

Μελέτη Αποτίμησης και Ενίσχυσης Κτιρίου από Ο.Σ. Με Ανελαστικές Μεθόδους

Φ. Μόσχας - ΑΛΦΑΚΑΤ Α.Τ.Ε.

26ο ΦΟΙΤΗΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ 2020

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Ένα κρίσιμο ζήτημα κατά τις ενισχύσεις/επεμβάσεις → Επιλογής Μεθόδου Ενίσχυσης

- Τεχνικά κριτήρια (ασφάλεια κατασκευής)
- Οικονομικά κριτήρια (κόστος επεμβάσεων)
- Κριτήρια επιτελεστικότητας (απαιτούμενη στάθμη ασφάλειας)
- Λειτουργικά & Αρχιτεκτονικά κριτήρια



Ενίσχυση βιομ. Κτιρίου
Με μανδύες Ο.Σ.



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

Ένα Παράδειγμα

Υφιστάμενο κτίριο με πιλοτή στο ισόγειο

- i. Ενίσχυση με μανδύες ΟΣ*
- ii. Ενίσχυση με νέα τοιχεία από ΟΣ*
- iii. Ενίσχυση με μεταλλικούς χιαστί συνδέσμους*
- iv. Ενίσχυση με υφάσματα από ΙΟΠ*
- v. Ενίσχυση με σεισμική μόνωση*

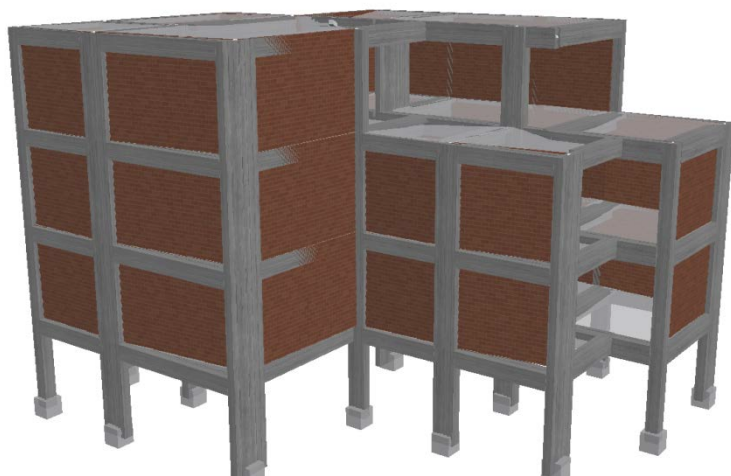
Κατασκευή μοντέλου κτιρίου και αναλύσεις με χρήση του λογισμικού **SeismoStruct**



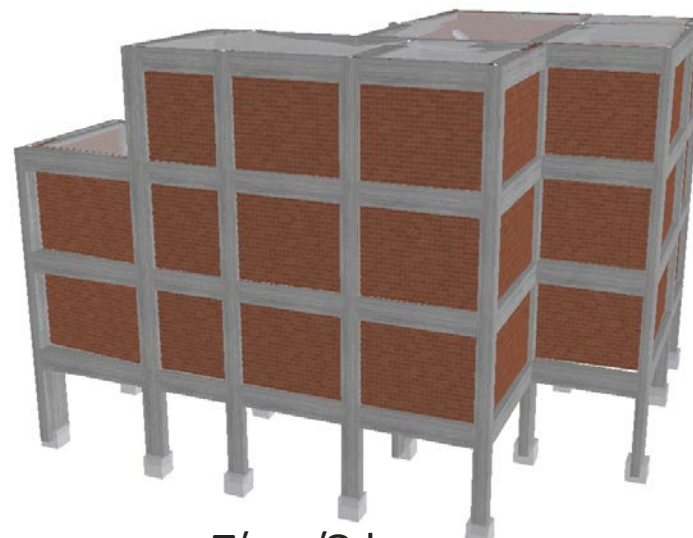
Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δεδομένα Κατασκευής

- ✗ τυπικό κτίριο στην Ελλάδα (τέλη 80s)
- ✗ 4 όροφοι - $\approx 200\text{m}^2$ κάτοψη
- ✗ πυλωτή / μαλακός όροφος στο ισόγειο
- ✗ Σχετικά ανθεκτικές τοιχοπληρώσεις



Μπροστινή Όψη



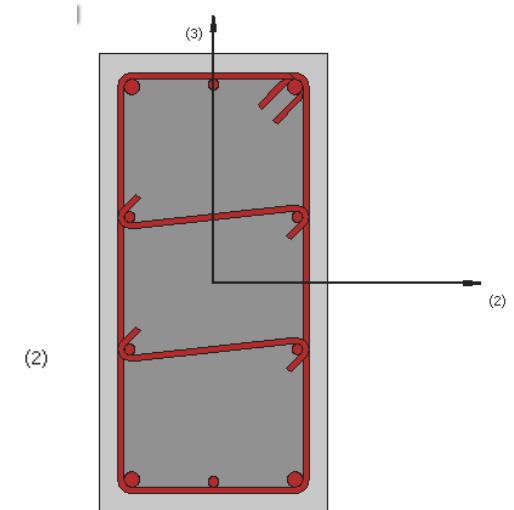
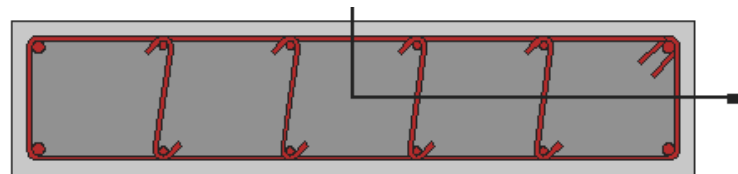
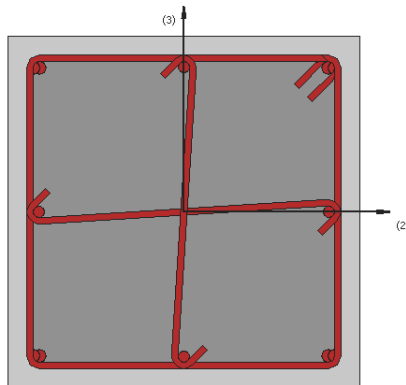
Πίσω Όψη



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δεδομένα Κατασκευής

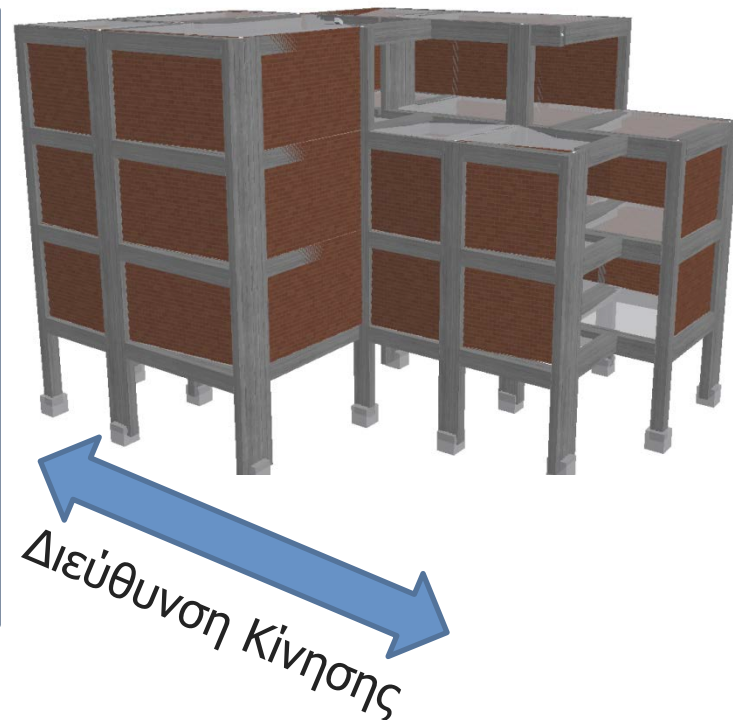
- ✗ C20/25: $f_{ck} = 20\text{MPa}$, $f_{c,mean} = 28\text{MPa}$
- ✗ S400: $f_{sk} = 400\text{MPa}$, $f_{s,mean} = 444\text{MPa}$
- ✗ Διαμήκης Οπλισμός, e.g. $4\varnothing 20 + 4\varnothing 16$
- ✗ Εγκάρσιος Οπλισμός $\varnothing 8/20$



Υφιστάμενο Κτίριο

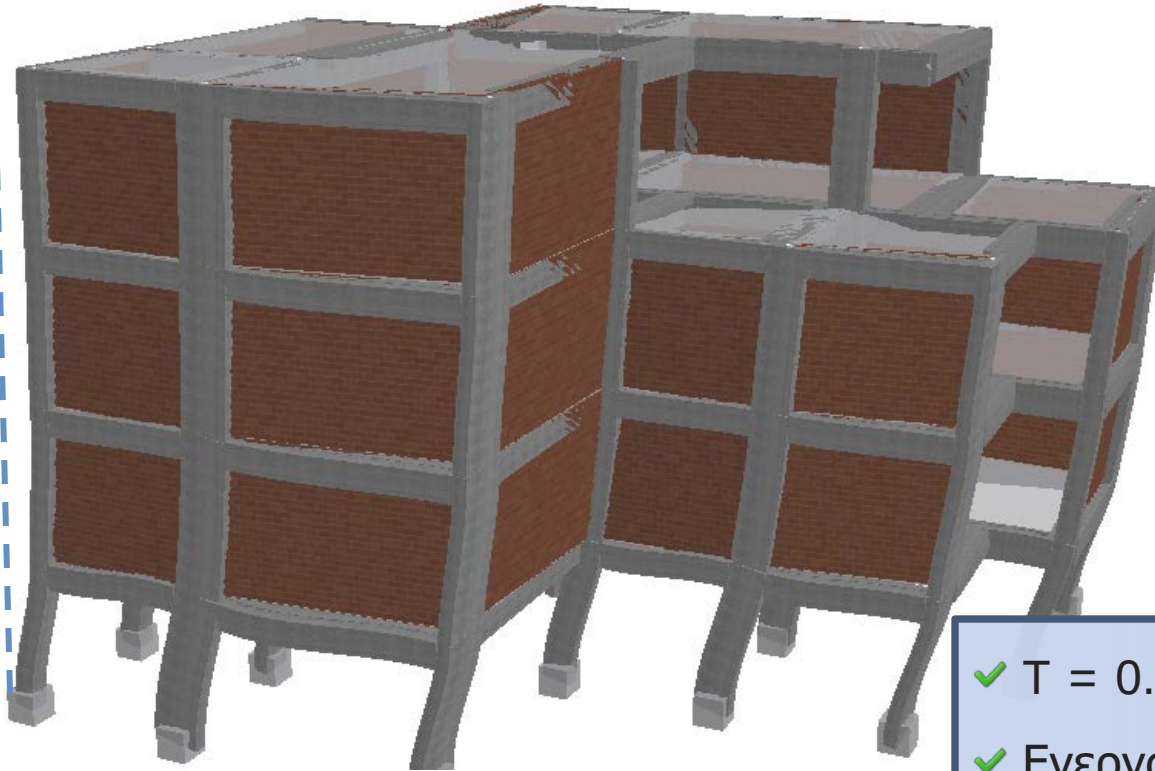
✓ Αναλύσεις και Έλεγχοι

- ✓ Ανάλυση σε μία διεύθυνση
- ✓ Χωρίς τυχηματική εκκεντρότητα
- ✓ Έλεγχοι μόνο σε Διάτμηση
- ✓ Έλεγχοι για μία Στάθμη Επιτελεστικότητας =>
SD: Significant Damage (EC8-Part 3)



