



ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

Σύμμικτες πλάκες ονομάζονται οι φέρουσες πλάκες οροφής κτιρίων, οι οποίες αποτελούνται από χαλυβδόφυλλα και επί τόπου έγχυτο σκυρόδεμα. Η σύμμικτη μέθοδος κατασκευής πλακών προέρχεται από τη Βόρειο Αμερική και τελευταία εφαρμόζεται όλο και περισσότερο τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Κύπρο. Ειδικότερα η χρήση σύμμικτων πλακών έχει συμβάλει και στη αύξηση της χρήσης των μεταλλικών κατασκευών στα οικοδομικά έργα. Η χρήση σύμμικτων πλακών σε δομικά έργα έχει σημειώσει αύξηση τα τελευταία χρόνια και έχει συμβάλει στην γενικότερη αύξηση της χρήσης του χάλυβα στις κατασκευές Πολιτικού Μηχανικού.

Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση τους συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Απαιτούνται γενικώς μικρότεροι χρόνοι κατασκευής.
- Αποφεύγεται η χρήση ξυλοτύπου.
- Επιτυγχάνεται η γεφύρωση μμεγαλύτερων ανοιγμάτων με αντίστοιχη μείωση των μεταλλικών διαδοκιδώσεων.

Το βασικό συστατικό των σύμμικτων πλακών είναι τα χαλυβδόφυλλα που λειτουργούν αρχικά κατά τη φάση κατασκευής ως μεταλλότυπος για το έγχυτο σκυρόδεμα, μεταφέροντας τα φορτία της σκυροδέτησης. Μετά την πήξη του σκυροδέματος η παραλαβή των λοιπών φορτίων κατά τη διάρκεια ζωής της κατασκευής γίνεται από τη σύμμικτη δράση των δύο υλικών που λειτουργούν πλέον ως σύμμικτη πλάκα. Στη σύμμικτη πλάκα προβλέπεται συνήθως ένας ελαφρύς οπλισμός που αφενός μεν προστατεύει το σκυρόδεμα από τη ρηγμάτωση, αφετέρου δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή των (αρνητικών) ροπών των στηρίξεων στη περίπτωση που επιλεγεί το στατικό σύστημα της συνεχούς δοκού πολλών ανοιγμάτων.

ΤΟ ΧΑΛΥΒΔΟΦΥΛΛΟ

Το χαλυβδόφυλλο **maxYdeck** είναι ένα γαλβανισμένο προφίλ τραπεζοειδούς σχήματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή σύμμικτων πλακών μεγάλων ανοιγμάτων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αμιγώς μεταλλικός φορέας ικανός να καλύψει μεγάλα ανοίγματα. Το άνω πέλμα του χαλυβδόφυλλου είναι ενισχυμένο έναντι τοπικού λυγιστού με μια ενδιάμεση ενίσχυση στο μέσο του. Στον κορμό υπάρχουν ειδικές νευρώσεις (εντυπώματα), τα οποία προσδίδουν την επιπλέον

