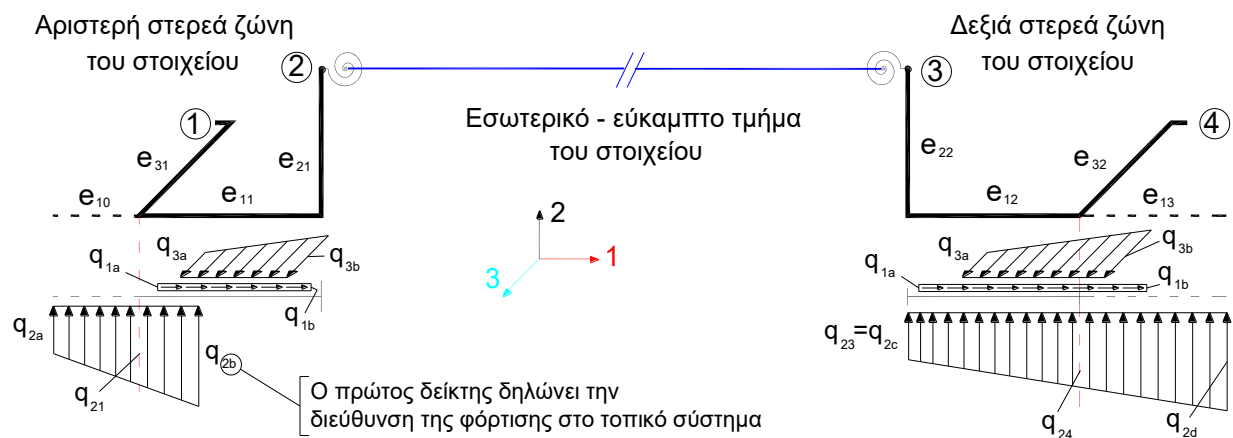
- είτε να τοποθετηθούν στο προσομοίωμα του πλαισίου στερεά ραβδωτά στοιχεία (στερεοί βραχίονες) μεταξύ των κόμβων 1 και 2 (τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να έχουν κατάλληλα επιλεγμένες ιδιότητες διατομής έτσι ώστε να προσομοιώνεται επαρκώς η μεγάλη ακαμψία τους),
- είτε να γίνουν κατάλληλοι μαθηματικοί μετασχηματισμοί των μητρώων δυσκαμψίας και φορτίσης των στοιχείων (βλ. π.χ. [13], [14], [15]).

Από τις δυο μεθόδους προσομοίωσης της έκκεντρης σύνδεσης δοκών – υποστυλωμάτων, προτιμότερη είναι η μέθοδος των μαθηματικών μετασχηματισμών, αφού η χρήση της αποτρέπει την εμφάνιση αριθμητικών προβλημάτων που προέρχονται από τις μεγάλες τιμές που απαιτούνται για τα στοιχεία των διατομών των στερεών βραχιόνων. Το ΡΑΦ χρησιμοποιεί την μέθοδο των μαθηματικών μετασχηματισμών η οποία θα αναλυθεί στην επόμενη παράγραφο.

Εφαρμογή από το ΡΑΦ

Η προγραμματιστική υλοποίηση των έκκεντρων συνδέσεων (δηλαδή των στερεών βραχιόνων) στο ΡΑΦ, επιτυγχάνεται μέσω της αναγωγής των μεγεθών έντασης που συνθέτουν τα μητρώα δυσκαμψίας και φόρτισης του εσωτερικού-εύκαμπτου τμήματος του στοιχείου και αναφέρονται στους βοηθητικούς κόμβους 2, 3 (Σχήμα 5.6), σε μεγέθη έντασης που αναφέρονται στους βασικούς κόμβους 1, 4. Αντίστοιχη αναγωγή εκτελείται και για τα μεγέθη μετακίνησης. Λεπτομέρειες για τους σχετικούς μετασχηματισμούς θα δοθούν στην παράγραφο 5.7.