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση



✓ $T = 0.269 \text{ sec}$

✓ Ενεργός Ιδιομορφική Μάζα: 92.9%

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr

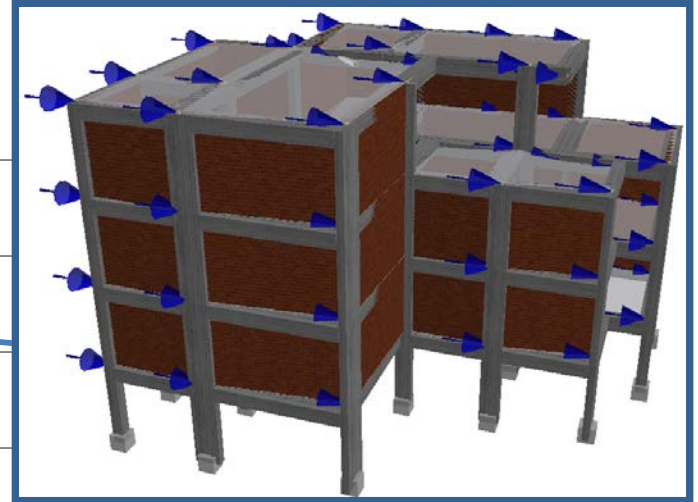
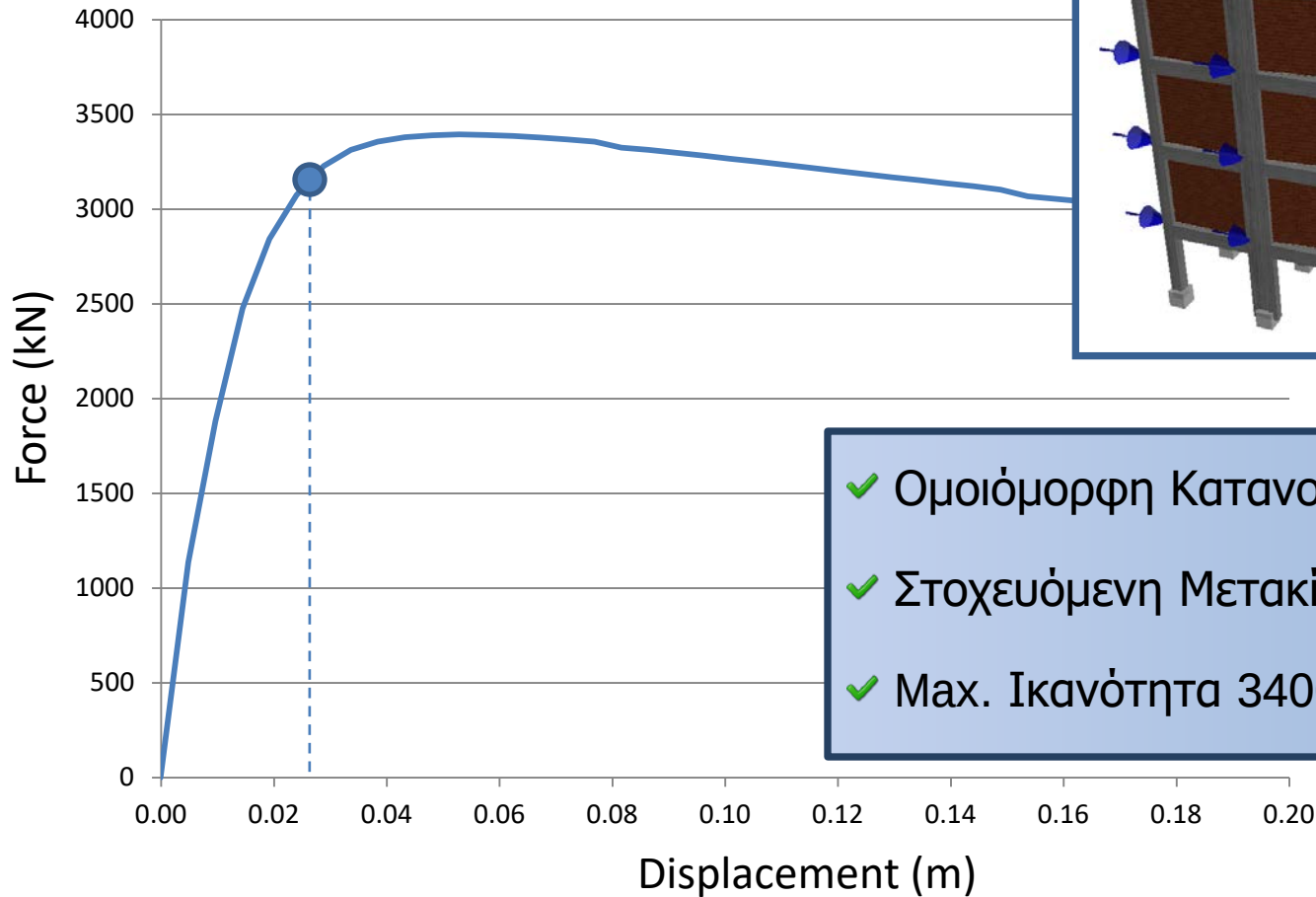


Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Ανάλυση Pushover

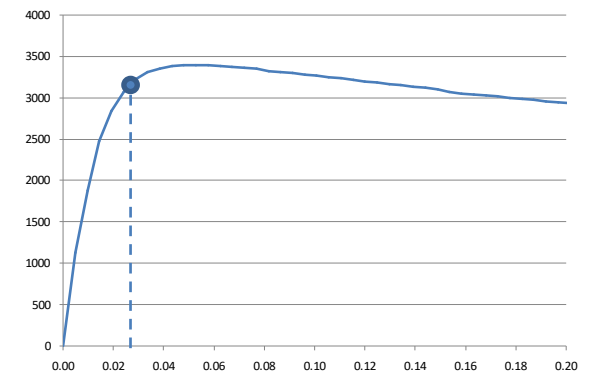


- ✓ Ομοιόμορφη Κατανομή
- ✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση 2.46cm (SD)
- ✓ Max. Ικανότητα 3400kN στα ≈ 5 cm



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Ανάλυση Pushover



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση



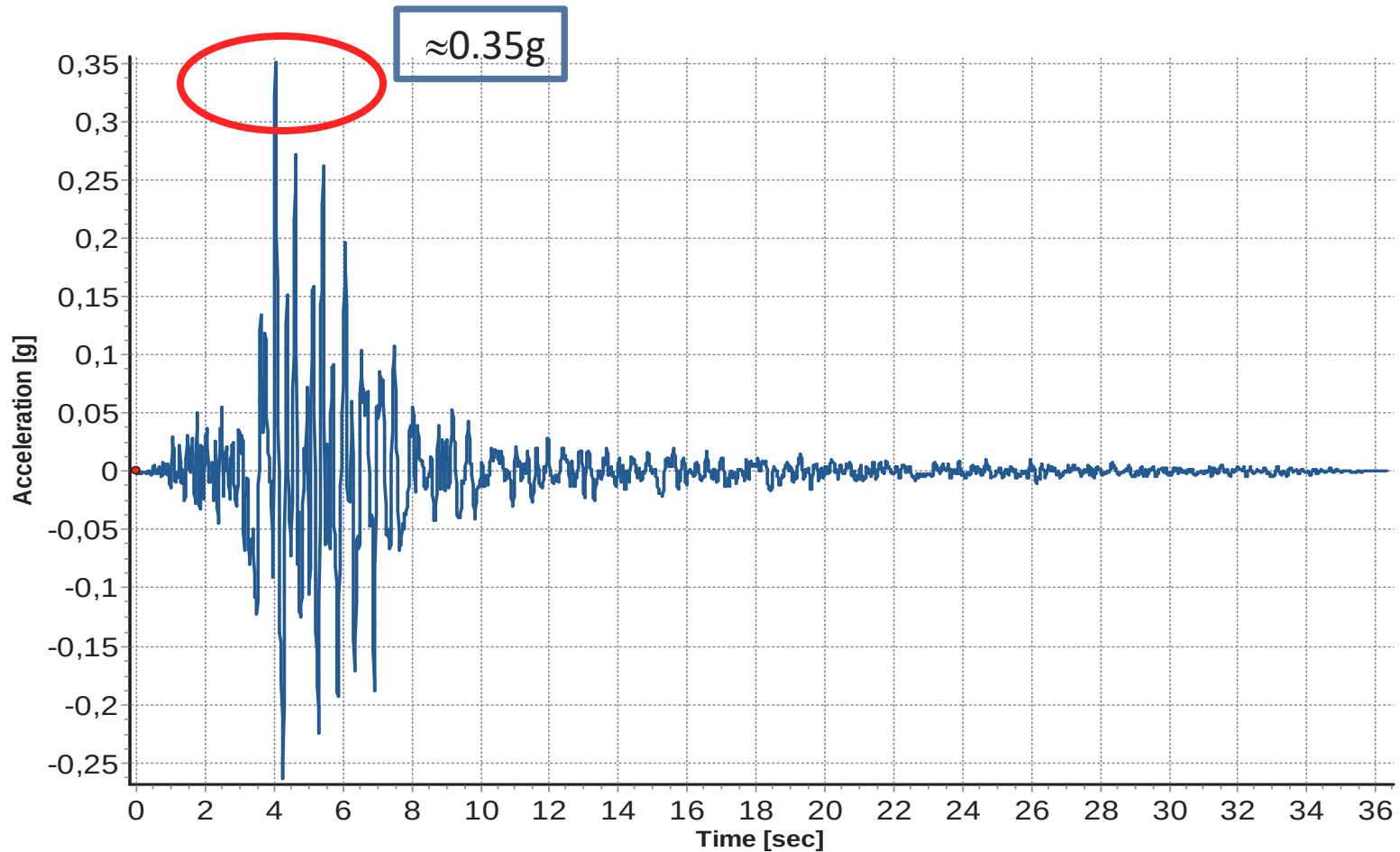
Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



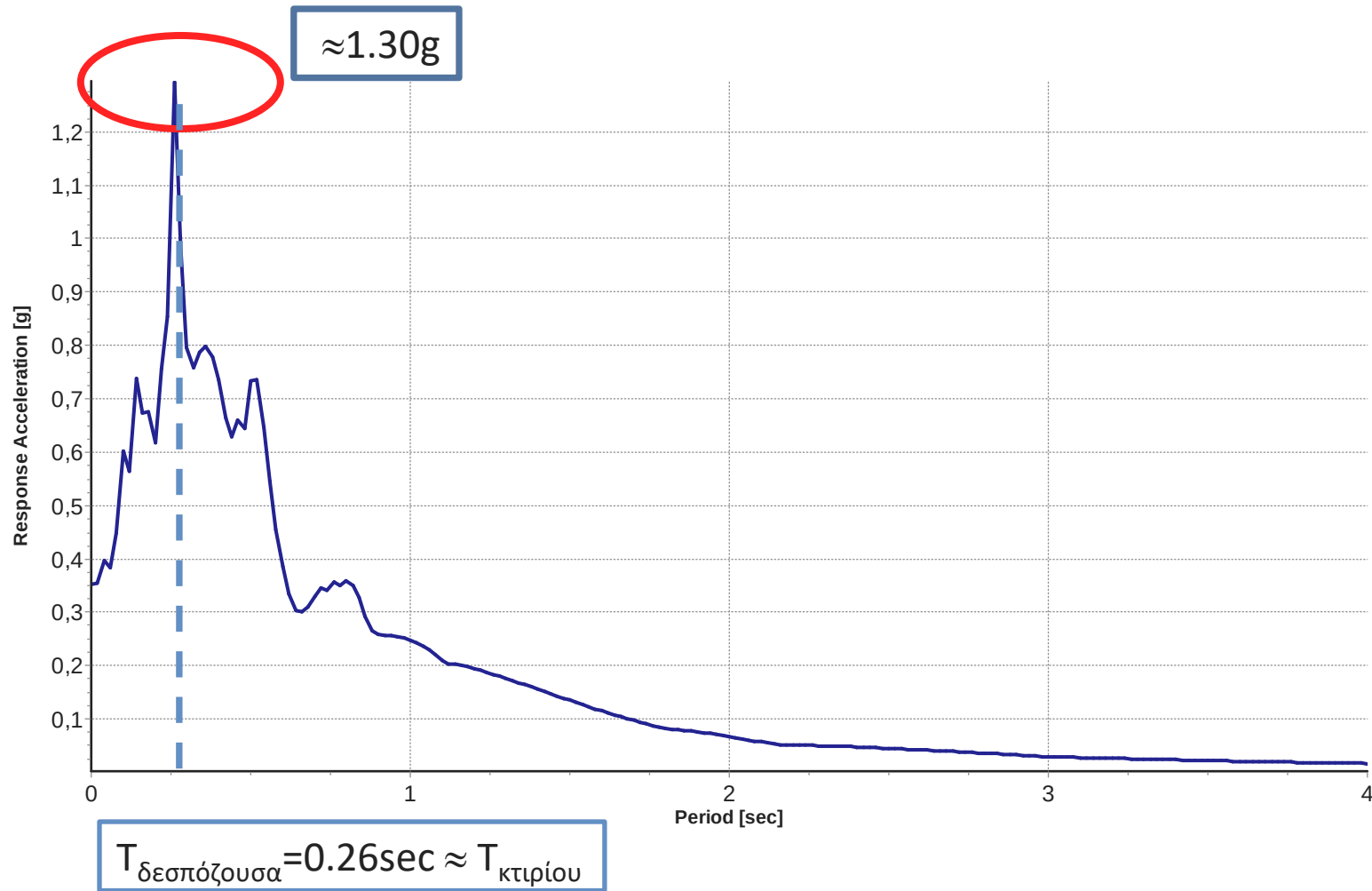
Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Σεισμική Δράση



