



ΣΥΜΜΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

**ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΑΠΟ ΔΙΑΤΟΜΕΣ
ΜΟΡΦΟΧΑΛΥΒΑ
ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ
ΑΠΟΤΕΛΟΥΝ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ
ΤΑΣΕΙΣ ΔΟΜΗΣΗΣ
ΜΕ ΠΟΛΛΑΠΛΑ ΟΦΕΛΗ**

Παρουσίαση: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΞΕΝΟΣ,
διπλωματούχος πολιτικός μηχανικός Α.Π.Θ.,
δρ Πανεπιστημίου της Γλασκώβης
Σχεδίαση: ARCHIL MACHARADZE,
αρχιτέκτονας μηχανικός

Κτίρια με σύμμεικτα δομικά στοιχεία κατασκευάζονται διεθνώς εδώ και πολλές δεκαετίες και αποτελούνται από τα δύο πιο δημοφιλή δομικά υλικά, τον χάλυβα και το σκυρόδεμα. Αυτά τα δύο υλικά είναι συμβατά μεταξύ τους, αφού έχουν παρόμοιο συντελεστή θερμικής διαστολής και αλληλοσυμπληρώνονται, συνδυάζοντας τη θλιπτική και εφελκυστική αντοχή του σκυροδέματος και του χάλυβα, αντίστοιχα. Έτσι, ο σχεδιασμός σύμμεικτων δομικών στοιχείων συνεπάγεται την επιλογή διατομών μικρότερου βάρους και διαστάσεων σε σύγκριση με αυτές που κατασκευάζονται αμιγώς από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ο/Σ) ή μορφοχάλυβα.

Τα σύμμεικτα κτίρια υπερτερούν έναντι των απλών μεταλλικών, διότι με τη χρήση του σκυροδέματος μειώνεται το μέγεθος των μεταλλικών διατομών και το κόστος κατασκευής. Αυτό συμβαίνει αφενός λόγω της ανάπτυξης δράσης πλακοδοκού ανάμεσα στη μεταλλική δοκό και στην πλάκα Ο/Σ και αφετέρου λόγω της πλευρικής συγκράτησης του άνω πέλματος των δοκών από την πλάκα ορόφου. Με τη χρήση σύμ-

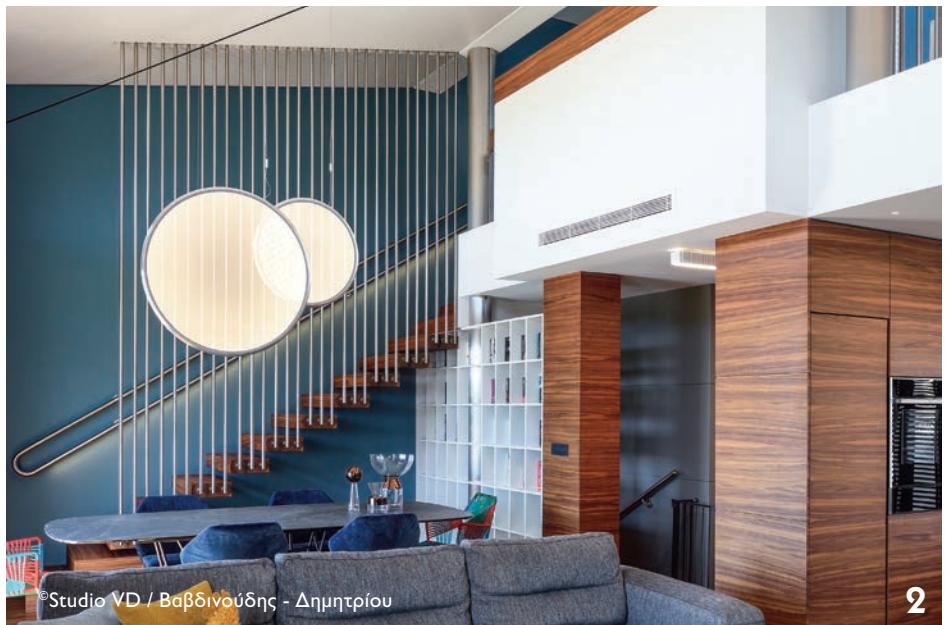
μεικτων πλακών μειώνεται ο απαιτούμενος αριθμός μεταλλικών διαδοκίδων, γεφυρώνονται μεγαλύτερα ανοίγματα και περιορίζεται ο αριθμός των τελικών μεταλλικών συνδέσεων. Ακόμη, οι απαιτήσεις των σύμμεικτων υποστυλωμάτων αναφορικά με την πυροπροστασία και τη διάβρωση καλύπτονται, όταν η μεταλλική διατομή εγκιβωτίζεται σε Ο/Σ.

Οι διατομές των σύμμεικτων δομικών στοιχείων προκύπτουν μικρότερες από τις αντίστοιχες από Ο/Σ με αποτέλεσμα τη μείωση του τελικού βάρους του κτιρίου και των αντίστοιχων σεισμικών φορτίων αλλά και του μεγέθους των στοιχείων της θεμελίωσης.