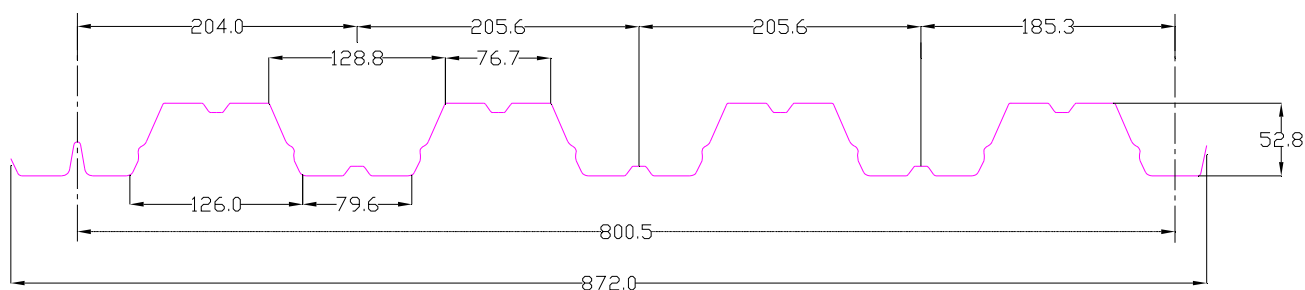


συνάφεια που απαιτείται μεταξύ χαλυβδόφυλλου και σκυροδέματος ούτως ώστε να μεταφέρονται οι δυνάμεις διαμήκους διάτμησης που αναπτύσσονται μεταξύ των δύο υλικών.

Τα χαλυβδόφυλλα παράγονται πάντα με τα υψηλά επίπεδα ποιότητας του εργοστασίου σε πάχη από 0.80 ως 1.00 mm. Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται είναι υψηλής ποιότητας S350GD + E σύμφωνα με το EN 10326, γαλβανισμένος, με δυνατότητα επιλογής βαφής σε μια μεγάλη γκάμα χρωμάτων. Τα γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του προφίλ για κάθε πάχος φαίνονται στο Σχήμα 3 και στους πίνακες που ακολουθούν.

Πάχος	t (mm)	0.80	1.0
Βάρος	G (kg/m ²)	9.00	11.25
Επιφάνεια	A (cm ² /m)	14.866	18.577
Ροπή Αδράνειας	I _y (cm ⁴ /m)	129.06	161.325
Ροπή Αντίστασης	W _y (cm ³ /m)	32.428	40.535

Πίνακας 1: Γεωμετρικά και αδρανειακά χαρακτηριστικά του τραπεζοειδούς χαλυβδόφυλλου



Σχήμα 1: Γεωμετρία του τραπεζοειδούς χαλυβδόφυλλου (σε mm)



ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

Η μελέτη και ο σχεδιασμός των σύμμικτων πλακών σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκωδικα 4 περιλαμβάνει δύο στάδια, τη «φάση κατασκευής» και τη «φάση λειτουργίας». Κατά τη φάση κατασκευής, δηλαδή πριν τη σκλήρυνση του σκυροδέματος, επιδιώκεται το προβλεπόμενο στατικό σύστημα να έχει την ικανότητα παραλαβής της έντασης που δημιουργεί το νωπό σκυρόδεμα και τα λοιπά φορτία διάστρωσης. Ο φορέας παραλαβής της προκαλουμένης έντασης είναι το γυμνό χαλυβδόφυλλο με τις στηρίξεις, που στην ουσία είναι ο μεταλλότυπος της πλάκας. Μετά την πήξη του σκυροδέματος, ο σχεδιασμός αφορά τη φάση λειτουργίας, όπου χαλυβδόφυλλο και σκυρόδεμα δρουν σύμμικτα ως ενιαία πλάκα. Η ένταση που προκαλούν τα φορτία που επιβάλλονται στην πλάκα κατά την διάρκεια ζωής του έργου παραλαμβάνονται σ' αυτή τη φάση από τη σύμμικτη δράση των δύο υλικών.

Φάση Κατασκευής

Στη φάση κατασκευής ο σχεδιασμός γίνεται με βάση τις οριακές καταστάσεις αστοχίας και λειτουργικότητας. Ειδικότερα ελέγχεται η δυνατότητα παραλαβής της ροπής κάμψης που προκαλούν τα δρώντα φορτία από το χαλυβδόφυλλο με το δεδομένο στατικό σύστημα. Η οριακή κατάσταση αντοχής διεξάγεται σύμφωνα με τις διατάξεις του Ευρωκώδικα 3 που αφορούν στις λεπτότοιχες διατομές ψυχρής διαμόρφωσης (Τμήμα 1.3). Στην περίπτωση όπου για δεδομένο πάχος χαλυβδόφυλλου ο έλεγχος δεν ικανοποιείται, προβλέπονται ενδιάμεσες στηρίξεις στο χαλυβδόφυλλο. Επίσης θα πρέπει τα βέλη κάμψης που δημιουργούνται να είναι εντός των ορίων που καθορίζονται από τον Ευρωκώδικα 4.