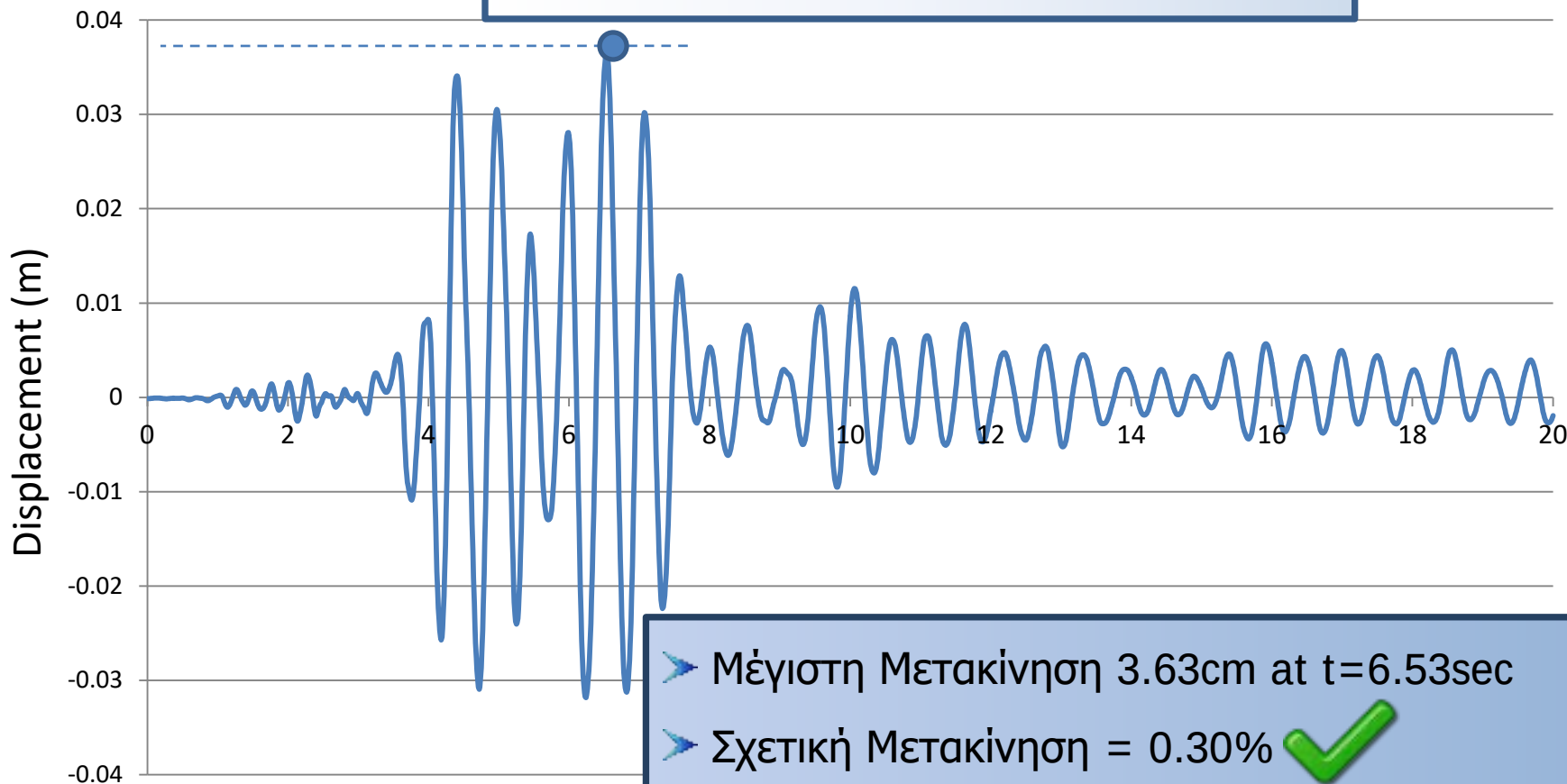
Σεισμική Δράση



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση

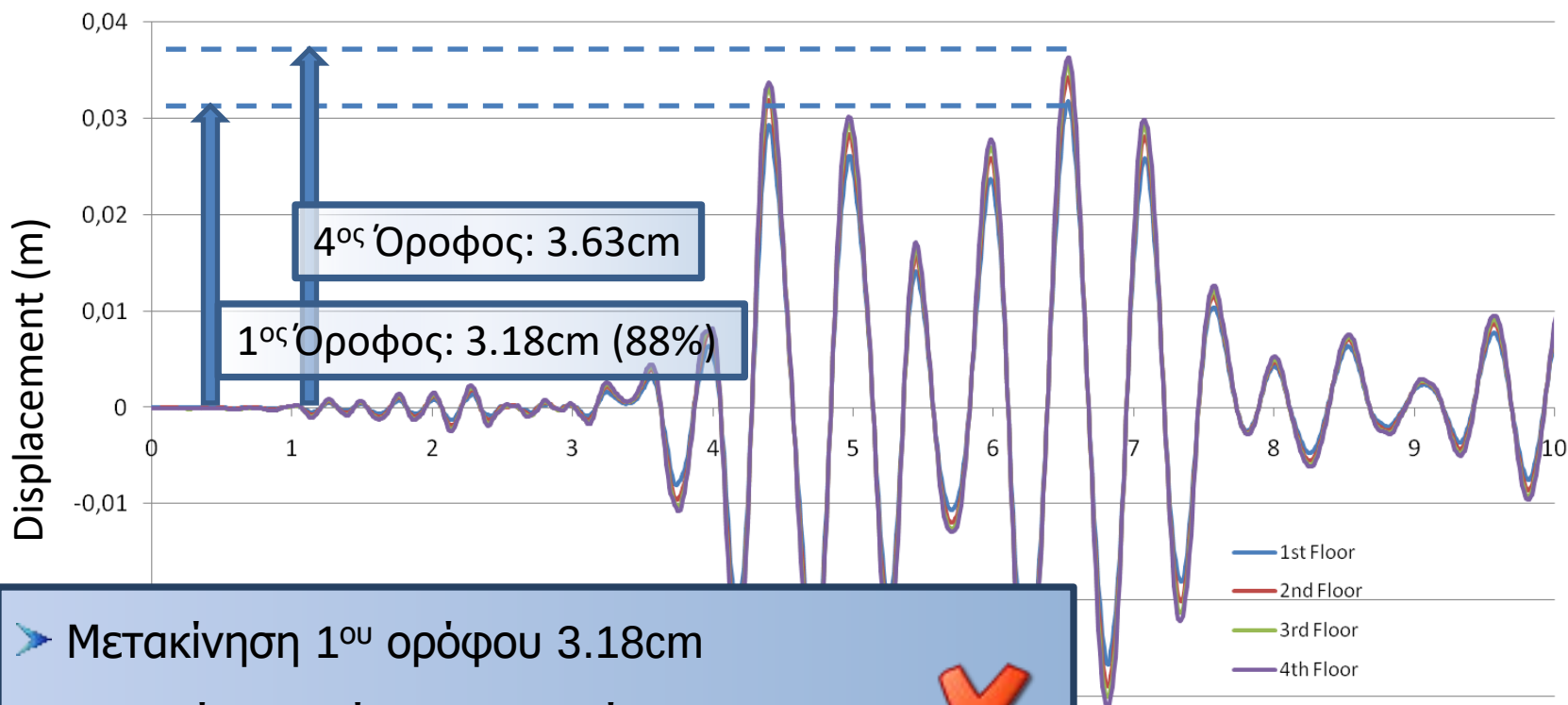
Συνολική Μετακίνηση Οροφής vs. Χρόνος



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση

Μετακινήσεις Ορόφων vs. Χρόνος



- Μετακίνηση 1^{ου} ορόφου 3.18cm
- Σχετική Μετακίνηση 1^{ου} ορόφου = 1.06%



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: <https://www.youtube.com/watch?v=3o7R4K3FGqw>

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

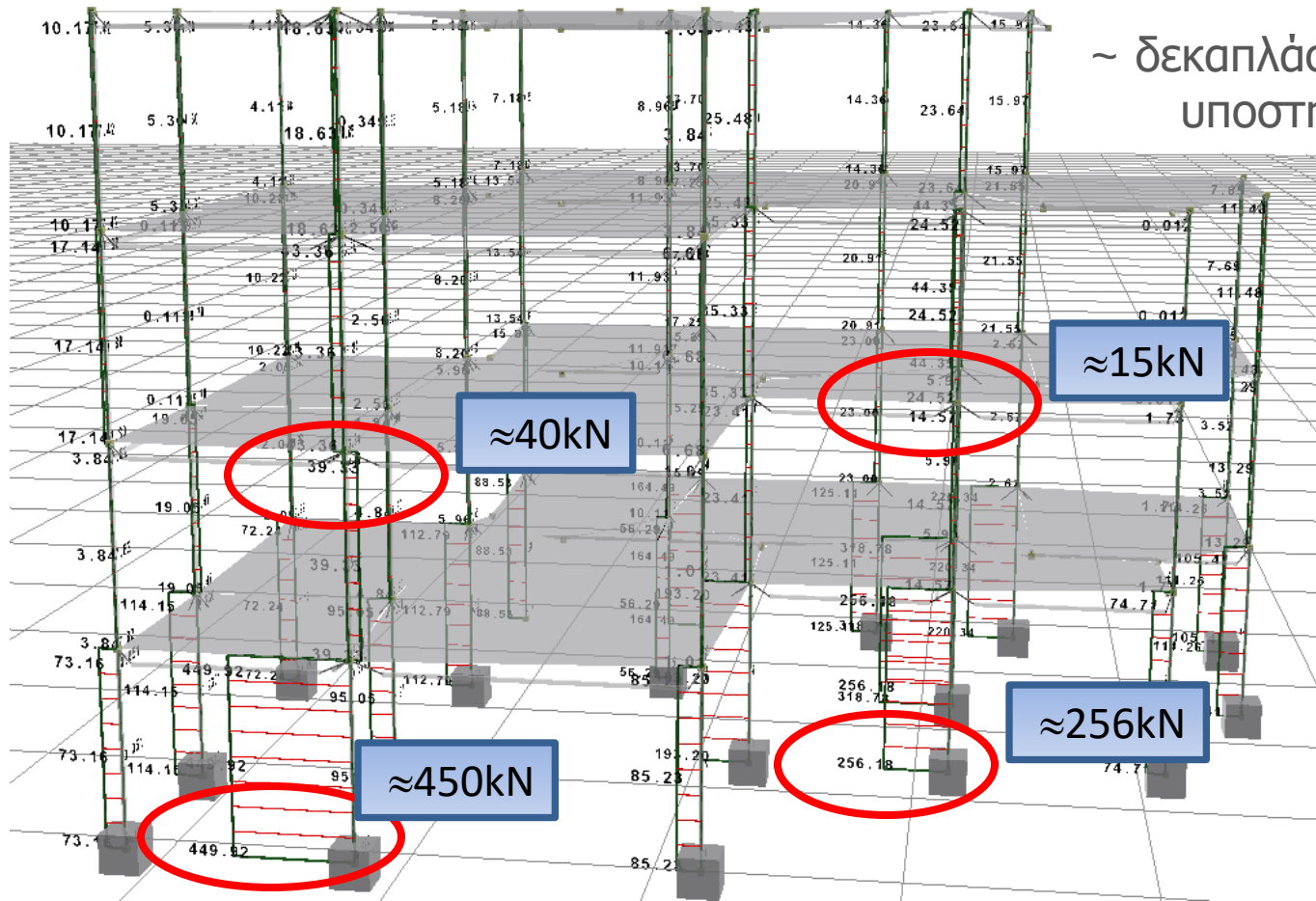


Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση

Διατμητικές Δυνάμεις

~ δεκαπλάσιες στα
υποστηλώματα ισογείου



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Υφιστάμενο Κτίριο

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχοι EC8-Part 3



Perf. Ratio = 1.68

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Κύρια προβλήματα:

Μεγάλες διατμητικές δυνάμεις στα υποστηλώματα του ισογείου (λόγω των μεγάλων παραμορφώσεων – εύκαμπτης συμπεριφοράς στο ισόγειο) → αστοχίες

Ανάγκες:

Αύξηση αντοχής υποστηλωμάτων ισογείου
Αύξηση δυσκαμψίας κτιρίου



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

Ένα Παράδειγμα

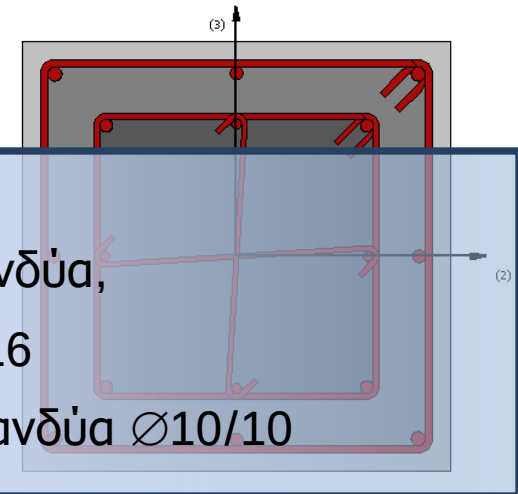
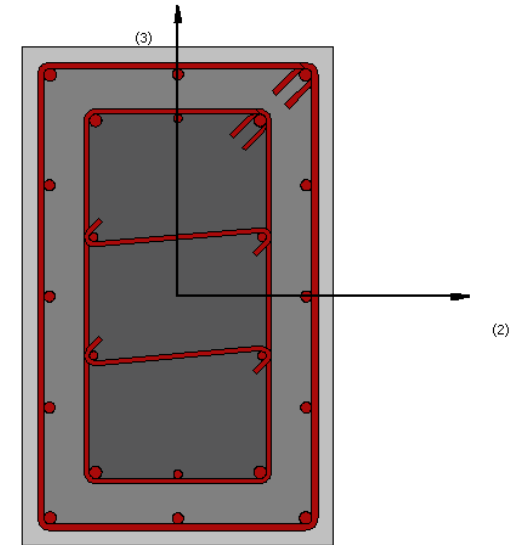
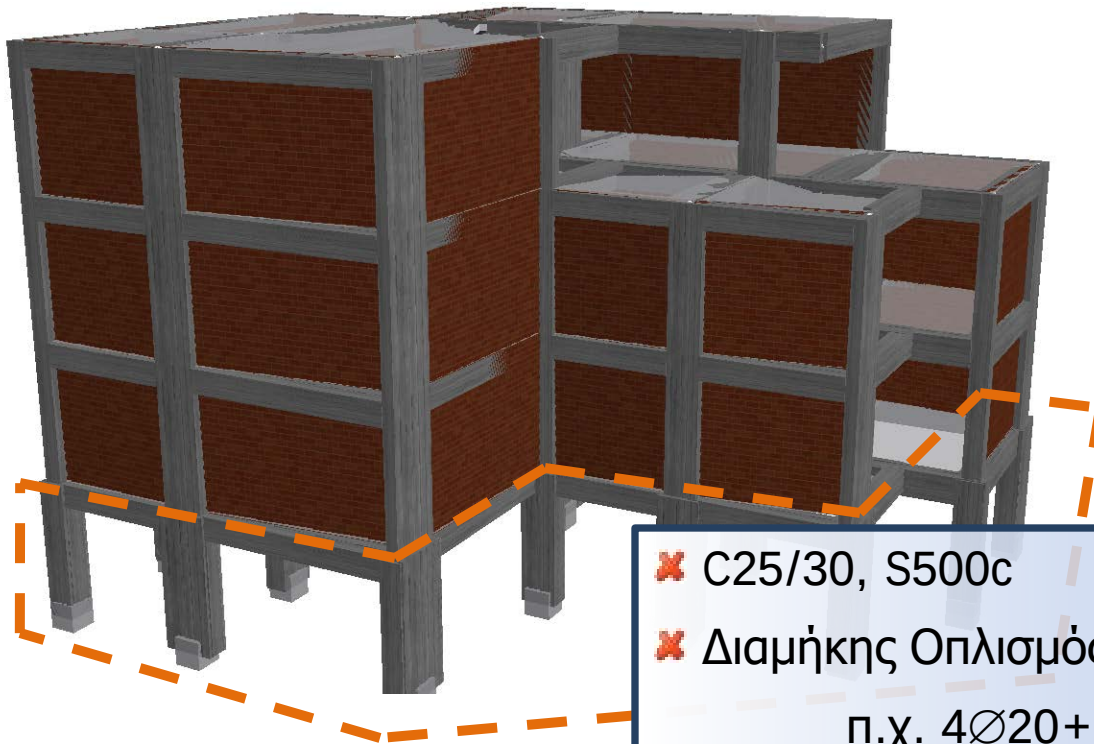
1. **Ενίσχυση με Μανδύες**
2. Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)
3. Ενίσχυση με Χιαστί Μεταλλικούς Συνδέσμους
4. Ενίσχυση με Υφάσματα από ΙΟΠ
5. Ενίσχυση με σεισμική μόνωση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Δεδομένα Κατασκευής



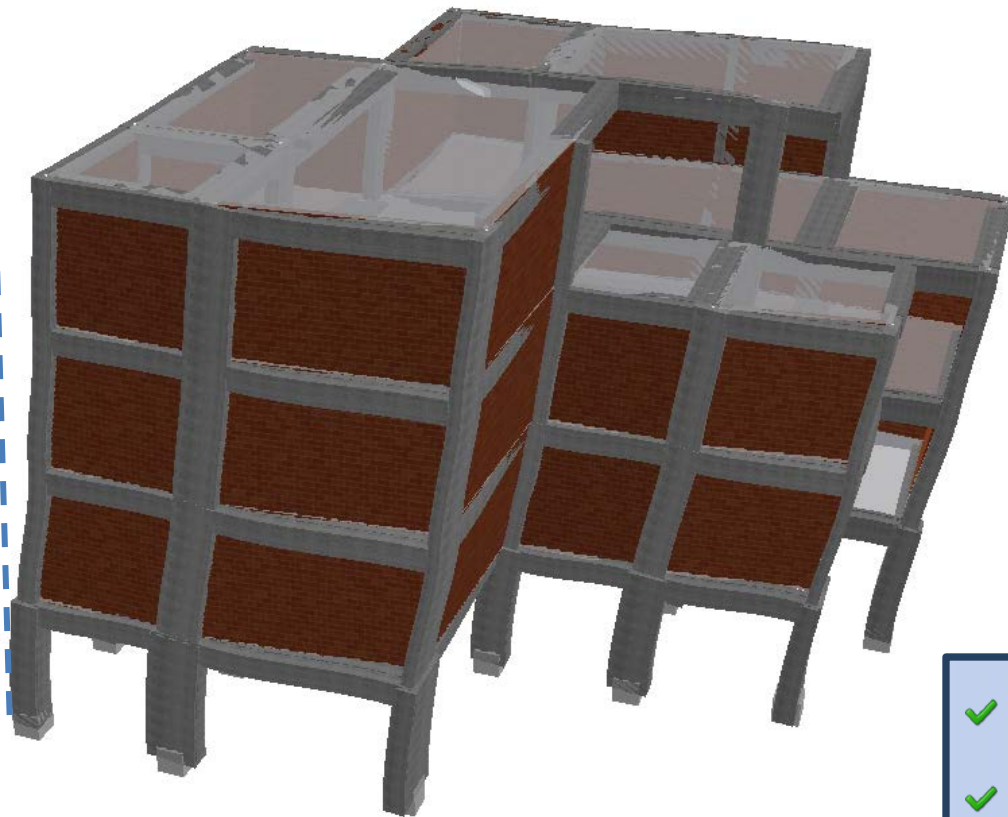
- ✗ C25/30, S500c
- ✗ Διαμήκης Οπλισμός Μανδύα,
π.χ. 4Ø20+ 4Ø16
- ✗ Εγκάρσιος Οπλισμός Μανδύα Ø10/10



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση



✓ $T_{\text{υφιστάμενο}} = 0.269 \text{ sec}$

✓ $T_{\text{ενισχυμένο}} = 0.198 \text{ sec (-26\%)}$

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



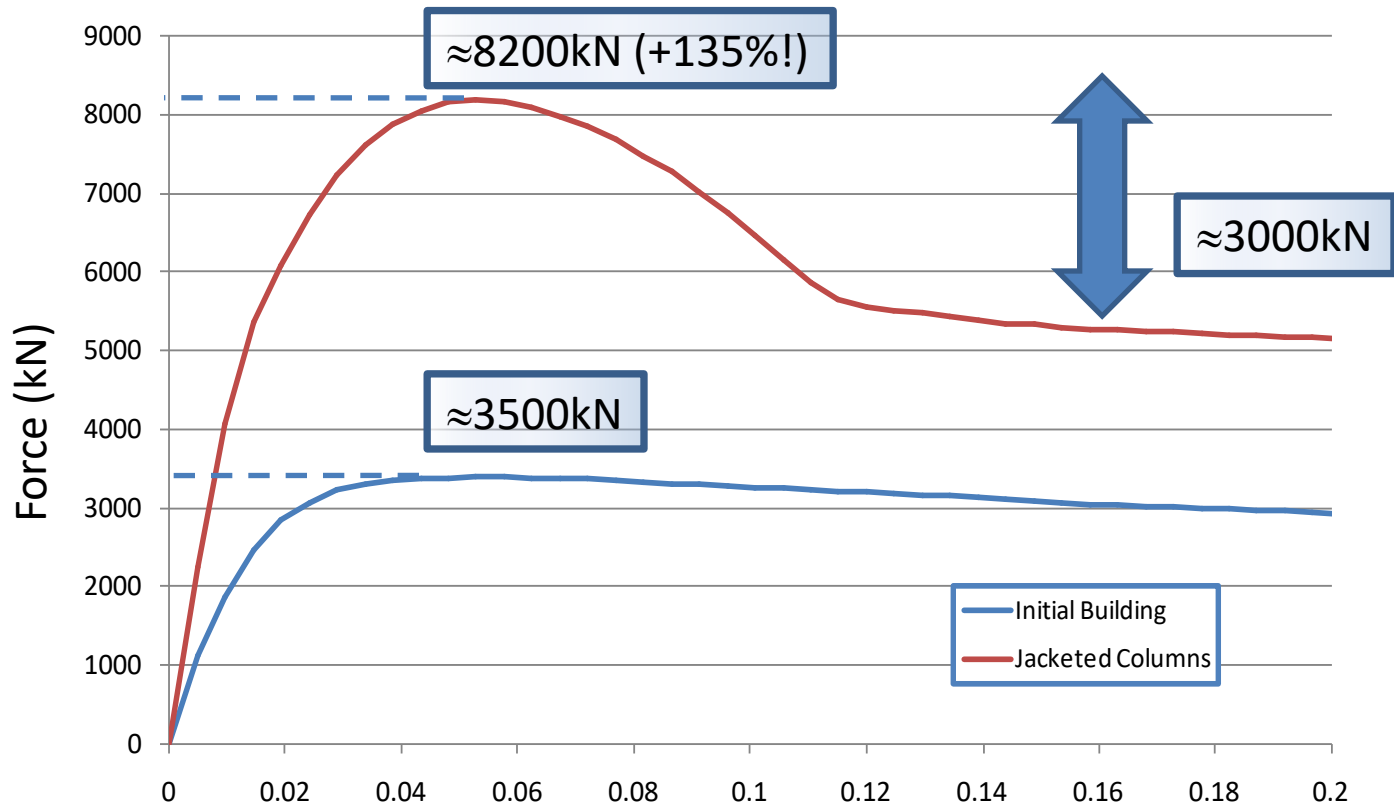
Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Ανάλυση Pushover



✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (υφιστάμενο) = 2.46cm

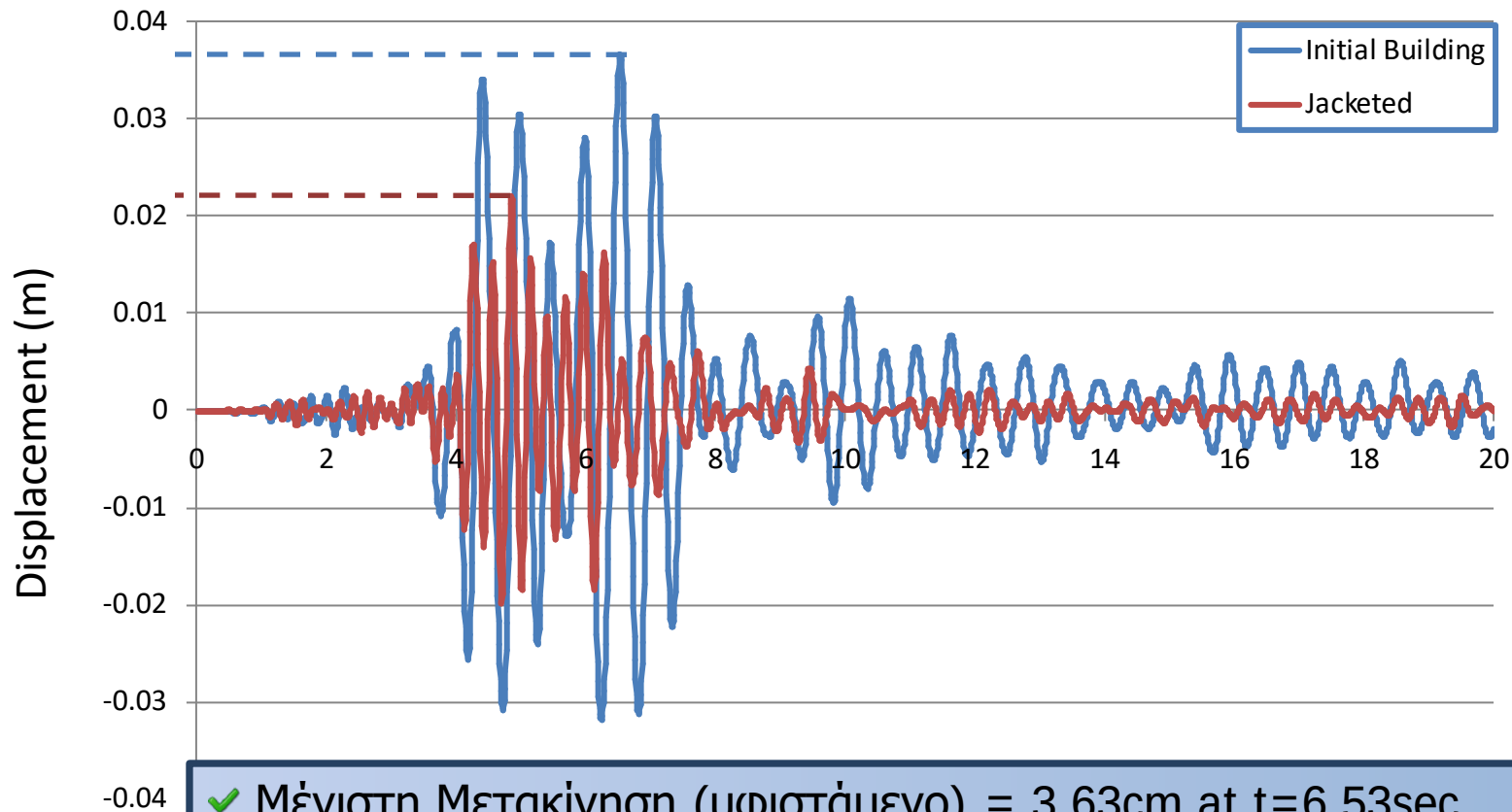
✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (ενισχυμένο) = 0.81cm (-67%!)



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Δυναμική Ανάλυση



✓ Μέγιστη Μετακίνηση (υφιστάμενο) = 3.63cm at t=6.53sec

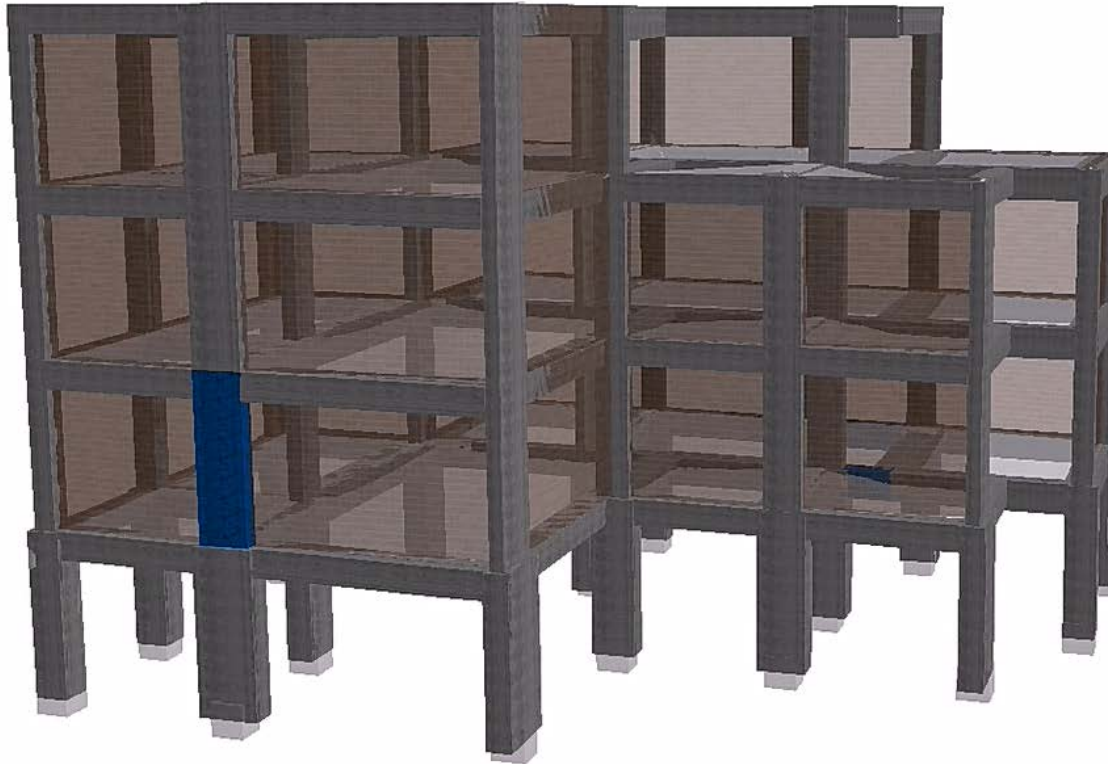
✓ Μέγιστη Μετακίνηση (ενισχυμένο) = 2.21cm at t=4.85sec (-39%)



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: https://www.youtube.com/watch?v=mC6Jj70g_l0