Οι σύμμεικτες δοκοί έχουν μικρότερη κρέμαση από τις δοκούς Ο/Σ με αποτέλεσμα την εξασφάλιση μεγαλύτερου ελεύθερου ύψους ορόφου, που είναι σημαντικό σε πολυώροφα κτίρια εμπορικών χρήσεων. Σ' αυτές τις κατασκευές δεσμεύεται μια περιοχή 0,5 - 1,0 m από την κάτω παρειά της πλάκας του ορόφου για τη εγκατάσταση Η/Μ εξοπλισμού, που πολλές φορές πρέπει να διέλθει μέσα από τις δοκούς. Επιπλέον, τα μεταλλικά στοιχεία των σύμμεικτων κτιρίων αξιοποιού-



1



©Studio VD / Βαβδινούδης - Δημητρίου

2

νται συχνά κατά την κατασκευή ως ξυλότυποι, υποστηρίζοντας τις διατομές από Ο/Σ κατά τη σκυροδέτηση και επιταχύνοντας την πρόοδο της κατασκευής στο εργοτάξιο.

Σύμμεικτα δομικά στοιχεία

Σε ένα σύμμεικτο κτίριο χρησιμοποιούνται ως βασικά δομικά στοιχεία πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα και τοιχώματα, που συνήθως είναι σχεδιασμένα ως σύμμεικτες διατομές. Ο μελετητής πρέπει να εξετάζει την απόκριση των δομικών στοιχείων αλλά και την ευστάθεια του φέροντος οργανισμού, τόσο στην τελική κατάσταση, όσο και κατά τη φάση κατασκευής, όπου δεν έχει ολοκληρωθεί η σκυροδέτηση με αποτέλεσμα οι μεταλλικές διατομές να αναλαμβάνουν προσωρινά τη μεταφορά όλων των κατακόρυφων και των πλευρικών φορτίων. Ακόμη, μεταλλικές συνδέσεις που είναι

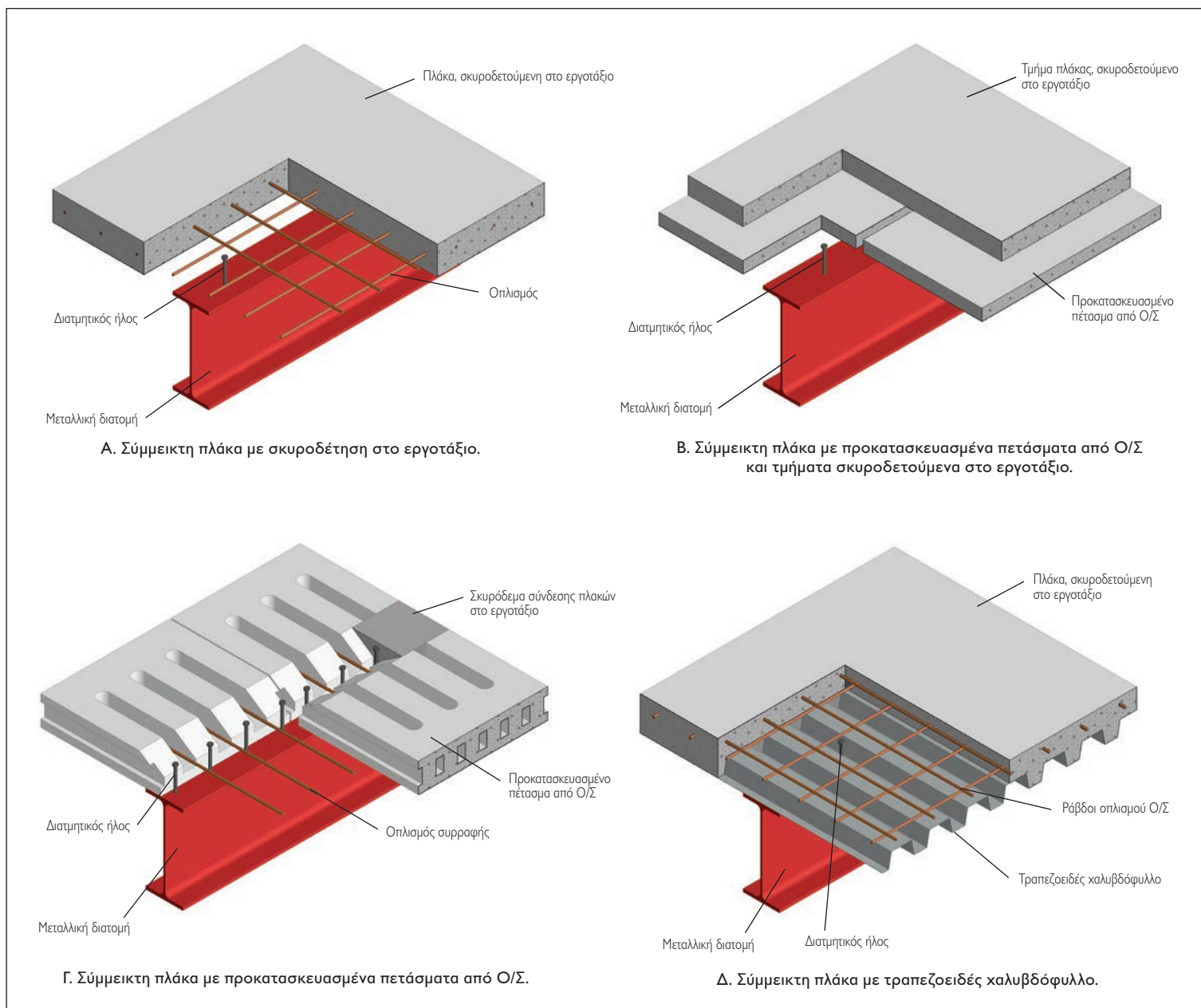
αρθρωτές πριν από τη σκυροδέτηση ενδέχεται να μετατραπούν σε συνδέσεις ροπής αργότερα λόγω της συνέχειας των τμημάτων Ο/Σ.

