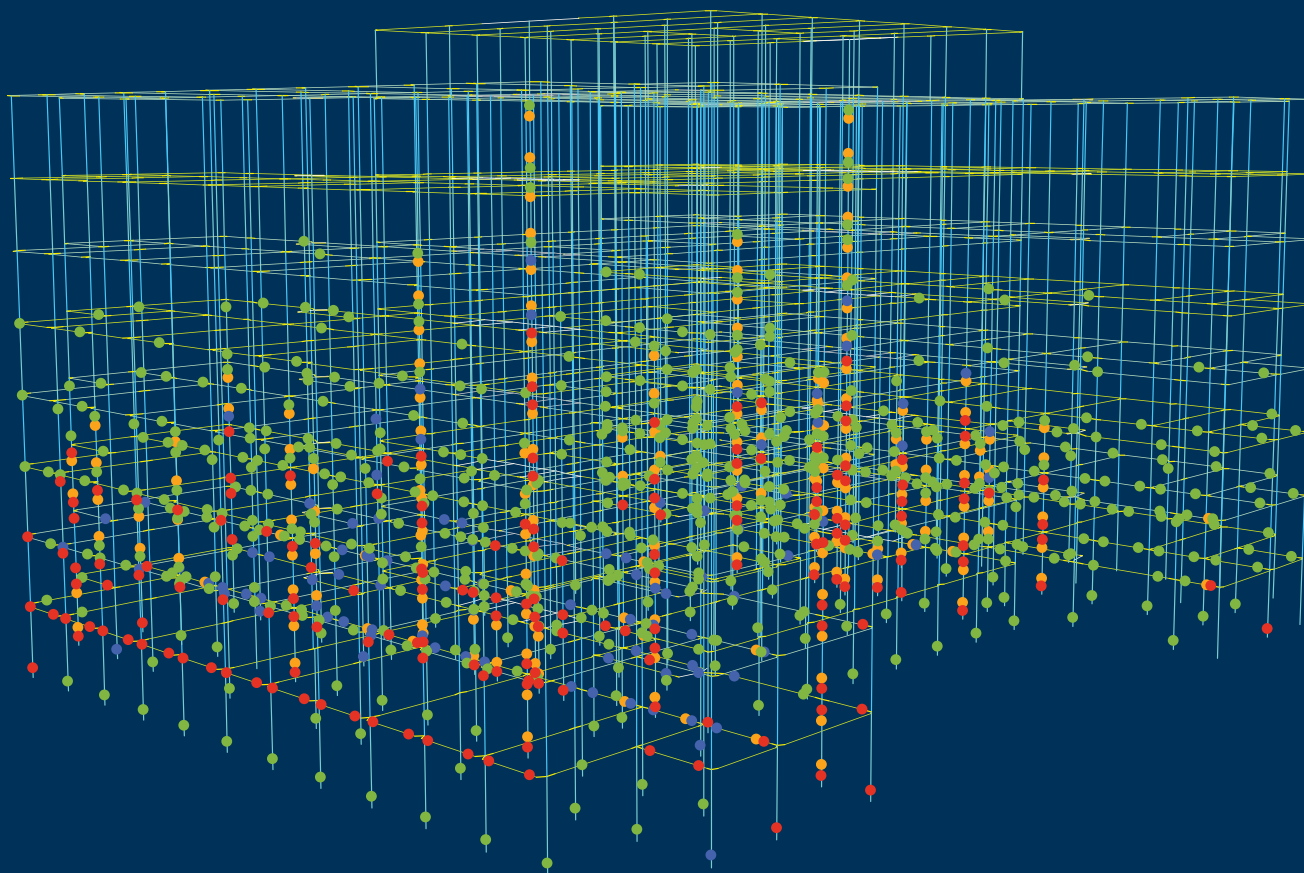


# FESPA:R

Αποτίμηση & Ενισχύσεις κτιρίων σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

