

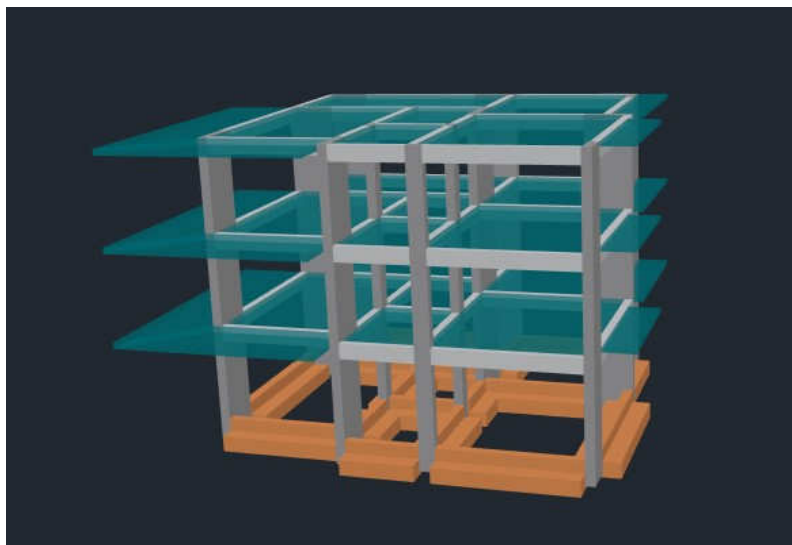
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ
ΚΑΝ.ΕΠΕ ΓΙΑ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΟΡΟΦΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΡΟΠΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΤΟΥ**



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΖΙΑΚΑΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ & ΣΑΜΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΔΡΙΒΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/α ΖΙΑΚΑΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, του ΛΑΜΠΡΟΥ, φοιτητής του Τμήματος ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών

Ημερομηνία

29/6/17

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ΣΑΜΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, του
Δημήτριου του Τμήματος Πολιτικων Δομικων Εργων

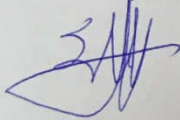
του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ, πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε, ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα, σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασή της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση Π.Ε με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε πρέπει να ολοκληρώσει εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσής της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18. παρ.5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού».

Ο Δηλών



Ημερομηνία

29/6/2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τον έλεγχο του υφιστάμενου κτιρίου σύμφωνα με τον ΚΑΝ. ΕΠΕ για την προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου. Το κτίριο που μελετήθηκε είναι μια κατασκευή του 2006 και αποτελείται από ένα ισόγειο και έναν πρώτο όροφο με πρόβλεψη ενός ορόφου καθ' ύψος. Έχει κατασκευαστεί σύμφωνα με τις παραδοχές του ΕΑΚ-2003. Η ανελαστική στατική ανάλυση (PUSHOVER) θα μας βοηθήσει για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας του κτιρίου.

ABSTRACT

This thesis deals with the control of the existing building according to the regulation of interventions and the addition of one more floor. The building was studied is a construction of 2006 and consists of a ground floor and a first with the prospect of extending it. It has been constructed according to the assumptions of the ΕΑΚ-2003. Push over static analysis would help us to evaluate the building's capability.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν προχωρήσουμε στην περαιτέρω μελέτη αισθανόμαστε την ανάγκη να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή κ. Δρίβα Δημήτριο για την βοήθεια του και τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την επίβλεψη και ολοκλήρωση της εργασίας αυτής αλλά και για την εξαιρετική διάθεση για συνεργασία. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την πολιτικό μηχανικό κα. Σπύρου Ευφροσύνη για την παραχώρηση των σχεδίων του κτιρίου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.1 Γενικά.....	5
1.2 Σκοπός εργασίας.....	5
1.3 Δομή εργασίας.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	7
2.1 Η έννοια του σεισμού.....	7
2.2 Πως δημιουργείται ο σεισμός.....	7
2.3 Σεισμικές επιταχύνσεις και φορτίσεις κτιρίου.....	8
2.3.1 Σεισμική απόκριση κτιρίου.....	8
2.3.1.1 Σεισμικές ζώνες.....	8
2.3.1.2 Τύποι εδάφους.....	10
2.3.1.3 Συντελεστής σπουδαιότητας κατασκευής.....	10
2.3.1.4 Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς q	11
2.4 Χαρακτηριστικά υφιστάμενου κτιρίου.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ.....	12
3.1 Εισαγωγή.....	12
3.2 Στόχοι σεισμικής ικανότητας.....	12
3.3 Στάθμες επιτελεστικότητας φέροντος και μη-φέροντος οργανισμού.....	14
3.4 Καθορισμός σταθμών επιτελεστικότητας.....	16
3.4.1 Καμπύλη ικανότητας.....	16
3.4.2 Καμπύλη F-δ.....	17
3.4.3 Στάθμες επιτελεστικότητας κατασκευής.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	21
4.1 Σκοπός.....	21

4.2 Μέθοδοι ανάλυσης.....	21
4.2.1 Ελαστική στατική ανάλυση.....	21
4.2.2 Ελαστική δυναμική ανάλυση.....	23
4.2.3 Ανελαστική στατική ανάλυση.....	24
4.2.4 Ανελαστική δυναμική ανάλυση.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ.....	28
5.1 Έννοια της ενίσχυσης.....	28
5.2 Ενίσχυση με παραδοσιακούς μεθόδους.....	28
5.3 Ενίσχυση δοκών.....	28
5.3.1 Ενίσχυση σε κάμψη με επιπρόσθετες στρώσεις σκυροδέματος.....	28
5.3.2 Ενίσχυση με προσθήκη νέων μεταλλικών μελών.....	30
5.3.3 Ενίσχυση με προσθήκη κοχλιωμένου εφελκυσμένου οπλισμού.....	31
5.3.4 Ενίσχυση με προσθήκη επικολλητών χαλύβδινων ελασμάτων.....	31
5.3.5 Ενίσχυση δοκών σε διάτμηση.....	33
5.3.6 Ενίσχυση δοκών με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος.....	33
5.4 Ενίσχυση υποστηλωμάτων.....	34
5.4.1 Ενίσχυση υποστηλωμάτων με αύξηση της διατομής.....	34
5.4.2 Ενίσχυση υποστηλωμάτων με περίσφιγξη.....	34
5.5 Ενίσχυση κατασκευών με σύνθετα υλικά.....	35
5.5.1 Εισαγωγή.....	35
5.5.2 Κατηγορίες σύνθετων υλικών.....	36
5.5.3 Υλικά ινών.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ & ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	40
6.1 Εισαγωγή.....	40
6.2 Προσομοίωση του φέροντος οργανισμού.....	40

2017

6.2.1 Στάθμη θεμελίωσης.....	41
6.2.2 Στάθμη ισογείου.....	42
6.2.3 Στάθμη πρώτου ορόφου.....	44
6.3 Ανάλυση.....	45
6.3.1 Pushoverανάλυση.....	45
6.3.2 Pushoverανάλυση Α' στάθμης επιτελεστικότητας.....	47
6.3.3 Pushoverανάλυση Β' στάθμης επιτελεστικότητας.....	47
6.3.4 Pushoverανάλυση Γ' στάθμης επιτελεστικότητας.....	48
6.4 Συμπεράσματα.....	49
6.5 Ενίσχυση.....	50
6.5.1 Pushoverανάλυση Α' στάθμη επιτελεστικότητας.....	51
6.5.2 Pushoverανάλυση Β' στάθμη επιτελεστικότητας.....	55
6.5.3 Pushoverανάλυση Γ' στάθμη επιτελεστικότητας.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι ο έλεγχος επάρκειας υφιστάμενου κτιρίου και η προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου. Το υπομελέτη μονώροφο κτίριο με πιλοτή βρίσκεται στην πόλη της Καρδίτσας και έχει κατασκευαστεί το έτος 2006. Η μελέτη της κατασκευής έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις παραδοχές του ΕΑΚ-2003. Τα υλικά κατασκευής του είναι C20/25 για το σκυρόδεμα και B500C για τον χάλυβα.

Αφού σχεδιάσαμε την κάτοψη του κτιρίου στο Autocad, την εισάγαμε στο στατικό πρόγραμμα ScadaPro όπου έγινε έλεγχος επάρκειας σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΕΑΚ 2000 για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II ($A=0.24g$).

Το δομημά μας αποτελείται από το ισόγειο ($130m^2$), τον πρώτο όροφο ($121m^2$) και είναι πλαίσιακή κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Τέλος, στα μόνιμα φορτία του κτιρίου μας περιλαμβάνονται μπατικές 6-οπές και δρομικές οπτοπλινθοδομές.

1.2 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο έλεγχος επάρκειας υφιστάμενου κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα σύμφωνα με τον κανονισμό επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ), για την προσθήκη ενός επιπλέον ορόφου ώστε το κτίριο να είναι συμβατό με τις παραδοχές των σύγχρονων ελληνικών κανονισμών (ΕΑΚ2016) για τον αντισεισμικό σχεδιασμό.

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην ενότητα αυτή θα αναλυθούν τα περιεχόμενα της εν λόγω πτυχιακής εργασίας. Στο πρώτο κεφάλαιο, στην εισαγωγή δηλαδή, αναφέρονται κάποια γενικά χαρακτηριστικά της υφιστάμενης κατασκευής όπως η κατηγορία σκυροδέματος, η ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και τα τετραγωνικά μέτρα του κτιρίου. Έπειτα αναφέρεται ο σκοπός της παρούσας εργασίας, δηλαδή το τι ενέργειες πρέπει να γίνουν για να έρθουν τα κατάλληλα αποτελέσματα. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η σεισμική επικινδυνότητα των υφιστάμενων κατασκευών. Είναι δηλαδή η πιθανότητα κάποια παράμετρος του εδάφους να ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή σε ένα χρονικό διάστημα. Η εδαφική παράμετρος μπορεί να είναι η επιτάχυνση, η ταχύτητα, η μετατόπιση, η ένταση και η διάρκεια. Στην επόμενη ενότητα γίνεται αναφορά στις στάθμες επιτελεστικότητας. Αυτή η μέθοδος εξετάζει πως θα συμπεριφερθεί η κατασκευή στα διάφορα επίπεδα ισχύος της σεισμικής δόνησης σχεδιασμού. Έτσι επιτυγχάνεται η ασφάλεια και η οικονομία του κτιρίου. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται οι μέθοδοι ανάλυσης (ελαστική στατική/δυναμική και οι αντίστοιχες στην ανελαστική). Στην συνέχεια περιγράφονται οι ενισχύσεις στους δοκούς και στα υποστηλώματα με διάφορους τρόπους και στο τελικό στάδιο αναφέρονται τα βήματα της προσομοίωσης, αποτίμησης και της ενίσχυσης της υφιστάμενης κατασκευής. Τέλος, ακολουθεί το έβδομο και όγδοο κεφάλαιο με τα τελικά συμπεράσματα και την βιβλιογραφία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ

Σεισμός είναι η αισθητή ανατάραξη της επιφάνειας ενός ουράνιου σώματος λόγω απότομων μετακινήσεων μαζών, που συνοδεύεται από σεισμικά κύματα που μεταφέρουν την ενέργεια του σεισμού. Σε πλανήτες με στερεό φλοιό όπως η Γη, οι σεισμοί προκαλούν ανατάραξη της επιφάνειας του φλοιού και ο σεισμός γίνεται έτσι αισθητός από τους ανθρώπους.

2.2 ΠΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙΤΑΙ Ο ΣΕΙΣΜΟΣ

Όταν δύο τεκτονικές πλάκες βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους και τείνει η μία να πλησιάζει ακόμα περισσότερο την άλλη τότε δημιουργείται μια πίεση αναμεταξύ τους.

Όσο εντίνεται αυτό το φαινόμενο, τότε εξαιτίας της μεγάλης πίεσης που δημιουργείται, θα υπάρξει σπάσιμο ή καβάλημα μεταξύ τους ή θα τρυφτούνε σε μία ξαφνική στιγμή για μικρό χρονικό διάστημα, εκτονώνοντας την πίεση που έχει δημιουργηθεί. Αυτή η κατάσταση δημιουργεί σεισμική δόνηση, δηλαδή, προκαλείται σεισμός.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα ενός σεισμού, εξαρτάται από την κίνηση των τεκτονικών πλακών μέχρις ότου να βρεθούν στην καινούρια τους θέση, έχοντας εκτονώσει μέρος της ισχυρής πίεσης αναμεταξύ τους.

2.3 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

2.3.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Η σεισμική δόνηση του εδάφους προκαλεί σεισμικές επιταχύνσεις στο φορέα. Η σεισμική απόκριση του φορέα, δηλαδή οι επιταχύνσεις επι του φορέα δημιουργούν παραμορφώσεις και εντάσεις στο φορέα.

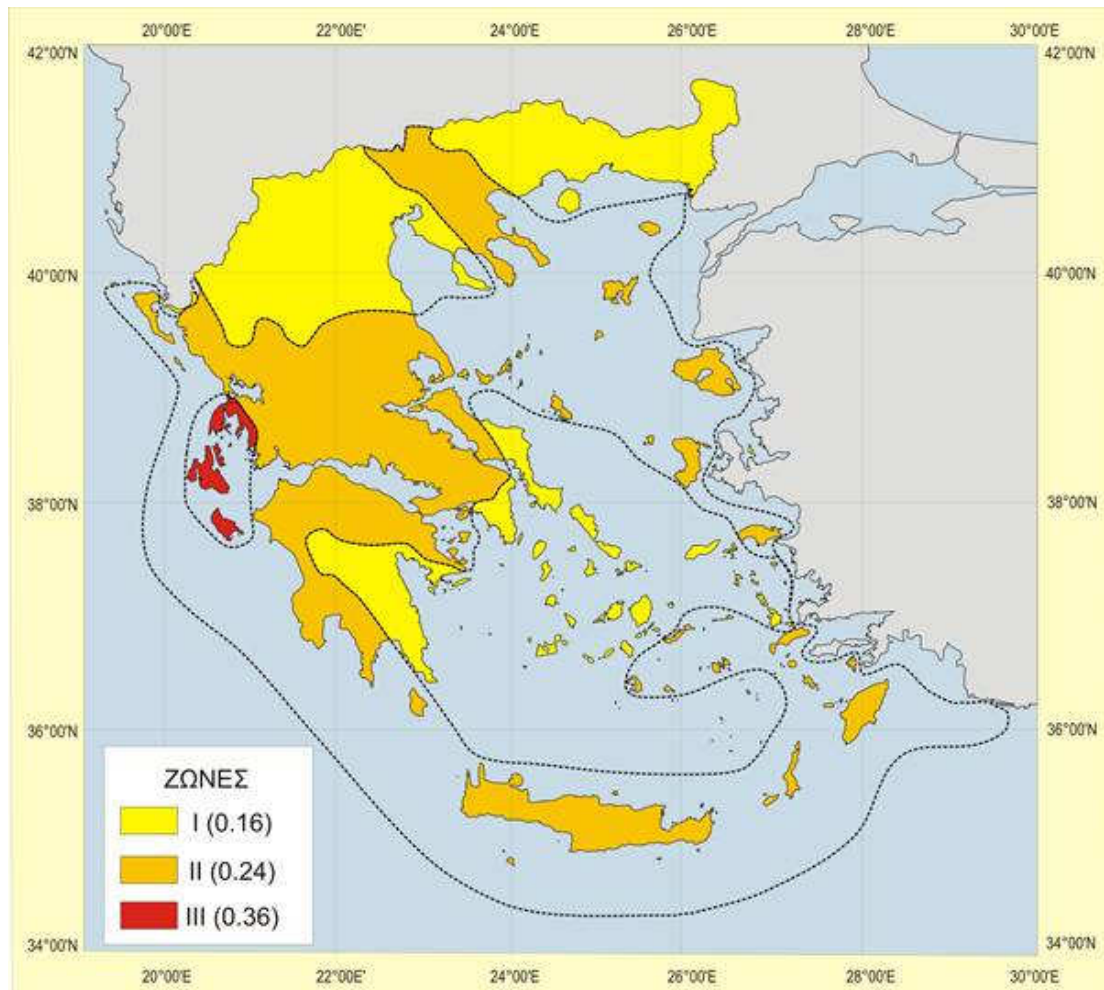
Η σεισμική απόκριση του φορέα εξαρτάται απο το συντελεστή σπουδαιότητας του κτιρίου, απο τη σεισμική ζώνη στην οποία ανήκει, απο τον τύπο του εδάφους του κτιρίου, απο τον συντελεστή συμπεριφοράς του φορέα και φυσικά απο το μέγεθος και την κατανομή των δυσκαμψιών EI καθώς και των μαζών M του φορέα.

2.3.1.1 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Η σεισμική δόνηση του εδάφους δίνεται απο την επιτάχυνση α_{gR} που είναι η μέγιστη σεισμική επιτάχυνση αναφοράς σε έδαφος τύπου Α.

Ανάλογα με την σεισμική επικινδυνότητα κάθε χώρα είναι χωρισμένη σε ζώνες και σε κάθε ζώνη υπάρχει μια συγκεκριμένη επιτάχυνση αναφοράς α_{gR} .

Η Ελλάδα είναι χωρισμένη σε τρεις ζώνες Ζώνη 1: $\alpha_{gR}=0.16g$, Ζώνη 2: $\alpha_{gR}=0.24g$, Ζώνη 3: $\alpha_{gR}=0.36g$, όπου g η επιτάχυνση βαρύτητας της Γης.



ΧΑΡΤΗΣ ΖΩΝΩΝ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

2.3.1.2 ΤΥΠΟΙ ΕΔΑΦΟΥΣ

Τα εδάφη στα οποία εδράζονται τα κτίρια ταξινομούνται σε 5+2 κατηγορίες, ώστε να είναι δυνατή η αποτίμηση της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών στη σεισμική δράση.

Οι κατηγορίες εδάφους Α, Β, C, D & Ε καθορίζονται απ την στρωματογραφία και τις παραμέτρους που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Κατηγορία Εδάφους	Περιγραφή στρωματογραφίας	Παράμετροι		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{6PT} (κρούσεις/30 cm)	c_u (kPa)
A	Βράχος ή άλλος βραχώδης γεωλογικός σχηματισμός, που περιλαμβάνει το πολύ 5 m ασθενέστερου επιφανειακού υλικού.	> 800	–	–
B	Αποθέσεις πολύ πυκνής άμμου, χαλικών, ή πολύ σκληρής αργίλου, πάχους τουλάχιστον αρκετών δεκάδων μέτρων, που χαρακτηρίζονται από βαθμιαία βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων με το βάθος.	360 – 800	> 50	> 250
C	Βαθιές αποθέσεις πυκνής ή μετρίως πυκνής άμμου, χαλικών ή σκληρής αργίλου πάχους από δεκάδες έως πολλές εκατοντάδες μέτρων.	180 – 360	15 - 50	70 - 250
D	Αποθέσεις χαλαρών έως μετρίως χαλαρών μη συνεκτικών υλικών (με ή χωρίς κάποια μαλακά στρώματα συνεκτικών υλικών), ή κυρίως μαλακά έως μετρίως σκληρά συνεκτικά υλικά.	< 180	< 15	< 70
E	Εδαφική τομή που αποτελείται από ένα επιφανειακό στρώμα ιλύος με τιμές v_s κατηγορίας C ή D και πάχος που ποικίλλει μεταξύ περίπου 5m και 20m, με υπόστρωμα από πιο σκληρό υλικό με $v_s > 800$ m/s.			

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

2.3.1.3 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ανάλογα με τις συνέπειες ενδεχόμενης κατάρρευσης αμέσως μετά το σεισμό, τα κτίρια ταξινομούνται σε 4 κατηγορίες σπουδαιότητας. Κάθε κατηγορία έχει ένα συντελεστή σπουδαιότητας γ_1 ο οποίος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0.80-1.40.

Κατηγορία	γ_i	Χρήση κτιρίου
I	0.8	Κτήρια δευτερεύουσας σημασίας για την δημόσια ασφάλεια π.χ. γεωργικά κτήρια κλπ.
II	1.0	Συνήθη κτήρια που δεν ανήκουν στις προηγούμενες κατηγορίες.
III	1.2	Κτήρια των οποίων η σεισμική ασφάλεια είναι σημαντική, λαμβάνοντας υπόψη τις συνέπειες κατάρρευσης, π.χ. σχολεία, αίθουσες συνάθροισης, κλπ.
IV	1.4	Κτήρια των οποίων η ακεραιότητα κατά τη διάρκεια σεισμών είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία των πολιτών, π.χ. νοσοκομεία, πυροσβεστικοί σταθμοί, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, κλπ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ & ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑΣ

2.3.1.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ q

Οι φορείς απο οπλισμένο σκυρόδεμα έχουν την ικανότητα απόδοσης ενέργειας κυρίως μέσω της πλαστικής συμπεριφοράς των στοιχείων τους. Η επιρροή της πλαστιμότητας του φορέα μειώνει τη σεισμική αποκρίση του και η μείωση αυτή λαμβάνεται υπόψη στο φάσμα σχεδιασμού για ελαστική ανάλυση, σύμφωνα με το συντελεστή συμπεριφοράς q .

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: **II**
- Σεισμική επιτάχυνση εδάφους: **$A=0.24 \cdot g$**
- Συντελεστής σπουδαιότητας κατασκευής: **$\gamma_1=1.00$**
- Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς: **$q=3.50$**
- Συντελεστής ψ_2 : **0.30**
- Κατηγορία εδάφους: **C**
- Τιμές χαρακτηριστικών περιόδων: **$T_1=0.20$ & $T_2=0.80$**
- Συντελεστής θεμελίωσης Θ : **1.00**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών με στάθμες επιτελεστικότητας βασίζεται στον καθορισμό του επιδιωκόμενου στόχου σεισμικής ικανότητας. Έτσι η μέθοδος αυτή εξετάζει πως πραγματικά θα συμπεριφερθεί η κατασκευή στα διάφορα επίπεδα ισχύος της σεισμικής δόνησης σχεδιασμού. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνετε ένας συνδυασμός οικονομίας και ασφάλειας του κτιρίου. Η μεθοδολογία αυτή, έρχεται σε αντίθεση με την κλασσική, η οποία μελετά την συμπεριφορά της κατασκευής μέχρι και πριν αρχίσουν οι ζημιές.