Ο ερπυσμός και η συστολή ξήρανσης, που αναπτύσσονται στο σκυρόδεμα των σύμμεικτων διατομών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον σχεδιασμό, διότι στην περίπτωση μεγάλων ανοιγμάτων σε υπερστατικούς φορείς δημιουργούν επιπλέον καταναγκασμούς και συνεπάγονται ρηγματώση του σκυροδέματος. Ακόμη, για την αποφυγή ατυχημάτων συνιστάται, όπως και σε όλες τις μεταλλικές κατασκευές, να υπάρχει αντίστοιχη ηλεκτρολογική μελέτη αλλά και ειδική μέριμνα στο εργοτάξιο, ώστε όλα τα στοιχεία να είναι γειωμένα.

Σύμμεικτες πλάκες

Στα σύμμεικτα κτίρια οι πλάκες μπορούν να σχεδιαστούν είτε ως σκυροδετούμενες στο εργοτάξιο είτε ως συνδυα-

1, 2.
Προσθήκη ελαφράς κατασκευής σε υφιστάμενη κατοικία στην Καλαμαριά. Η προσθήκη έγινε με μεταλλικό φέροντα οργανισμό και δάπεδα από τραπεζοειδή λαμαρίνα με επικάλυψη από σκυρόδεμα. Αρχιτεκτονική μελέτη & επίβλεψη: Bogdanos Architecture.



Είδη σύμμεικτων πλακών.

σμός προκατασκευασμένων και επί τόπου κατασκευαζόμενων τμημάτων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις εξασφαλίζεται η σύμμεικτη λειτουργία των μεταλλικών δοκών, ενώ οι πλάκες σχεδιάζονται ως απλά στοιχεία Ο/Σ με αποτέλεσμα να απαιτούνται πολλές φορές ικριώματα σκυροδέτησης για την υποστήριξή τους.

Στην περίπτωση των προκατασκευασμένων πλακών τμήματα επάνω από την περιοχή των σύμμεικτων δοκών πρέπει να σκυροδετούνται στο εργοτάξιο για να ματίζονται οι διαμήκεις οπλισμοί και να εξασφαλίζεται η συνέχεια της πλάκας, όπως και η διατμητική σύνδεση δοκού - πλάκας σ' αυτές τις περιοχές. Ακόμη τοποθετούνται κατά μήκος των δοκών επιπλέον οπλισμοί για να παραλάβουν τις τάσεις λόγω διατμητικής παραμόρφωσης της πλάκας, ενώ συνιστάται επάνω από την προκατασκευασμένη πλάκα η σκυροδέτηση στρώσης Ο/Σ πάχους 5 - 10 cm.

Εναλλακτικά, οι πλάκες μπορούν να σχεδιαστούν ως σύμμεικτες με καλυβδόφυλλο επίπεδης ή τραπεζοειδούς διατομής στην κάτω παρειά. Στην πρώτη περίπτωση η σύμμεικτη δράση επιτυγχάνεται με τη χρήση βλήτρων και απαιτείται πάντα η υποστήριξη της πλάκας κατά τη σκυροδέτηση. Η χρήση τραπεζοειδούς καλυβδόφυλλου προτιμάται από τους μελετητές, διότι συνεπάγεται μεγάλη μείωση του τελικού βάρους της πλάκας, αποφεύγεται η χρήση ξυλότυπου, ενώ γεφυρώνονται μεγαλύτερα ανοίγματα. Η σύμμεικτη δράση εξασφαλίζεται λόγω του σχήματος της μεταλλικής διατομής και με τη χρήση βλήτρων, ενώ το πάχος του σκυροδέματος ποικίλλει, εξασφαλίζοντας οικονομία στη χρήση του υλικού.

Ο προσανατολισμός του καλυβδόφυλλου είναι σημαντικός, διότι με την τραπεζοειδή διατομή του εξασφαλίζεται αυξημένη δυσκαμψία και ορθότροπη μεταφορά φορτίων

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΦΕΛΗ ΣΥΜΜΕΙΚΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ,
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ & ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΠΟ Ο/Σ

	Μεταλλικά κτίρια	Κτίριο από Ο/Σ	Σύμμεικτα κτίρια
Συνολικό κόστος	+++	++	++
Ανθρακικό αποτύπωμα	+++	+++	++
Βάρος κατασκευής	++	+++	++
Χρόνος κατασκευής στο εργοτάξιο	+	+++	++
Χρόνος κατασκευής στο εργοστάσιο	+++	+	+++

+++ = υψηλό/μεγάλο, ++ = μέσο, + = μικρό/χαμηλό



3. Συγκόλληση διαμητικών ήλων σε τραπεζοειδές χαλυβδόφυλλο.

4. Σκυροδέτηση σύμμεικτης πλάκας.