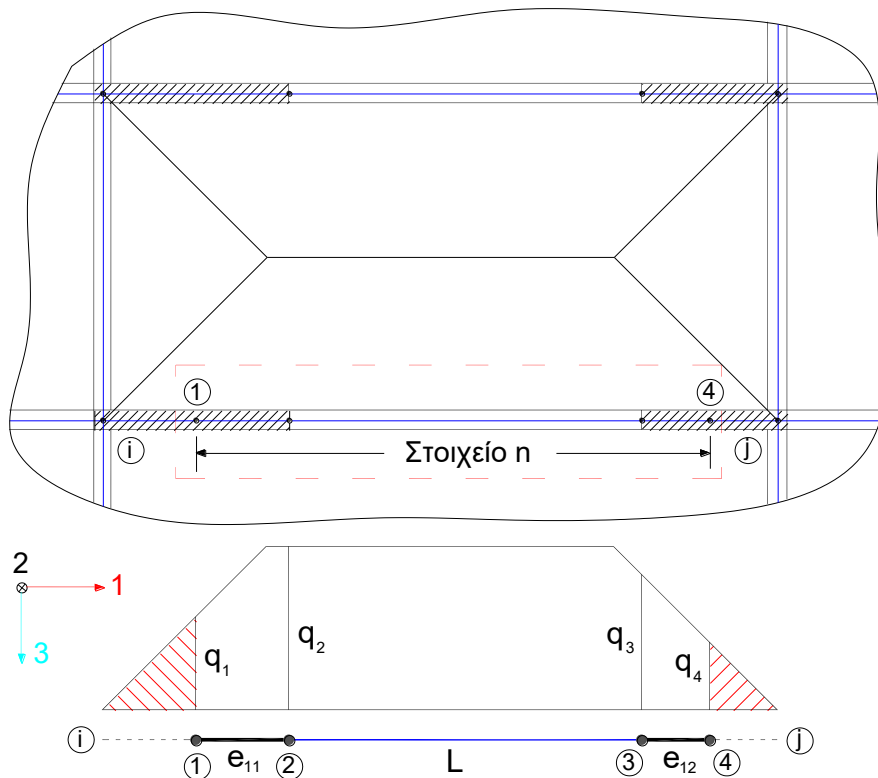
Στο σχήμα 5.6 παρουσιάζεται η δυνατότητα του στοιχείου να λαμβάνει υπόψη και ενδεχόμενες τραπεζοειδείς φόρτισεις επί των αξονικών βραχιόνων του κατά την διεύθυνση και των τριών τοπικών αξόνων. Οι τραπεζοειδείς αυτές φορτίσεις μπορούν να εκτείνονται και πέραν των ορίων των αξονικών βραχιόνων (οι οποίοι οριοθετούνται με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα 5.6) μέχρι οποιουδήποτε οριζόμενου από τον χρήστη μήκους (τμήματα e_{10} και e_{13}).



Σχήμα 5.6 Δυνατότητα του στοιχείου του ΡΑΦ να λαμβάνει αυτόματα υπόψη τραπεζοειδή φόρτιση κατά το μήκος των απολύτων στερεών ζωνών του.

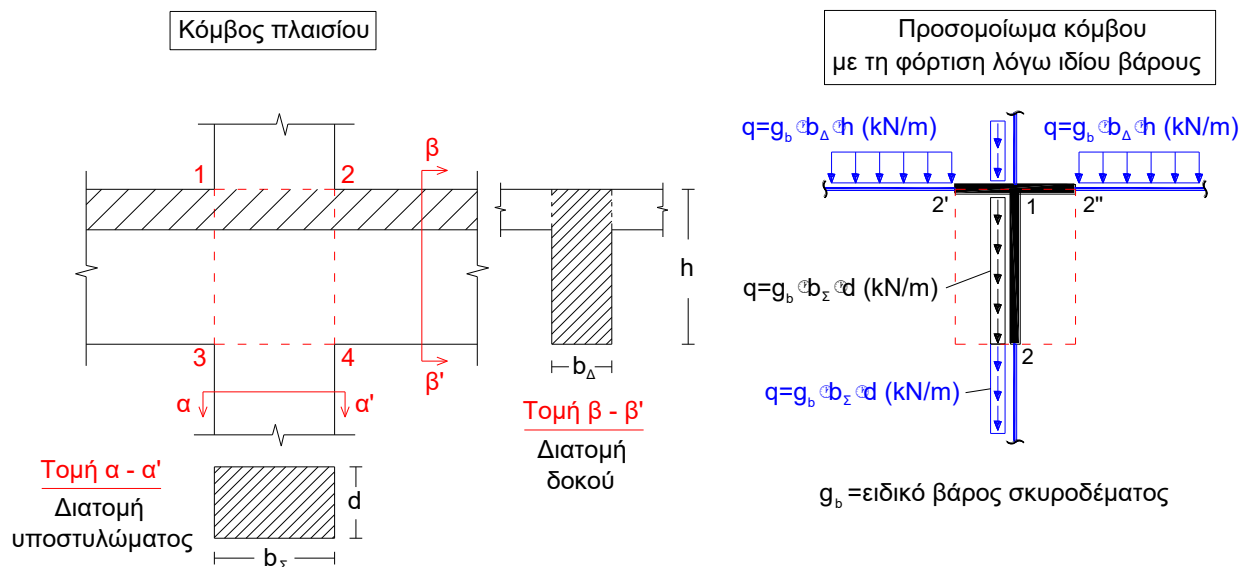
Η δυνατότητα ενός στοιχείου να λαμβάνει υποψη αυτόματα φόρτιση επί των αξονικών στερεών βραχιόνων του κρίνεται απαραίτητη, καθώς παρά το γεγονός ότι στην συντριπτική τους πλειοψηφία οι στερεές ζώνες