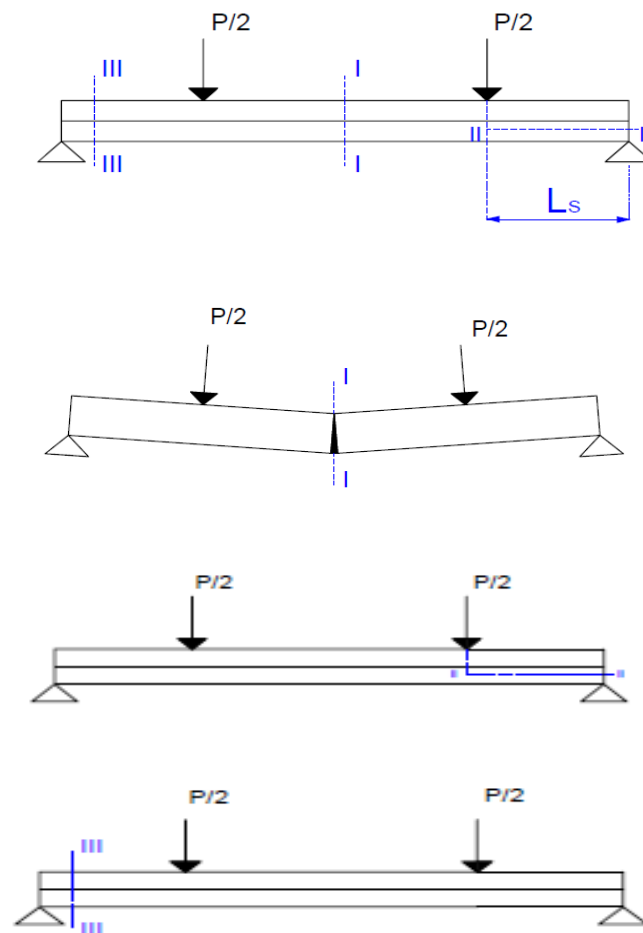
Φάση Λειτουργίας

Στη φάση λειτουργίας διεξάγονται έλεγχοι που αφορούν την ικανότητα παραλαβής της έντασης της πλάκας έναντι αρνητικής και θετικής ροπής κάμψης καθώς και έναντι κατακόρυφης και διαμήκουσ διάτμησης. Επίσης ελέγχονται οι παραμορφώσεις της σύμμικτης πλάκας οι οποίες θα πρέπει να είναι συμβατές με προκαθορισμένα όρια. Ο παραπάνω σχεδιασμός έναντι των οριακών καταστάσεων αστοχίας έχει ως σκοπό την αποτροπή των μμορφών αστοχίας που περιγράφηκαν στα προηγούμενα.

ΜΟΡΦΕΣ ΑΣΤΟΧΙΑΣ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

Οι σύμμικτες πλάκες δύναται να αστοχήσουν με μια από τις παρακάτω μορφές αστοχίας:

- Καμπτική Αστοχία (κρίσιμη διατομή I)
- Διαμήκης Διατμητική Αστοχία (κρίσιμη διατομή II)
- Κατακόρυφη Διατμητική Αστοχία (κρίσιμη διατομή III)



Σχήμα 4: Μορφές αστοχίας σύμμικτων πλακών



Καμπτική αστοχία

Η καμπτική μορφή αστοχίας επιτυγχάνεται μόνο όταν είναι εξασφαλισμένη η πλήρης διατμητική σύνδεση μεταξύ του χαλυβδόφυλλου και του σκυροδέματος. Σ' αυτή την περίπτωση κρίσιμη είναι η διατομή στο άνοιγμα (διατομή I) καθ' ύψος της οποίας εκδηλώνονται κατακόρυφες ρωγμές.