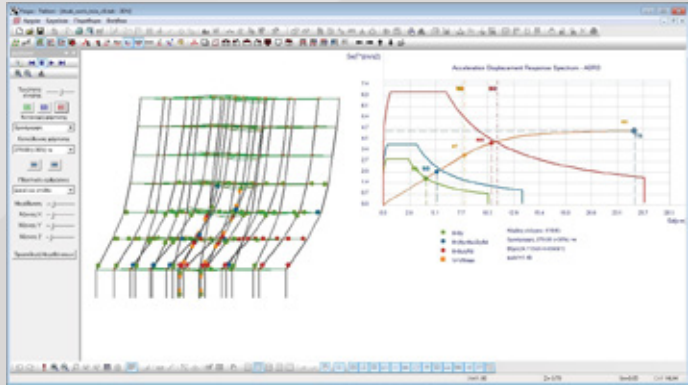


# 1. Ολοκληρωμένη λύση με 2 μεθόδους ανάλυσης, ανελαστική Pushover & ελαστική χρονοϊστορία

## Ανελαστική ανάλυση Pushover

- Ομοιόμορφη, τριγωνική ή ιδιομορφική κατανομή δυνάμεων
- Φαινόμενα P-Δ
- Τυχνηματική εκκεντρότητα
- Κατευθύνσεις φόρτισης σύμφωνα με τον κανόνα 100/30
- Έλεγχος επιτελεσιμότητας για πολλαπλά φάσματα
- 32 σεισμικοί συνδυασμοί
- Δευτερεύοντα σεισμικά μέλη
- Διαγράμματα M - γωνιών στροφής χορδής θ ανά 30 μοίρες
- 7 αξονικές φορτίσεις

**Διαγράμματα απαίτησης - ικανότητας (ADRS) μέχρι και για 64 φορτίσεις, με ανελαστικά φάσματα απαίτησης, με διγραμμική ή τετραγραμμική καμπύλη ικανότητας**

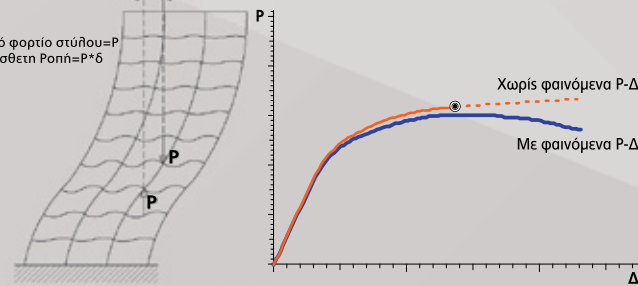


Παρακολούθηση διαδοχής αστοχιών & ταυτόχρονη απεικόνιση του διαγράμματος απαίτησης - ικανότητας (ADRS)

**Φαινόμενα P-Δ για ρεαλιστική εικόνα της συμπεριφοράς του κτιρίου που μελετάμε**

Μετακίνηση μεταξύ ορόφων=δ

Αξονικό φορτίο στύλου=P  
Επιπρόσθετη Ροπή=P\*δ

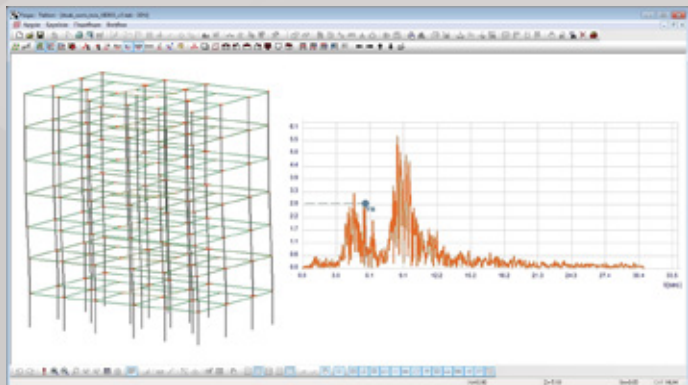


Φαινόμενα P-Δ

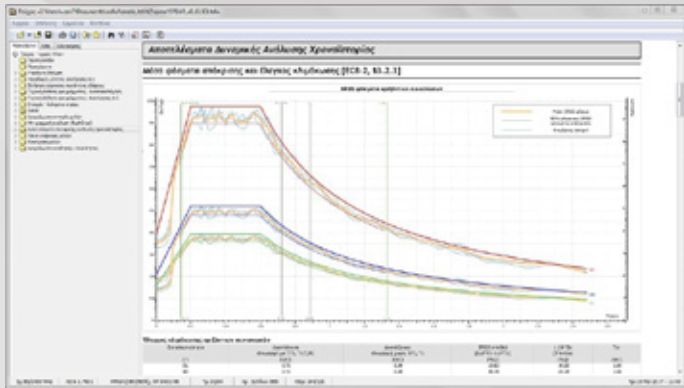
## Ελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας για έλεγχο επάρκειας χωρίς πυρηνοληψίες