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

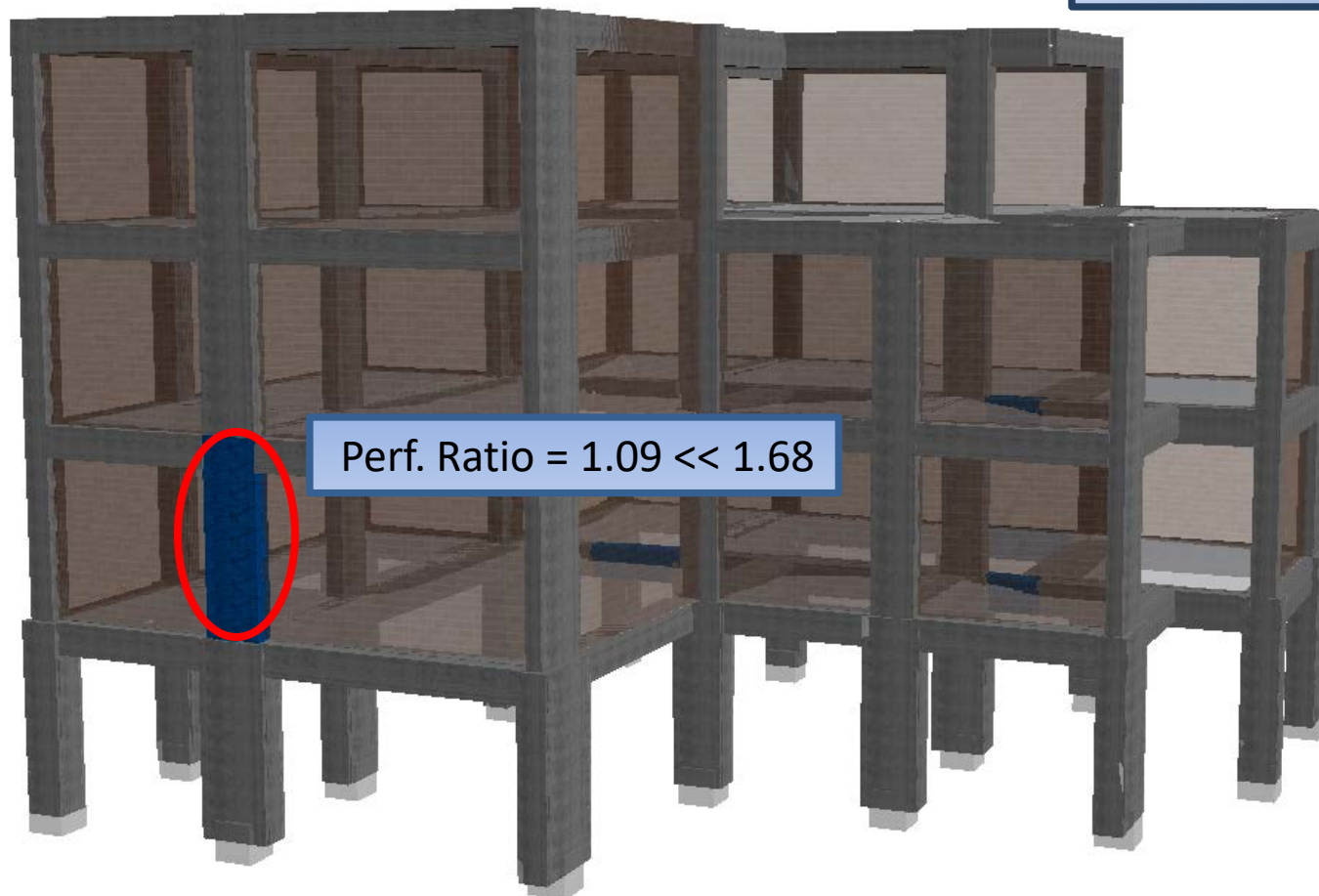


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 1

Μανδύες

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχοι EC8-Part 3



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

Ένα Παράδειγμα

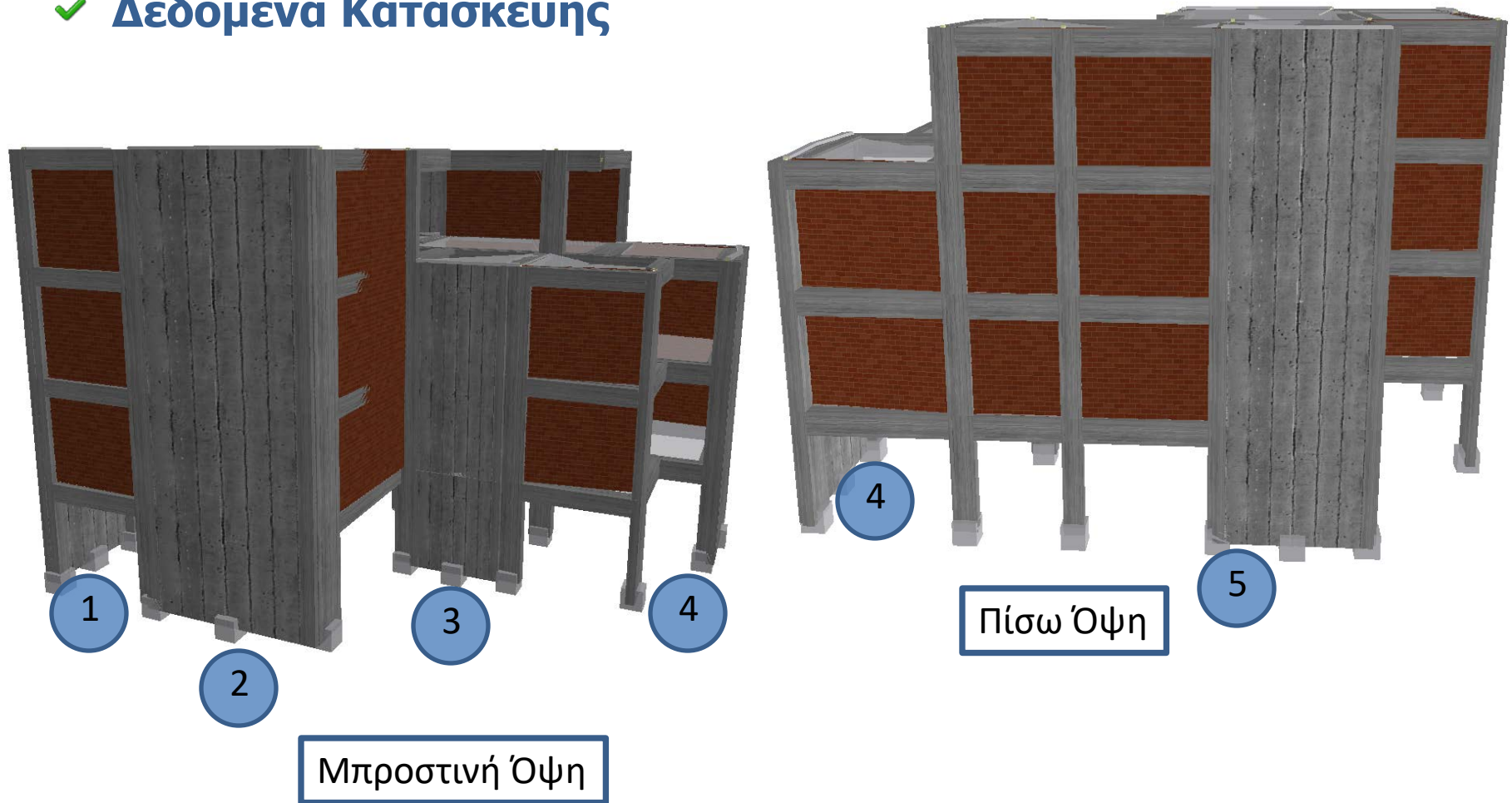
1. Ενίσχυση με Μανδύες
2. **Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)**
3. Ενίσχυση με Χιαστί Μεταλλικούς Συνδέσμους
4. Ενίσχυση με Υφάσματα από ΙΟΠ
5. Ενίσχυση με σεισμική μόνωση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχεία (σε όλο το ύψος)

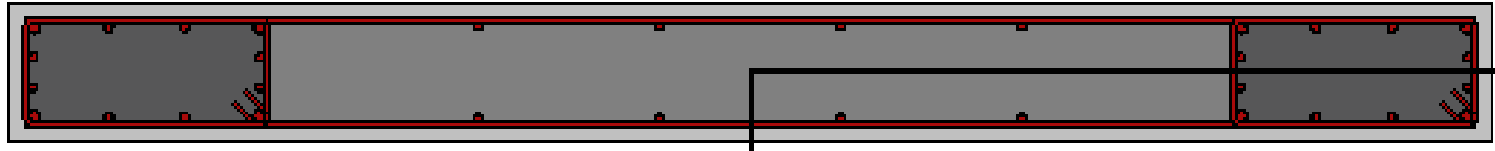
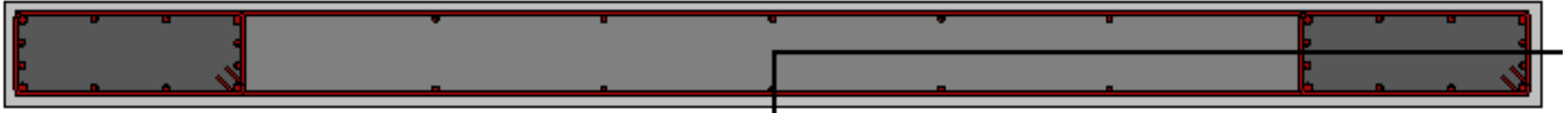
✓ Δεδομένα Κατασκευής



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)

✓ Δεδομένα Κατασκευής



Ενδεικτικός Οπλισμός

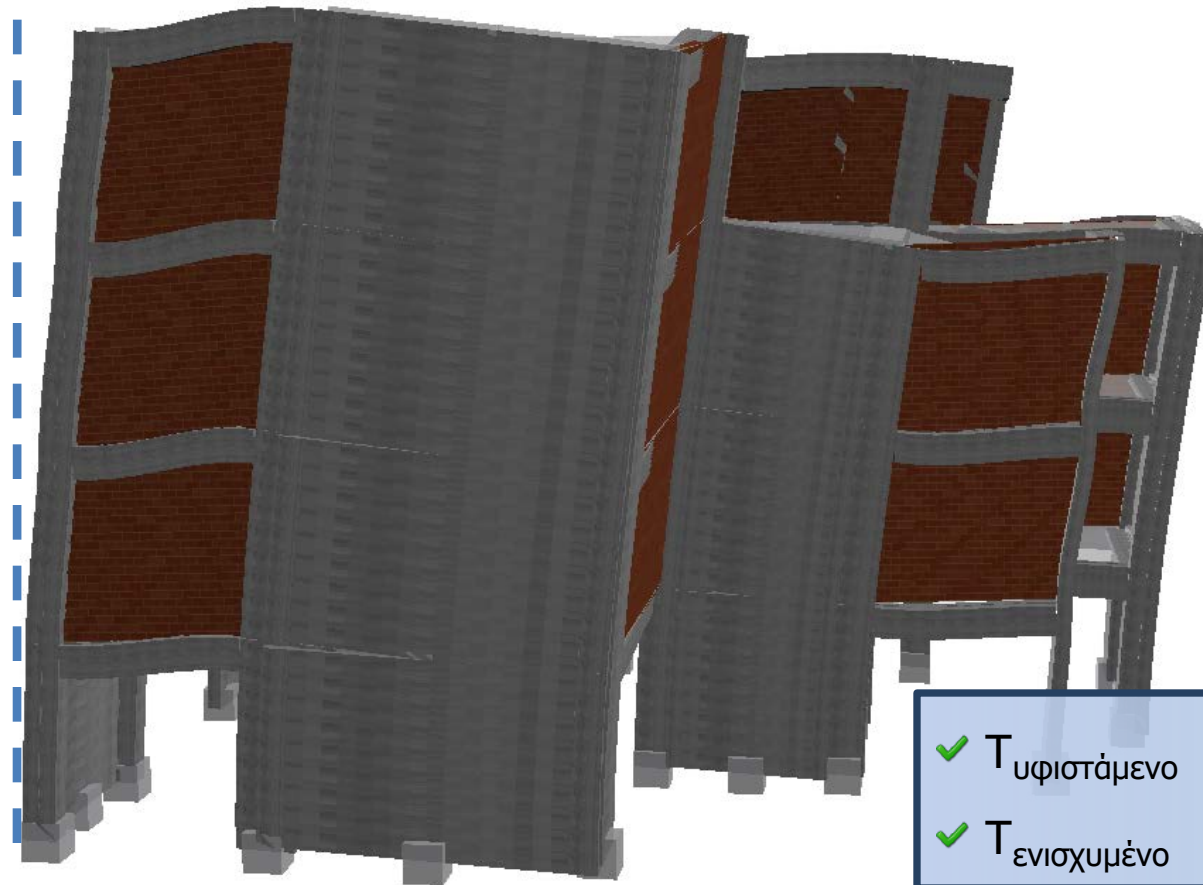
- ✓ Διαμήκης Οπλισμός (ψευδο-υποστυλώματα): $8\varnothing 20 + 16\varnothing 16$
- ✓ Εγκάρσιος Οπλισμός στα ψευδο-υποστυλώματα: $\varnothing 10/10$



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχεία (σε όλο το ύψος)

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση



✓ $T_{\text{υφιστάμενο}} = 0.269 \text{ sec}$

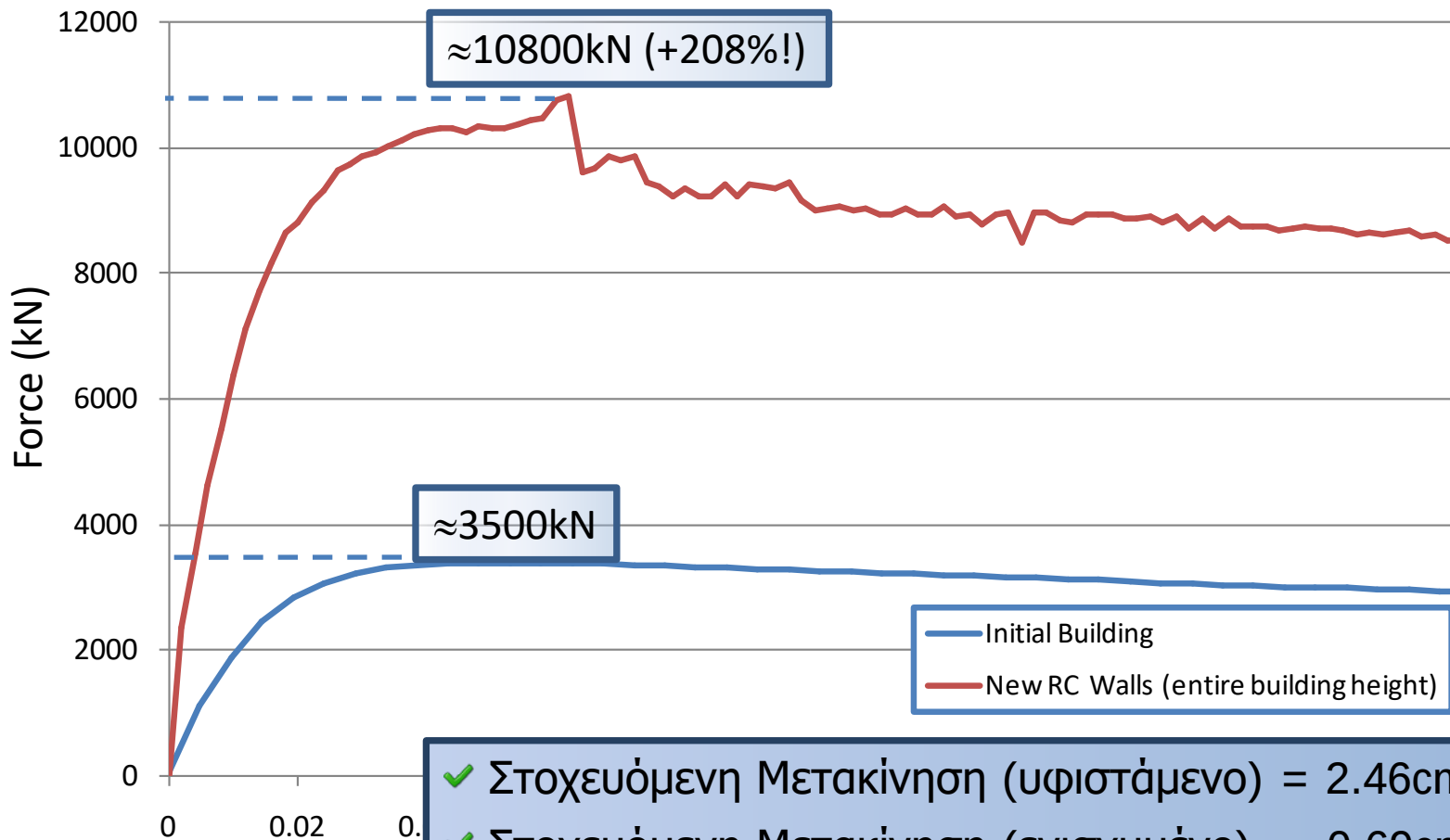
✓ $T_{\text{ενισχυμένο}} = 0.116 \text{ sec (-57\%)}$