Αστοχία σε διαμήκη διάτμηση

Όταν οι δυνάμεις διαμήκους διάτμησης που εμφανίζονται στη επιφάνεια σκυροδέματος-χαλυβδόφυλλου, δεν παραλαμβάνονται επαρκώς, τότε η διατομή στο άνοιγμα της πλάκας (διατομή I) παύει να είναι κρίσιμη. Αντιθέτως κρίσιμη είναι η οριζόντια διατομή κατά μήκος του διατμητικού μήκους s L σε μια από δύο τις στηρίξεις (διατομή II) στην οποία εμφανίζεται σχετική ολίσθηση μεταξύ χαλυβδόφυλλου και σκυροδέματος. Προφανώς η αστοχία σ' αυτή την περίπτωση επέρχεται για φορτίο μικρότερο αυτού για το οποίο επέρχεται καμπτική αστοχία.

Αστοχία σε κατακόρυφη διάτμηση (τέμνουσα)

Η κατακόρυφη διατμητική αστοχία είναι καθοριστική σε σύμμικτες πλάκες με μεγάλο ύψος, μικρό άνοιγμα και σχετικά μεγάλα φορτία. Κρίσιμη διατομή είναι η διατομή III.

Σημαντικό ρόλο στις σύμμικτες πλάκες όσον αφορά την συμπεριφορά τους και τις μορφές αστοχίας κατέχει το χαλυβδόφυλλο, διότι είναι αυτό το οποίο καθορίζει το είδος της διατμητικής σύνδεσης με το σκυρόδεμα. Ο προσδιορισμός της αντοχής της σύμμικτης πλάκας έναντι διαμήκους διάτμησης σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 4 εξαρτάται από τις χαρακτηριστικές παραμέτρους, m k .

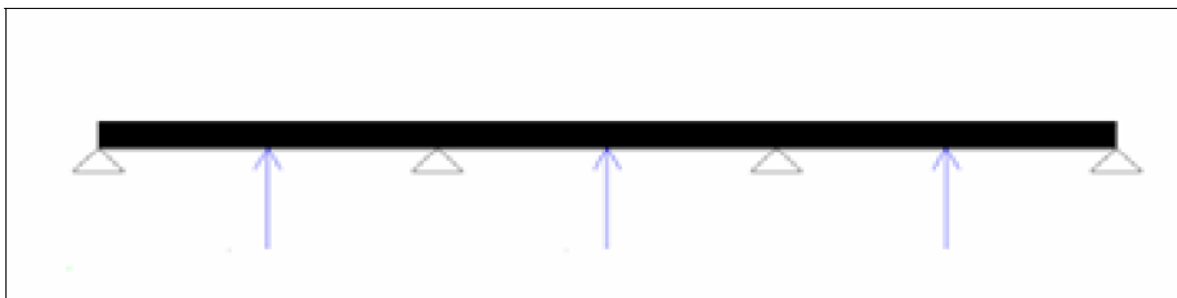


ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΜΜΙΚΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΑΠΟ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΗ ΧΑΛΥΒΔΟΦΥΛΛΑ maxYdeck

Από τους πίνακες που ακολουθούν και οι οποίοι έχουν συνταχθεί για τα πάχη χαλυβδόφυλλου 0.8 mm και 1.0 mm, ποιότητα σκυροδέματος C20/25, χάλυβες οπλισμού S500, BSt500S, B500B/C και στατικά συστήματα, δίνονται οι παρακάτω δυνατότητες :

- Με δεδομένο άνοιγμα είναι εφικτή η εύρεση του πάχους της πλάκας που ικανοποιεί συγκεκριμένη απαίτηση οριακού φορτίου.
- Με δεδομένο το πάχος της πλάκας είναι εφικτός ο προσδιορισμός του ανοίγματος που ικανοποιεί συγκεκριμένη απαίτηση οριακού φορτίου.
- Με δεδομένο το πάχος της πλάκας και το μήκος του ανοίγματος είναι εφικτός ο προσδιορισμός του μέγιστου φορτίου που μπορεί να αναλάβει το σύστημα.

