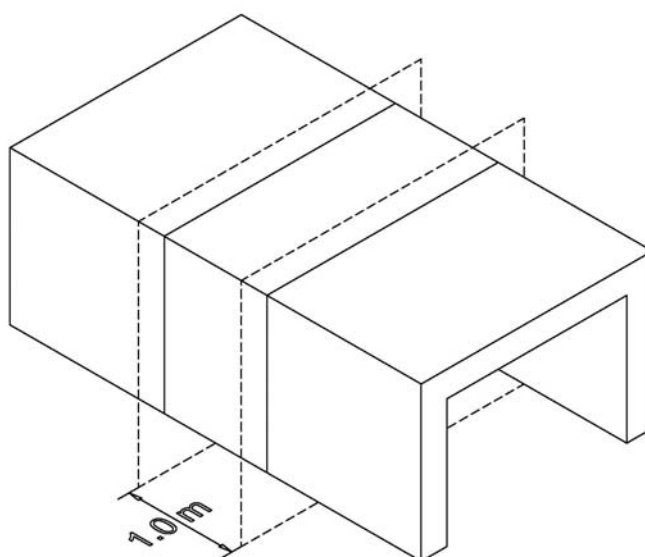


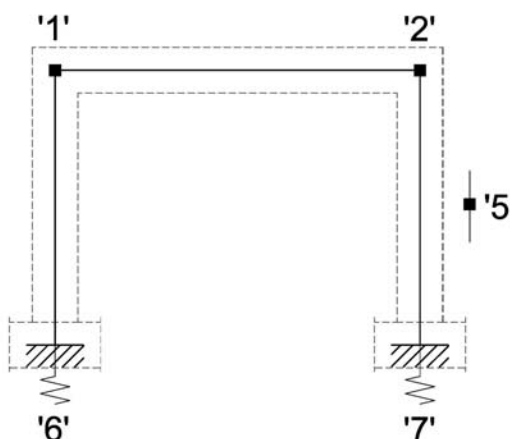
ΠΛΑΙΣΙΟ ver.1

Πρόκειται για ένα **υπολογιστικό φύλλο** που εφαρμόζει διαδικασία **στατικού** υπολογισμού ενός πλαισιωτού αμφίπακτου φορέα (συνήθως οδικές κάτω διαβάσεις αρτηριών ή οχετοί εκτόνωσης ρεμμάτων). Η στατική επίλυση γίνεται κατά τα **DIN FACHBERICHTE** (πρόκειται για τα κείμενα εφαρμογής των ευρωκωδικών στη Γερμανία και ισχύουν στην Ελλάδα μέχρι την έκδοση των αντίστοιχων ελληνικών κειμένων) . Πραγματοποιεί όλους τους απαραίτητους **ελέγχους λειτουργικότητας** και **αστοχίας**.

Για τους στατικούς φορείς αυτής της μορφολογίας επιλέγεται συνήθως η επίλυση της δυσμενέστερης «φέτας» του φορέα πλάτους 1,0m.



Ο στατικός υπολογισμός του πλαισίου απλοποιείται σημαντικά, αφού αρκεί ο υπολογισμός ενός **δισδιάστατου φορέα** με την εφαρμογή της **μεθόδου μετακινήσεων** (5 βαθμοί ελευθερίας):



Παρακάτω περιγράφονται τα **φορτία υπολογισμού**:

1. ΙΔΙΟ ΒΑΡΟΣ ΦΟΡΕΑ
2. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΜΟΝΙΜΑ

3. ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΟ ΚΙΝΗΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ 2.50kN/m²
4. ΠΡΟΣΘΕΤΟ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΟ ΚΙΝΗΤΟ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ 6.50kN/m²
- 5-9. ΑΞΟΝΙΚΑ ΚΙΝΗΤΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (TS-MODEL 1)
10. ΩΘΗΣΕΙΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΤΟ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΕΠΙΧΩΜΑ
11. ΩΘΗΣΕΙΣ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΤΟ ΔΕΞΙΟ ΕΠΙΧΩΜΑ

12. ΩΘΗΣΕΙΣ ΗΡΕΜΙΑΣ
13. ΒΑΡΟΣ ΝΕΡΟΥ

14. ΤΡΟΧΟΠΕΔΗΣΗ +X
15. ΤΡΟΧΟΠΕΔΗΣΗ -X

16. ΑΥΞΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
17. ΜΕΙΩΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
18. ΘΕΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
19. ΑΡΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

20. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΑΥΞΗΣΗ ΩΘΗΣΕΩΝ +X
21. ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΑΥΞΗΣΗ ΩΘΗΣΕΩΝ -X
22. ΑΝΤΙΠΡΟΠΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΑΥΞΗΣΗ ΩΘΗΣΕΩΝ +/-X

23. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΙΔΙΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΤΑ +X
24. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΑ +X
25. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΤΑ +X
26. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΙΔΙΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΤΑ -X
27. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΑ -X
28. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΤΑ -X

29. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΙΔΙΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΤΑ +Z
30. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΜΟΝΙΜΩΝ ΚΑΤΑ +Z
31. ΑΔΡΑΝΕΙΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΤΑ +Z

Ίδιο βάρος

Υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα

Πρόσθετα μόνιμα

Επίχωση: υπολογίζεται για το αντίστοιχο ειδικό βάρος του εδάφους επίχωσης

Οδοστρώση: υπολογίζεται για ειδικό βάρος 24.0 kN/m³

Κατακόρυφα φορτία κυκλοφορίας [FB101 παρ. 4.3.2]

Εφαρμόζονται τα φορτία που προβλέπει ο κανονισμός (**LOAD MODEL 1**). Υπολογίζεται η αναλογική επιρροή της λωρίδας του βαρέος οχήματος στο 1,0 μέτρο πλάτους του φορέα του κιβωτίου

Τροχοπέδηση [FB101 παρ. 4.4.1]

Θερμοκρασιακές δράσεις [Οδηγίες για την εφαρμογή των DIN_FB, παρ .5.(5)]

Ομάδες κινητών φορτίων [FB101 παρ. 4.5.1]

Τα κατακόρυφα φορτία κυκλοφορίας συνδυάζονται με τα οριζόντια φορτία (τροχοπέδηση, άνεμο κτλ) με βάση τους παρακάτω κανόνες:

| | Load model 1 | Τροχοπέδηση | Έλεγχος |
|--|---|------------------------------------|-------------------------|
| Ομάδα φορτίου 1 | Χαρακτ. τιμή $1.0 \cdot TS + 1.0 \cdot UDL$ | - | Φορέας καταστρώματος |
| Ομάδα φορτίου 2 | Συχνή τιμή (ψ_1) $0.75 \cdot TS + 0.40 \cdot UDL$ | Χαρακτ. τιμή $1.0 \cdot Q_{lk}$ | Στύλοι βάθρων |
| Ομάδα φορτίου 6 | $0.50 \cdot TS + 0.50 \cdot UDL$ | $0.5 \cdot Q_{lk}$ | Αντικατάσταση εφεδράνων |
| Για τον σπάνιο συνδυασμό δράσεων και για κατανεμημένο κατακόρυφο κινητό φορτίο όχι 2.50 KN/m^2 αλλά 5.00 KN/m^2 [FB102 παρ. 4.4.0.3 (4)P] | | | Εγκάρσιων τάσεων |

Σεισμικά φορτία

Εφαρμόζεται η μεθοδολογία όπως αναλύεται στο [Οδηγίες για τον αντισεισμική μελέτη γεφυρών σε συνδυασμό με DIN 102,103,104, παρ .2.4]

Οι οριακές καταστάσεις λειτουργικότητας ελέγχονται για τους παρακάτω συνδυασμούς:

- Χαρακτηριστικός (σπάνιος) συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + 1.0 \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_0 \cdot Q_{ki}$$

- Μη συχνός συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi'_1 \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_1 \cdot Q_{ki}$$

- Συχνός συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_1 \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_2 \cdot Q_{ki}$$

- Οιονεί- μόνιμος συνδυασμός

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_2 \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_2 \cdot Q_{ki}$$

Οι οριακές καταστάσεις αστοχίας ελέγχονται για τους παρακάτω συνδυασμούς:

- Μόνιμες και παροδικές καταστάσεις (όχι για κόπωση)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_Q \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_0 \cdot Q_{ki}$$

- Καταστάσεις με σεισμό

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \gamma_1 \cdot A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_2 \cdot Q_{ki}$$