των στοιχείων δεν έχουν μεγάλο μήκος, ο σχετικά μεγάλος αριθμός τους σε μια τυπική κατασκευή δημιουργεί προσθετικά μια σημαντική απώλεια κατακορύφων φορτίων εφόσον δεν υφίσταται αυτή η δυνατότητα. Επιπλέον, το γεγονός ότι στο ραβδόμορφο στοιχείο του ΡΑΦ λαμβάνεται υπόψη και φόρτιση πέραν του μήκους των στερεών βραχιόνων το καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικό και ακριβές στην περίπτωση κατά την οποία το στοιχείο χρησιμοποιείται για την προσομοίωση δοκού που καταλήγει σε κάποιο τοίχωμα (Σχήμα 5.7). Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο στερεός βραχίονας προσομοιώνει την απαραμόρφωτη, εντός του επιπέδου της, διατομή του τοιχώματος η οποία παραλαμβάνει τμήμα του φορτίου της πλάκας.



Σχήμα 5.7 Εφαρμογή της δυνατότητας του στοιχείου του ΡΑΦ να λαμβάνει υπόψη φόρτιση και πέραν των ορίων των αξονικών του βραχιόνων, στην προσομοίωση των φορτίων που μεταβιβάζονται από τις πλάκες.

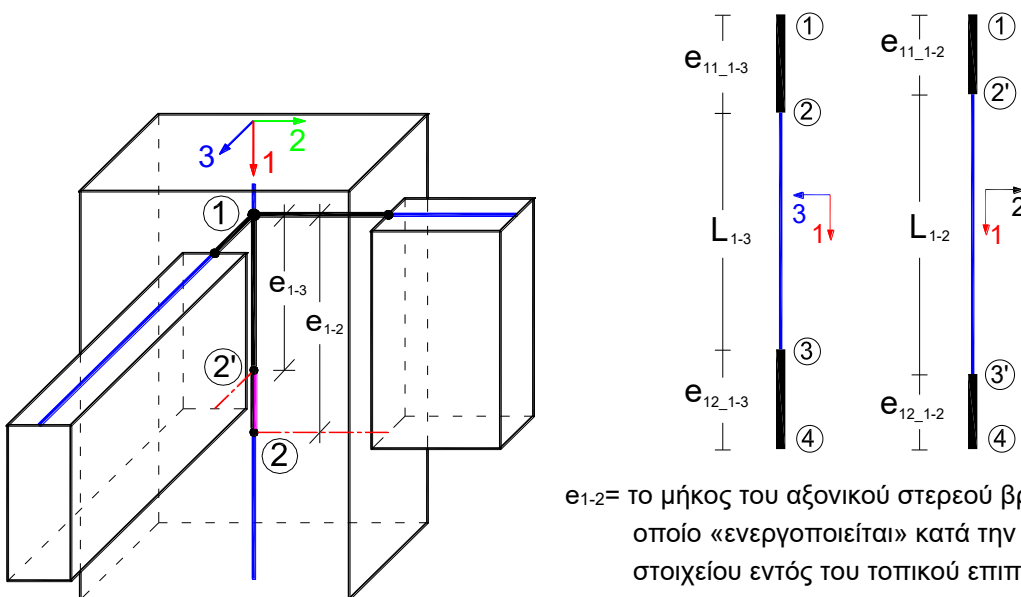
Ωστόσο το γεγονός ότι τα όρια του στοιχείου είναι αναγκαστικά οι κόμβοι 1 και 4, ενώ τα όρια του εύρους της τραπεζοειδούς φόρτισης της πλάκας είναι στα σημεία i , j , θέτει τον προβληματισμό για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να ληφθούν υπόψη τα γραμοσκιασμένα τμήματα της τραπεζοειδούς φόρτισης που παρουσιάζονται στο σχήμα 5.7. Με το ραβδόμορφο στοιχείο του ΡΑΦ η λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα δίνεται πολύ απλά και με απόλυτη ακρίβεια ρυθμίζοντας απλώς τα όρια του εύρους της φόρτισης των στερεών βραχιόνων του στοιχείου, έτσι ώστε αυτά να εκτείνονται και πέραν των κόμβων 1 και 4. Επιπλέον, η δυνατότητα φόρτισης των αξονικών βραχιόνων κατά την διεύθυνση του διαμήκους τοπικού άξονα του στοιχείου (τοπικός άξονας 1), χρησιμοποιείται προκειμένου να ληφθεί υπόψη με απλό και ακριβή τρόπο και το ίδιο βάρος του σώματος των κόμβων όπως φαίνεται και στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 5.8 Θεώρηση του βάρους του σώματος των κόμβων με χρήση των δυνατοτήτων του στοιχείου του ΡΑΦ. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.8, το ίδιο βάρος του σώματος του κόμβου – το οποίο σημειώνεται με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή, και οριοθετείται από τα σημεία 1-2-3-4 – εισάγεται στους υπολογισμούς ως κατανεμημένη αξονική φόρτιση του στερεού βραχίονα (1-2) του υποστυλώματος, ενώ οι αντίστοιχοι στερεοί βραχίονες (1-2') και (1-2'') των δοκών παραμένουν αφόρτιστοι.

Η δυνατότητα τοποθέτησης «διπλών» αξονικών στερεών βραχιόνων.

Μια ακόμα δυνατότητα του στοιχείου, είναι να λαμβάνει υπόψην διαφορετικά μήκη αξονικών στερεών βραχιόνων στα δυο τοπικά επίπεδα της διατομής του. Η εφαρμογή αυτής της δυνατότητας γίνεται κυρίως σε κατακόρυφα στοιχεία όταν τα οριζόντια στοιχεία που συντρέχουν σε αυτά δεν έχουν το ίδιο ύψος διατομής.



e_{1-2} = το μήκος του αξονικού στερεού βραχίονα το οποίο «ενεργοποιείται» κατά την κάμψη του στοιχείου εντός του τοπικού επιπέδου 1-2

e_{1-3} = το μήκος του αξονικού στερεού βραχίονα το οποίο «ενεργοποιείται» κατά την κάμψη του στοιχείου εντός του τοπικού επιπέδου 1-3

Σχήμα 5.9 Δυνατότητα θεώρησης διαφορετικού μήκους αξονικού στερεού βραχίονα σε κάθε τοπικό επίπεδο.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.9 ο στερεός βραχίονας 1-2, χωρίζεται σε δυο τμήματα:

- το τμήμα 1-2' το οποίο συμπεριφέρεται ως απολύτως στερεό σώμα είτε το στοιχείο κάμπτεται εντός του τοπικού επιπέδου 1-2, είτε κάμπτεται εντός του τοπικού επιπέδου 1-3, και
- το τμήμα 2'-2 το οποίο συμπεριφέρεται ως απολύτως στερεό σώμα μόνον όταν το στοιχείο κάμπτεται εντός του τοπικού επιπέδου 1-2. Όταν η κάμψη πραγματοποιείται εντός του τοπικού επιπέδου 1-3 τότε το τμήμα 2'-2 συμπεριφέρεται σαν να είχε διατομή ίδια με αυτήν του ευκάμπτου τμήματος του στοιχείου.

Ο τρόπος με τον οποίον επιτυγχάνεται η διαφοροποίηση των μηκών των αξονικών βραχιονων σε επίπεδο μητρικών σχέσεων, παρουσιάζεται στην παράγραφο 5.7.