Παράλληλα στους πίνακες αυτούς επισημαίνεται η πιθανή ανάγκη για προσωρινή υποστήριξη του χαλυβδόφυλλου κατά τη φάση σκυροδέτησης καθώς και ο αριθμός των απαιτούμενων στηριγμάτων.



Σχήμα 2: Προσομοίωμα σύμμικτης πλάκας με ενδιάμεσες υποστυλώσεις

Η δημιουργία των πινάκων διαστασιολόγησης βασίστηκε στο λογισμικό Statics 2008, με το οποίο προσδιορίστηκε, τόσο η ανάγκη για προσωρινή υποστήλωση στα ανοίγματα που κρίθηκε απαραίτητο κατά τη φάση κατασκευής όσο και το οριακό ωφέλιμο φορτίο που δύναται να φέρει η σύμμικτη πλάκα κατά τη φάση λειτουργίας.

Οι ροπές αντοχής για το στάδιο της κατασκευής υπολογίζονται σύμφωνα με το Τμήμα 1.3 του Ευρωκώδικα 3, λαμβάνοντας υπόψη μόνον τις ενεργές περιοχές του χαλυβδόφυλλου στις θέσεις όπου αναπτύσσονται θλιπτικές τάσεις. Σημειώνεται επίσης ότι κατά τον υπολογισμό των ροπών



αντοχής δεν λαμβάνονται υπόψη οι περιοχές των εντυπωμάτων του χαλυβδόφυλλου (θεωρείται δηλαδή η ύπαρξη σπής στη θέση του εντυπώματος). Η παραπάνω παραδοχή επιβάλλεται από τον Ευρωκώδικα 4. Στο στάδιο κατασκευής, όπου το γυμνό χαλυβδόφυλλο καλείται να φέρει το ίδιο βάρος του, το ίδιο βάρος του νωπού σκυροδέματος και τα λοιπά φορτία διάστρωσης, η ανάγκη για προσωρινή υποστήλωση κρίνεται απαραίτητη στην περίπτωση που οι δρώσες καμπτικές ροπές από τα παραπάνω φορτία είναι μεγαλύτερες των καμπτικών ροπών αντοχής του χαλυβδόφυλλου. Για τον υπολογισμό των δρωσών ροπών, εξάγεται η περιβάλλουσα των ροπών κάμψης του φορέα κατά τη φάση κατασκευής σύμφωνα με τις φορτίσεις που προδιαγράφονται από τον Ευρωκώδικα 4. Για τον προσδιορισμό της περιβάλλουσας των καμπτικών ροπών του φορέα εφαρμόζονται τα εξής φορτία :

- Ίδιο βάρος χαλυβδόφυλλου, p_G (Μόνιμη φόρτιση)
- Ίδιο βάρος νωπού σκυροδέματος (Μόνιμη φόρτιση). Για το ίδιο βάρος του σκυροδέματος, λαμβάνονται υπόψη δύο περιπτώσεις:
 - α) Φατνωματική διάστρωση(σκυροδετείτε πρώτα κάποιο φάντωμα με το προβλεπόμενο πάχος και στη συνέχεια σκυροδετείται κάποιο άλλο φάντωμα)
 - β) Σταδιακή διάστρωση (η πλάκα διαστρώνεται σε διαδοχικές στρώσεις που καταλαμβάνουν το σύνολο του μήκους της πλάκας)
- Φορτίο διάστρωσης (μμεταβλητό φορτίο) , έως φορτίο διάστρωσης λαμβάνεται ένα ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο 1.5 kN/m^2 που δρα σε επιφάνεια $3\text{m} \times 3\text{m}$ (ή όσο είναι το μήκος του ανοίγματος εάν αυτό είναι μικρότερο) και ένα ομοιόμορφο κατανεμημένο φορτίο 0.75 kN/m^2 που δρα στην περιοχή που απομένει, ανάλογα με το αν υπολογίζεται η μέγιστη αρνητική ή θετική δρώσα ροπή κάμψης.