- Έλεγχος προϋποθέσεων εφαρμογής ελαστικής δυναμικής ανάλυσης
- Φυσικά & τεχνητά επιταχυνσιογραφήματα
- Λόγοι ανεπάρκειας η και πλαστιμότητας m σε συγκεντρωτικούς πίνακες στο τεύχος μελέτης και αναλυτική τεκμηρίωση των υπολογισμών τους για κάθε μέλος

**Μέθοδος των συντελεστών τοπικής πλαστιμότητας m & μέθοδος του συντελεστή q**



Πλήρης περιγραφή της κίνησης της κατασκευής κατά τη διάρκεια του σεισμού



Κλημάκωση οριζοντιν συνιστωσών σεισμικών διεγέρσεων στο τεύχος αποτελεσμάτων

Υποστύλωμα K7(1) - κύριο, 65/45, κάτω άκρο (κρίσιμο): Έλεγχος κάμψης NC  
**Διάγραμμα αλληλεπίδρασης N-M, λ<sub>NC</sub>**



[KAN.ΕΠΕ. §4.7.1]

Όριο λόγω q<sub>u</sub>(≡q<sub>n</sub>): m<sub>NC</sub> ≤  $\frac{\lambda_{d,max}(1)}{\lambda_{eL}} \cdot \mu_{sL} \cdot 10.00 \cdot 1.25 = \frac{5.88}{0.75} \cdot 2.18 \cdot 10.00 \cdot 1.25 > 9.99$  **διαθ. m<sub>NC</sub>=3.72**  
m<sub>NC</sub> =  $\frac{\theta_{NC}}{\theta_v} \cdot 1.25 = \frac{31.0 \cdot 710^{-3} \text{rad}}{10.44 \cdot 10^{-3} \text{rad}} \cdot 1.25 = 3.72$

M<sub>sd</sub>=M<sub>yG</sub> +  $\frac{M_{yE}}{m_{NC}} = 26.6 + \frac{243.2}{3.72} = 92.0$ , M<sub>ENC</sub>=λ<sub>NC</sub>·m<sub>NC</sub>=0.24·3.72 **στοχ.μ<sub>ENC</sub>=1.00 (για ανασχεδ.)**

λ<sub>NC</sub> =  $\frac{\sqrt{M_{yEd}^2 + M_{zEd}^2}}{\sqrt{M_{yEd}^2 + M_{zEd}^2}} = \frac{\sqrt{(-92.0)^2 + (-28.7)^2}}{\sqrt{(-357.7)^2 + (-172.8)^2}} \therefore \lambda_{NC} = 0.24$

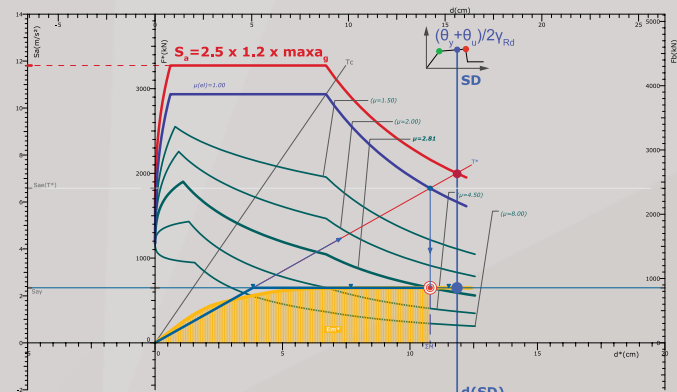
**Αναλυτική τεκμηρίωση των υπολογισμών λόγου επάρκειας η και πλαστιμότητας m υποστύλματος**

## 2. Σε πόσο σεισμό αντέχει το υπό εξέταση κτίριο; Μέγιστος σεισμικός συντελεστής, για κάθε στάθμη επιτελεσιμότητας

Στο τεύχος αποτελεσμάτων εμφανίζεται η τιμή του **μέγιστου σεισμικού συντελεστή (max<sub>g</sub>)**, για κάθε στάθμη επιτελεσιμότητας, από την τιμή του οποίου γίνεται απευθείας ξεκάθαρο σε πόσο σεισμό αντέχει το υπό εξέταση κτίριο.