Για τον έλεγχο και την ενίσχυση των κατασκευών εφαρμόζουμε τη μεθοδολογία των στάθμων επιτελεστικότητας που εφαρμόζεται σε έλεγχο μιας διαστασιολογημένης κατασκευής.

3.2 ΣΤΟΧΟΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Οι στόχοι της σεισμικής ικανότητας ενός κτιρίου είναι ένας συνδυασμός ενός επιπέδου της σεισμικής δράσης και μιας στάθμης επιτελεστικότητας. Ο στόχος αυτός καθορίζει μια οριακή κατάσταση βλαβών κατά το χρονικό διάστημα της σεισμικής δόνησης. Στη συνέχεια αφού καθοριστεί ο στόχος της σεισμικής ικανότητας γίνεται αποτίμηση της υφιστάμενης κατασκευής ή ο σχεδιασμός μιας νέας ή η ενίσχυση αυτής.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι στόχοι σχεδιασμού με βάση τις στάθμες επιτελεστικότητας και της περιόδους επανάληψης του ΕΥΡΟΚΩΔΙΚΑ 8.

		Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Περιορισμός βλαβών	Σημαντικές βλάβες	Οιονεί κατάρρευση
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης σε 50 χρόνια	20% (Περίοδος επανάληψης 225 χρόνια)	A1	B1	Γ1
	10% (Περίοδος επανάληψης 475 χρόνια)	A2	B2	Γ2
	2% (Περίοδος επανάληψης 2475 χρόνια)	A3	B3	Γ3

ΣΤΟΧΟΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΕΥΡΟΚΩΔΙΚΑ 8

Ο συνδυασμός ασφάλεια, κόστος και σπουδαιότητα καθορίζει τον στόχο για τον οποίο θα γίνει σχεδιασμός. Παρακάτω παραθέεται ένας πίνακας της συχνής εμφάνισης της σεισμικής δράσης σε αντιστοιχία με τις στάθμες επιτελεστικότητας.

		Στάθμη επιτελεστικότητας		
		Άμεση χρήση	Προστασία ζωής	Οιονεί κατάρρευση
Συχνότητα εμφάνισης σεισμικής δράσης	Μεγάλη (συχνοί σεισμοί)	1		Μη-αποδεκτοί στόχοι
	Μικρή (σπάνιοι σεισμοί)	2		
	Πολύ μικρή (πολύ σπάνιοι σεισμοί)	3	3	3

Παρατηρούνται λοιπόν τα γκριζαρισμένα τετράγωνα που αντιπροσωπεύει το καθένα απο ένα στόχο σχεδιασμού. Η γραμμή 1-3 καθορίζει τον βασικό σχεδιασμό των περισσότερων κατασκευών, η 2-3 αντιστοιχεί σε ένα σχεδιασμό με μικρότερο σεισμικό κίνδυνο και η 3-3 σε έναν πολυ ασφαλή σχεδιασμό. Τέλος οι στόχοι πάνω απο την γραμμή 1-3 δεν είναι αποδεκτοί.

3.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΗ-ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

A) ΑΜΕΣΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ

- Στον φέροντα οργανισμό (ΣΤΑΘΜΗ Α) το επίπεδο των βλαβών δεν επιτρέπει την διακοπή οποιασδήποτε λειτουργίας κατα τη διάρκεια του σεισμού ή μετα απο αυτόν εκτος απο δευτερεύουσας σημασίας λειτουργίες. Έτσι, επιτρέπονται μονο μερικές αραιές τριχροειδείς ρωγμές καμπτικού χαρακτήρα που όμως δεν επηρεάζουν τη λειτουργία της υφιστάμενης κατασκευής, και φέρει στον ίδιο βαθμό κατακόρυφα και οριζόντια φορτία όπως είχε πριν τη σεισμική δόνηση. Συμπερένεται, οτι είναι αμελητέος ο κίνδυνος τραυματισμού των κατοίκων.

- Στα μη-φέροντα στοιχεία (ΣΤΑΘΜΗ Α) επιτρέπονται μικρές βλάβες οι οποίες όμως δεν επηρεάζουν τις λειτουργίες. Βασική προϋπόθεση είναι να παραμείνουν σε λειτουργία τα σημεία εισόδου-εξόδου του κτιρίου (πχ κλιμακοστάσιο, πόρτες, ανελκυστήρες) και κάποια συστήματα ασφαλείας όπως γεννήτριες, σύστημα πυρασφάλειας. Εάν υπάρξει γενική διακοπή ηλεκτροδότησης της περιοχής αναγκαστικά επηρεάζονται και δεν λειτουργούν.

Β) ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΖΩΗΣ

- Στο φέροντα οργανισμό αναμένεται να εμφανιστούν βλάβες οι οποίες επισκευάζονται μετά το σεισμό αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν αιτία καταρρευσης του κτιρίου όπου συνεπάγεται σοβαρός τραυματισμός και κίνδυνος απώλειας ανθρώπινης ζωής.

- Στα μη-φέροντα στοιχεία (ΣΤΑΘΜΗ Β) αναμένονται βλάβες οι οποίες δεν αποτελούν ανθρώπινη απειλή. Κάποιες από αυτές μπορεί να ναι η πτώση αντικειμένων και δευτερογενείς αίτια (όπως κίνδυνος πρόκλησης πυρκαγιάς).

Γ) ΟΙΟΝΕΙ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ

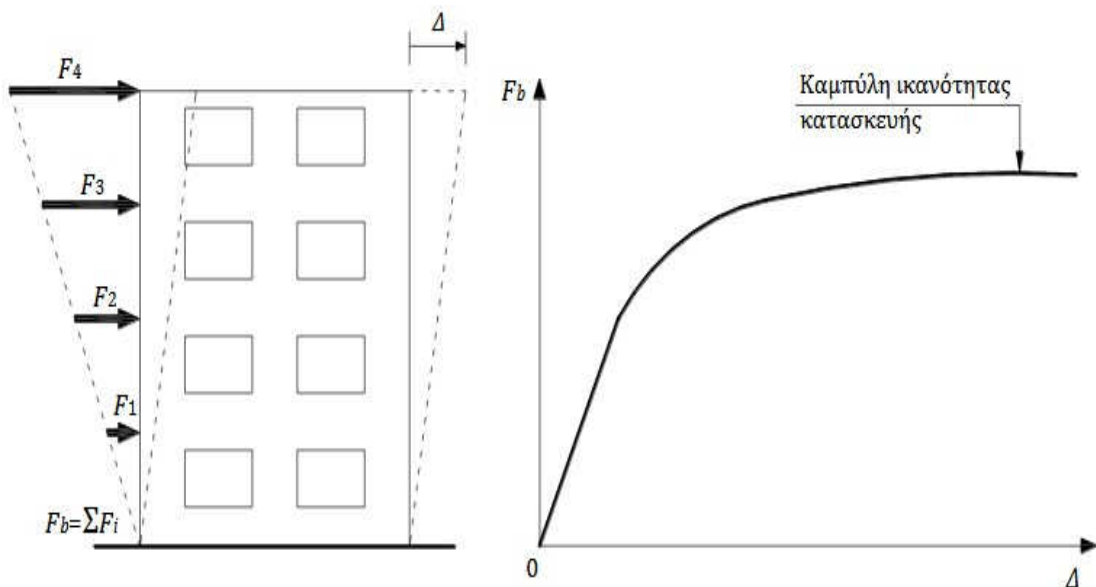
- Στο φέροντα οργανισμό (ΣΤΑΘΜΗ Γ) θα εμφανιστούν βλάβες που κατά πάσα πιθανότητα δεν επισκευάζονται. Παρόλα αυτά ο οργανισμός έχει τη δυνατότητα και την ικανότητα να φέρει τα κατακόρυφα φορτία όμως η οριζόντια δυσκαμψία του, μειώθηκε σε μεγάλο βαθμό. Ως αποτέλεσμα αυτού η υφιστάμενη κατασκευή δεν είναι ασφαλής και πιθανότητα ολικής ή μερικής κατάρρευσης. Τα άτομα που διαμένουν στο κτίριο διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο τραυματισμού ή θανάτου. Έτσι η ανακατασκευή του μπορεί να μην καθιστάται εφικτή.

- Στα μη-φέροντα στοιχεία (ΣΤΑΘΜΗ Γ) αναμένονται σημαντικές βλάβες και μπορεί να προκληθεί και η πτώση τους. Τα υψηλού κινδύνου μη φέροντα στοιχεία και προσαρτηματα είναι καλά στερεομένα για να μην πέσουν σε κοινόχρηστους χώρους και βλάψουν περαστικούς.

3.4 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

3.4.1 ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

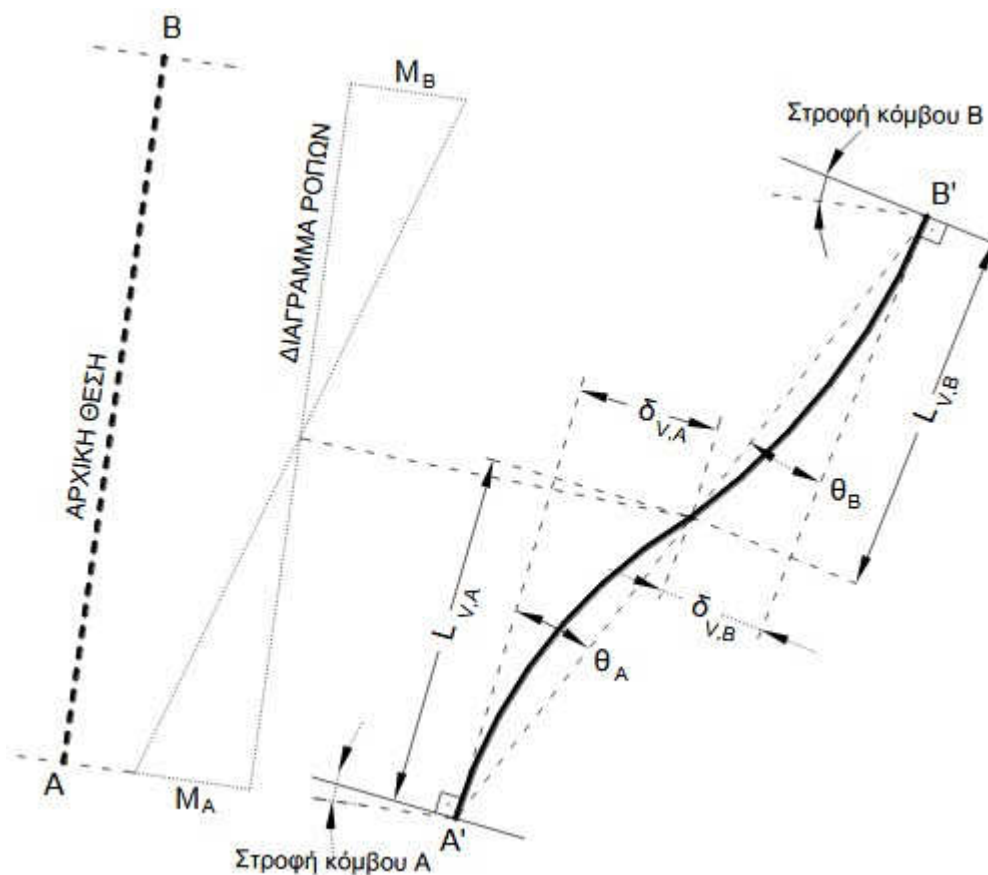
Μέσω της καμπύλης ικανότητας της κατασκευής εκφράζονται οι διάφορες στάθμες επιτελεστικότητας. Η καμπύλη αυτή εκφράζει τη μη-γραμμική σχέση μεταξύ του επιβαλλόμενου οριζόντιου φορτίου και της μετατόπισης της κορυφής. Για να κατασκευαστεί γίνεται ο υπολογισμός της ανελαστικής μετακίνησης της κορυφής για διάφορες τιμές του οριζόντιου φορτίου. Για την κατανομή των φορτίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τριγωνική κατανομή, πολυπλοκοί συνδυασμοί με τη συμμετοχή ανώτερων ιδιομορφών ή και η πρώτη ιδιομορφή. Ουσιαστικά για την κατασκευή της καμπύλης ικανότητας γίνονται πολλές στατικές επιλύσεις και υπολογίζεται η μετακίνηση της κορυφής του κτιρίου σε κάθε βήμα της μεθοδολογίας pushover.



ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

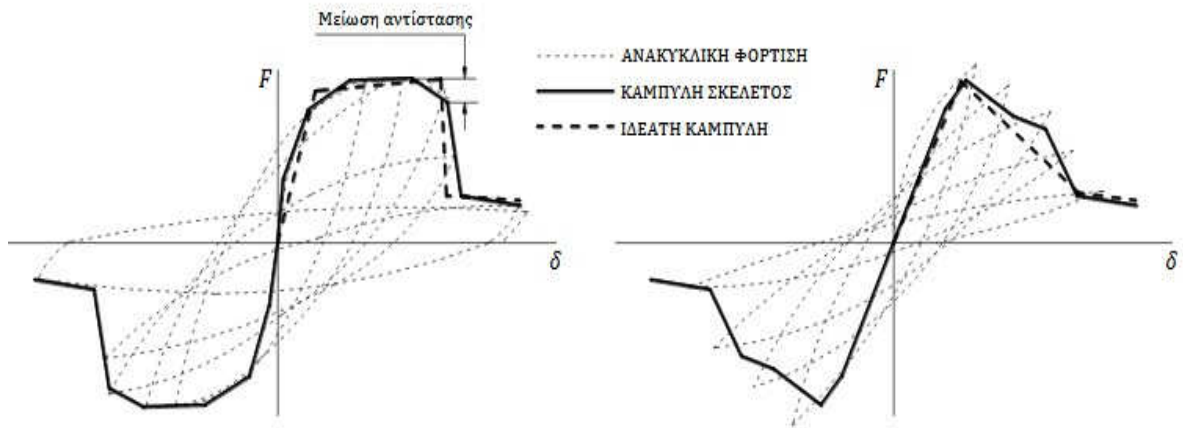
3.4.2 ΚΑΜΠΥΛΗ F – δ

Αρχικά, πρέπει να καθοριστούν οι νόμοι που ρυθμίζουν την ανελαστική συμπεριφορά των μελών της υφιστάμενης κατασκευής μέσω των διαγραμμάτων F-δ. Τα μεγέθη F μπορούν να είναι δυνάμεις ή ροπές και οι μετακινήσεις δ παραμορφώσεις, στροφές ή καμπυλότητες. Εάν απ την ανελαστική συμπεριφορά απαιτείται η κάμψη τότε τα μεγέθη F-δ αντικαθιστούνται από τα M-C (ροπή κάμψης-καμπυλότητα). Ωστόσο, αν απαιτείται η διάτμηση τότε αντικαθιστούνται από τα V-γ (διατμητική δύναμη- διατμητική παραμορφωση). Η καταλληλότερη επιλογή F-δ είναι η ροπή κάμψης M επειδή παρέχει την συνύπαρξη των καμπτικών και διατμητικών παραμορφώσεων, οι στροφές των ακραίων διατομών των στοιχείων επηρεάζονται και από την εξόλκευση των απλισμών στις αγκυρώσεις.



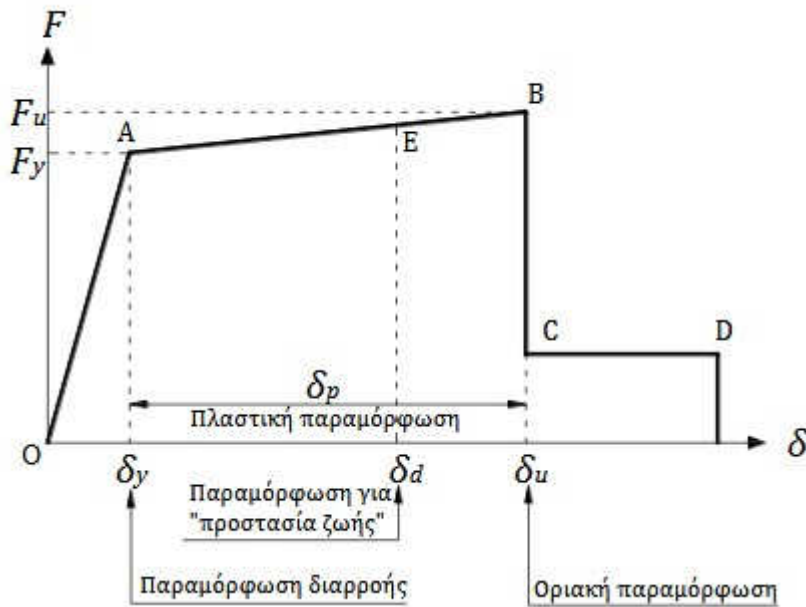
ΟΡΙΣΜΟΣ ΓΩΝΙΑΣ ΣΤΡΟΦΗΣ ΧΟΡΔΗΣ θ

Η καμπύλη των διαγραμμάτων F-δ έχει ιδεατή μορφή, η οποία βασίζεται στην καμπύλη-σκελετό της συμπεριφοράς σε ανακυκλική φόρτιση όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Καμπύλη F-δ καμπτική συμπεριφορά

καμπύλη F-δ διαμητική συμπεριφορά



ΙΔΕΑΤΗ ΚΑΜΠΥΛΗ F-δ

Ανάλυση τμημάτων καμπύλης F-δ:

ΤΜΗΜΑ OA: Αντιπροσωπεύει την ελαστική συμπεριφορά μέχρι το θεωρητικό σημείο διαρροής. Η κλίση της ευθείας OA ορίζει την τέμνουσα δυσκαμψία που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην ελαστική ανάλυση.

ΤΜΗΜΑ AB: Αντιπροσωπεύει τη μετελαστική συμπεριφορά του στοιχείου μέχρι τη θεωρητική αστοχία (σημείο B). Το σημείο B καθορίζεται από την οριακή παραμόρφωση αστοχίας, όπου έχει μειωθεί η ικανότητα παραλαβής φορτίων.

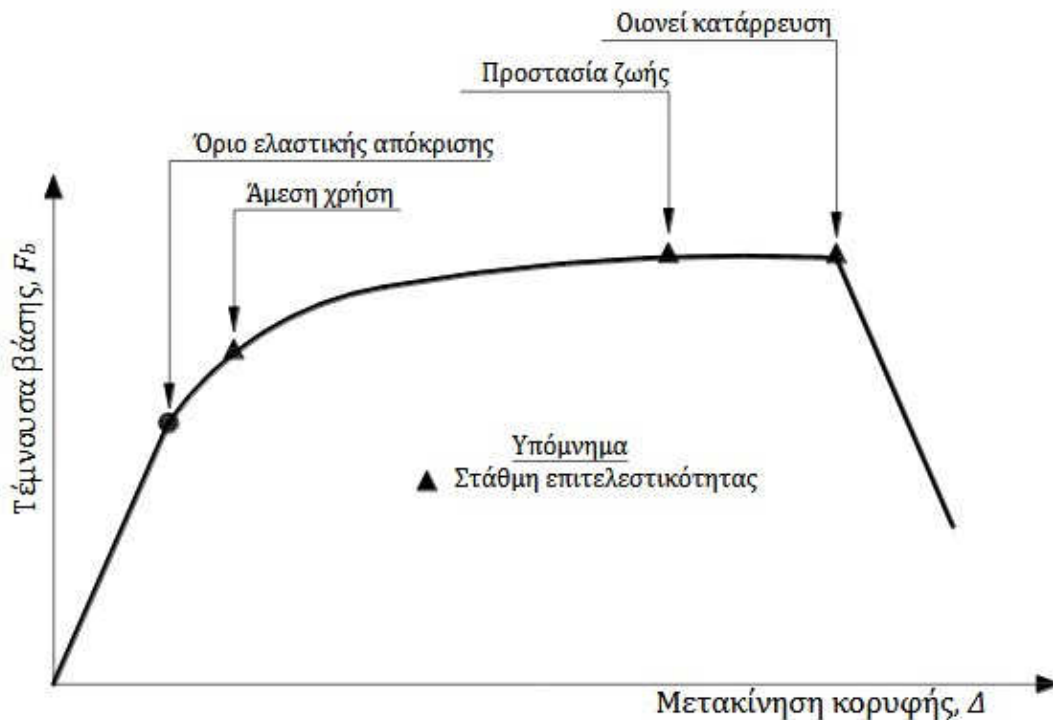
ΤΜΗΜΑ CD: Αντιπροσωπεύει την απομένουσα ικανότητα του στοιχείου. Η ικανότητα ενός μέλους να παραλάβει σεισμικά φορτία μειώνεται σημαντικά μετά την παραμόρφωση αστοχίας αλλά δεν μηδενίζεται. Για το λόγο αυτό το στοιχείο συνεχίζει να παραλαμβάνει κατακόρυφα φορτία.

ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ: Στην καμπύλη F-δ με βάση τις αντιστοιχες παραμορφώσεις, ορίζονται οι στάθμες επιτελεστικότητας. Στο σημείο E του παραπάνω σχήματος αντιστοιχεί στη σταθμη επιτελεστικότητας η προστασία ζωής. Ο ορισμός των σημείων E εξαρτάται από το είδος του στοιχείου (δοκοί, υποστηλώματα) αλλά και τον τρόπο αστοχίας (πλάστιμη, ψαθυρή).

3.4.3 ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφεται η καμπύλη ικανότητας της υφιστάμενης κατασκευής, όπου πάνω της είναι τοποθετημένα όλα τα σημεία που αντιστοιχούν στις συνολικές στάθμες επιτελεστικότητας του κτιρίου. Η τοποθέτηση των σημείων αυτών εξαρτάται από τον ίδιο το μηχανικό, ο οποίος πρέπει να αξιολογεί τη σημασία της εμφάνισης βλαβών στο σύνολο της κατασκευής. Αυτό συμβαίνει, διότι, η κατασκευή αποτελείται από πολλά στοιχεία και ένα μικρό ποσοστό αυτών μπορεί να

χει περάσει κάποια στάθμη επιτελεστικότητας ,αλλά η κατασκευή να βρίσκεται κάτω απ την στάθμη.



ΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΚΑΜΠΥΛΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Οι επιμέρους φορείς του φέροντος οργανισμού ενός κτιρίου, καθώς και τα μεμονωμένα δομικά στοιχεία που επηρεάζουν την δυσκαμψία και την κατανομή της έντασης στο κτίριο διακρίνονται σε «κύρια» (πρωτεύοντα) και σε «δευτερεύοντα».

Τα «πρωτεύοντα» στοιχεία συμβάλουν στη αντοχή και στην ευστάθεια της κατασκευής, ενώ στα «δευτερεύοντα» στοιχεία αντιστοιχούν οι παραμορφώσεις και οι αναμενόμενες βλάβες. Γενικά οι βλάβες των δευτερευόντων στοιχείων είναι μεγαλύτερες από των πρωτευόντων. Να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός μεταξύ τους αναφέρεται και στον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 8.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

4.1 ΣΚΟΠΟΣ

Για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό ενός κτιρίου πρέπει να χρησιμοποιηθούν κάποιες μέθοδοι ανάλυσης. Σκοπός της ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις του κτιρίου, να αξιολογήσουμε την σεισμική απόκρισή του και αν χρειαστεί να γίνουν ενισχύσεις για την βελτίωση της συμπεριφοράς του.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- Ελαστική στατική ανάλυση με καθολικούς (q) και τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς.
- Ελαστική δυναμική ανάλυση με καθολικούς (q) ή τοπικούς (m) δείκτες συμπεριφοράς.
- Ανελαστική στατική ανάλυση &
- Ανελαστική δυναμική ανάλυση (ανάλυση χρονιστορίας)

4.2.1 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται όταν ικανοποιείται ένα σύνολο συνθηκών:

A)

- i) Για όλα τα κύρια στοιχεία προκύπτει το $\lambda \leq 2.5$ και για περισσότερα από αυτά το $\lambda \geq 2.5$. Έτσι το κτίριο είναι κανονικό μορφολογικά.

- ii) Σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις το κτίριο διαθέτει σύστημα ανάληψης σεισμικών δράσεων
- iii) Το κτίριο δεν παρουσιάζει ασύμμετρη κατανομή της μάζας ή της δυσκαμψίας σε μία τομή καθ' ύψος.
- iv) Το κτίριο σε κάτοψη δεν παρουσιάζει έντονη ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας(σε οποιονδήποτε όροφο).
- v) Η θεμελίωδεις ιδιοπερίοδος του κτιρίου Το είναι μικρότερη του $4T_c$.
- vi) Ο λόγος της οριζόντιας διάστασης ενός ορόφου προς την διάσταση ενός γειτονικού ορόφου είναι ≤ 1.5 .

B)

ι) Υπο την προϋπόθεση οτι δεν υπάρχουν ουσιώδης βλάβες και ανεξαρτήτως εάν ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες i, iii, iv, vη εφαρμογή της στατικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται για τους σκοπούς της αποτίμησης.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

- *Υπολογισμός ισοδύναμων στατικών φορτίων με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς:*

Αφού η ανάλυση γίνεται με τον καθολικό δείκτη συμπεριφοράς (q) που εκτιμάται σύμφωνα με το κεφάλαιο 4.6 του ΚΑΝ.ΕΠΕ (ενιαίος δείκτης συμπεριφοράς q), το συνολικό οριζόντιο φορτίο σε μια διεύθυνση του κτιρίου θα υπολογίζεται με βάση τον ΕΚ 8-1.

- *Υπολογισμος ισοδύναμων στατικών φορτίων με τη μέθοδο των τοπικών δεικτών πλαστιμότητας:*

Αφού η ανάλυση γίνεται με την μέθοδο των δεικτών πλαστιμότητας (m), η τέμνουσα σε κάθε διεύθυνση του κτιρίου θα υπολογίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσεγγίζονται σε επαρκή ακρίβεια οι μετακινήσεις.

Όταν όμως δεν μπορούμε να χουμε ακριβείς προσεγγίσεις τότε ο υπολογισμός της τέμνουσας γίνεται με τον παρακάτω τύπο:

$$V = C_I C_m S W$$

4.2.2 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

A) Το πεδίο εφαρμογής της ελαστικής δυναμικής μεθόδου ορίζεται από την ανύσωση $\lambda \leq 2.5$ (για όλα τα κύρια στοιχεία). Έτσι το κτίριο είναι κανονικό μορφολογικά.

B) Υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν ουσιώδης βλάβες και ανεξαρτήτως εάν ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες η εφαρμογή της δυναμικής ελαστικής μεθόδου επιτρέπεται για τους σκοπούς της αποτίμησης. Στην περίπτωση αυτή οι συντελεστές ασφαλείας προσομοιώματος αυξάνονται κατά 0.15 .

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

➤ *Τροποποίηση των απαιτούμενων μεθόδων:*

- α) Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο του καθολικού δείκτη συμπεριφοράς (q) οι παραμορφώσεις θα πολλαπλασιάζονται επι των συντελεστή συμπεριφοράς q .
- β) Εφόσον η ανάλυση γίνεται με τη μέθοδο των δεικτών πλαστιμότητας (m), όλα τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις που υπολογίζονται απο την ανάλυση θα αυξάνονται κατάλληλα ώστε να ληφθεί υποψη η επιρροή της ανελαστικής συμπεριφοράς των επιμέρους δομικών στοιχείων.
- γ) Τα εντατικά μεγέθη και οι παραμορφώσεις θα αυξάνονται ώστε να συνεκτιμάται η επιρροή της στρέψεως.

➤ *Διαφράγματα:*

Με τα διαφράγματα ελέγχεται η συνδυασμένη δράση των δυνάμεων. Οι δυνάμεις απο την δυναμική ανάλυση δεν επιτρέπεται να λαμβάνονται μικρότερες του 85% εκείνων που προκύπτουν απ τις διατάξεις ΕΚ 8-1. Τέλος, οι δυνάμεις λόγω ασυνεχειών στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων θα λαμβάνονται ίσες με της ελαστικές δυνάμεις.

4.2.3 ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της ανελαστικής στατικής ανάλυσης είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα δημιουργηθούν στα δομικά στοιχεία όταν το κτίριο θα επιρρεαστεί απο σεισμό για τον οποίο γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός.

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η ανελαστική στατική ανάλυση γίνεται σε κτίρια στα οποία η επιρροή των ιδιομορφών δεν είναι σημαντική. Όταν όμως η επιρροή αυτή είναι σημαντική επιτρέπεται να εφαρμόζεται η ανελαστική στατική ανάλυση σε συνδυασμό με μια δυναμική ελαστική ανάλυση.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

➤ *Διαφραγματα:*

Τα διαφράγματα θα ελέγχονται αντί της συνδυασμένης δράσης των οριζόντιων φορτίων που δημιουργούνται λόγω ασυνέχειας στη δυσκαμψία των κατακόρυφων στοιχείων πάνω και κάτω απ το διάφραγμα.

➤ *Στοχευόμενη μετακίνηση:*

Για να υπολογίσουμε την στοχευμένη μετακίνηση θα πρέπει να λάβουμε υπόψην όλους τους παράγοντες απο τους οποίους επηρεάζεται η μετακίνηση ενός ανελαστικά απομακρυνόμενου κτιρίου. Έτσι επιτρέπεται να γίνει θεώρηση της μετακίνησης ενός ελαστικού μονοβάθμιου συστήματος με ίση ιδιοπερίοδο με αυτή της θεμελιώδης ιδιοπεριόδου του κτιρίου. Πρέπει λοιπον να λάβουμε υπόψη:

α) Τη διαφορά ανελαστικής-ελαστικής μετακίνησης

β) Τη διαφορά της μετακίνησης του ανωτέρου μονοβάθμιου συστήματος και του κόμβου ελέγχου του κτιρίου.

γ) Τη διαφορά της μετακίνησης ενός ελαστοπλαστικού μονοβάθμιου συστήματος και ενός αντίστοιχου συστήματος με φθίνουσα δυσκαμψία.

δ) Και τέλος, την επιρροή των φαινομένων 2^{ης} τάξεως στη μετακίνηση.

4.2.4 ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Ο πολιτικός μηχανικός με την επαρκή εμπειρία του και εξειδίκευση είναι ο κατάλληλος για να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος.

ΒΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Τα μη-γραμμικά χαρακτηριστικά της σχέσεις έντασεις-παραμόρφώσεις των στοιχείων του κτιρίου συνεκτιμούνται απο το προσομοίωμα και υποβάλλονται σε σεισμική δράση υπο τη μορφή ιστορικού επιταχύνσεων. Τα εντατικά μεγέθη και οι μετακινήσεις(της μεθόδου) θα ελέγχονται με τις αντίστοιχες τιμές σχεδιασμού.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΝΤΑΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

Τα εντατικά μεγέθη και οι μετακινήσεις θα υπολογίζονται σύμφωνα με την προσομοίωση και την ανάλυση. Επίσης η συνεκτίμηση της στρέψης θα ορίζει την επιρροή των στρεπτικών φαινομένων. Τέλος, τα διαφράγματα θα ελέγχονται για τη συνδυασμένη δράση των δυνάμεων που προκύπτουν απ την δυναμική ανάλυση.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι απαιτήσεις προσομοιώσεις που ισχύουνε για την ανελαστική στατική ανάλυση ισχύουν και για την ανελαστική δυναμική ανάλυση, όμως με

εξαίρεση της διατάξεις για τον κόμβο ελέγχου και τη στοχευμένη μετακίνηση.

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Στην ανελαστική δυναμική ανάλυση, η σεισμική δράση εισάγεται υπο την μορφή ιστορικού επιταχύνσεων βάσεως.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΟΝΟΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ

Στη ανελαστική δυναμική ανάλυση, η χρονοιστορία της απόκρισης θα υπολογίζεται για οριζόντιες επιταχύνσεις βάσεως εισαγόμενες με βάση τη σεισμική δράση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

5.1 ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ

Η «ενίσχυση» είναι μια διαδικασία επέμβασης σε μια κατασκευή η οποία αυξάνει τη φέρουσα ικανότητα του φορέα σε μεγαλύτερο επίπεδο απο το αρχικό. Η επέμβαση αυτή μπορεί να γίνει είτε με προσθήκη καινούριων στοιχείων ανάληψης της σεισμικής έντασης είτε απλά μέσω ενίσχυσης αυτών. Όταν μια κατασκευή έχει υποστεί πολλαπλές και βαριές βλάβες, η επέμβαση πρέπει να επικεντρωθεί στην ενίσχυση αυτής. Μια κατασκευή μπορεί να ενισχυθεί συνολικά ή να ενισχυθούνε μόνο τα στοιχεία που θεωρούνται αδύναμα.

5.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΥΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Συνήθως τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση, είναι ο χάλυβας και το σκυρόδεμα. Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται ως συμβατικά διότι έχουν κατα κύριο λόγο μακροχρόνια εφαρμογή στην πράξη.

Επιπρόσθετα, κατασκευές που έχουν υποστεί βλάβες λόγω σεισμού και ενισχύθηκαν με τους παραδοσιακούς τρόπους(σκυρόδεμα,χάλυβας) συμπεριφέρθηκαν εξαιρετικά σε επόμενους σεισμούς. Για το λόγω αυτό, οι παραδοσιακές μέθοδοι ενίσχυσης θεωρούνται εξαιρετικά αξιόπιστες.

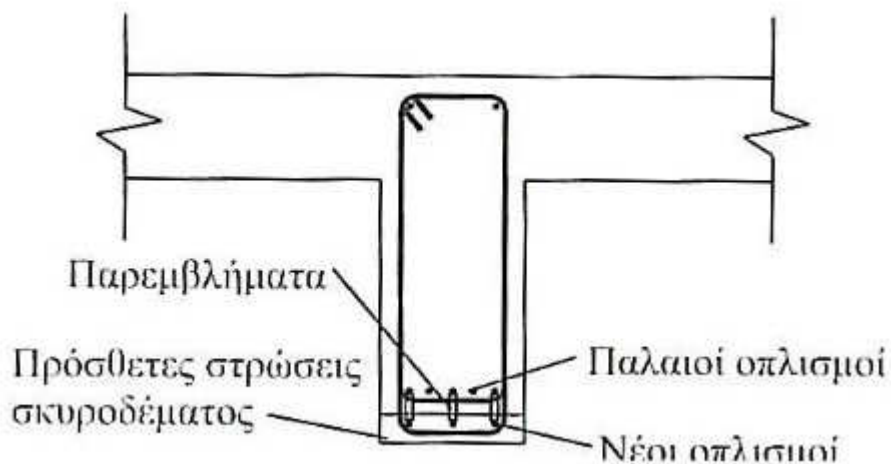
5.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ

5.3.1 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ ΜΕ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Όταν δεν πληρούνται τα κριτήρια σχεδιασμού της αντοχής μιας δοκού σε κάμψη, είναι απαραίτητη η ενίσχυση του εφελκόμενου πέλματος με νέους διαμήκης οπλισμούς που επενδύονται εξωτερικά με σκυρόδεμα

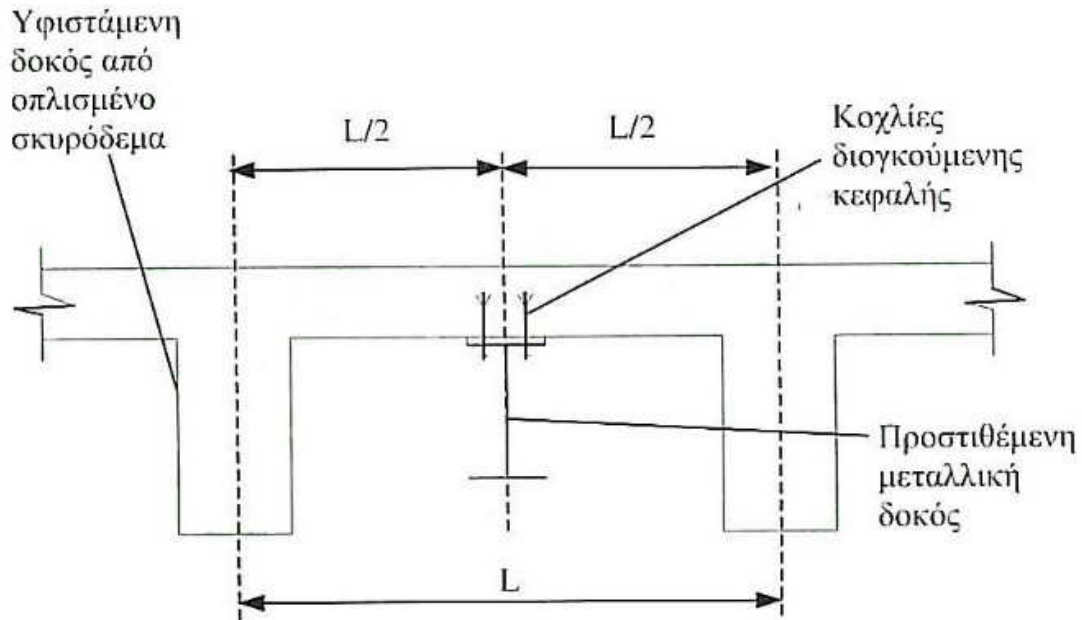
GUNITE. Το πάχος του εκτοξευόμενου σκυροδέματος είναι 7-10 cm. Όμως πριν την εφαρμογή αυτής της μεθόδου πρέπει να γίνει αποφόρτιση της ενισχυόμενης δοκού. Ο υπάρχον οπλισμός και ο νέος συνδέονται με παρεμβλήματα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Η μέθοδος αυτή με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα(GUNITE) παρουσιάζει μειονέκτημα διότι υπόκειται σε συστολή ξήρανσης μέχρι να αναλάβει πλήρως την αντοχή του. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, επειδή τα δυο στοιχεία αυτά συνδέονται μεταξύ τους και αποτελούνε ενιαία διατομή, η συστολή ξήρανσης παρεμποδίζεται, έτσι αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις. Εφόσον οι τάσεις είναι μεγάλες μπορεί να αποτελέσουν αιτία ρηγμάτωσης του προστιθέμενου στοιχείου(GUNITE). Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα πρέπει να τοποθετηθούνε στο σκυρόδεμα χημικά πρόσθετα.

5.3.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΝΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ

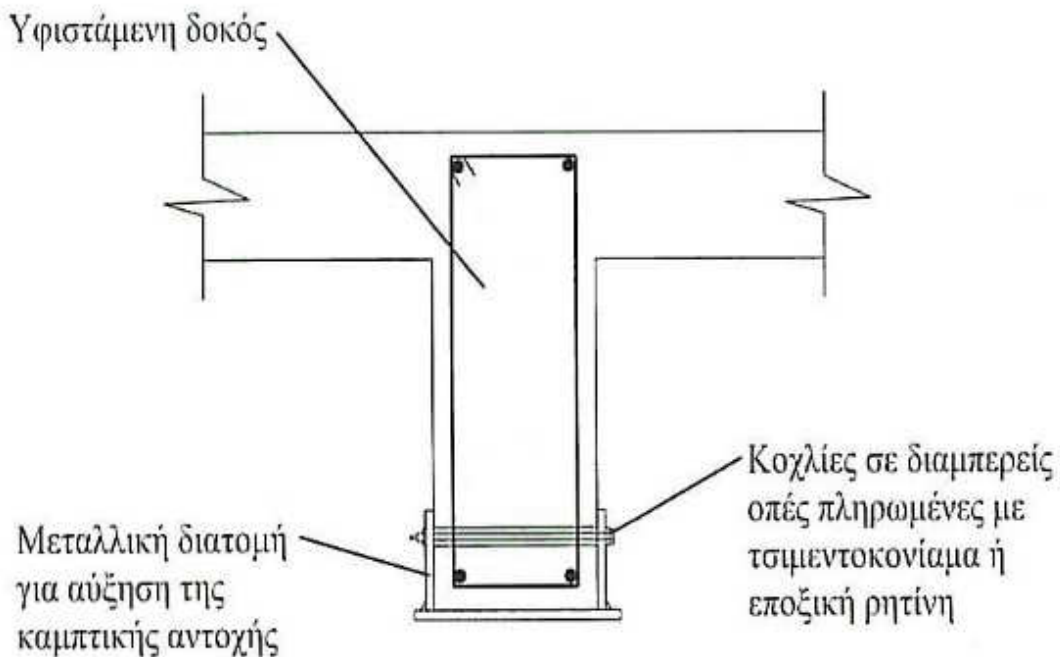
ΜΕΛΩΝ



Η προσθήκη νέων μεταλλικών μελών αποτελεί μια αποδοτική και οικονομική μέθοδο. Το πλεονέκτημα της τοποθέτησης των μεταλλικών μελών στο μεσοδιάστημα μεταξύ των δοκών είναι η μείωση του ανοιγματος της πλάκας στο μισό, οπότε αυξάνεται σημαντικά η φέρουσα ικανότητα της πλάκας και του συστήματος των δοκών.

Τα μέλη αυτά καλύτερα πρέπει να είναι απο δομικό χάλυβα αντί για σκυρόδεμα, για ευκολία και ταχύτητα. Όπως καταλαβαίνει κανείς η κατασκευή νέων δοκών απο σκυρόδεμα απαιτεί την κατασκευή ξυλοτύπου και υποστήλωση, ενώ η σκυροδέτηση τους είναι δύσκολη λόγω της υφιστάμενης πλάκας.

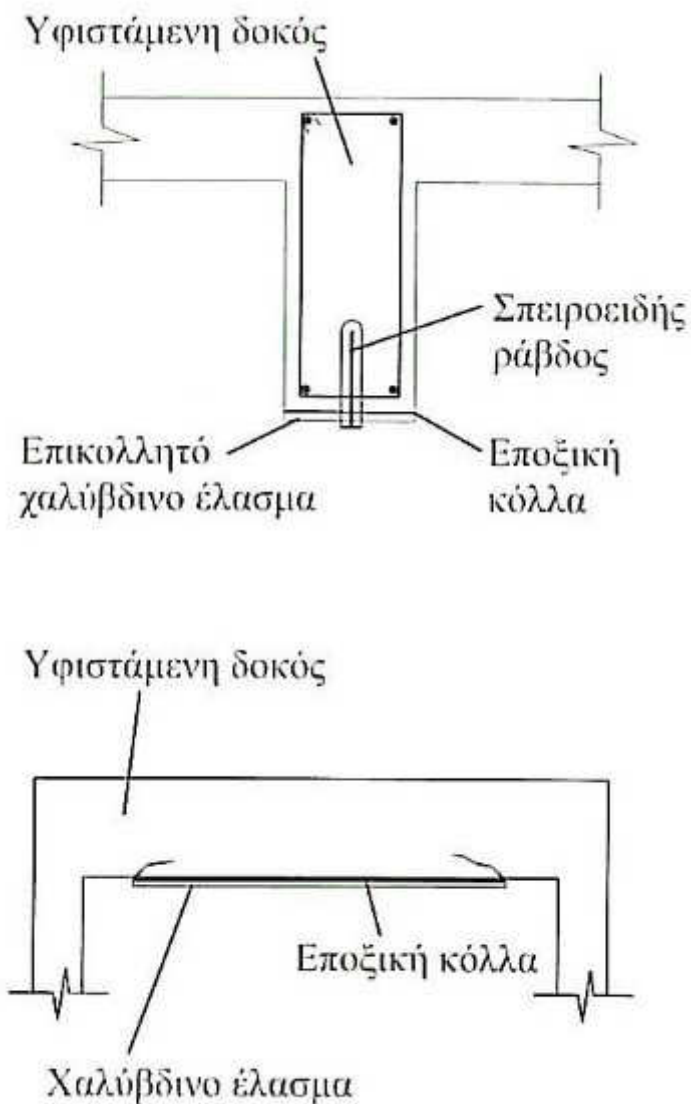
5.3.3 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΟΧΛΙΩΜΕΝΟΥ ΕΦΕΛΚΥΟΜΕΝΟΥ ΟΠΛΙΣΜΟΥ



Όταν δεν επαρκεί η καμπτική αντοχή της υφιστάμενης δοκού μπορεί να ενισχυθεί με την προσθήκη χαλύβδινων ελασμάτων.