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)

✓ Ανάλυση Pushover



✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (υφιστάμενο) = 2.46cm

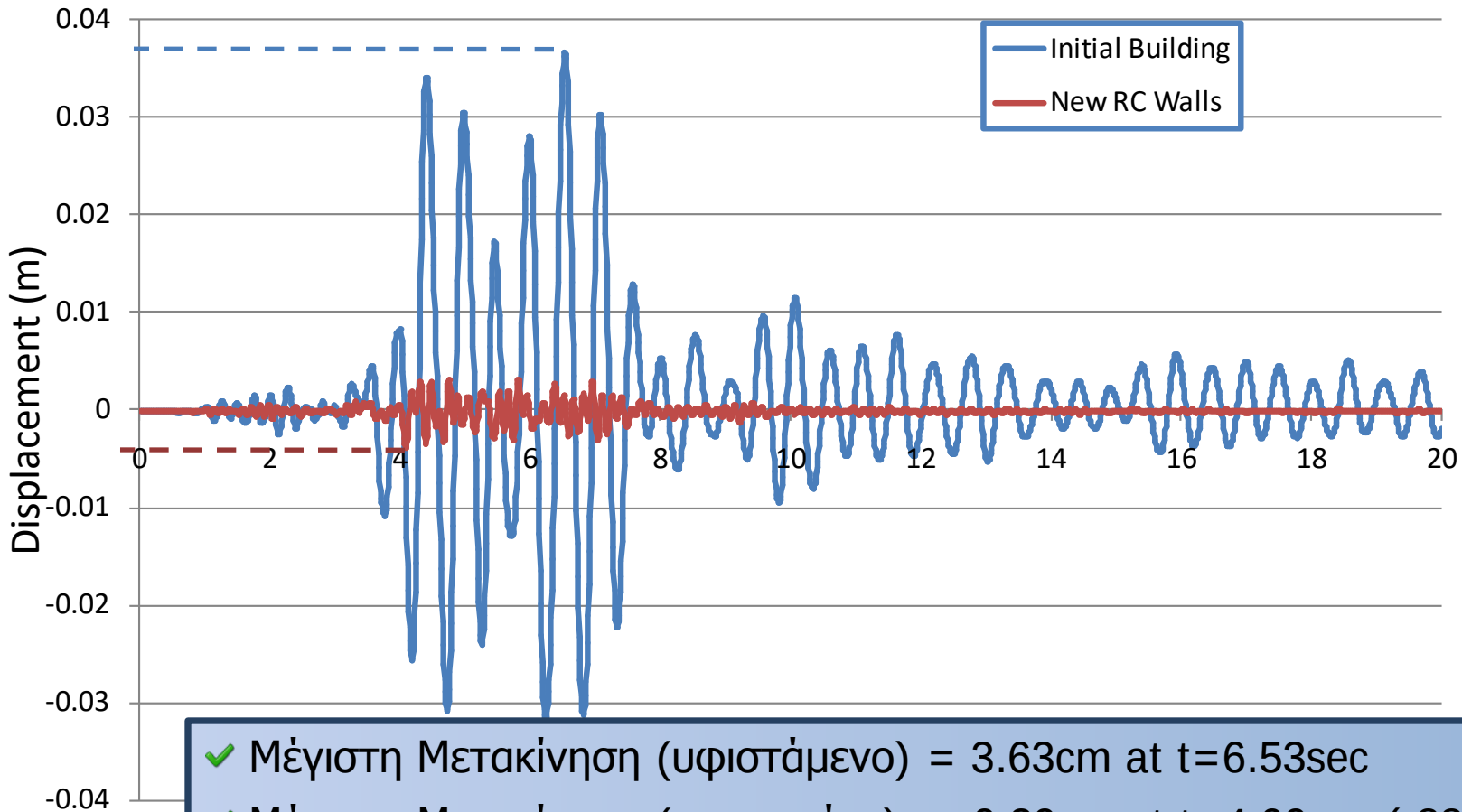
✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (ενισχυμένο) = 0.69cm (-72%!)



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχεία (σε όλο το ύψος)

✓ Δυναμική Ανάλυση



✓ Μέγιστη Μετακίνηση (υφιστάμενο) = 3.63cm at t=6.53sec

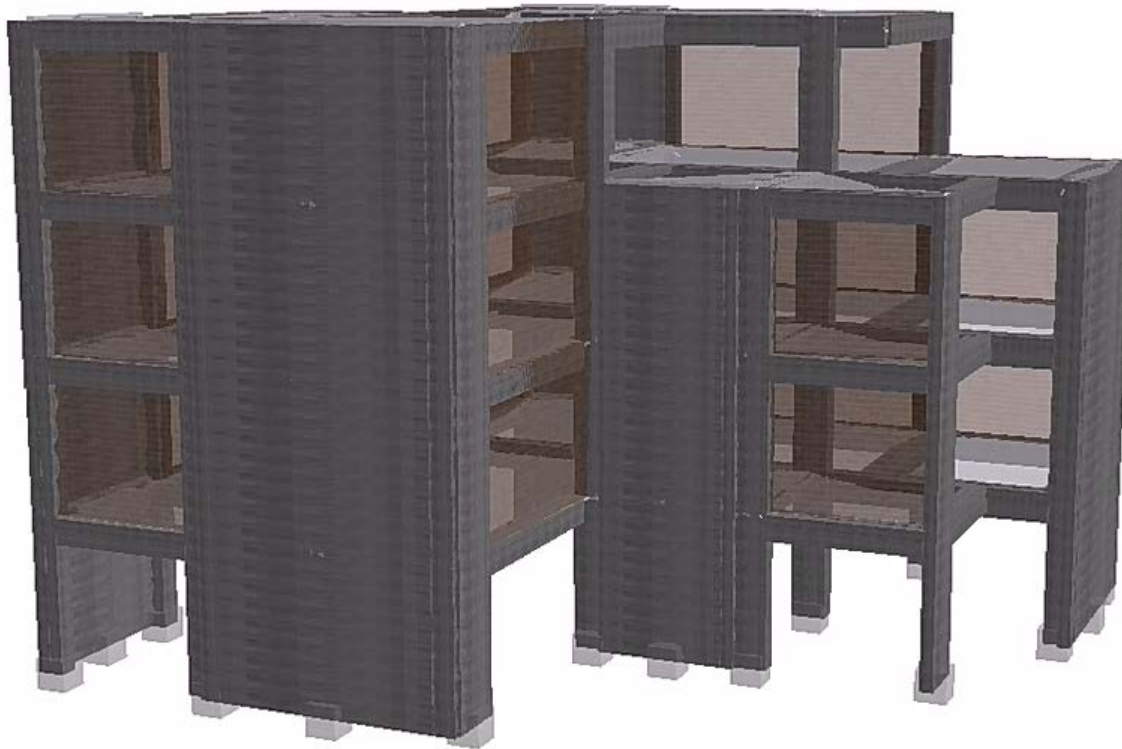
✓ Μέγιστη Μετακίνηση (ενισχυμένο) = 0.39cm at t=4.09sec (-88%)



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχεία (σε όλο το ύψος)

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: <https://www.youtube.com/watch?v=cS3An3QUX68>