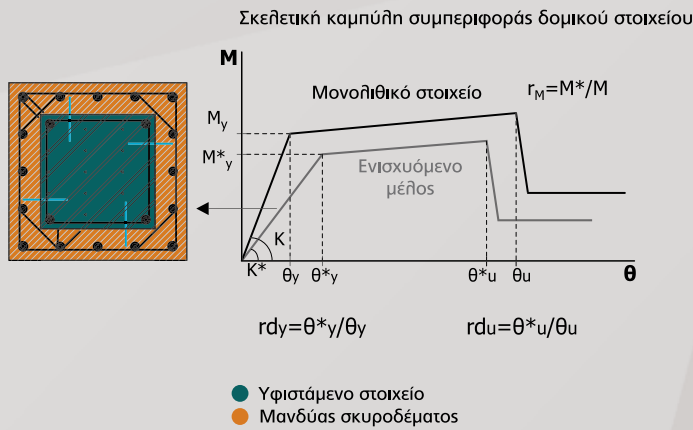
Στάθμη επιτελεσιμότητας SD

|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>1. Στοιχειώμενη μετακίνηση dt</b>                                                             |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
| X <sub>1</sub>                                                                                   | <b>+5.3cm</b><br>-5.3cm                                                                                                                                                                     | 90°+30%-270° -eX, Ισομορφική<br>180°-30%-270° +eX, Ισομορφική | Z <sub>1</sub> | <b>+7.3cm</b><br>-6.8cm                               | 90°+30%-0° -eX, Ισομορφική<br>270°-30%-180° +eX, Ισομορφική |
| <b>2. Στοιχειώμενη πλαστιμότητα (για ανασχεδιασμό)</b>                                           |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
| Περίοδος μονοβάθμιου συστήματος                                                                  | T*(s)                                                                                                                                                                                       | =                                                             | 0.95           |                                                       |                                                             |
| Συντελεστής συμπεριφοράς πλαστιμότητας                                                           | q <sub>1</sub> (q <sub>d1</sub> )                                                                                                                                                           | =                                                             | 1.11           |                                                       |                                                             |
| Παράγοντας στοιχειώμενης πλαστιμότητας                                                           | max μ <sub>d</sub>                                                                                                                                                                          | =                                                             | 1.11           |                                                       | 90°-30%-180° -eX, Ισομορφική                                |
| <b>3. Διαθέσιμος συντελεστής συμπεριφοράς q (για αποτίμηση)</b>                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
| Πλαστιμότητας q <sub>1</sub> (C <sub>d1</sub> ) και υπερνοητής q <sub>2</sub> (C <sub>d2</sub> ) | q <sub>1</sub>                                                                                                                                                                              | =                                                             | 1.06           | q <sub>2</sub>                                        | = 1.24                                                      |
| Διαθέσιμος συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς                                                    | min q                                                                                                                                                                                       | =                                                             | 1.06           | q <sub>2</sub>                                        | = 1.32                                                      |
|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       | 270°-30%-180° -eX, Ισομορφική                               |
| <b>4. Επιρροή ανελαστικής συμπεριφοράς (KAN.ΕΠΕ. §5.7.4.2)</b>                                   |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
| Λόγος ανελαστικών μετατοπίσεων                                                                   | max C <sub>d</sub>                                                                                                                                                                          | =                                                             | 1.00 / 1.00    | μ <sub>d</sub> / q <sub>1</sub>                       | = 1.00                                                      |
|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       | 270°-30%-180° -eX, Ισομορφική                               |
| <b>5. Ικανότητα επιτάχυνσης για λ<sub>max</sub> = 1</b>                                          |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
|                                                                                                  | max a <sub>g</sub> (SD)                                                                                                                                                                     | =                                                             | 0.160          |                                                       | 90°+30%-0° +eX, Ισομορφική                                  |
| <b>6. Στάθμη αποτίμησης (KAN.ΕΠΕ. §2.2.1)</b>                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       |                                                             |
| Περίοδος επαναφοράς SD                                                                           | max a <sub>g</sub> / a <sub>gH</sub> = (max T <sub>g</sub> / T <sub>gH</sub> ) <sup>1/n</sup> ∴ max T <sub>g</sub> = (max a <sub>g</sub> / a <sub>gH</sub> ) <sup>n</sup> · T <sub>gH</sub> |                                                               |                |                                                       | [EC8-2 (A.3)]                                               |
|                                                                                                  | max T <sub>g</sub> (SD) = (0.160/0.240) <sup>1/n</sup> · 4.75"                                                                                                                              |                                                               |                | 141 έτη                                               | > 72 (ok)                                                   |
|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                | P = 1 - e <sup>-T<sub>g</sub>/max T<sub>g</sub></sup> | [EC8-1§2.1(1)]                                              |
| Πιθανότητα υπέρβασης SD σε 50 έτη                                                                | P(SD) = 1 - e <sup>-10/141</sup>                                                                                                                                                            |                                                               |                | = 29.77%                                              | < 50% (ok)                                                  |
| Στάθμη που κανονίζεται:                                                                          | B2                                                                                                                                                                                          | >                                                             | P(SD)          | <                                                     | 50% (ok)                                                    |
|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |                                                               |                |                                                       | [KAN.ΕΠΕ Πίν. 2.1]                                          |