5.3.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΚΟΛΛΗΤΩΝ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ

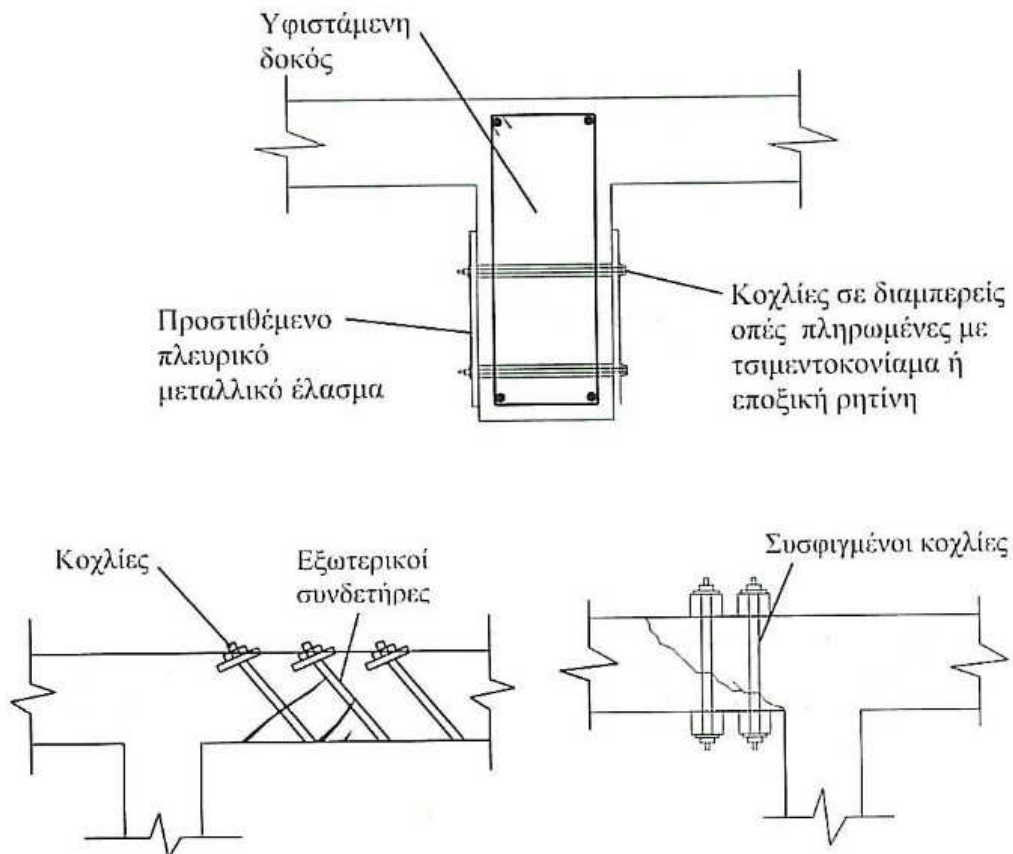
Τα χαλύβδινα ελάσματα αντί να συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίες μπορούν να επικολληθούν στην επιφάνεια του σκυροδέματος με χρήση εποξικής κόλλας ώστε να αυξήσουν την καμπτική αντοχή της δοκού.



Το μειονέκτημα της ενίσχυσης δοκών με επικολητά χαλυβδόφυλλα είναι ο κίνδυνος διάβρωσης του χάλυβα στην περιοχή της διεπιφάνειας με το σκυρόδεμα. Η επικάλυψη του ελάσματος με ειδική αντιδιαβρωτική βαφή συναποτελεί την καλύτερη λύση λόγω της πιθανής αλληλεπίδρασης της με την εποξική κόλλα.

5.3.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΣΕ ΔΙΑΤΜΗΣΗ

Η προσθήκη νέων χαλύβδινων συνδετήρων που περισφίγγουν εξωτερικά τη δοκό είναι μία μέθοδος για την αύξηση της διατμητικής αντοχής της.



5.3.6 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΔΟΚΩΝ ΜΕ ΜΑΝΔΥΕΣ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Η τεχνική της κατασκευής μανδύων αποτελεί τη συνηθέστερη και πιο αποτελεσματική μέθοδο ενίσχυσης δοκών όταν θέλουμε να πετύχουμε αύξηση τόσο της καμπτικής, όσο και της διατμητικής τους αντοχής. Για τη δημιουργία του μανδύα χρησιμοποιείται έγχυτο ή σκυρόδεμα GUNITE. Τέλος πριν τη σκυροδέτηση τοποθετούνται νέοι διαμήκιοι οπλισμοί στην εφελκόμενη παρειά και νέοι συνδετήρες περιμετρικά του στοιχείου.

5.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ

Όταν τα στοιχεία καλούνται να παραλάβουν φορτία που υπερβαίνουν τη διαθέσιμη αντοχή τους, έρχεται η ανάγκη της ενίσχυσης των υφιστάμενων υποστηλωμάτων. Συνήθες φαινόμενο ενίσχυσης υποστηλωμάτων είναι στην προσθήκη ορόφων σε υπάρχουσα κατασκευή.

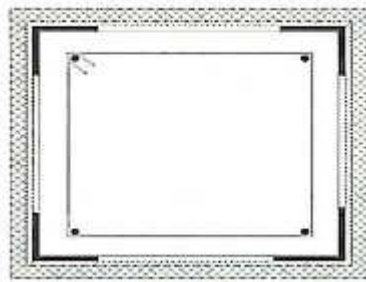
5.4.1 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Η αύξηση της διατομής με κατασκευή μανδύα απο αποπλισμένο σκυρόδεμα αποτελεί την συνηθέστερη μέθοδο ενίσχυσης των υφιστάμενων υποστηλωμάτων. Ανάλογα με το είδος του σκυροδέματος, τα είδη μανδυών χωρίζονται ως εξής:

- Μανδύες από έγχυτο σκυρόδεμα.
- Μανδύες από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα(GUNITE).
- Μανδύες απο σκυροτσιμεντόπηγμα.
- Μανδύες απο ειδικά σκυροδέματα.

5.4.2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΥΠΟΣΤΗΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΣΦΙΓΞΗ

Για την εξωτερική περίσφιγξη, χωρίς όμως να αυξηθεί η διατομή, χρησιμοποιούνται επικολλητές χαλύβδινες διατομές. Η πιο γνωστή τεχνική είναι η χρήση μεταλλικού κλωβού, ο οποίος δημιουργείται με την προσαρμογή τεσσάρων μεταλλικών γωνιών στην κορυφή του υποστηλώματος.



5.5 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

5.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον τομέα της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια ραγδαία άνοδος η οποία έφερε στην επιφάνεια πολλά νέα προϊόντα που μπορεί να βοηθήσει τον πολιτικό μηχανικό να κάνει καλύτερα τη δουλεία του. Κάποια από τα προϊόντα αυτά είναι τα υλικά από ινοπλισμένα πολυμερή, τα οποία αποτελούνται από ινώδη οπλισμένα πολυμερή εμποτισμένα με ειδικές εποξικές ρητίνες.

Τα τελευταία είκοσι χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλές εφαρμογές σύνθετων υλικών από ινοπλισμένα πολυμερή για την όπλιση και την προένταση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, την ενίσχυση κτιρίων, γεφυρών μετά από σεισμό κλπ.

Επίσης η εφαρμογή των σύνθετων υλικών έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της διατμητικής, αξονικής και καμπτικής αντοχής του μέλους στο οποίο εφαρμόζεται. Η εξωτερική ενίσχυση με μανδύα από ινοπλισμένα πολυμερή είναι χρήσιμο σε πολλές εφαρμογές. Κάποιες χρήσεις είναι οι εξής:

- Η ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής.
- Έλεγχος ρηγματώσεων και συρραφή ρωγμών. Αυτή η εφαρμογή χρησιμοποιείται στα μνημεία, σε αρχαιολογικά και ιστορικά κτίσματα.

- Παθητική περίσφιγξη για βελτιστοποίηση της ικανότητας ανάληψης φορτίων.

Η χρήση των σύνθετων υλικών έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους που αναφέρθηκαν στο κεφάλαιο 5.2. Αρχικά στα σύνθετα υλικά απαιτείται μικρή προετοιμασία στο εργοτάξιο. Η εφαρμογή τους είναι απλή και η τοποθέτησή του είναι δυνατή ακόμα και σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει επαρκής χώρος εργασίας. Επίσης το κόστος τους είναι παρόμοιο με αυτό των παραδοσιακών μεθόδων και τα υλικά αυτά μπορούν να επιχριστούν και να χρωματιστούν με βάση τις αισθητικές απαιτήσεις του έργου.

5.5.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

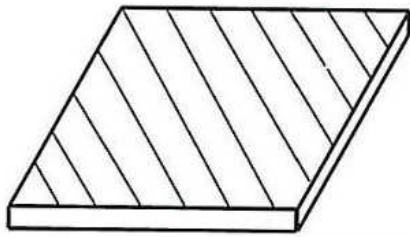
Τα σύνθετα υλικά από ινοπλισμένα πολυμερή εμπεριέχουν ίνες υψηλής αντοχής με υψηλό μέτρο ελαστικότητας και βρίσκονται σε παχύρρευστη σκληρυμένη μήτρα. Στη μορφή αυτή τόσο οι ίνες, όσο και η μήτρα διατηρούν τις φυσικές και χημικές τους ιδιότητες.

Με τη συγκόλληση των ινών πάνω στο μαλακότερο υλικό της μήτρας έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνθετο υλικό ινοπλισμένου πολυμερούς με καλύτερες ιδιότητες στη διεύθυνση των ινών.

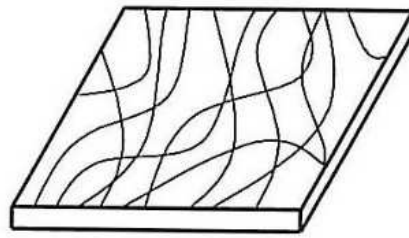
Ανάλογα λοιπόν με το συνδυασμό των υλικών, τα σύνθετα υλικά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Σύνθετα υλικά ινών αποτελούμενα από ίνες εμποτισμένες σε ρητίνη ή μη.
- Σύνθετα υλικά στρωμάτων αποτελούμενα από επίπεδα διαφόρων υλικών.
- Σύνθετα υλικά σωματιδίων αποτελούμενα από σωματίδια διαφόρων υλικών σε ένα σώμα.

Σύμφωνα με τον προσανατολισμό των ινών υπάρχουν δυο κατηγορίες σύνθετων υλικών ινών:

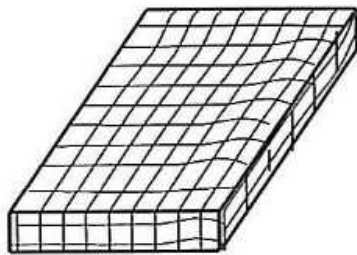


1. Προσανατολισμένο σύνθετο υλικό

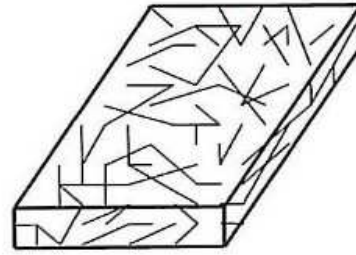


2. Μη προσανατολισμένο σύνθετο υλικό

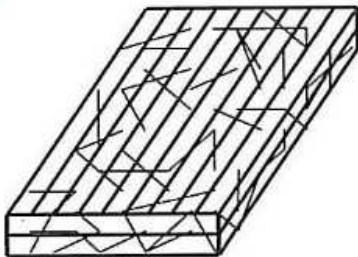
Οι ίνες των σύνθετων υλικών τοποθετούνται με διάφορους τρόπους με βάση τις ανάγκες κάθε κατασκευής. Κάποιοι τρόποι φαίνονται στις εικόνες παρακάτω:



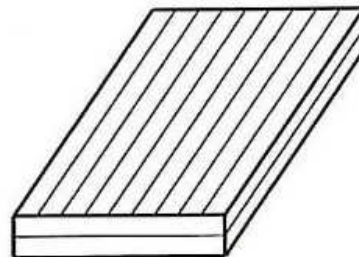
1. Σύνθετο υλικό πλεκτών ινών



2. Σύνθετο υλικό ασυνεχών ινών



3. Υβριδικό σύνθετο υλικό



4. Σύνθετο υλικό συνεχών ινών

5.5.3 ΥΛΙΚΑ ΙΝΩΝ

Οι τρεις επικρατέστεροι τύποι ινών που τοποθετούνται σε σύνθετα υλικά ινοπλισμένων πολυμερών είναι τα:

ΥΑΛΟΝΗΜΑΤΑ

Τα υαλονήματα εμφανίστηκαν στο εμπόριο το 1939 και παράγονται από υαλό που τίκτεται. Ο ύαλος δεν παράγει πλήρως κρυσταλλική δομή αλλά ούτε και ιδιότητες ρευστού. Υπάρχουν στο εμπόριο έξι τύποι υαλονημάτων αλλά για την ενίσχυση κατασκευών χρησιμοποιούνται οι ύαλος-Ε και ύαλος-S.

ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ

Τα ανθρακονήματα πρωτοεμφανίστηκαν στο εμπόριο το 1950. Ο άνθρακας παράγεται από πολυακρυλονιτρίλιο και πίσσα όπου γίνεται πυρόλυση σε υψηλή θερμοκρασία της τάξεως των 3000°C. Λόγω της πυρόλυσης απομακρύνονται διάφορες ενώσεις κυανίου και άτομα υδρογόνου. Στη συνέχεια σχηματίζονται κρυσταλλικά φύλλα άνθρακα και εκτείνονται ώστε να προσανατολιστούν παράλληλα προς τον άξονα της ίνας, έτσι λοιπόν οι κρύσταλλοι στερεοποιούνται στην καλύτερη δυνατή διάταξη. Η εφελκυστική αντοχή των ινών άνθρακα κυμαίνεται από 2100MPa έως 6800MPa αλλά συνήθως δεν ξεπερνάει τα 3500 MPa.

ΙΝΕΣ ΠΟΛΥΑΡΑΜΙΔΗΣ

Οι ίνες πολυαραμίδης γνωστές και ως KEVLAR κυκλοφόρησαν στο εμπόριο το 1970. Τα σύνθετα υλικά από αυτές τις ίνες δεν χρησιμοποιούνται το ίδιο σε σχέση με τα υαλονήματα και τα ανθρακονήματα. Οι ίνες πολυαραμίδης βοηθάνε στην θωράκιση κατασκευών από τα κρουστικά φορτία. Οι ίνες αυτής της κατηγορίας έχουν εφελκυστική αντοχή από 3500 MPa έως 4100 MPa και μέτρο

ελαστικότητας 175 GPa. Επιπλέον οι ίνες αυτές έχουν μεγάλη αντοχή σε κόπωση και τριβή και είναι ανθεκτικές στους διαλύτες με εξαίρεση τα ισχυρά οξέα και τις βάσεις. Η θλιπτική τους αντοχή είναι σημαντικά μικρότερη από την εφελκιστική ($\leq 20\%$) και παρουσιάζουν ερπυστικές παραμορφώσεις.

Εκτός από τις παραπάνω κατηγορίες (υαλονήματα, ανθρακονήματα, ίνες πολυαραμίδης) υπάρχουν και άλλοι τύποι ινών, όπως:

- Ίνες γραφίτη → παράγονται όπως και οι ίνες άνθρακα με πυρόλυση και περιέχουνε τουλάχιστον 90% άνθρακα.
- Ίνες βορίου → έχουν τη μεγαλύτερη διάμετρο (0.05-0.2 mm) σε σχέση με τις άλλες ίνες. Επίσης έχουν μεγαλύτερη αντοχή και ακαμψία από τις ίνες γραφίτη.
- Ίνες από καρβίδιο του πυριτίου → είναι πολύ ανθεκτικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ & ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον κανονισμό επεμβάσεων του 2012, σκοπός της αποτίμησης υφιστάμενου δομήματος είναι η εκτίμηση της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας των ελάχιστων υποχρεωτικών αποκλήσεων που επιβάλλονται από τους ισχύοντες κανονισμούς.(§2.1.1).

Στην αποτίμηση υφιστάμενων δομημάτων ακολουθούνται βήματα της συλλογής στοιχείων(από έρευνα του ιστορικού του δομήματος), της ανάλυσής του και του ελέγχου των οριακών καταστάσεων.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΔΟΜΗΜΑΤΟΣ

Η υφιστάμενη κατασκευή βρίσκεται στην περιοχή της Καρδίτσας με ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II ($A=0.24g$). Αποτελείται από το ισόγειο ($130\mu^2$) και τον πρώτο όροφο ($121\mu^2$). Είναι μια πλαισιακή κατασκευή από οπλισμένο σκυρόδεμα. Εν συνεχεία, χρησιμοποιήθηκε σκυρόδεμα C20/25, ενώ ο χάλυβας οπλισμού των δοκών και των υποστηλωμάτων είναι ποιότητας S500. Οι συνδετήρες των δοκών είναι $\Phi 10/14$ και των υποστηλωμάτων $\Phi 8/10$. Στο δόμημα αυτό υπάρχει προοπτική προσθήκης επιπλέον ορόφων, ενώ δεν παρατηρούνται άλλες προσθήκες που μπορεί να έγιναν αυθαίρετα. Από έλεγχο του κτιρίου παρατηρείται ότι δεν εμφανίζονται κάποιες βλάβες. Επομένως καλύπτεται το συγκεκριμένο δόμημα από τον κανονισμό(διότι ικανοποιεί την §1.2.1 [δομήματα χωρίς βλάβες] του ΚΑΝ.ΕΠΕ).

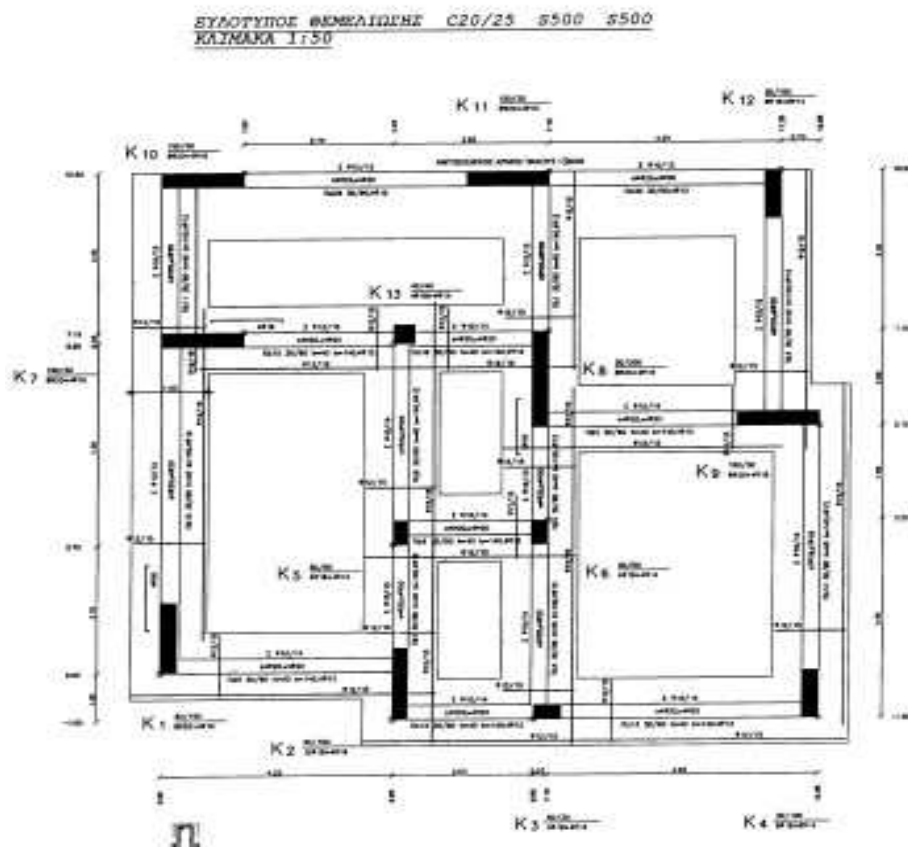
6.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΦΕΡΟΝΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Το μοντέλο που σχεδιάστηκε στο SCADAPRO16 έχει τέσσερις στάθμες:

- Στάθμη θεμελίωσης.
- Στάθμη ισογείου.
- Στάθμη πρώτου ορόφου.
- Στάθμη νέου (προσθήκης) ορόφου.