μόνο κατά τη μια διεύθυνση, δηλαδή εγκάρσια προς τον άξονα των διαδοκίδων. Σ' αυτό το είδος πλακών, προκύπτουν πρακτικά προβλήματα κατά τη χρήση υπερυψωμένων ξυλότυπων ή την επιβολή προκαμπύλωσης σε δοκούς, όταν η διεύθυνση μεταφοράς φορτίων δεν είναι ίδια για όλες τις επί μέρους πλάκες ενός ορόφου. Επιπλέον, ο μελετητής πρέπει να εξετάζει και τη δυναμική απόκριση της πλάκας σε ταλαντώσεις, ώστε να μη δημιουργηθούν λειτουργικά προβλήματα κατά τη χρήση του δαπέδου.

Σύμμεικτες δοκοί

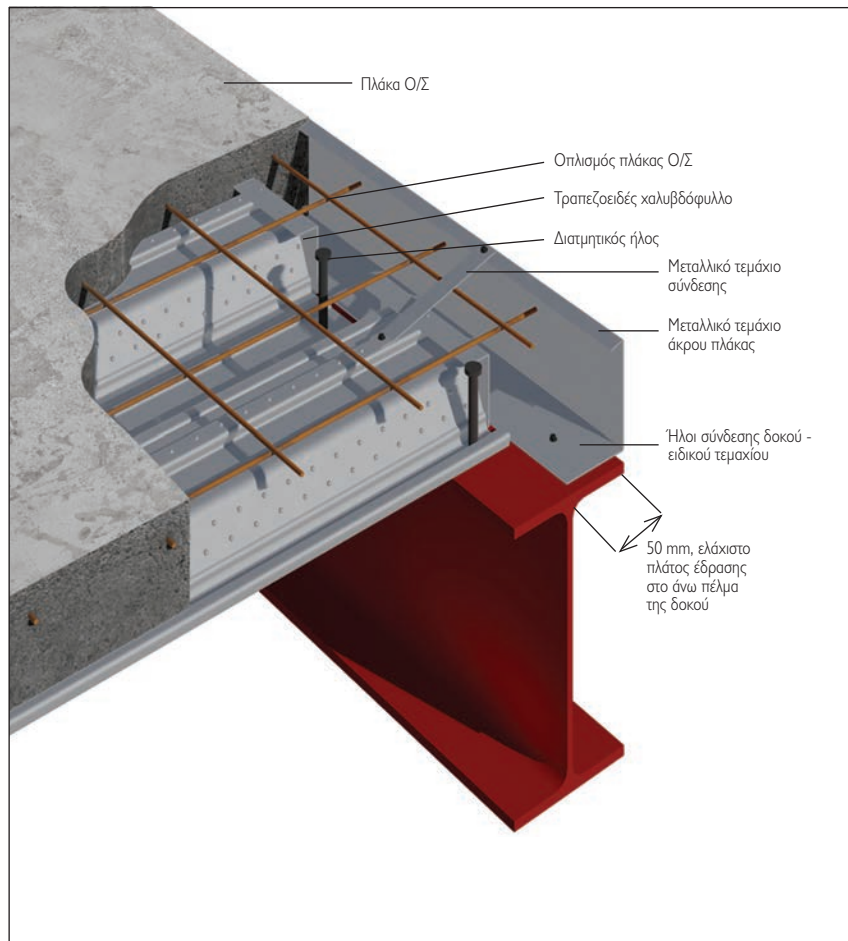
Στα σύμμεικτα κτίρια κάποιες δοκοί σχεδιάζονται ως αμιγώς μεταλλικές και κάποιες ως σύμμεικτες. Οι διαδοκίδες μπορεί να σχεδιαστούν ως αμιγώς μεταλλικά στοιχεία, αν δεν είναι εύκολη η ανάπτυξη σύμμεικτης δράσης λόγω της γεωμετρίας της πλάκας. Στις σύμμεικτες δοκούς η συνεργασία των δύο υλικών επιτυγχάνεται μέσω διατμητικών ήλων, συγκολλητών στο άνω πέλμα της δοκού. Εναλλακτικά, μεταλλικές δοκοί ασύμμετρης διατομής μπορούν να εγκιβωτιστούν στην πλάκα Ο/Σ με στόχο την αύξηση του ελεύθερου ύψους ορόφου. Τα τμήματα των μεταλλικών διατομών, που είναι εκτεθειμένα σε περιβαλλοντικές δράσεις, πρέπει να προστατεύονται με αντιδιαβρωτικές και πυροπροστατευτικές στρώσεις.

Αρκετές φορές διανοίγονται ευμεγέθεις οπές στον κορμό των σύμμεικτων δοκών, προκειμένου να επιτρέπεται η διέλευση σωληνώσεων και καλωδιώσεων. Σ' αυτήν την περίπτωση μειώνεται η διατμητική αντοχή και η δυσκαμψία της δοκού, ενώ αυξάνεται το βέλος κάμψης κατά τουλάχιστον 30%. Οι μεταλλικές δοκοί φέρουν το βάρος του ξυλότυπου κατά τη φάση της σκυροδέτησης και πρέπει είτε να υποστηρίζονται προσωρινά είτε να σχεδιάζονται για να παραλαμβάνουν αυτή τη φόρτιση. Διαφορές στη δυσκαμψία των συνδέσεων μεταξύ της φάσης κατασκευής και της τελικής κατάστασης μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχίες ή στο σχηματισμό μη αποδεκτών βελών κάμψης, τα οποία επηρεάζουν το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα.