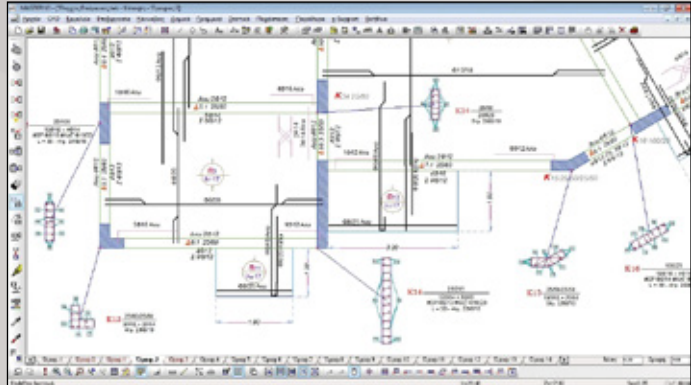
Υπολογισμός a<sub>g</sub> (max<sub>g</sub>) για maximum η=1

## 3. Ενισχύσεις διατομών με μανδύες σκυροδέματος



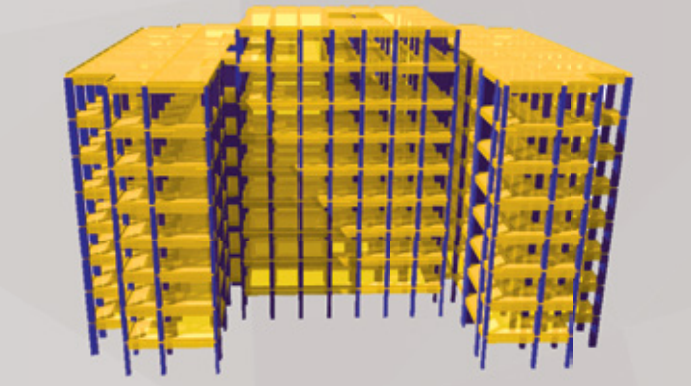
## 4. Επίλυση & όπλιση με παλαιούς κανονισμούς

Ο οπλισμός δοκών και υποστυλωμάτων της υφιστάμενης κατασκευής εισάγεται (ράβδοι ή cm<sup>2</sup>) είτε με αυτόματη τροφοδότηση μετά από επίλυση με παλαιούς κανονισμούς (**αντισεισμικός 59 - σκυροδέματος 54, αντισεισμικός 85 - σκυροδέματος 54 & ΝΕΑΚ95 - ΝΚΩΣ95**) και τροποποίησή του είτε χειροκίνητα χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία του προγράμματος. Εισάγονται & τροποποιούνται οι διαμήκεις και διατμητικοί οπλισμοί στο άνοιγμα και στα άκρα δοκού και στα υποστύλωματα.