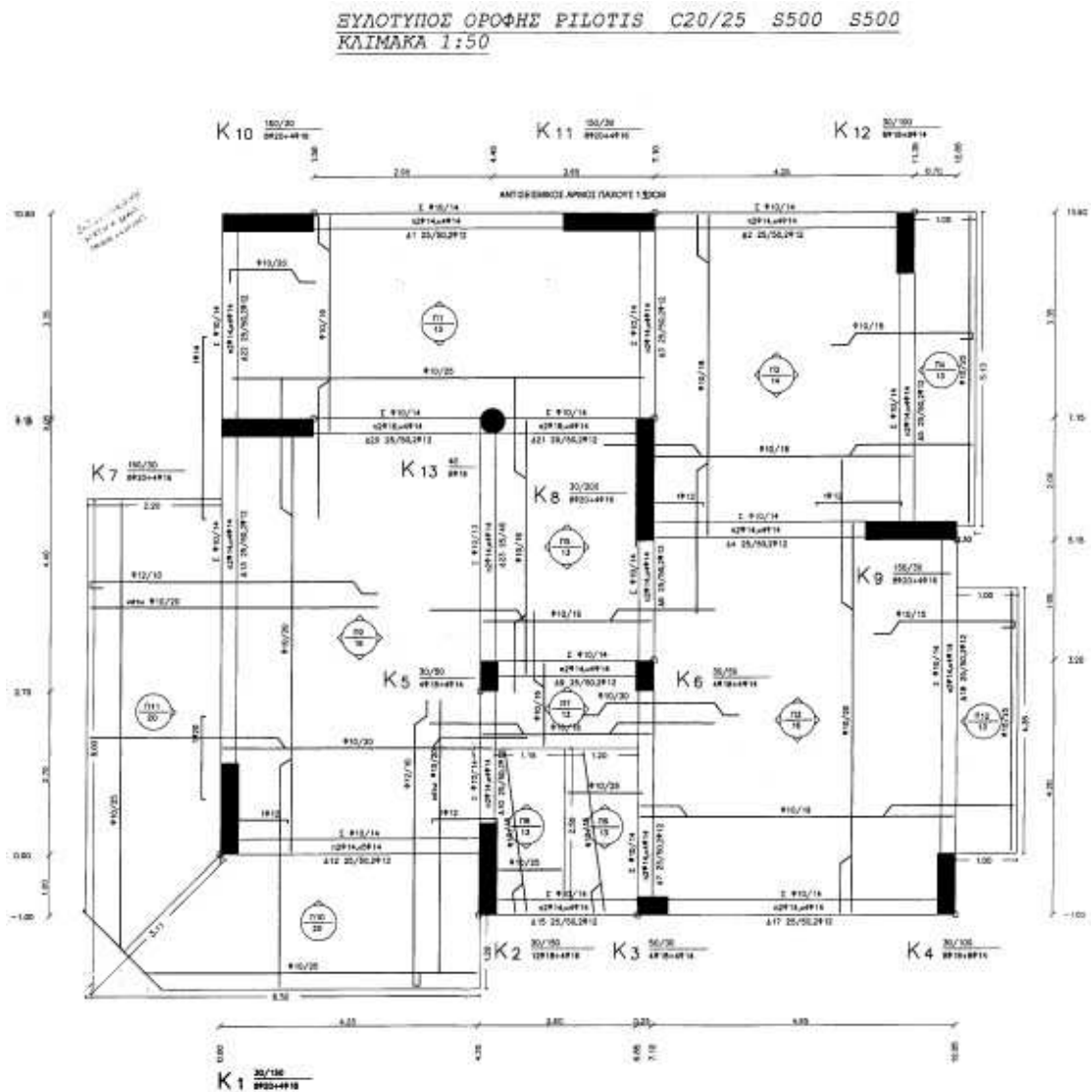
Στις ελαστικές και στις ανελαστικές αναλύσεις έγινε η παραδοχή σταθερού και ίσου με 5% λόγω της απόσβεσης, ενώ ο έλεγχος επιρροών των φαινομένων δευτέρας τάξεως δεν πραγματοποιείται εξαιτίας της τιμής του δείκτη ευαισθησίας μετακίνησης ορόφου ($\Theta \leq 1$).

6.2.1 ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

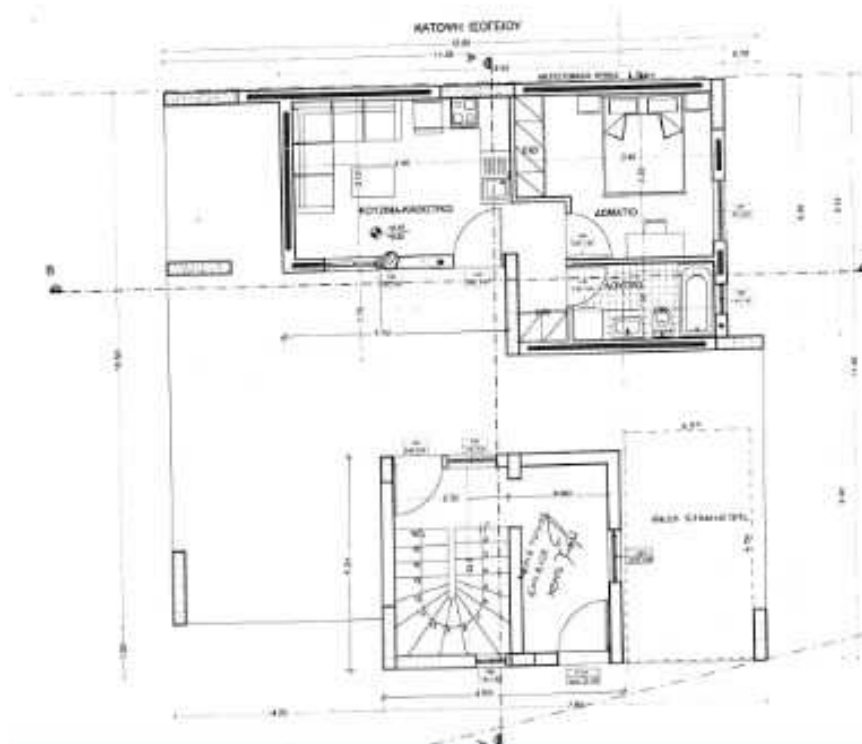


ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΛΟΤΥΠΟΥ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

6.2.2 ΣΤΑΘΜΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

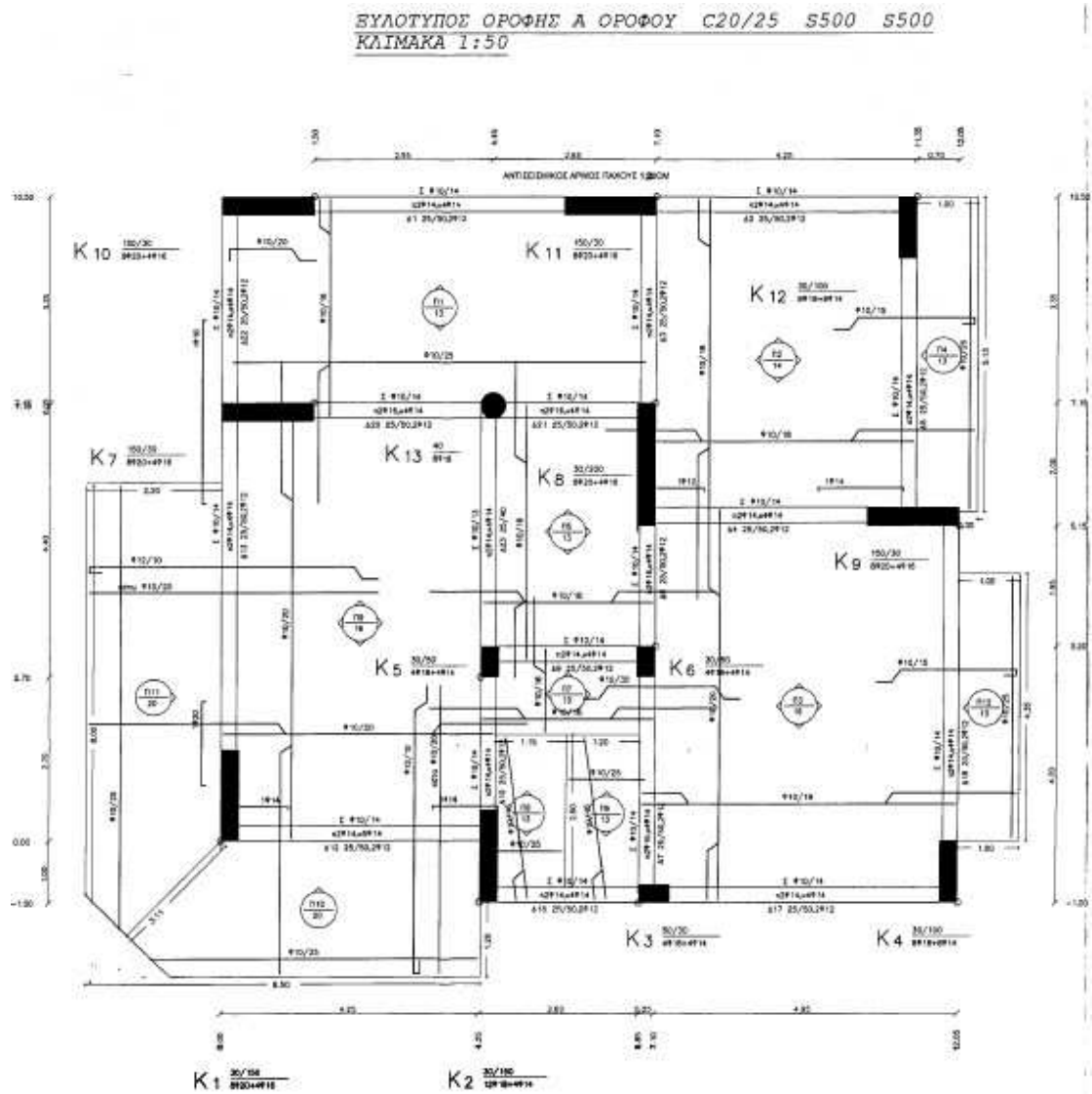


ΣΧΕΔΙΟ ΕΥΛΟΤΥΠΟΥ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

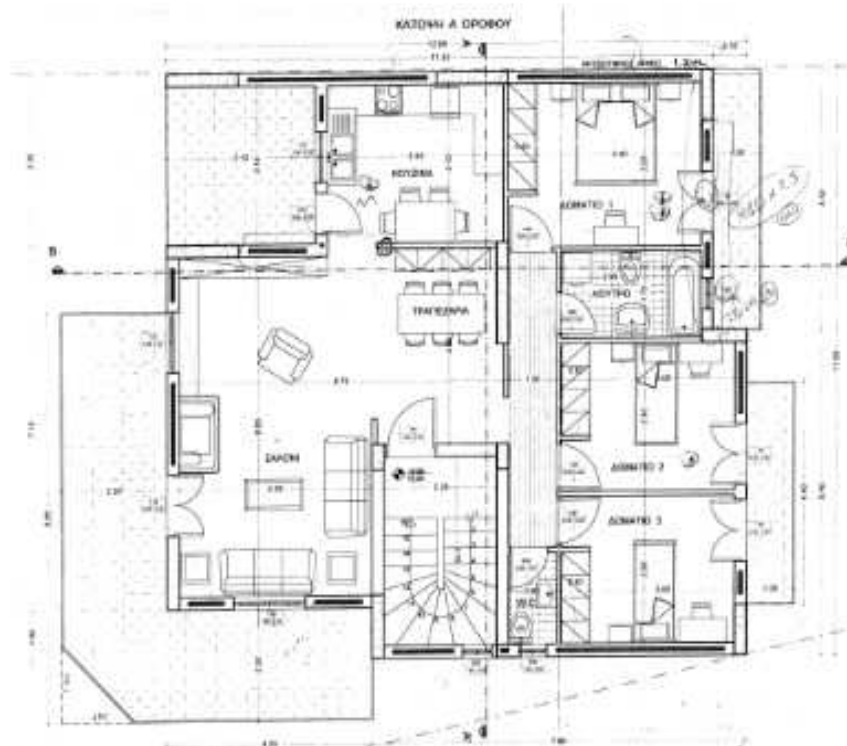


ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΚΑΤΟΨΗΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

6.2.3 ΣΤΑΘΜΗ ΠΡΩΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ



ΣΧΕΔΙΟ ΕΥΛΟΤΥΠΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ



ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΡΩΤΟΥ ΟΡΟΦΟΥ

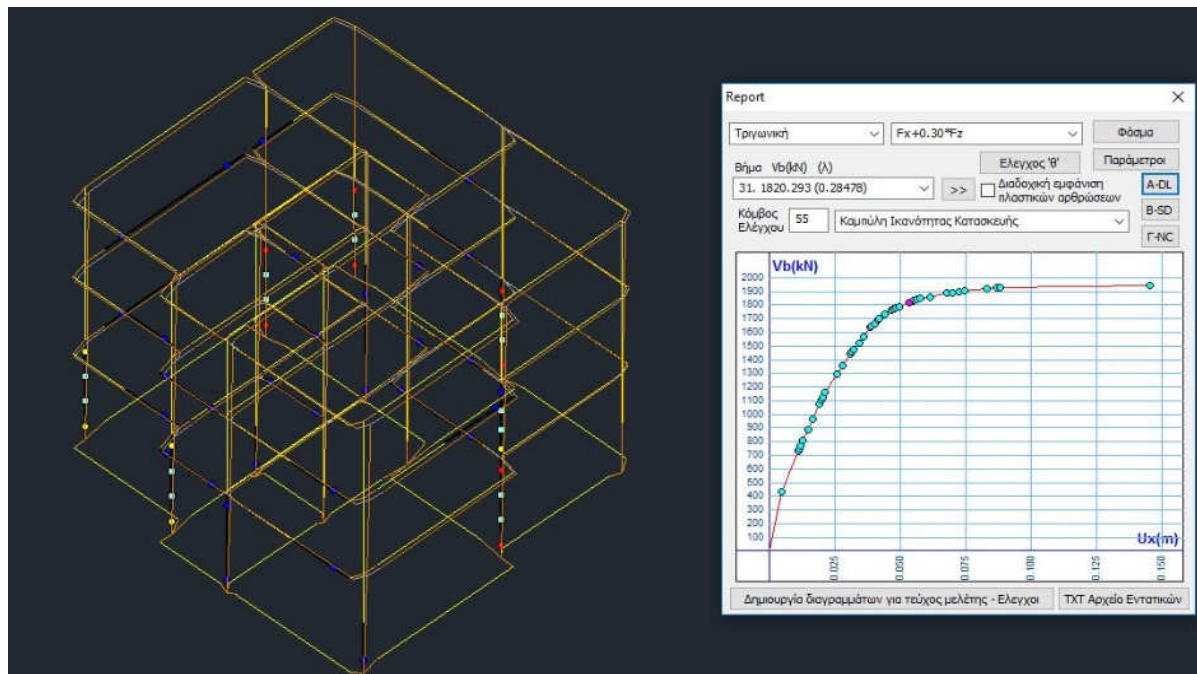
6.3 ΑΝΑΛΥΣΗ

6.3.1 PUSHOVERΑΝΑΛΥΣΗ

Ο προστιθέμενος όροφος της υφιστάμενης κατασκευής κατά την εφαρμογή της pushoverανάλυσης εξωθείτε με μία αυξανόμενη πλευρική φόρτιση με αποτέλεσμα τη δημιουργία του διαγράμματος αντοχής του υφιστάμενου κτιρίου.

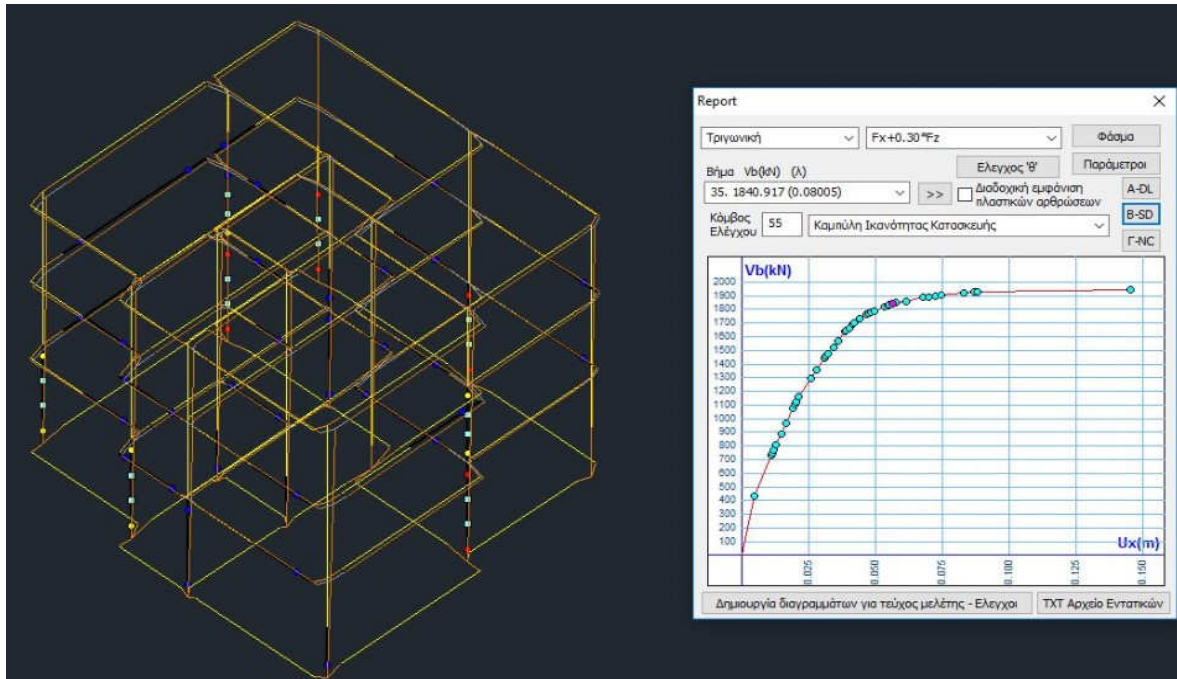
Εν συνεχεία εμφανίζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα – καταπονήσεις που παρουσιάζονται στην υφιστάμενη κατασκευή και στις τρεις στάθμες επιτελεστικότητας. Επειδή τα αποτελέσματα είναι πανομοιότυπα, ως είδος ανάλυσης επιλέχθηκε η τριγωνική κατανομή του $F_x + 0.30 \cdot F_z$.

6.3.2 PUSHOVER ΑΝΑΛΥΣΗ Α' ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



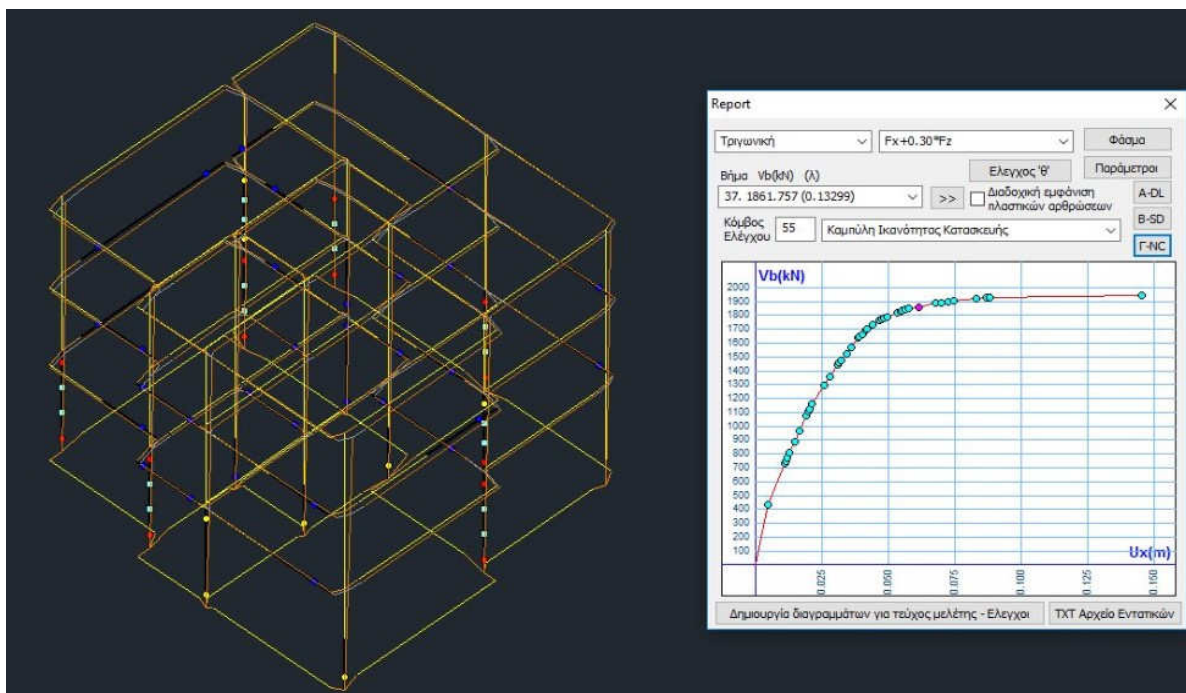
Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30 F_z$)

6.3.3 PUSHOVER ΑΝΑΛΥΣΗ Β' ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



B ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30F_z$)

6.3.4 PUSHΟΒΕΡΑΛΛΑΝΥΣΗ Γ' ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

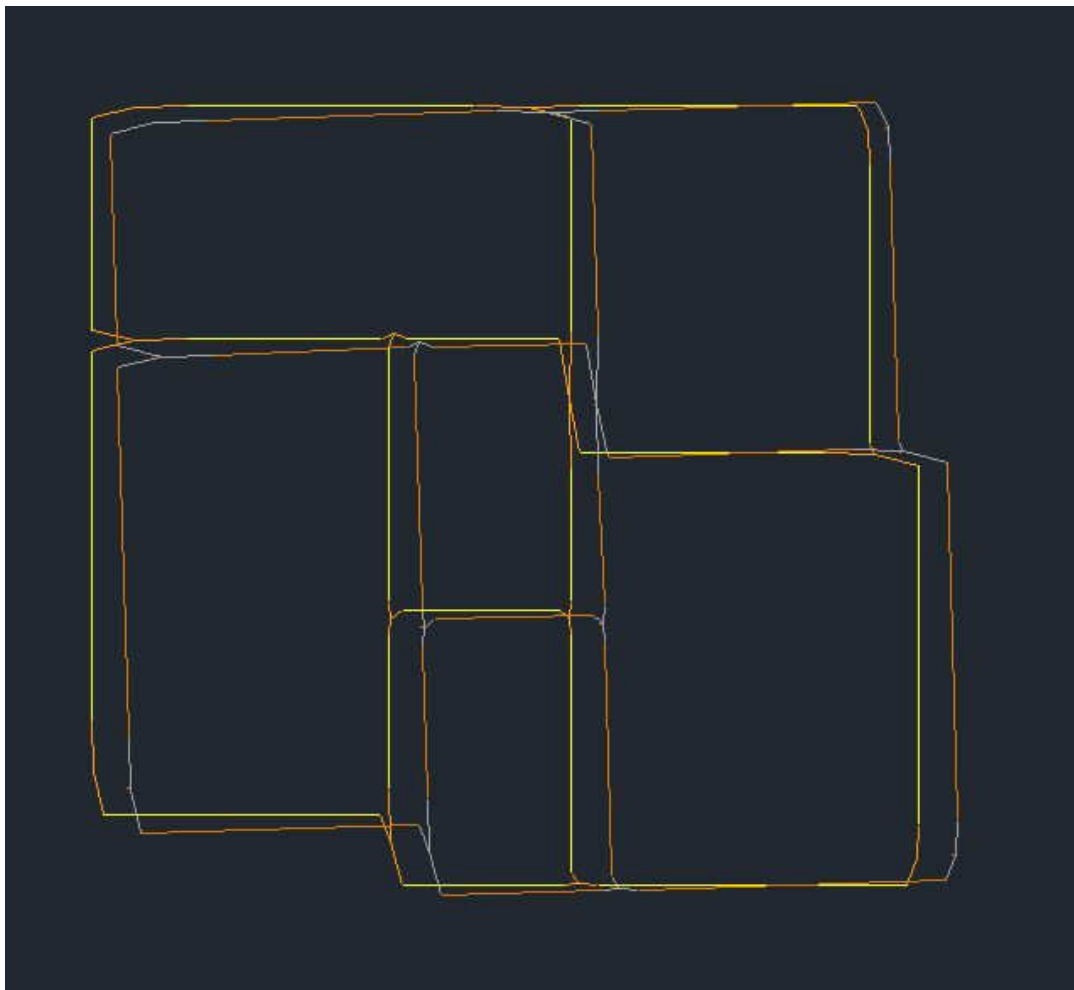


Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30F_z$)