όπου:

| | |
|----------------|--|
| G_{kj} | Χαρακτηριστική τιμή μόνιμης δράσης |
| P_k | Χαρακτηριστική τιμή προέντασης |
| Q_{k1} | Χαρακτηριστική τιμή δεσπόζουσας μεταβλητής δράσης |
| Q_{ki} | Χαρακτηριστική τιμή μη δεσπόζουσας μεταβλητής δράσης |
| A_d | Τιμή σχεδιασμού τυχηματικής δράσης |
| A_{Ed} | Τιμή σχεδιασμού σεισμικής δράσης |
| γ_{Gj} | Μερικός συντελεστής ασφαλείας της μόνιμης δράσης j |
| γ_{GAj} | όμοιος με γ_{Gj} , αλλά για διαστασιολόγηση τυχηματικών καταστάσεων |
| γ_P | Μερικός συντελεστής ασφαλείας για δράση λόγω προέντασης |
| γ_{PA} | όμοιος με γ_P , αλλά για διαστασιολόγηση τυχηματικών καταστάσεων |
| γ_{Qi} | Μερικός συντελεστής ασφαλείας για την μεταβλητή δράση i |
| γ_1 | συντελεστής σπουδαιότητας (για σεισμό) |
| ψ | συντελεστής συνδυασμού |

Οι μερικοί συντελεστές ασφαλείας δράσεων είναι:

| Δράση | | Κατάσταση διαστασιολόγησης | |
|---|-----------------|----------------------------|------------|
| | | Μόνιμη ή παροδική | τυχηματική |
| Μόνιμες δράσεις : (ίδιο βάρος, πρόσθετα μόνιμα) | | | |
| - μη ευνοϊκές | γ_{Gsup} | 1,35 | 1,00 |
| - ευνοϊκές | γ_{Ginf} | 1,00 | 1,00 |
| Οριζόντια ώθηση του εδάφους λόγω του ίδιου βάρους (και του υπερπιθέμενου φορτίου) | | | |
| - μη ευνοϊκή | γ_{Gsup} | 1,50 | - |
| - ευνοϊκή | γ_{Ginf} | 1,00 | - |
| Προένταση | γ_P | 1,00 | 1,00 |
| Αναμενόμενες (πιθανές) καθιζήσεις | γ_{Gset} | 1,00 | - |
| Δυνατές διαφορικές καθιζήσεις | γ_{Gset} | 1,00 | - |
| Κυκλοφορία | | | |
| - μη ευνοϊκή | γ_Q | 1,50 | 1,00 |
| - ευνοϊκή | | 0 | 0 |
| Άλλες μεταβλητές δράσεις | | | |
| - μη ευνοϊκές | γ_Q | 1,50 | 1,00 |
| - ευνοϊκές | | 0 | 0 |
| Τυχηματικές δράσεις | γ_A | - | 1,00 |

Οι συντελεστές συνδυασμού μεταβλητών δράσεων είναι:

| Δράση | Ονομασία | | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 | ψ_1' |
|------------------|---|-----|----------|----------|----------|-----------|
| Κινητά φορτία | Ομάδα φορτίου 1 (LM1) | TS | 0,75 | 0,75 | 0,20 | 0,80 |
| | | UDL | 0,40 | 0,40 | 0,20 | 0,80 |
| | μονός άξονας (LM2) | | 0 | 0,75 | 0 | 0,80 |
| | Ομάδα φορτίου 2 (οριζόντια φορτία) | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Ομάδα φορτίου 3 (φορτία πεζών) | | 0 | 0 | 0 | 0,80 |
| Οριζόντια φορτία | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Φορτία ανέμου | F_{wk} | | 0,30 | 0,50 | 0 | 0,60 |
| Θερμοκρασία | T_k | | 0,80 | 0,60 | 0,50 | 0,80 |

- **Εφελκυστικές τάσεις** (έλεγχος σταδίου I ή II) [$<f_{ctm}$]

Ο έλεγχος των εφελκυστικών τάσεων πραγματοποιείται για τον σπάνιο συνδυασμό:

- **Λοξές (κύριες) εφελκυστικές τάσεις** (στις στηρίξεις) [$<f_{ctk0.05}$]

Ο έλεγχος των κύριων εφελκυστικών τάσεων πραγματοποιείται για τον συχνό συνδυασμό:

- **Τάσεις χαλαρού οπλισμού** [$<0.80 \cdot f_y$]

Ο έλεγχος των τάσεων του οπλισμού πραγματοποιείται για τον μη συχνό συνδυασμό:

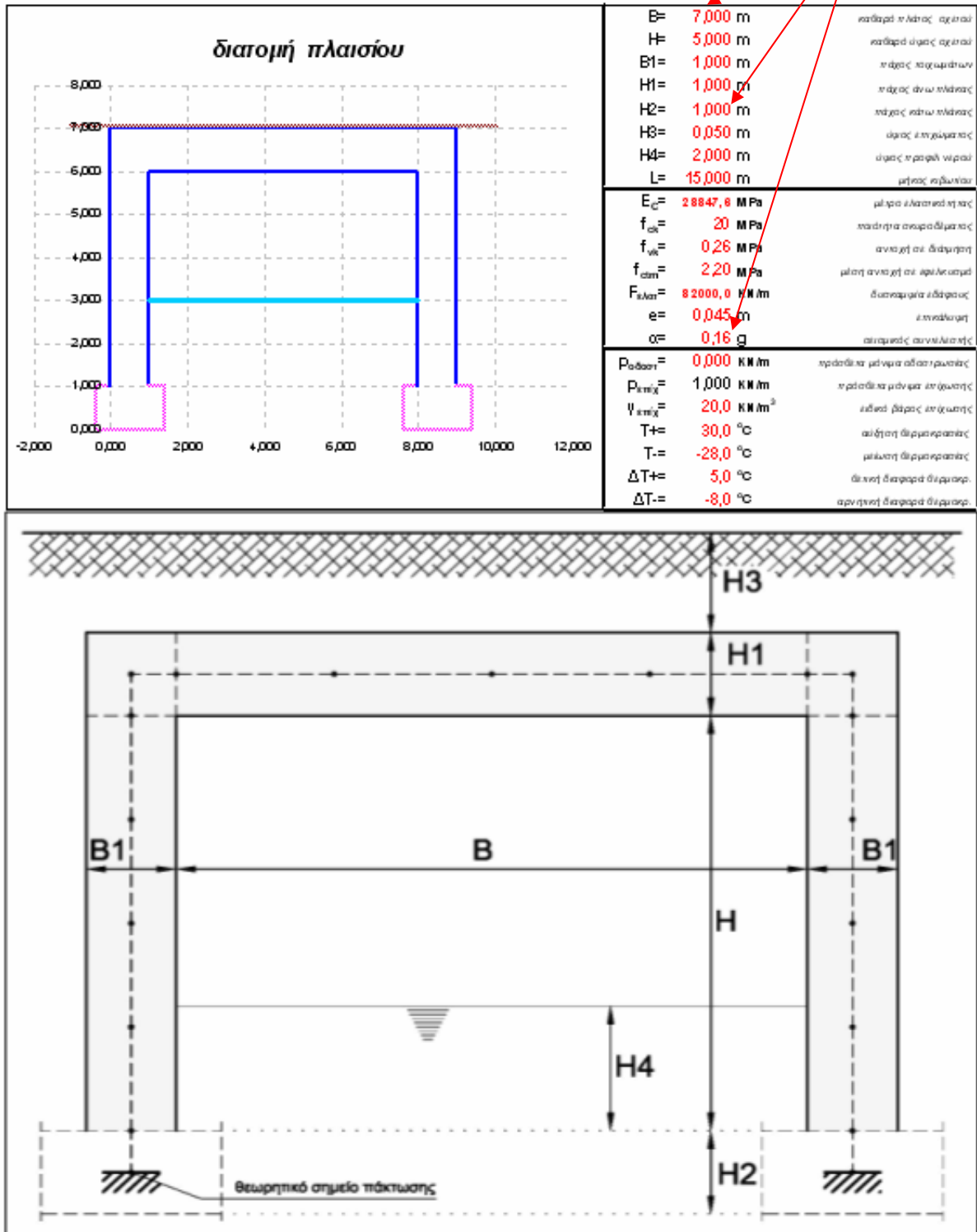
- **Θλιπτικές τάσεις** [$<0.60 \cdot f_c$]

Ο έλεγχος των θλιπτικών τάσεων πραγματοποιείται για τον μη συχνό συνδυασμό:

- **Έλεγχος ρηγμάτωσης** (άμεσος υπολογισμός)

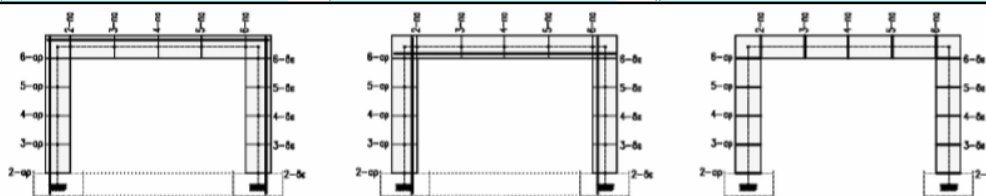
Ο έλεγχος ρηγμάτωσης πραγματοποιείται για τον συχνό συνδυασμό (για κατηγορία λειτουργικών απαιτήσεων D) για εύρος ρωγμής 0.2mm.