Όπλιση κτιρίου με τον ισχύοντα κανονισμό κατά τον χρόνο μελέτης

## 5. Ταχύτατη διαδικασία επίλυσης



**9-όροφο** κτίριο, 8 τυπικοί όροφοι και απόληξη, εμβαδό τυπικού ορόφου **1855.55 m<sup>2</sup>**

**1623 κόμβοι και 3112 μέλη**

✓ **Ανελαστική ανάλυση Pushover: 9min & 36sec (32 αναλύσεις)**

✓ **Ελαστική ανάλυση Χρονοϊστορίας: 1hr, 17min & 3sec (7 σεισμικές διεγέρσεις)**



## 6. Αυτόματη παραγωγή δυσμενέστερων αποτελεσμάτων για ελαστική & ανελαστική ανάλυση με & χωρίς τοικοπληρώσεις

Το FespaR πραγματοποιεί την **σύγκριση αποτελεσμάτων** της ανελαστικής ανάλυσης Pushover και της ελαστικής ανάλυσης χρονοϊστορίας συγκεντρώνοντας **αυτόματα** τα δυσμενέστερα αποτελέσματα των δύο αναλύσεων. Παράγει και συγκρίνει τα αποτελέσματα ανελαστικής και ελαστικής ανάλυσης, με και χωρίς τοικοπληρώσεις, για τις τρεις εξεταζόμενες στάθμες επιτελεστικότητας.

### 3 στάθμες επιτελεστικότητας x 3 επιλύσεις του κτιρίου

|                                      | Άμεση χρήση A (DL)                                                     | Προστασία ζωής B (SD)                                                  | Αποφυγή κατάρ. Γ (NC)                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Ανελαστική ανάλυση ME τοικοπληρώσεις |                                                                        |                                                                        |                                                                        |
| Ελαστική ανάλυση ME τοικοπληρώσεις   |                                                                        |                                                                        |                                                                        |
| Ελαστική ανάλυση ΧΩΡΕ τοικοπληρώσεις |                                                                        |                                                                        |                                                                        |
| Συγκεντρωτικά                        | ✓                                                                      | ✓                                                                      | ✓                                                                      |
|                                      | $\lambda_{max} = \max(\lambda_{PO}, \lambda_{X1+tn}, \lambda_{X1-tn})$ | $\lambda_{max} = \max(\lambda_{PO}, \lambda_{X1+tn}, \lambda_{X1-tn})$ | $\lambda_{max} = \max(\lambda_{PO}, \lambda_{X1+tn}, \lambda_{X1-tn})$ |

### Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος Ροπής

| Στάθμη Επιτελεστικότητας |         | Κύριο/Δευτερεύον | Λόγος Επάρκειας | Κρίσιμη Ανάλυση |
|--------------------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|
| DL                       | Δ3.2(2) | Κύριο            | 0.41            | [X+ tn]         |
| SD                       | Δ3.1(0) | Κύριο            | 0.35            | [X+ tn]         |
| NC                       | Δ3.1(0) | Κύριο            | 0.36            | [X+ tn]         |

### Μέγιστα λόγων επάρκειας δοκών - Έλεγχος διάτμησης

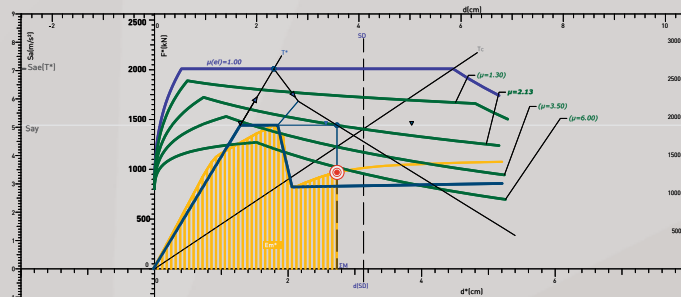
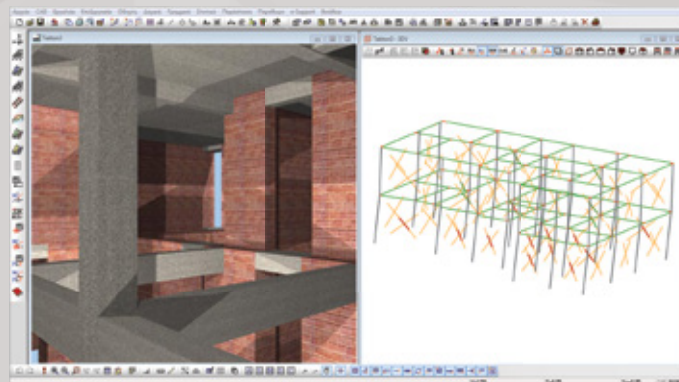
| Στάθμη Επιτελεστικότητας |          | Κύριο/Δευτερεύον | Λόγος Επάρκειας | Κρίσιμη Ανάλυση |
|--------------------------|----------|------------------|-----------------|-----------------|
| DL                       | Δ10.2(5) | Κύριο            | 0.30            | [X+ tn]         |
| SD                       | Δ10.2(2) | Κύριο            | 0.34            | [X+ tn]         |
| NC                       | Δ10.1(1) | Κύριο            | 0.48            | [PO]            |