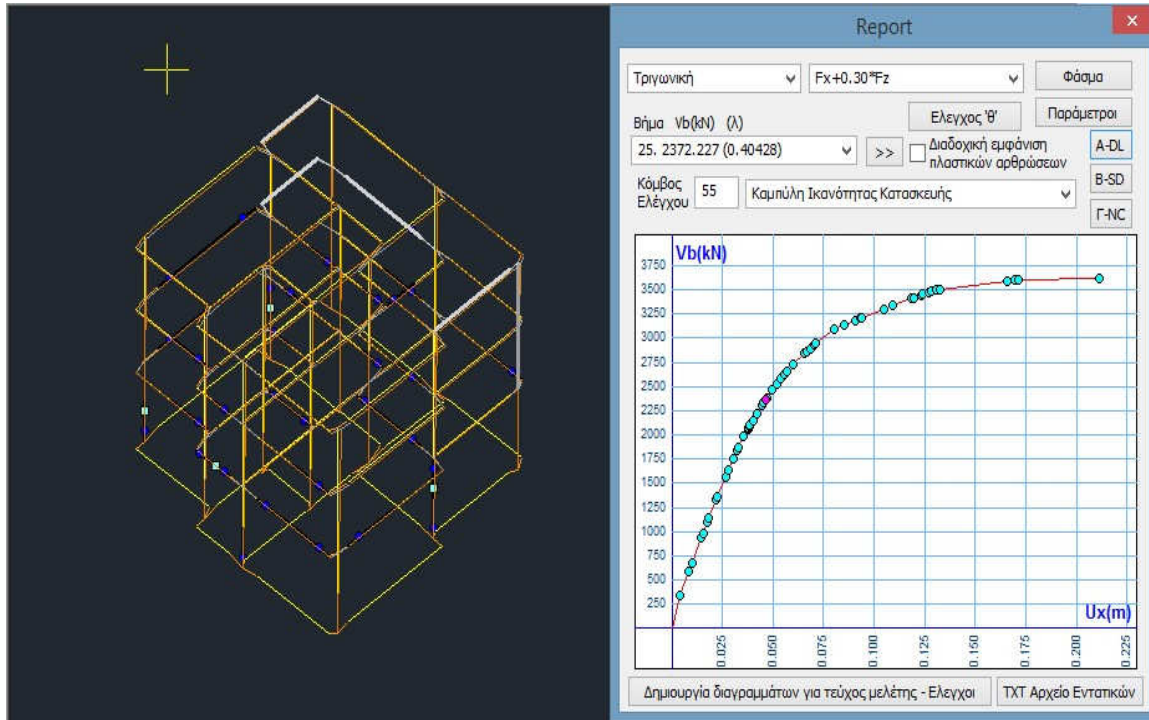
6.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Με βάση τα αρχικά αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι το σημείο στροφής δεν είναι κοντά στο κέντρο βάρους του ορόφου του κτιρίου. Η λάθος θέση της στροφής αφείλεται στην κακή κατανομή της δυσκαμψίας στην κάτοψη του κτιρίου. Αυτό σημαίνει ότι τα υποστήλωματα δεν ήταν ομοιόμορφα κατανομημένα. Έτσι αποφασίστηκε να αυξηθεί το υποστήλωμα Νο12 από 30/50 σε 30/150, ώστε ο φορέας να έχει καλύτερη συμπεριφορά στην στρέψη. Να σημειωθεί ότι η στρέψη αυτή δεν είναι επιβαρυντική για το συγκεκριμένο υποστήλωμα αλλά επηρεάζει τα υπόλοιπα δύσκαμπτα στοιχεία του κτιρίου.

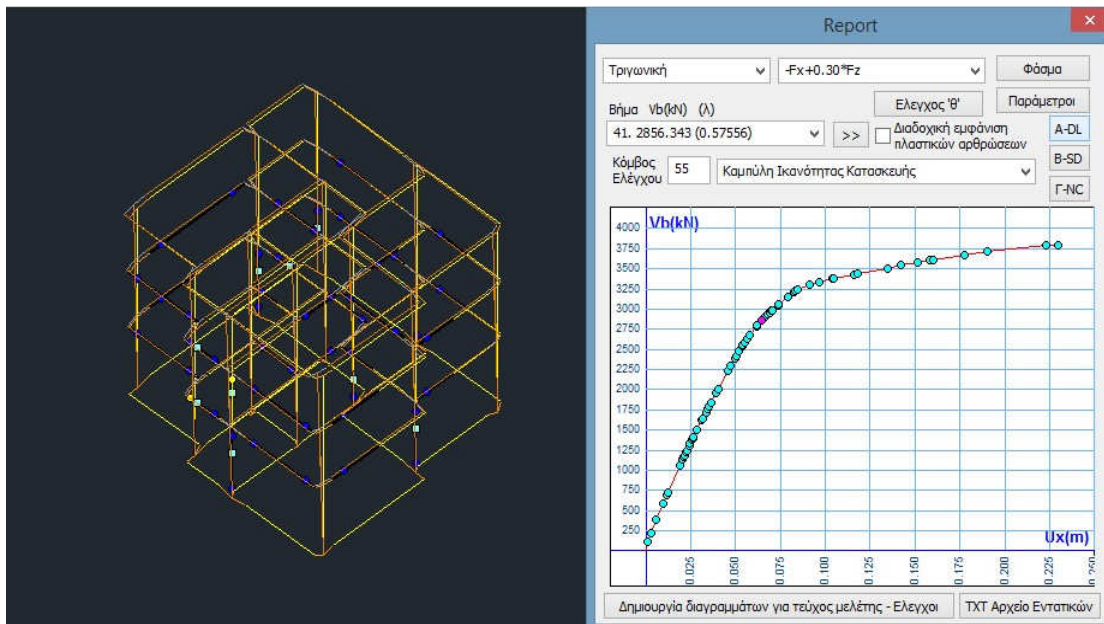
Η λανθασμένη θέση του κέντρου βάρους της στροφής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



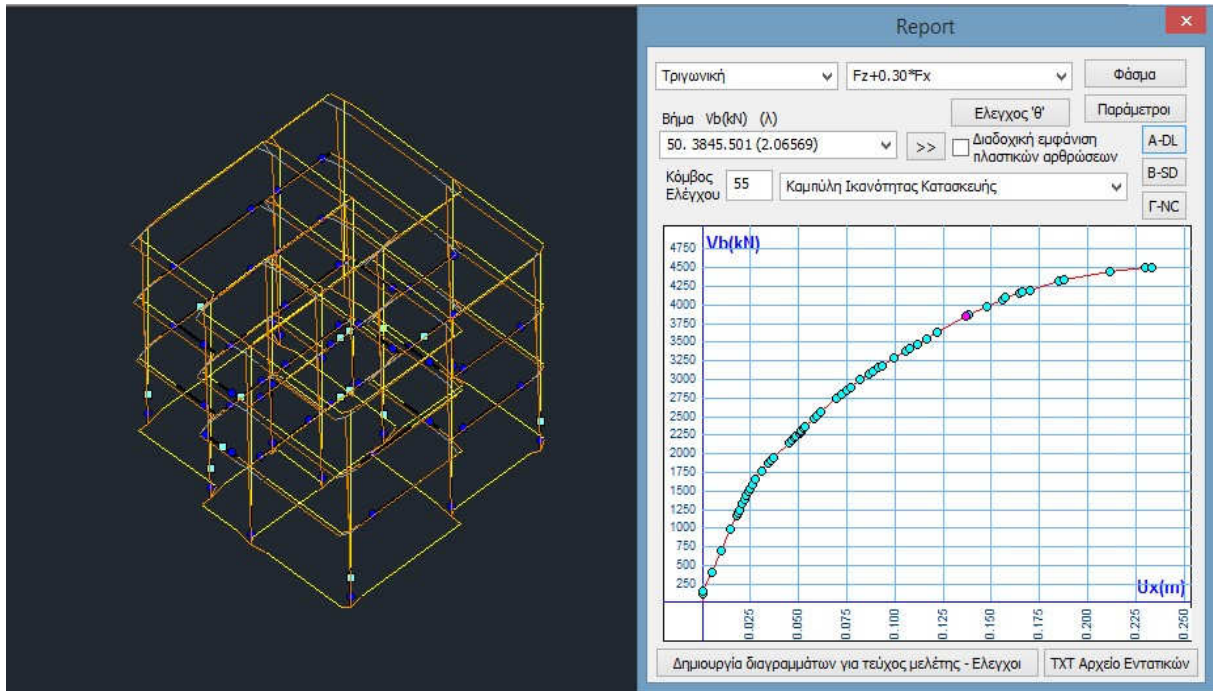
6.5.1 PUSH-OVER ANALYSIS AT STATION DUCTILITY



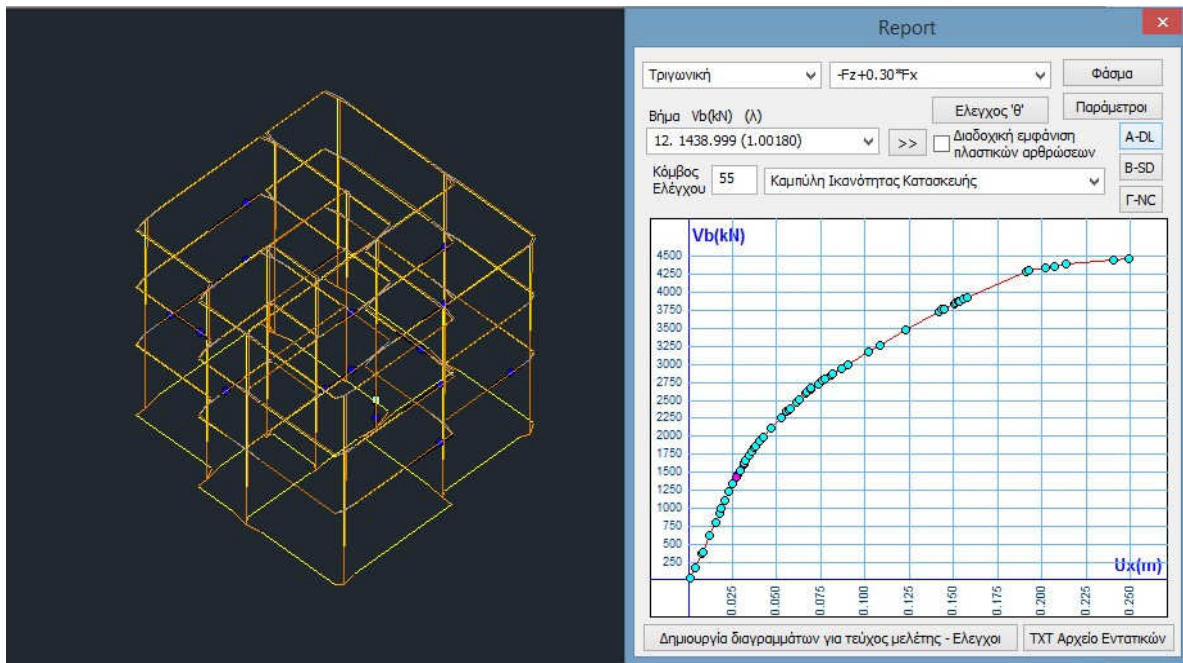
A STATION DUCTILITY – TRIANGULAR DISTRIBUTION ($F_x + 0.30F_z$)



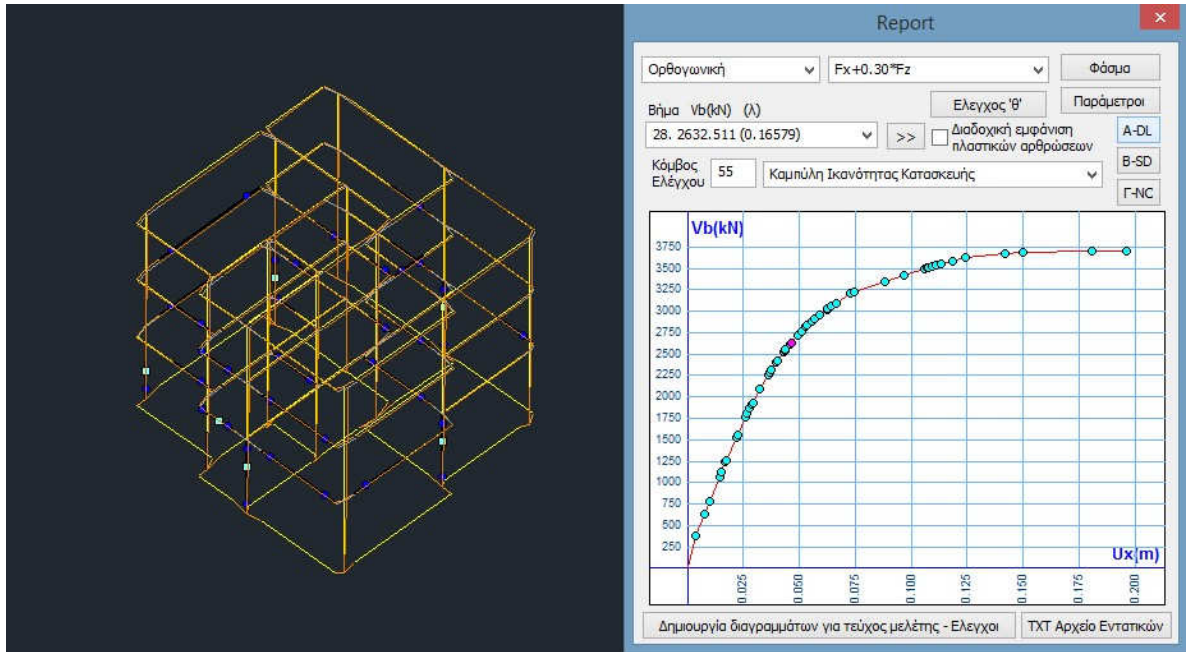
A STATION DUCTILITY – TRIANGULAR DISTRIBUTION ($-F_x + 0.30F_z$)



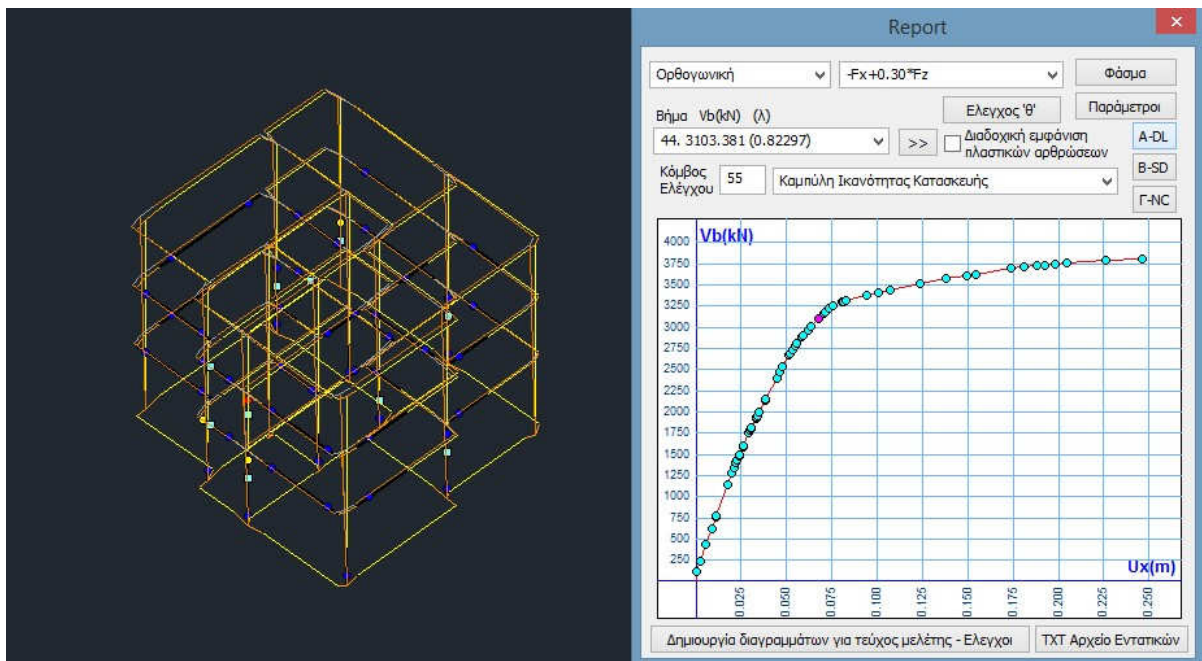
Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_z + 0.30 F_x$)



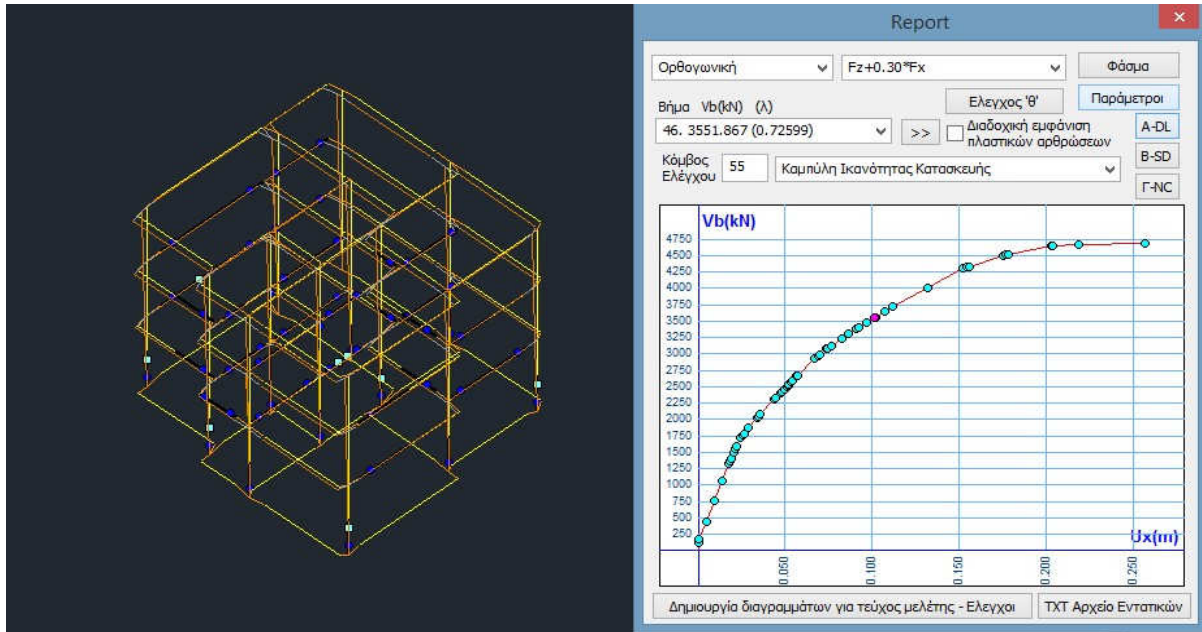
Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_z + 0.30 F_x$)



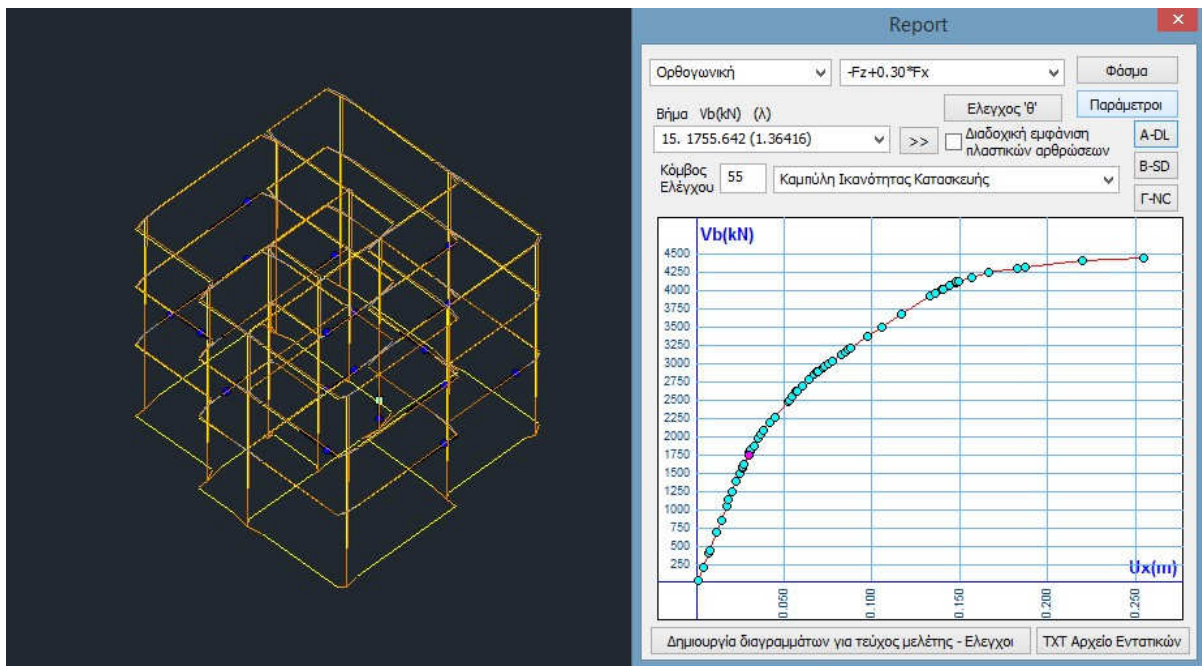
Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30 F_z$)



Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_x + 0.30 F_z$)

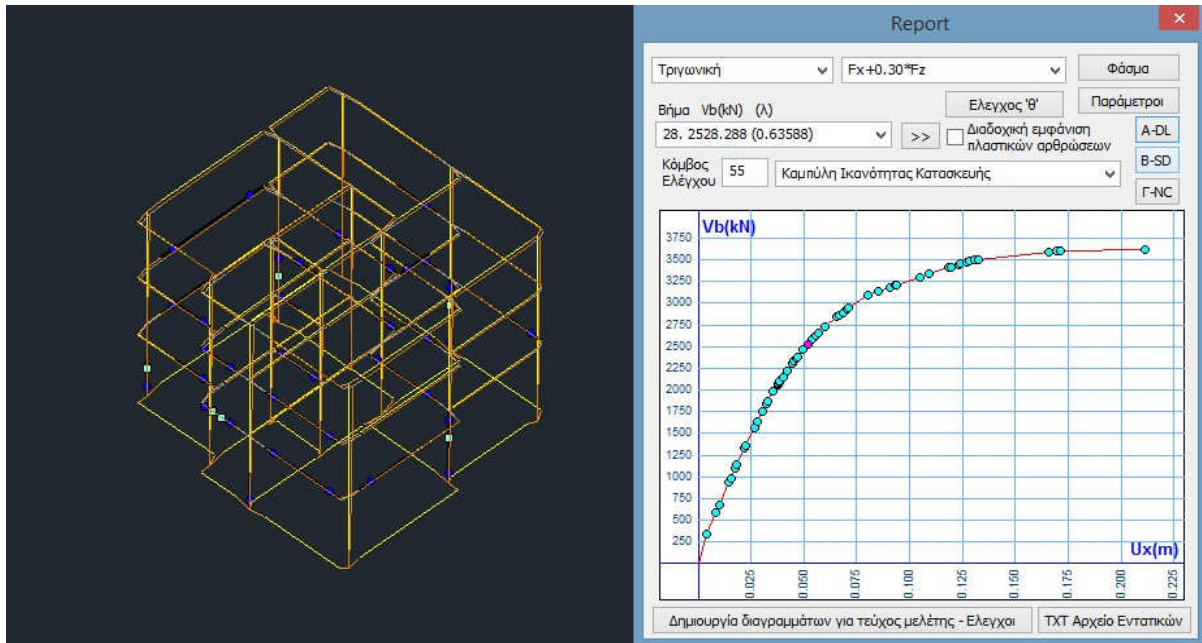


Α ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($Fz + 0.30Fx$)

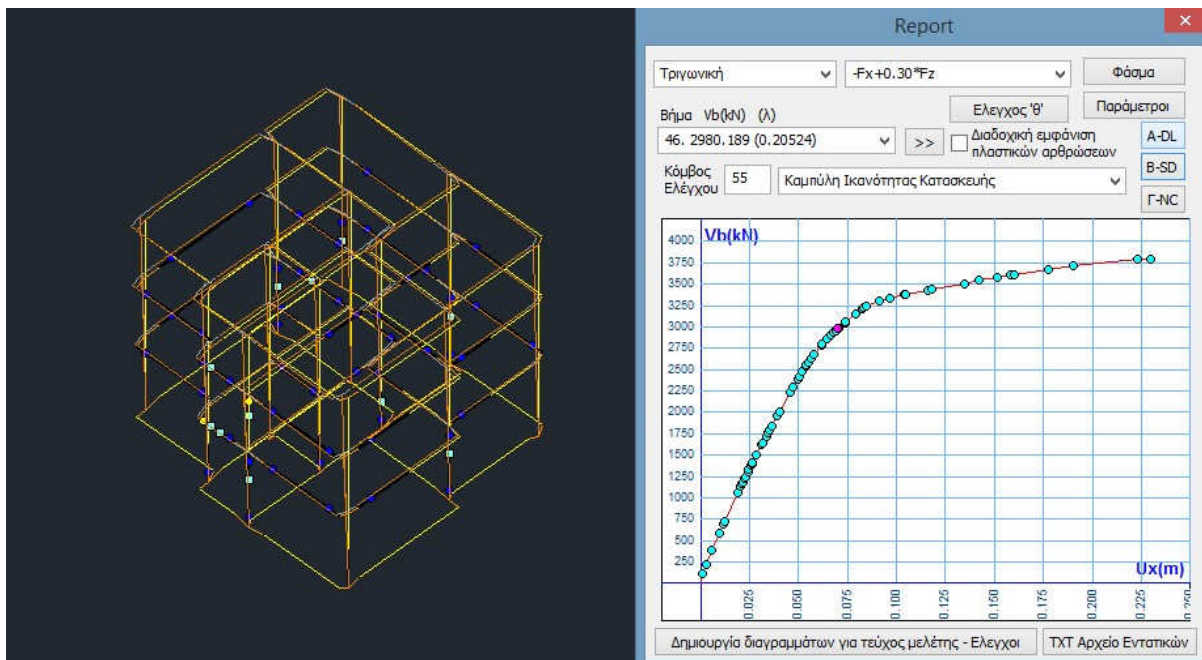


ΑΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-Fz + 0.30Fx$)

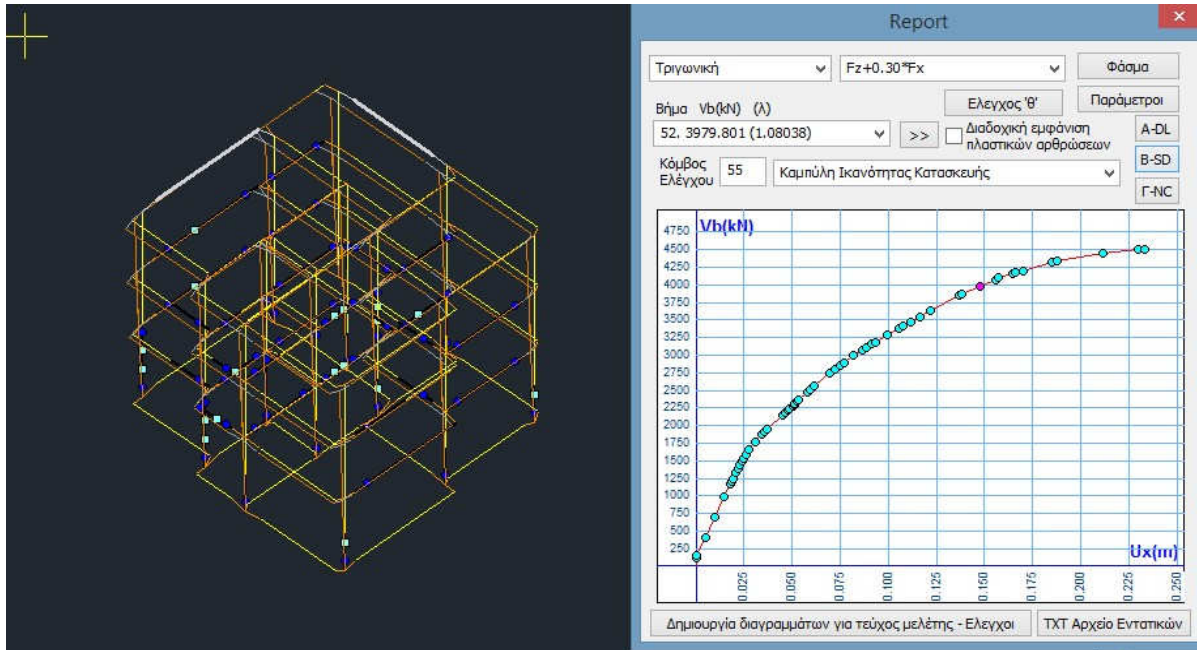
6.5.2 PUSH-OVER ANALYSIS B-STATION STIFFNESS



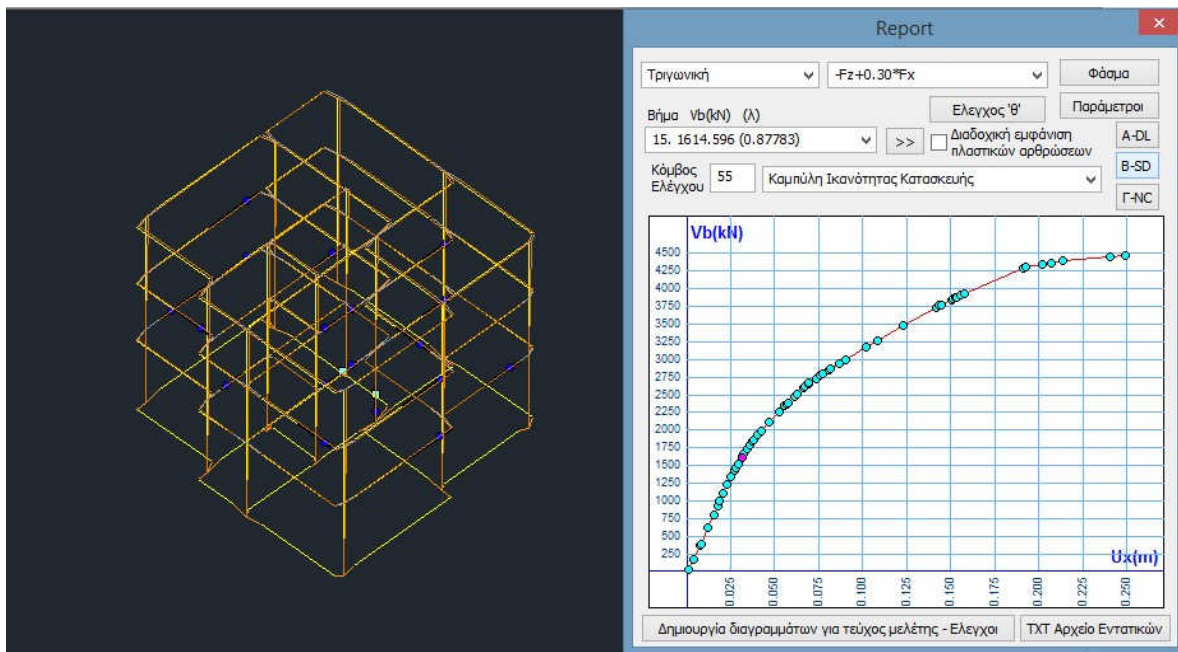
B STATION STIFFNESS – TRIANGULAR DISTRIBUTION ($F_x + 0.30F_z$)



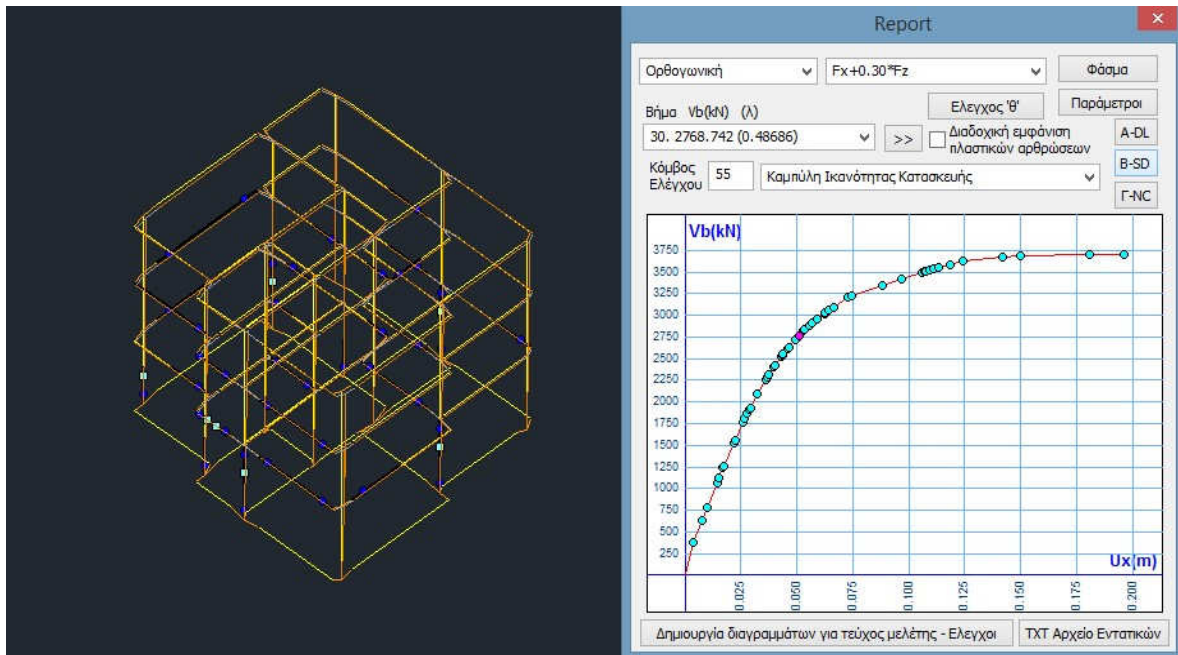
B STATION STIFFNESS – TRIANGULAR DISTRIBUTION ($-F_x + 0.30F_z$)



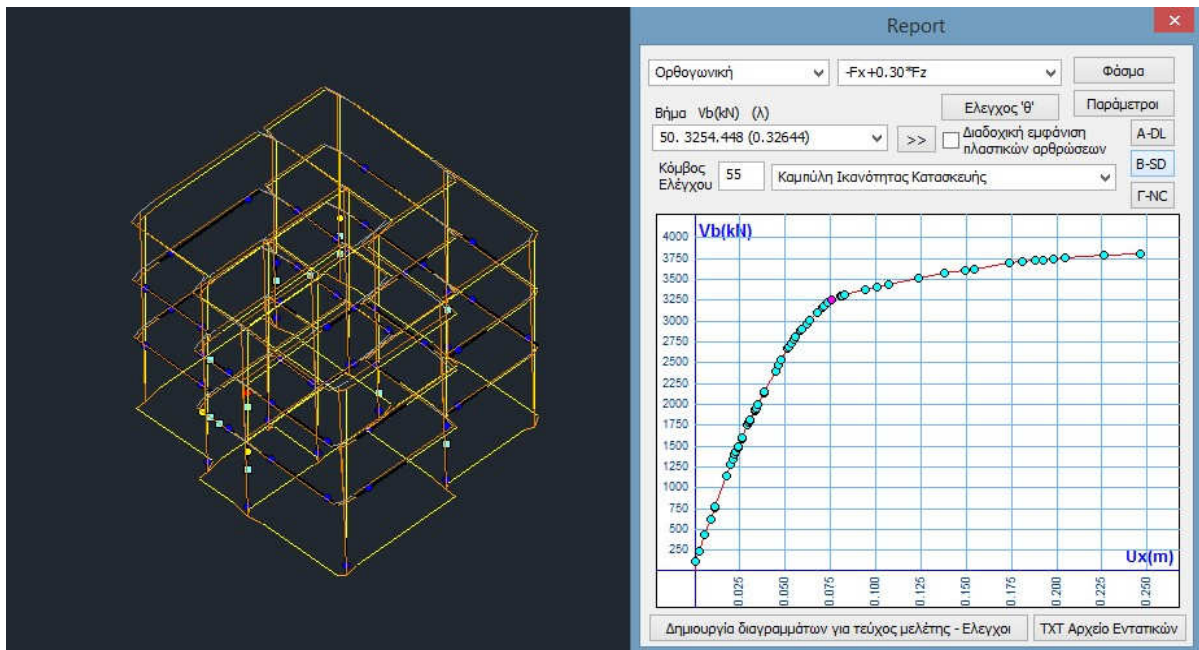
Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($Fz + 0.30Fx$)



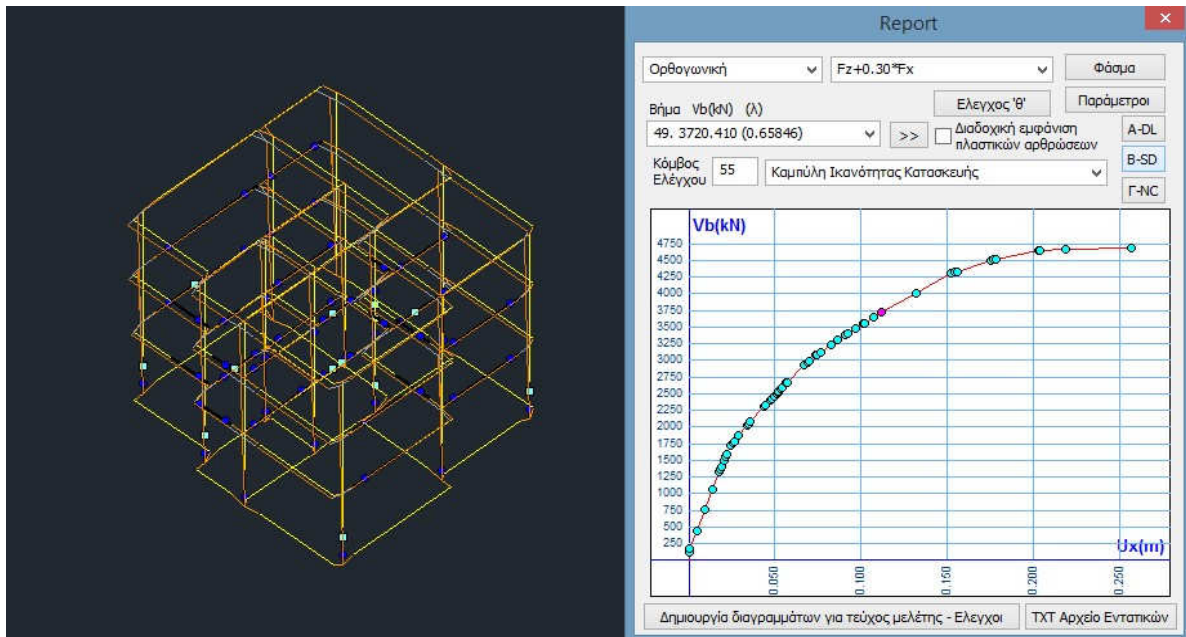
Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-Fz + 0.30Fx$)



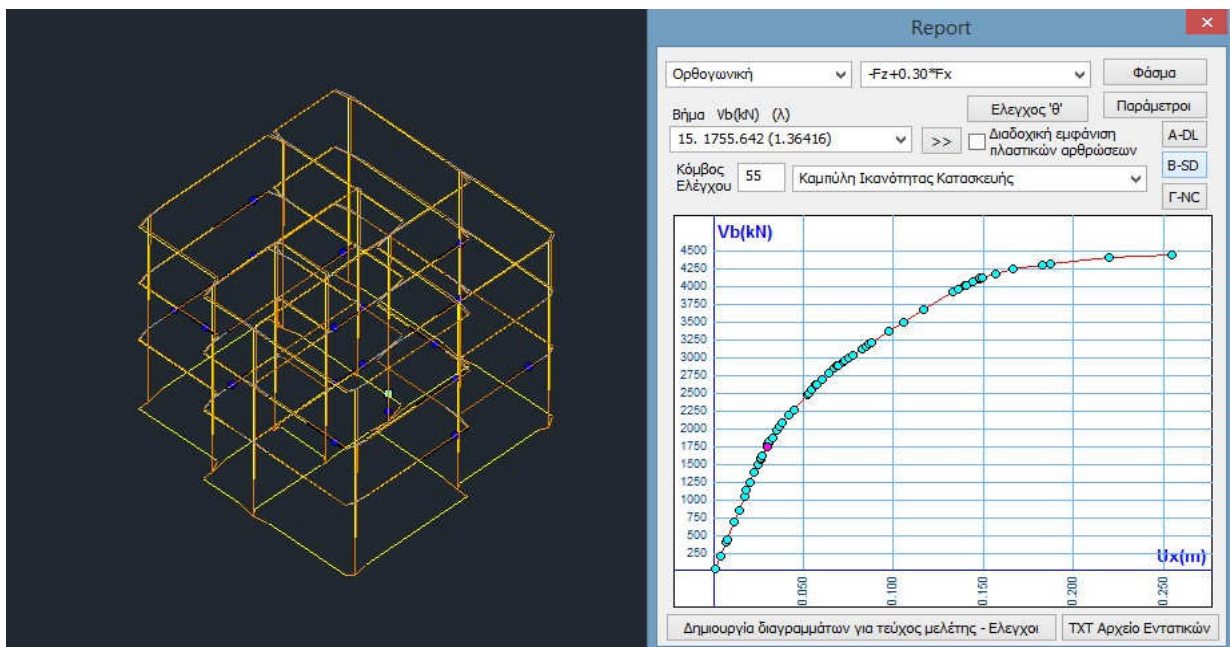
Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30F_z$)



Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_x + 0.30F_z$)