Σύμμεικτα υποστυλώματα και τοιχώματα

Στα σύμμεικτα υποστυλώματα η διατομή του Ο/Σ είτε εγκιβωτίζεται σε ένα μεταλλικό στοιχείο κλειστής διατομής είτε εγκιβωτίζει ένα μεταλλικό υποστυλώμα ανοικτής διατομής. Η δεύτερη λύση είναι οικονομικότερη και ευκολότερη κατασκευαστικά, ενώ το σκυρόδεμα παρέχει πυροπροστατευτική και αντιδιαβρωτική προστασία στη μεταλλική διατομή και κρύβει τις συνδέσεις αποκατάστασης συνέχειας μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων. Η διατμητική σύνδεση μεταξύ των δύο υλικών γίνεται με μεταλλικά βλήτρα συγκολλητά στον κορμό της ανοικτής διατομής.

Όταν το σκυρόδεμα εγκιβωτίζεται σε μεταλλική διατομή πρέπει να υπάρχει επαρκής πυροπροστατευτική και αντιδιαβρωτική προστασία στην εξωτερική της πλευρά. Συνηθώς, η αντιδιαβρωτική στρώση πρέπει να γίνει στο εργοτάξιο μετά τη σκυροδέτηση, ώστε να μην καταστραφεί στη φάση της κατασκευής του στοιχείου, κατά την οποία η μεταλλική διατομή αναλαμβάνει το ρόλο του "καλουπιού". Οι συνδέσεις αποκατάστασης συνέχειας της μεταλλικής διατομής πρέπει να σχεδιάζονται με προσοχή, διότι επηρεάζουν το τελικό αισθητικό αποτέλεσμα. Μια λύση είναι η σύνδεση με εργοταξιακή συγκόλληση στο μέσο του ύψους του υποστυλώματος και ακολούθως η λείανση της περιοχής για να βελτιωθεί

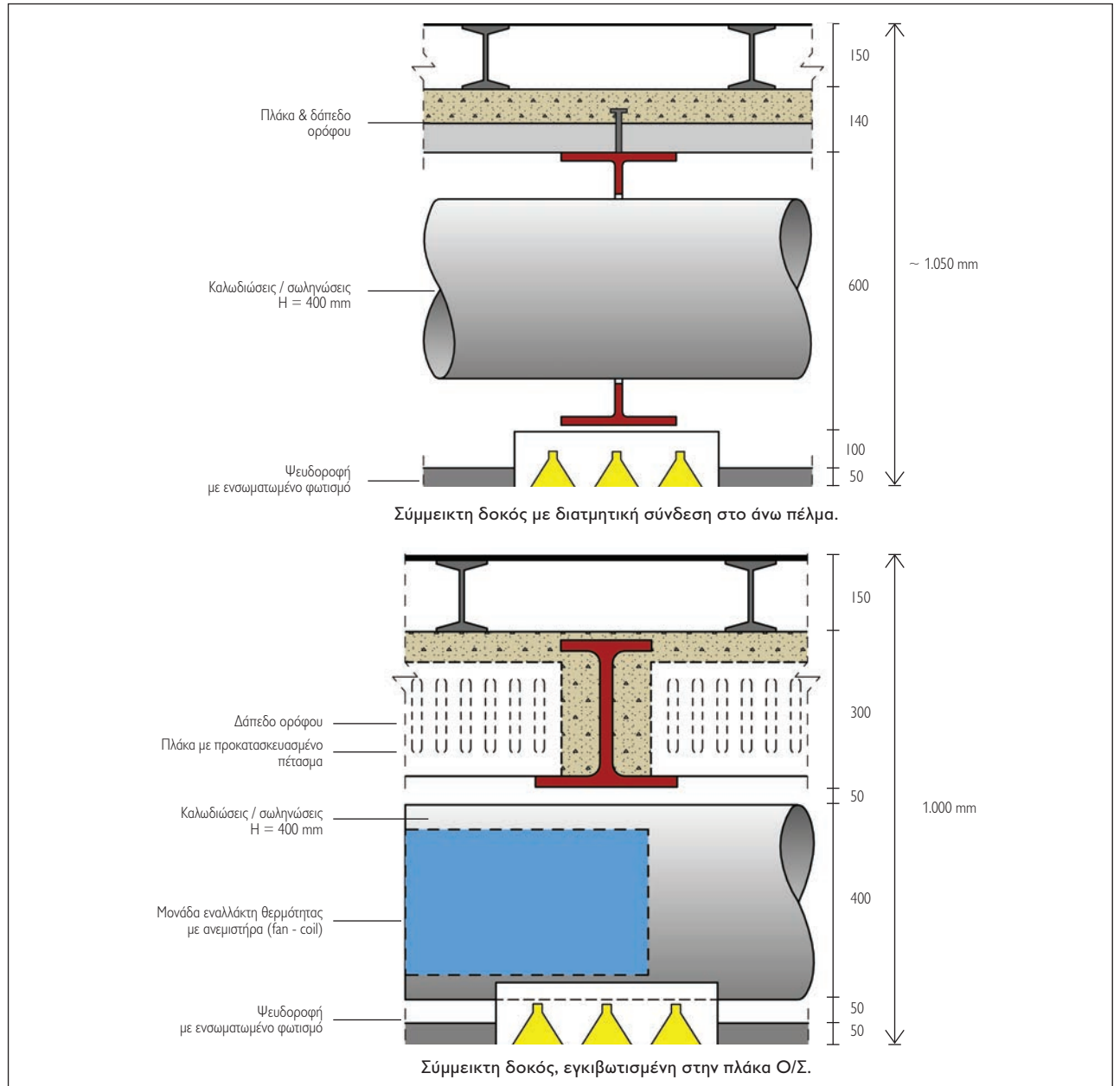


Λεπτομέρεια σύμμεικτης πλάκας με τραπεζοειδές καλυβδόφυλλο.