Συγκεντρώνονται αυτόματα τα δυσμενέστερα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων

## 7. Συνυπολογισμός επιρροής τοικοπληρώσεων στην αποτίμηση

Προσμοιώνονται τοικοπληρώσεις:

- Υφιστάμενες
- Υφιστάμενες με άνοιγμα
- Νέες
- Ενισχυμένες
- Προσμοίωση τοικωματοποίησης



Διαγράμματα με πτωτικό κλάδο & τετραγωνική καμπύλη ικανότητας

Το FespaR είναι το πρόγραμμα της LH Λογισμική για την **αποτίμηση και ενίσχυση κτιρίων** σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Αποτελεί ολοκληρωμένη λύση για τον έλεγχο επάρκειας και τις ενισχύσεις κτιρίων καθώς διαθέτει **δύο μεθόδους ανάλυσης, την ανελαστική ανάλυση Pushover και την ελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας**. Η διαδικασία ελέγχου είναι κλειστή και αποδίδει μετά την ολοκλήρωσή της τον σεισμικό συντελεστή επιτελεστικότητας, δηλαδή μας πληροφορεί πρακτικά σε τί σεισμό αντέχει το εξεταζόμενο δόμημα.

Ο έλεγχος επάρκειας με ελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας γίνεται με τη **μέθοδο των συντελεστών τοπικής πλαστικότητας m** ή με τη **μέθοδο του συντελεστή q**. Επιπρόσθετα και με τις δυο μεθόδους ανάλυσης, ο μελετητής έχει τη δυνατότητα να λάβει υπόψη του την επιρροή των τοικοπληρώσεων στην αποτίμηση αυξάνοντας σημαντικά τις πιθανότητες να μην χρειάζεται η ενίσχυση μελών από σπλισμένο σκυρόδεμα.

Ο σπλισμός δοκών και υποστυλωμάτων της υφιστάμενης κατασκευής εισάγεται (ράβδοι ή cm<sup>2</sup>) είτε με αυτόματη τροφοδότηση μετά από επίλυση **με παλαιούς κανονισμούς (αντισεισμικός 59 - σκυροδέματος 54, αντισεισμικός 85 - σκυροδέματος 54 & ΝΕΑΚ95 - ΝΚΩΣ95)** και τροποποίησή του είτε χειροκίνητα χρησιμοποιώντας τα ειδικά εργαλεία του προγράμματος. Βάσει αυτών των σπλισμών θα υπολογιστούν τα διαγράμματα ροπών-καμπυλότητας τα οποία στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.

Καθορίζεται το επίπεδο γνώσης καθώς και οι αντοχές νέου & υφιστάμενου σκυροδέματος και σπλισμών. Για τα ενισχυόμενα μέλη επιλέγεται η μέθοδος ενίσχυσης, **μανδύας σκυροδέματος ή ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)**. Επίσης εκτυπώνονται οι δυσμενέστερες εντάσεις για διαστασιολόγηση βιλητρών.

**Η διαδικασία επίλυσης είναι ταχύτατη**, το FespaR παράγει τους **λόγους ανεπάρκειας μελών (η) ξεχωριστά για κάθε στάθμη επιτελεστικότητας** και τους εμφανίζει στο τεύχος αποτελεσμάτων σε αναλυτικούς και συγκεντρωτικούς πίνακες.

Μετά την πραγματοποίηση της μη γραμμικής ανάλυσης Pushover παράγονται **διαγράμματα απαίτησης-ικανότητα (ADRS) μέχρι και για 64 φορτίσεις, με ανελαστικά φάσματα απαίτησης, με διγραμμική ή τετραγωνική καμπύλη ικανότητας**. Η στοχευόμενη μετατόπιση υπολογίζεται για πολλοπούς στόχους επιτελεστικότητας.