Για τον έλεγχο της οριακής κατάστασης λειτουργικότητας, λαμβάνεται συντελεστής ασφαλείας φορτίων ίσος με 1.00. Στην περίπτωση που κάποια από τις δρώσες καμπτικές ροπές είναι μεγαλύτερη των καμπτικών αντοχών του χαλυβδόφυλλου, ο φορέας επιλύεται εκ νέου μέσω ενός στατικού συστήματος με ενδιάμεσες υποστηλώσεις. Εξάγεται έτσι νέα περιβάλλουσα ροπών κάμψης με την οποία γίνεται ο έλεγχος των ροπών. Στους πίνακες που ακολουθούν, με κόκκινο χρώμα χρωματίζονται τα ανοίγματα τα οποία απαιτούν μια ενδιάμεση υποστήλωση.

Στη φάση λειτουργίας, το στατικό σύστημα του φορέα θεωρείται αυτό που προκύπτει μετά την απομάκρυνση των ενδιάμεσων υποστηλώσεων. Τα φορτία που δρουν σ' αυτή τη φάση στη σύμμικτη πλάκα είναι τα ίδιο βάρος, G , καθώς και ωφέλιμο κινητό φορτίο, Q . Για τον προσδιορισμό των

YIANNAKIS ANDREOU LTD

Steel & Stainless Steel Traders - Manufactures
P.O.Box 51696
CY-3508 Limassol
Tel. 25 819999



εντατικών μεγεθών του σύμμικτου φορέα λόγω των παραπάνω δράσεων, θεωρείται η επιβολή του ωφέλιμου φορτίου, Q , σ' όλη την επιφάνεια του φορέα.

Διενεργούνται δύο έλεγχοι:

Έλεγχος οριακής κατάστασης αστοχίας

Γίνεται με βάση την φόρτιση $1.35G + 1.50Q$ από την οποία προκύπτουν τα εντατικά μεγέθη $Sd E$ (αντοχή σε θετικές ροπές $sd M+$, αντοχή σε αρνητικές ροπές $sd M-$, αντοχή σε κατακόρυφη διάτμηση $sd, \nu V$ και αντοχή σε διαμήκη διάτμηση $sd, I V$) ενώ με τη φόρτιση $G + Q$ προκύπτει η ελαστική γραμμή του φορέα.

Έλεγχος οριακής κατάστασης λειτουργικότητας

Γίνεται με βάση την φόρτιση $1.00G + 1.00Q$ με βάση την οποία υπολογίζεται η ελαστική γραμμή του φορέα. Για τον υπολογισμό των μετακινήσεων χρησιμοποιείται δυσκαμψία που αντιστοιχεί στον μέσο όρο των δ των δυσκαμψιών της ρηγματωμένης και της αρηγμάτωτης διατομής. Ο προσδιορισμός του μέγιστου φορτίου Q των παραπάνω σχέσεων γίνεται με βάση τον κρίσιμο έλεγχο του φορέα. Κρίσιμος έλεγχος θεωρείται εκείνος για τον οποίο κανένα από τα δρώντα μεγέθη δεν υπερβαίνει την αντίστοιχη αντοχή, και οι μετακινήσεις του φορέα είναι σε κάθε φάτνωμα μικρότερες του $L / 250$, όπου L το άνοιγμα του αντίστοιχου φαντώματος.

Στους πίνακες που ακολουθούν προσδιορίστηκε το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο Q που δύναται να φέρει η σύμμικτη πλάκα για τρία διαφορετικά στατικά συστήματα και για ένα εύρος ανοιγμάτων από 1.00 μέχρι 4.0 m.