το αισθητικό αποτέλεσμα. Η εκτέλεση αυτής της συγκόλλησης έχει αυξημένο κόστος, αφού απαιτούνται επιπλέον μέτρα ασφαλείας, ειδικός εξοπλισμός για την επιθεώρηση των συνδέσεων και πιο εξειδικευμένο προσωπικό στο εργοτάξιο. Επιπλέον, είναι δυνατή η δημιουργία ειδικών μεταλλικών συνδέσεων εντός του πάχους της πλάκας, εφόσον αυτό είναι αρκετά μεγάλο. Σε πολώροφα κτίρια προτιμάται η χρήση στύλων μεγάλου μήκους, περίπου 9 m, ώστε να είναι εφικτή η ανύψωση του στοιχείου και η ευθυγράμμισή του, μειώνοντας παράλληλα τις συνδέσεις αποκατάστασης συνέχειας. Σ' αυτήν την περίπτωση είναι σημαντική η δημιουργία λεπτομεριών σύνδεσης, που να επιτρέπουν την προσαρμογή του στοιχείου κατά την κατακόρυφωσή του, η οποία γίνεται με ειδικό εξοπλισμό στο εργοτάξιο.

Πολλές φορές η δόνηση και η έγχυση του σκυροδέματος σε κλειστές διατομές είναι δύσκολη, ειδικά αν το μεταλλικό στοιχείο έχει μεγάλο μήκος και μικρή διατομή. Γι' αυτόν τον λόγο επιλέγεται η διάνοιξη ενδιάμεσων οπών στο στοιχείο για την τμηματική σκυροδέτηση και δόνηση του υποστυλώματος ανά όροφο, καθώς και η χρήση σκυροδέματος με μικρό μέγιστο κόκκο αδρανών ή ενδεχομένως η χρήση αυτοσυρρικνούμενου σκυροδέματος (SCC).

Το στοιχεία υψηλής δυσκαμψίας εξασφαλίζουν την πλευρική ευστάθεια του κτιρίου και μπορεί είτε να είναι αμιγώς μεταλλικά (π.χ. κατακόρυφοι χιαστοί σύνδεσμοι) είτε τοιχώματα οπλισμένου σκυροδέματος είτε σύμμεικτα τοιχώματα.



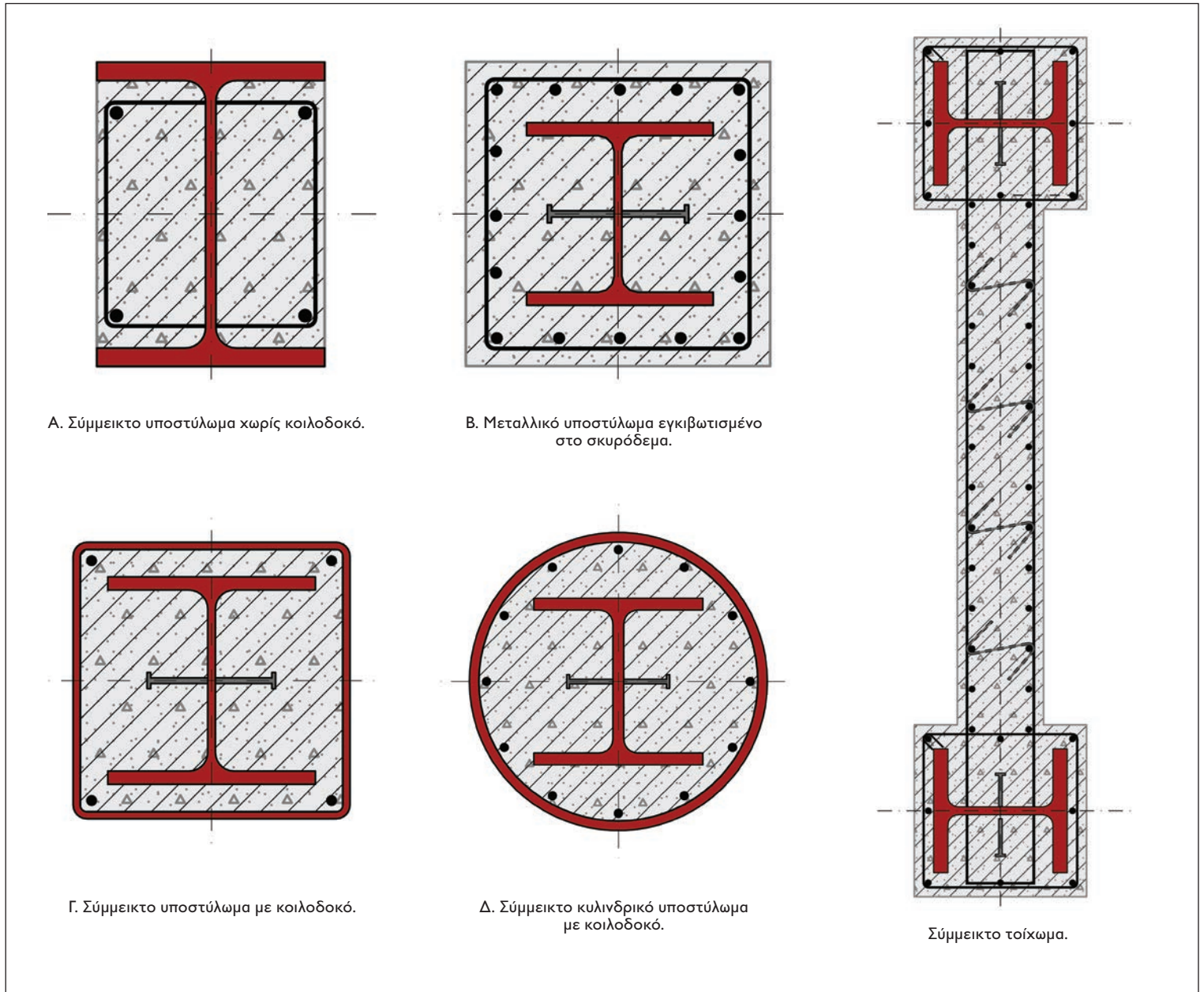
Τυπική διαμόρφωση οροφής σε πολυώροφα κτίρια.