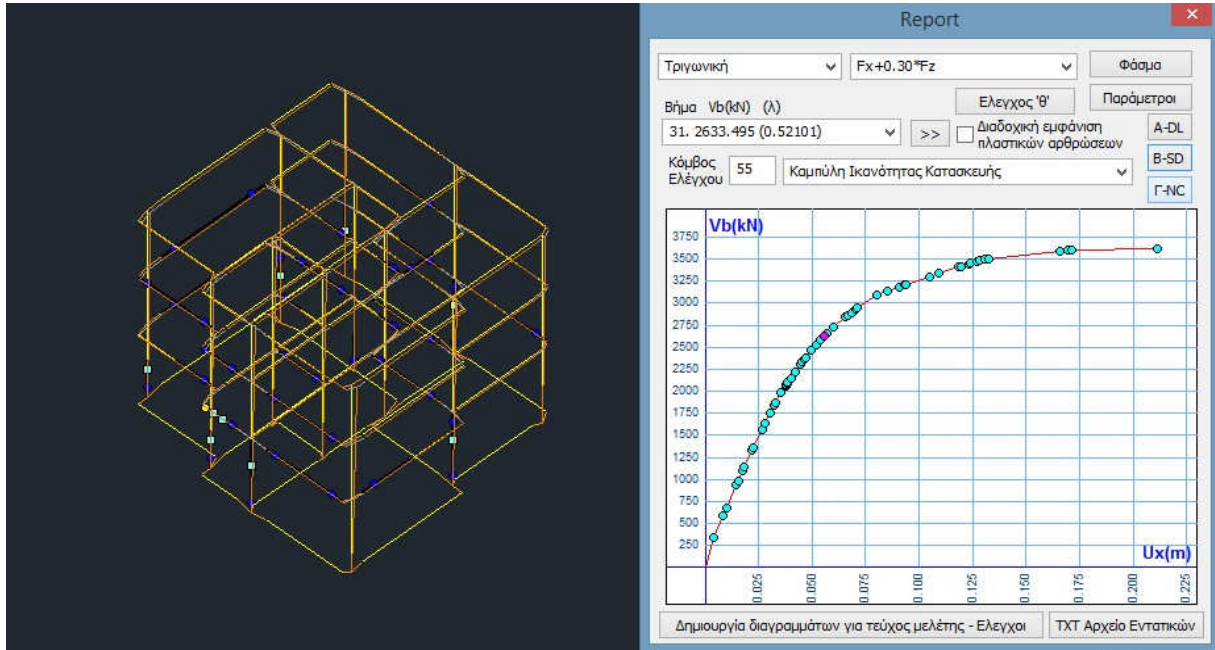


Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ–ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_z + 0.30F_x$)

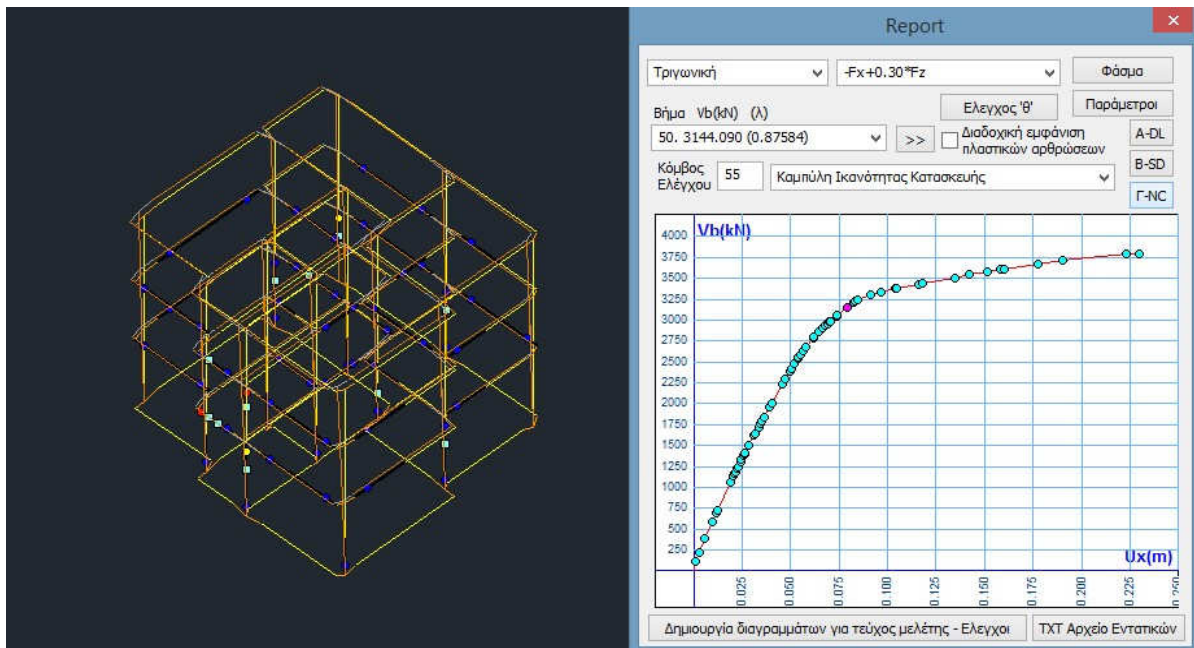


Β ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ –ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_z + 0.30F_x$)

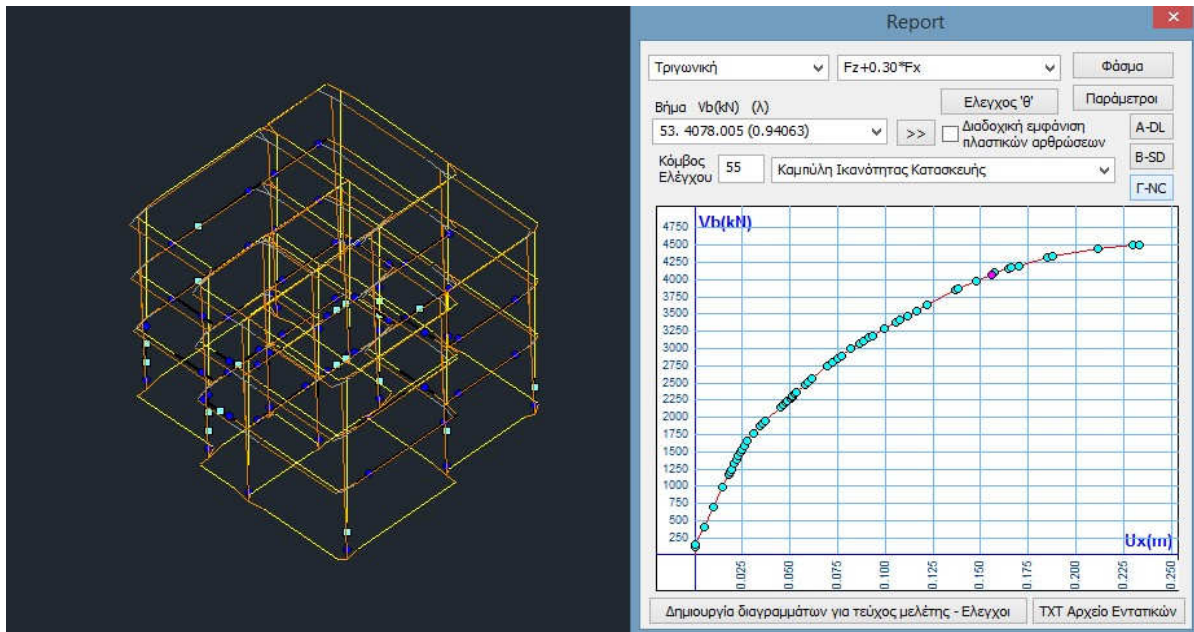
6.5.3 PUSH-OVER ANALYSIS OF THE STATION STIFFNESS



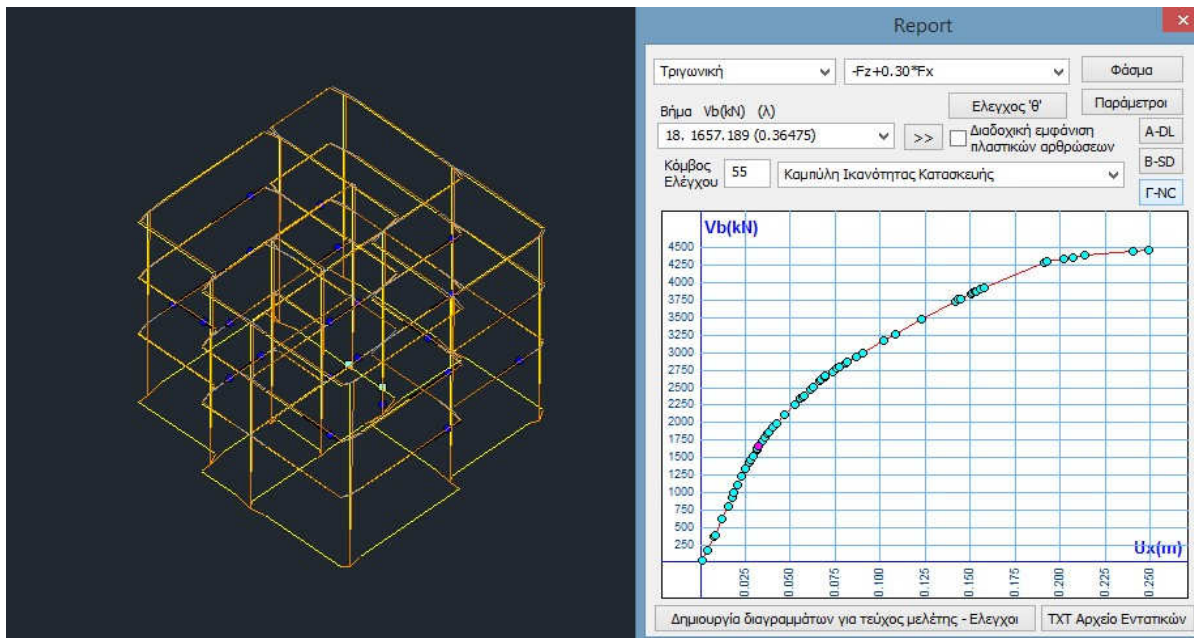
Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30F_z$)



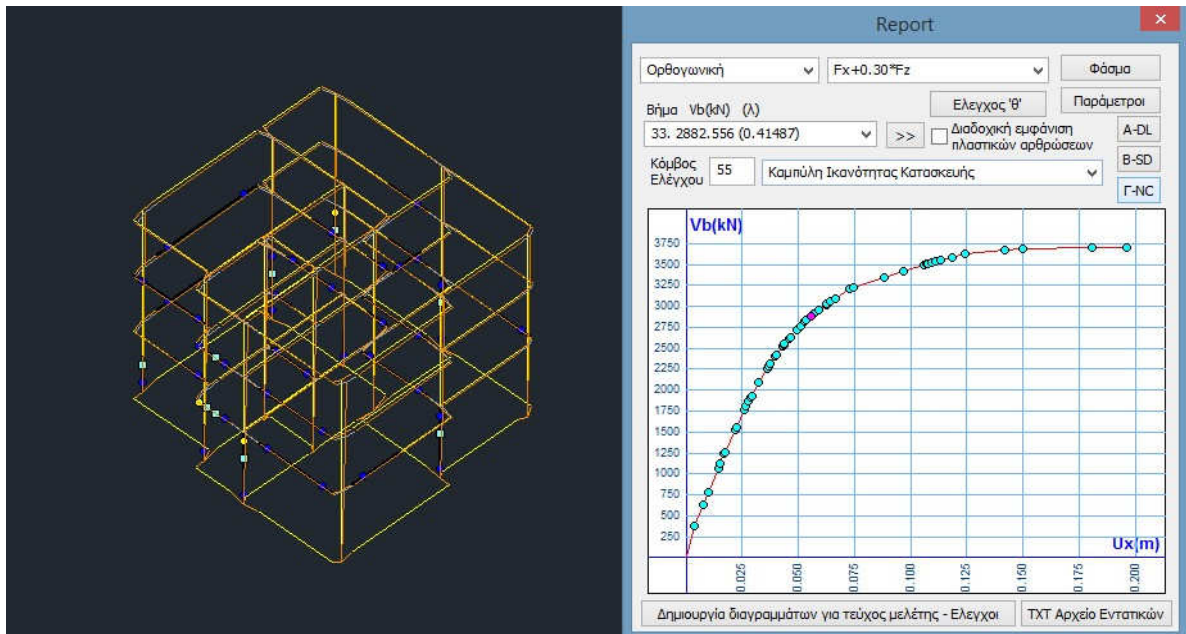
Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_x + 0.30F_z$)



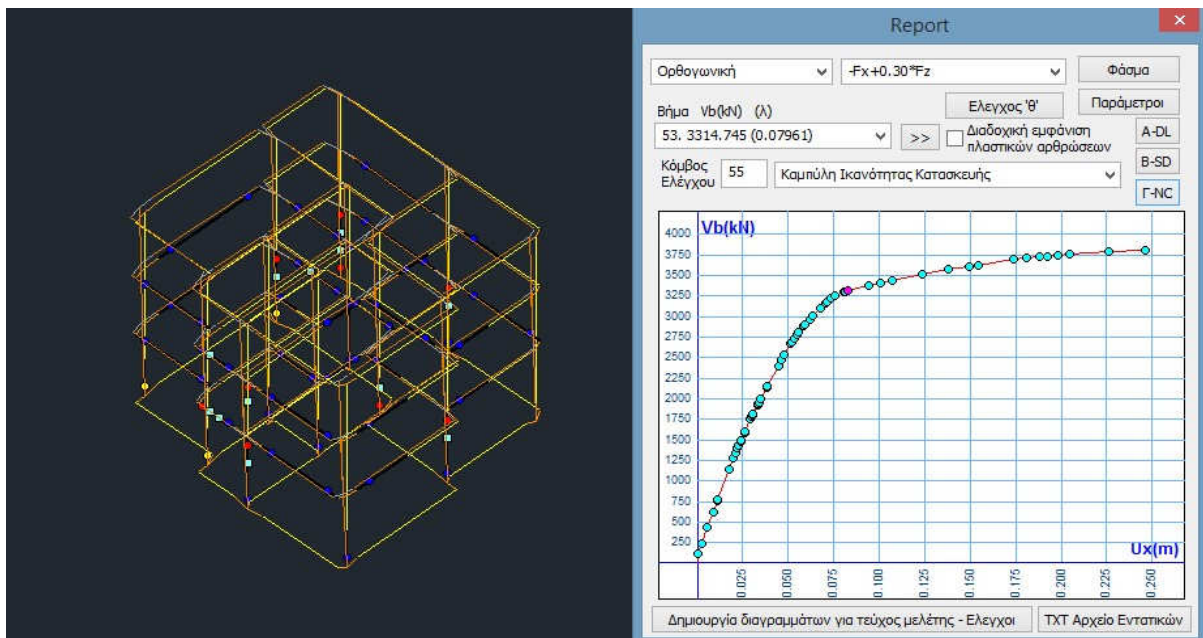
Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($Fz + 0.30Fx$)



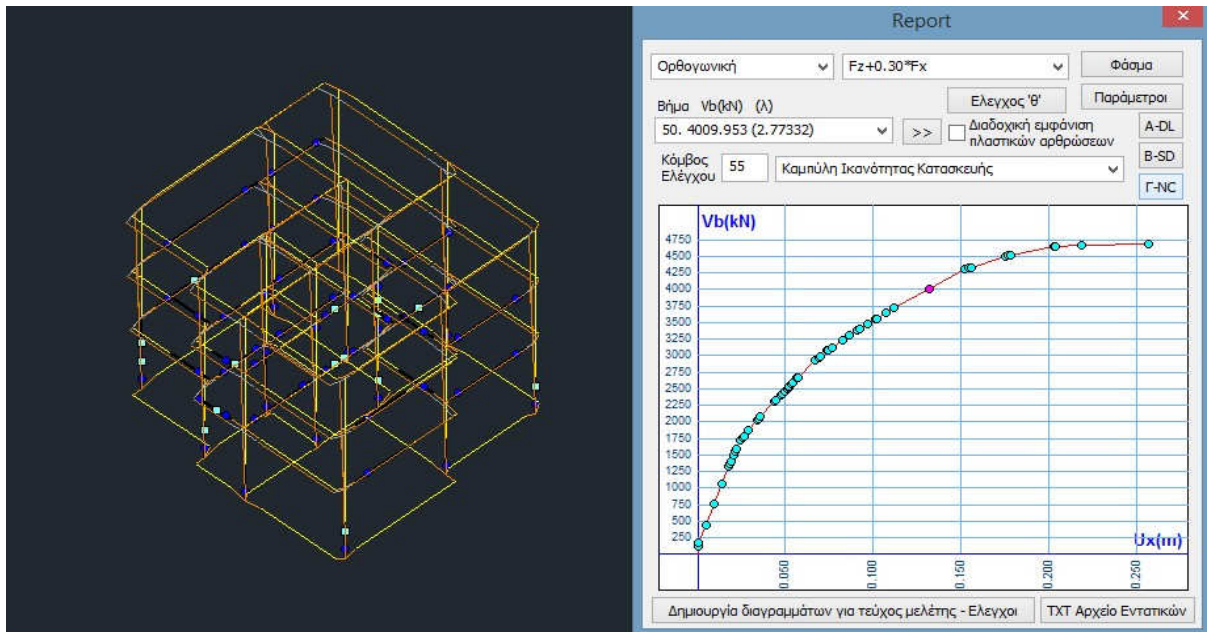
Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-Fz + 0.30Fx$)



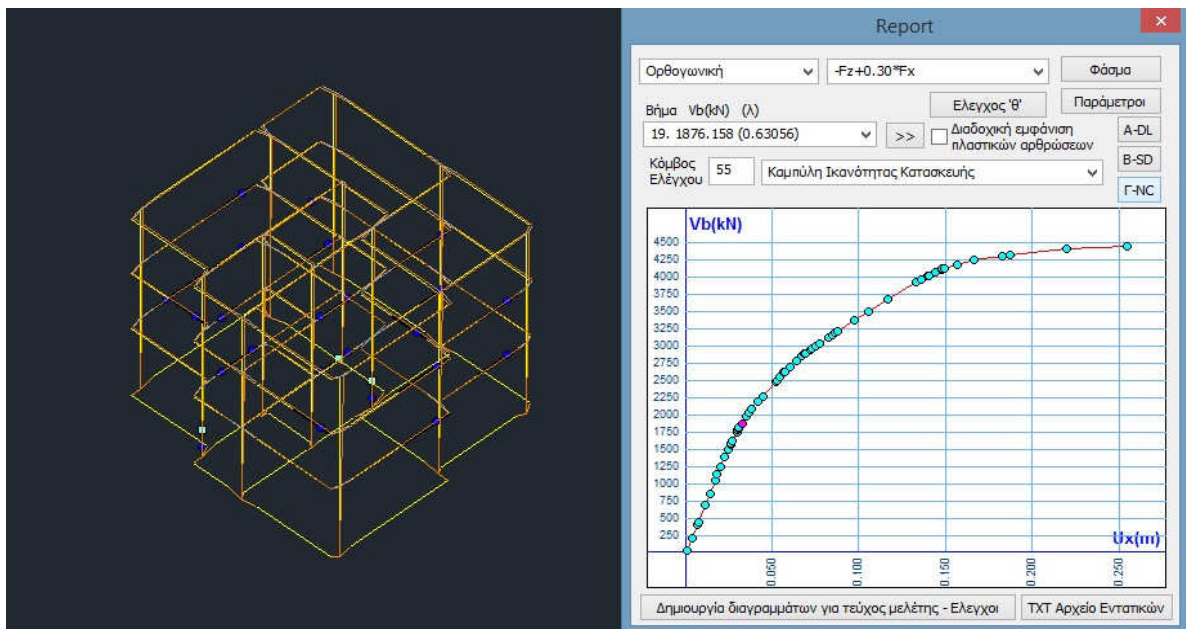
Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_x + 0.30F_z$)



Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_x + 0.30F_z$)



Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($F_z + 0.30F_x$)



Γ ΣΤΑΘΜΗ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ – ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ($-F_z + 0.30F_x$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην ενότητα αυτή θα ακολουθήσει η σύνοψη των αποτελεσμάτων της αποτίμησης και θα δοθούν κάποιες γενικές παρατηρήσεις από τη μελέτη του υφιστάμενου κτιρίου.

Οι δοκοί έχουν σχετικά μεγάλη πλαστιμότητα, πρώτα αστοχούν αυτοί και μετά τα υποστηλώματα. Επίσης η επισκευή τους γίνεται με μεγάλη ευκολία. Πλαστιμότητα είναι η ιδιότητα ενός στοιχείου από οπλισμένο σκυρόδεμα να συνεχίζει την παραμόρφωση και μετά την εξάντληση της αντοχής του, χωρίς να σπάει. Η πλαστιμότητα, η δυνατότητα δηλαδή παραμόρφωσης του στοιχείου πέρα από το όριο διαρροής αφορά την κάμψη και προϋποθέτει την αντοχή σε διάτμηση.

Από την 3D απεικόνιση της κατανομής μαζών παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες αστοχίες βρίσκονται περισσότερο στα υποστηλώματα του κάτω ορόφου διότι δέχονται μεγαλύτερες παραμορφώσεις από το σεισμικό φορτίο. Πιο συγκεκριμένα, οι αστοχίες εντοπίζονται στις ακραίες θέσεις, γιατί καταπονούνται περισσότερο σε στρεπτικά φαινόμενα, δεχόμενες μεγαλύτερες αδρανειακές δυνάμεις. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία διορθώθηκαν τα περισσότερα υποστηλώματα που έρχονταν ενίσχυση τοποθετώντας ινοπλισμένα πολυμερή. Από τα υφάσματα προτιμήθηκε η sikawrap®-530C με την sikadur®-300 (πλεκτό ύφασμα με ίνες άνθρακα μονής διεύθυνσης 530 gr) σε συνδυασμό με εποξειδικό συγκολλητικό υλικό για χημικές αγκυρώσεις.

Τέλος, παρατηρείται ότι κάποιες αστοχίες παραμένουν. Οι αστοχίες αυτές δεν μας επηρεάζουν διότι αναφέρονται σε υπερκείμενους μελλοντικούς ορόφους, οι οποίοι δεν επηρεάζουν την στατική επάρκεια του κτιρίου. Επομένως, οι ενισχύσεις που πραγματοποιήθηκαν κρίνονται αποτελεσματικές και πολύ σημαντικές, διότι βελτιώσανε σε μεγάλο βαθμό την αντοχή της κατασκευής έναντι του σεισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΚΑΝ.ΕΠΕ «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΚΑΝ.ΕΠΕ 1^η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΙΟΥΛΙΟΣ 2013
- WIKIPEDIA «ΣΕΙΣΜΟΣ»
- <https://pithos.okeanos.grnet.gr>
- www.episkevesold.civil.upatras.gr
- Download.pi.gr/seismic-response.pdf
- Okeanis.lib.puas.gr
- Es.uop.gr/esmet/images/domi-ptixiakis.pdf