Ο χρήστης αρκεί να προσθέσει τις τιμές στα κελία που επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα και να 'σώσει' (save) ώστε να πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός.



Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να προτείνει, σε συγκεκριμένο φύλλο, οπλισμούς κάμψης και διάτμησης σε κάθε διατομή και αυτόματα πραγματοποιούνται οι έλεγχοι.

| Ελάχιστος και Τοποθετούμενος οπλισμός | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|--------------------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------------------|------------|--------|--------|---------------------|---------------------|
| α.α | x | A _{s,min} | φ (mm) | s (cm) | A _{s,τοπ} | A _{s,min} | φ (mm) | s (cm) | A _{s,τοπ} | σκ.έλ.η/ m | φ (mm) | s (cm) | A _{ss,τοπ} | A _{ss,min} |
| 1-πα | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 2-πα | 0,500 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 3-πα | 2,250 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 4-πα | 4,000 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 5-πα | 5,750 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 6-πα | 7,500 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 7-πα | 8,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 1-ορ | | | | | 2-ορ | | | | | 3-ορ | | | | |
| 1-ορ | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 2-ορ | 0,500 | 5,99 | 22 | 15 | 25,34 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 3-ορ | 1,750 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 4-ορ | 3,000 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 5-ορ | 4,250 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 6-ορ | 5,500 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 7-ορ | 6,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 1-δε | | | | | 2-δε | | | | | 3-δε | | | | |
| 1-δε | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |
| 2-δε | 0,500 | 5,99 | 22 | 15 | 25,34 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 3-δε | 1,750 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 4-δε | 3,000 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 5-δε | 4,250 | 5,99 | 18 | 15 | 16,96 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 15 | 41,05 | 4,27 |
| 6-δε | 5,500 | 5,99 | 20 | 15 | 20,94 | 5,99 | 16 | 15 | 13,40 | 4,0 | 14 | 12 | 51,31 | 5,33 |
| 7-δε | 6,000 | | | | | | | | | | | | | |



Οι έλεγχοι αστοχίας και λειτουργικότητας γίνονται για διατομές που **ισορροπούν** (το άθροισμα των εξωτερικών φορτίων ισούται με τη συνισταμένη των εσωτερικών ανελαστικών τάσεων). Ο χρήστης σε συγκεκριμένα κελιά (πάλι με **κόκκινο χρώμα**) αλλάζει συνεχώς την **παραμόρφωση του σκυροδέματος** (απο 0% έως 3,5% που θεωρητικά αστοχεί σε θλίψη) και την **παραμόρφωση του χάλυβα** (απο 0% έως 10% που θεωρητικά διαρρέει). Όταν ο έλεγχος ισορροπίας ικανοποιηθεί τότε πραγματοποιούνται αυτόματα οι έλεγχοι αστοχίας και λειτουργικότητας, όπως φαίνεται παρακάτω:

| ε _c (%) | Δε _s (%) | α | ξ | x=ξ*d | F _c (kN) | F _{s1} (kN) | ΣF->0.00 | έλεγχος ισορροπίας δυνάμεων | σ _s (Μρα) | σ _s < 0,8f _y |
|--------------------|---------------------|-------|-------|-------|---------------------|----------------------|----------|---------------------------------|----------------------|------------------------------------|
| 0,045 | 10,000 | 0,022 | 0,004 | 0,004 | 1,62 | -1,78 | -0,45 | κρίσιμο σκυροδεμα, μειώνετε Δερ | -1,33 | οκ |
| 0,590 | 10,000 | 0,266 | 0,056 | 0,053 | 240,59 | 237,45 | -0,71 | κρίσιμο σκυροδεμα, μειώνετε Δερ | 113,37 | οκ |
| 0,709 | 10,000 | 0,313 | 0,066 | 0,063 | 336,01 | 331,07 | 1,10 | κρίσιμος χάλυβας, μειώνετε εσ | 158,07 | οκ |
| 0,590 | 10,000 | 0,266 | 0,056 | 0,053 | 240,59 | 237,45 | -0,71 | κρίσιμο σκυροδεμα, μειώνετε Δερ | 113,37 | οκ |
| 0,045 | 10,000 | 0,022 | 0,004 | 0,004 | 1,62 | -1,78 | -0,45 | κρίσιμο σκυροδεμα, μειώνετε Δερ | -1,33 | οκ |

παραμόρφωση σκυροδέματος
παραμόρφωση χάλυβα

έλεγχος ισορροπίας

Τέλος παράγεται εποπτικό σχέδιο όπλισης