Στην τελευταία περίπτωση οι μεταλλικές διατομές τοποθετούνται στις ακραίες περιοχές των τοιχωμάτων, αυξάνοντας τη δυσκαμψία και μειώνοντας τοπικά τις απαιτήσεις σε ράβδους οπλισμού. Γενικώς, σε πολυώροφα κτίρια προτιμάται η χρήση τοιχωμάτων Ο/Σ για αισθητικούς λόγους.

Μόρφωση φορέα. Στοιχεία προδιαστασιολόγησης

Τα σύμμεικτα δομικά στοιχεία διαστασιολογούνται με βάση τον ευρωκώδικα 4. Ο σχεδιασμός ξεκινά με την επιλογή ενός καννάβου με λόγο πλευρών $a/b = 1,0 - 1,5$, έτσι ώστε η μεγαλύτερη πλευρά να μην ξεπερνά τα 15 m. Συνήθως επιλέγεται η λύση της σύμμεικτης πλάκας με τραπεζοειδές χαλυβδόφυλλο με το ελάχιστο πάχος σκυροδέματος να είναι περίπου 15 cm. Στην άνω παρειά των πλακών τοποθετείται

πάντα ένα πλέγμα οπλισμού ακόμη και αν αυτό δεν προκύπτει από τους στατικούς υπολογισμούς, ώστε να αποφεύγεται η επιφανειακή ρηγμάτωση. Όταν επιλέγονται έτοιμα προφίλ χαλυβδόφυλλων πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή, που λαμβάνουν υπόψη τις απαιτήσεις υποστήριξης του ξυλότυπου κατά τη σκυροδέτηση. Κατά μήκος της μεγάλης πλευράς του καννάβου τοποθετούνται οι δευτερεύουσες δοκοί σε αποστάσεις περίπου 2,5 - 3,0 m, ώστε να μην απαιτείται προσωρινή υποστήριξη των σύμμεικτων πλακών κατά τη σκυροδέτηση. Οι περιμετρικές δοκοί μπορεί να σχεδιαστούν συντηρητικά ως αμιγώς μεταλλικές, αλλά θεωρείται ότι το άνω πέλαμα τους αντιστηρίζεται πλευρικά από την πλάκα. Ο λόγος ανοίγματος προς ύψος μεταλλικής διατομής για τις δευτερεύουσες δοκούς επιλέγεται ίσος με $L/d = 23$. Σε περίπτωση που διανοιχθούν οπές στον κορμό της μεταλλικής διατομής, ο λόγος μειώνεται σε



Ενδεικτικά είδη σύμμεκτων υποστυλωμάτων και τοιχώματος.

$L/d = 20$, οι διαμέτροι των οπών πρέπει να είναι μικρότερες από το 60% του ύψους της διατομής και οι μεταξύ τους αποστάσεις να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά η διάμετρος της οπής, ώστε να μην απαιτούνται τοπικές ενισχύσεις στον κορμό και να μην αυξάνονται σημαντικά τα τελικά βέλη κάμψης. Συνιστάται όλες οι δευτερεύουσες δοκοί στον ίδιο όροφο να είναι παράλληλες προς την ίδια διεύθυνση για να μη δημιουργούνται πρακτικά προβλήματα κατά την προκαμύλωση στοιχείων. Οι κύριες δοκοί διατάσσονται παράλληλα προς τη μικρή πλευρά του καννάβου και σχεδιάζονται ως σύμμεκτες, ενώ αποφεύγεται η διάνοιξη οπών στο κορμό τους για τη διέλευση καλωδιώσεων ή σωληνώσεων. Ο λόγος ανοίγματος προς ύψος μεταλλικής διατομής για τις κύριες δοκούς επιλέγεται ίσος με $L/d = 18$.

Η θέση και το μέγεθος των κατακόρυφων στοιχείων επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις του ευρωκώδικα 8-1. Σε κτίρια

με χαμηλές σεισμικές απαιτήσεις του εξωτερικού εκτελούνται επιπλέον έλεγχοι σε όλα τα δομικά στοιχεία σύμφωνα με τις απαιτήσεις ευρωστίας (robustness), που περιγράφονται στον ευρωκώδικα 1.

Στοιχεία αιφφορίας

Στο πλαίσιο της αιφφορίας οι σύμμεκτες κατασκευές υπερτερούν έναντι άλλων τύπων κατασκευών. Στο εργοτάξιο γίνεται μόνο η συναρμολόγηση και η σκυροδέτηση, ενώ επιτυγχάνεται η μείωση των ικριωμάτων σκυροδέτησης. Έτσι, μειώνεται η διάρκεια κατασκευής, καθώς και ο χρόνος δέσμευσης δημόσιων χώρων ή δρόμων, που διαταράσσουν τις τοπικές κοινωνίες ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα. Το κόστος των υλικών των σύμμεκτων κατασκευών είναι μεγαλύτερο από των κατασκευών Ο/Σ, επειδή απαιτού-



5. Μεταλλικός σκελετός με σύμμεικτες πλάκες σε βιομηχανική εγκατάσταση στην Ολλανδία. Αρχιτεκτονική μελέτη: cerezed. Φωτογραφία: Lucas Van Der Wee.

νται μεγαλύτερες ποσότητες χάλυβα αλλά και λόγω του μεγάλου αριθμού των μεταλλικών συνδέσεων. Το υψηλό κόστος των υλικών αντισταθμίζεται από τη μείωση του χρόνου κατασκευής στο εργοτάξιο ανάλογα με τις απαιτήσεις του έργου και το πρόγραμμα των εργασιών με αποτέλεσμα τον περιορισμό του συνολικού κόστους της κατασκευής.

Τα μεταλλικά στοιχεία έχουν μεγαλύτερο ανθρακικό αποτύπωμα για την κατασκευή τους, αλλά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν με μικρότερες εκπομπές άνθρακα σε σχέση με αυτά από Ο/Σ μετά το τέλος της διάρκειας ζωής του κτιρίου. Επιπλέον, η σύμμεικτη λειτουργία επιτρέπει τη βέλτιστη χρήση της μεταλλικής διατομής σε σχέση με την αμιγώς μεταλλική. Έτσι, το τελικό ανθρακικό αποτύπωμα της κατασκευής μειώνεται σε σχέση με τα αμιγώς μεταλλικά κτίρια και τα κτίρια από Ο/Σ.

Επίλογος

Τα σύμμεικτα κτίρια είναι κατασκευές που έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες και περιθώρια εφαρμογής κυρίως στα μεγάλα αστικά κέντρα και σε κτίρια υψηλών απαιτήσεων. Για την κατασκευή τους απαιτείται λεπτομερής σχεδιασμός τόσο για τη φάση κατασκευής, όσο και για την τελική κατάσταση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **Ευρωκώδικας 4**, τμήμα I-I (ENI994-I-I:2004): Μελέτη σύμμεικτων κατασκευών από σκυρόδεμα και δομικό χάλυβα. Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια. Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, Rue de Stassart 36, BI 050, Brussels.
- **Ευρωκώδικας 1**, τμήμα I-7 (ENI991-I-7:2007): Γενικές δράσεις - Τυχηματικές δράσεις. Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, Rue de Stassart 36, BI 050, Brussels.
- The Steel Construction Institute, **Design of floors for vibration: A new approach**, SCI P354, 2007.
- The Steel Construction Institute, **Composite design of steel framed buildings**, SCI P359, 2011.
- Ι. Βάγιας, **Σύμμεικτες κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα**, εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα, 2010.
- R.P. Johnson, ICE Publishing, **Designers' guide to eurocode 4: Design of composite steel and concrete Structures: EN 1994-I-1**, 2012.
- Lankhorst, Gerran J., et al., **Life cycle analysis: Load-bearing structures of high-rise buildings in western europe.**, CTBUH Journal, no. 3, 2019, pp. 28 - 35. JSTOR.
- The Steel Construction Institute, **Joints in steel construction: Composite connections**, SCI P213, 1998.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΡΘΡΑ ΣΤΟ "ΚΤΙΡΙΟ"

- Σύμμεικτη κατασκευή με προκατασκευασμένα στοιχεία στον Καναδά. Εγκαταστάσεις "Φόρμουλα I". Τεύχος 4/2022, σελ. 26.
- Σύμμεικτη κατασκευή με βιοκλιματικές αρχές σχεδιασμού σε αστική μονοκατοικία στην Κατερίνη. Τεύχος 5/2017, σελ. 82.
- Μεταλλικά κτίρια. Σχεδιασμός για ενεργειακή απόδοση & αειφορία. Τεύχος 4/2015, σελ. 67.
- Σύμμεικτες κατασκευές. Δυνατότητες και πλαίσιο μελέτης - κατασκευής. Τεύχος 142, σελ. 46.

ΣΧΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ & ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΑ ΑΡΘΡΑ στην ιστοσελίδα www.ktirio.gr