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

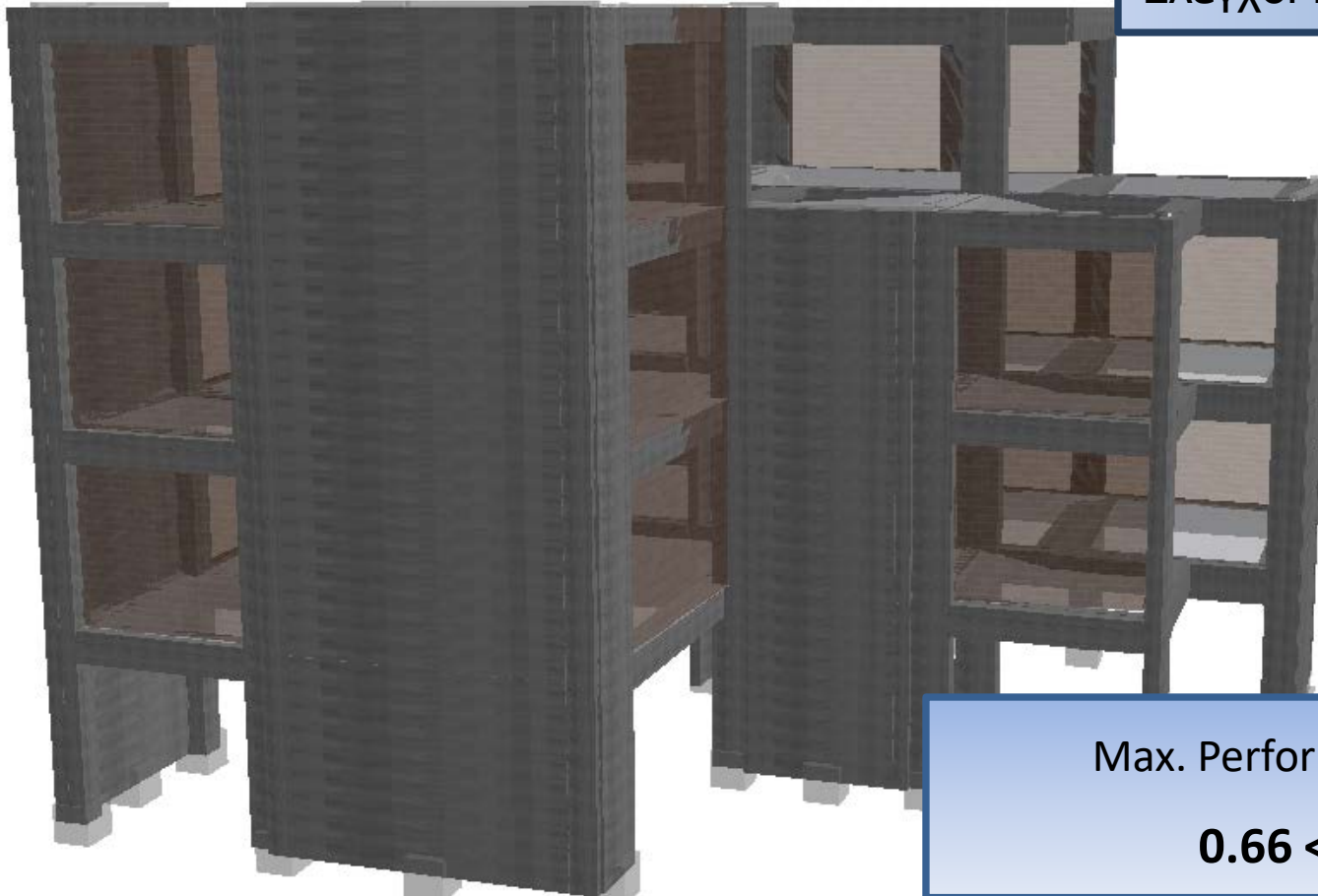


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχοι EC8-Part 3



Max. Performance Ratio

$0.66 < 1.00$



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



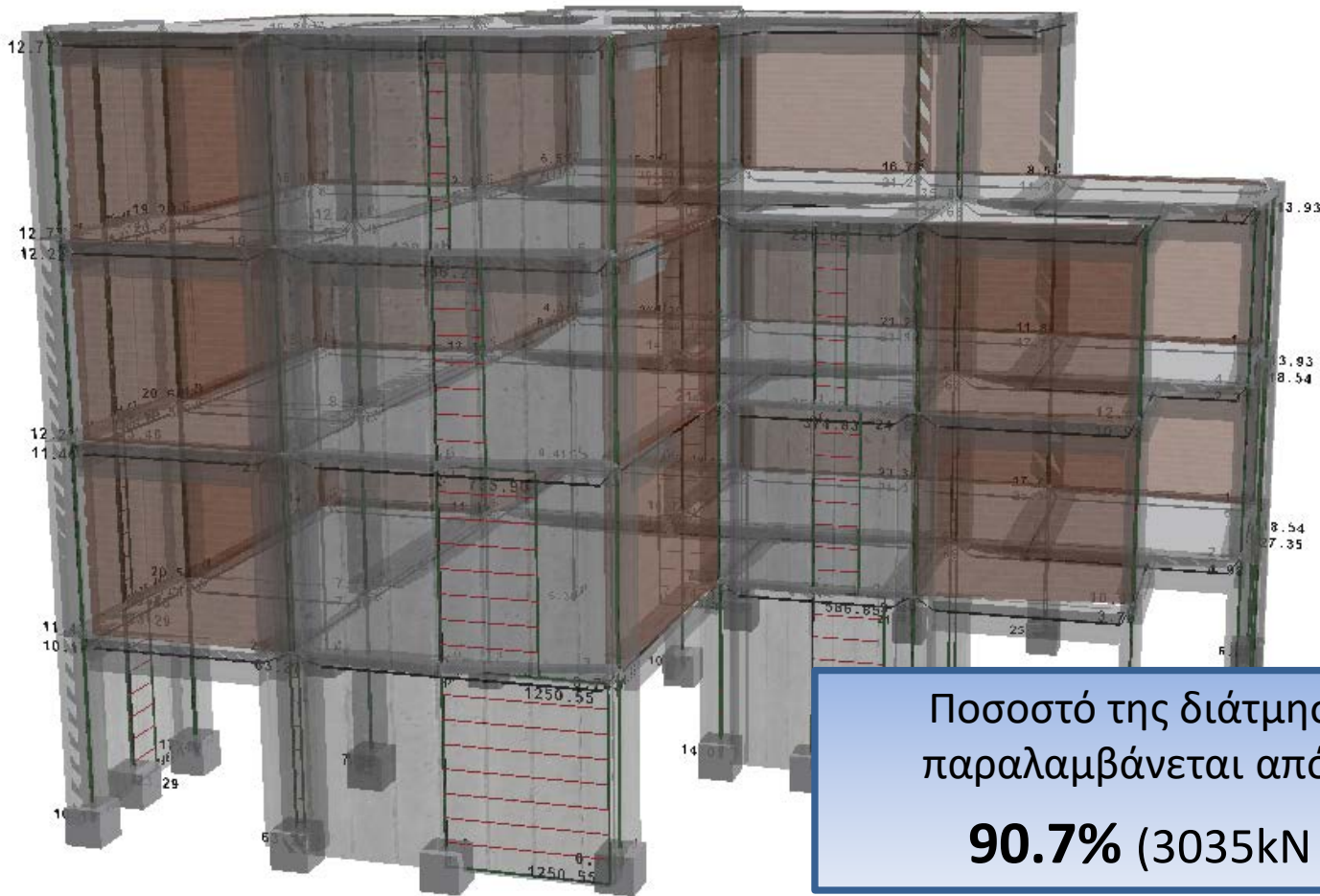
Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 2

Ενίσχυση με Νέα Τοιχεία (σε όλο το ύψος)

✓ Δυναμική Ανάλυση



Ποσοστό της διάτμησης βάσης που
παραλαμβάνεται από τα νέα τοιχεία:

90.7% (3035kN of 3347kN)



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

Ένα Παράδειγμα

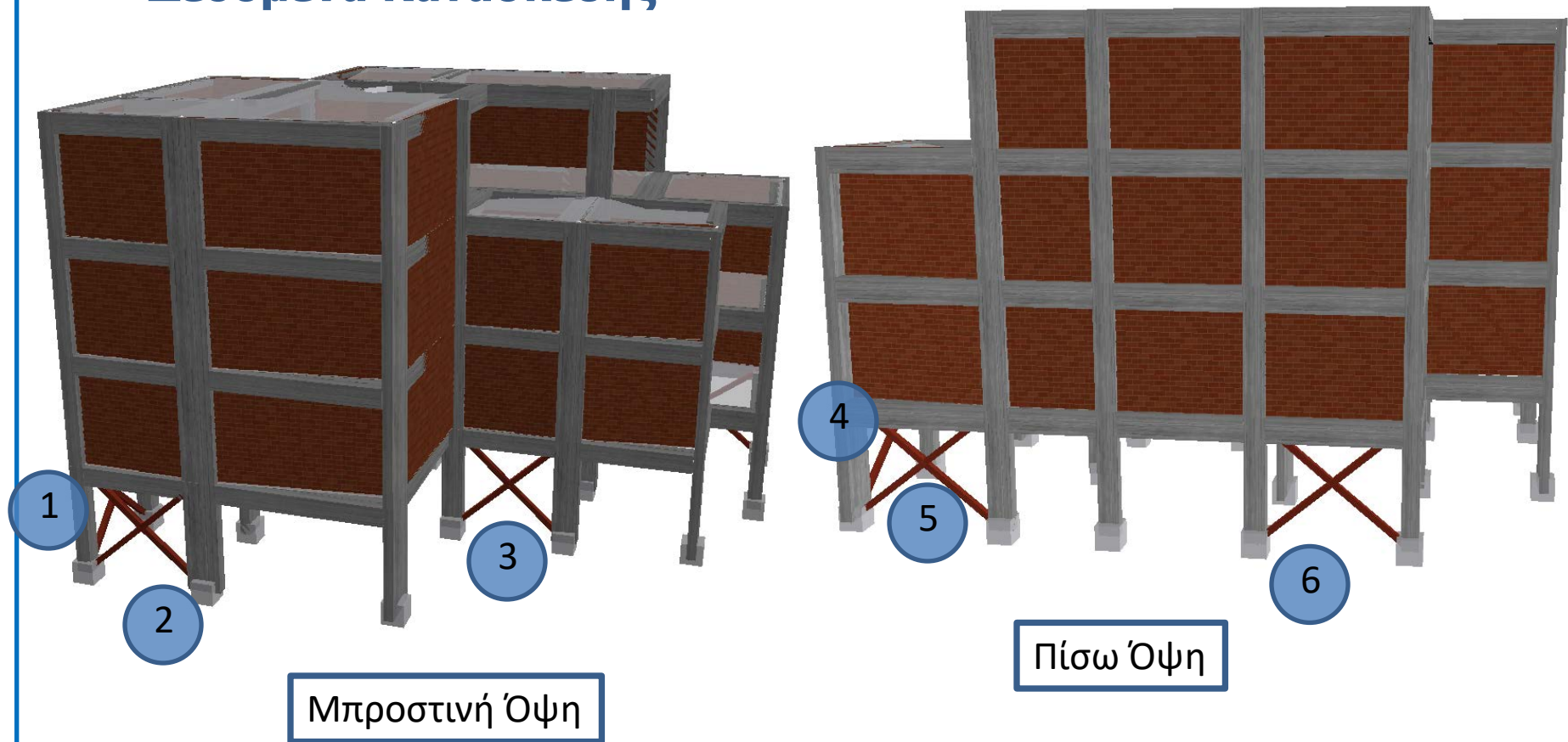
1. Ενίσχυση με Μανδύες
2. Ενίσχυση με Νέα Τοιχία (σε όλο το ύψος)
- 3. Ενίσχυση με Χιαστί Μεταλλικούς Συνδέσμους**
4. Ενίσχυση με Υφάσματα από ΙΟΠ
5. Ενίσχυση με σεισμική μόνωση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

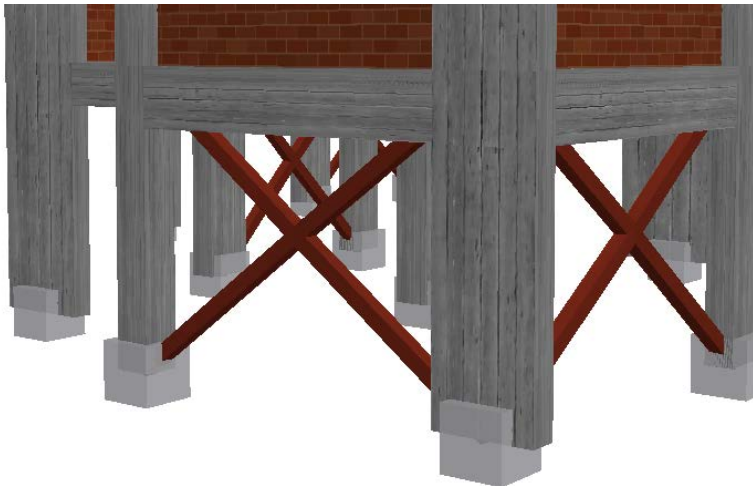
Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Δεδομένα Κατασκευής

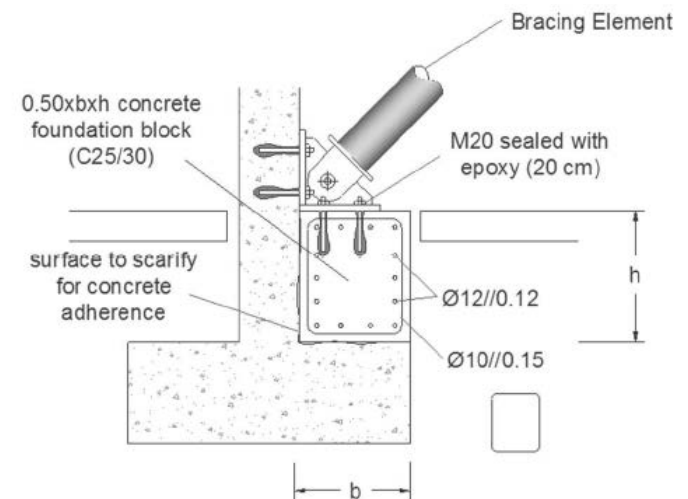
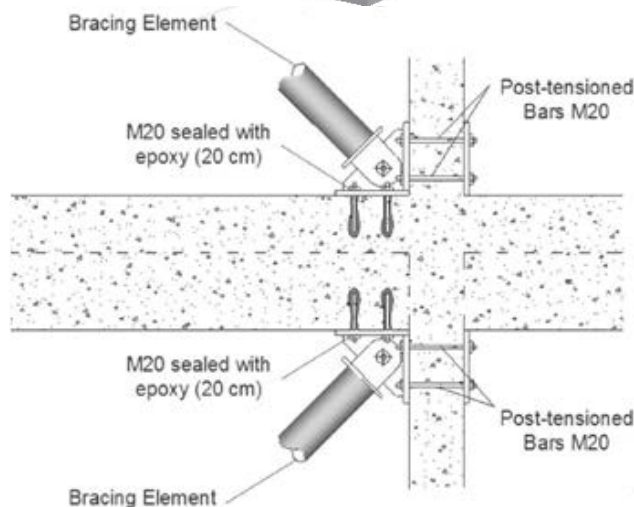


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)



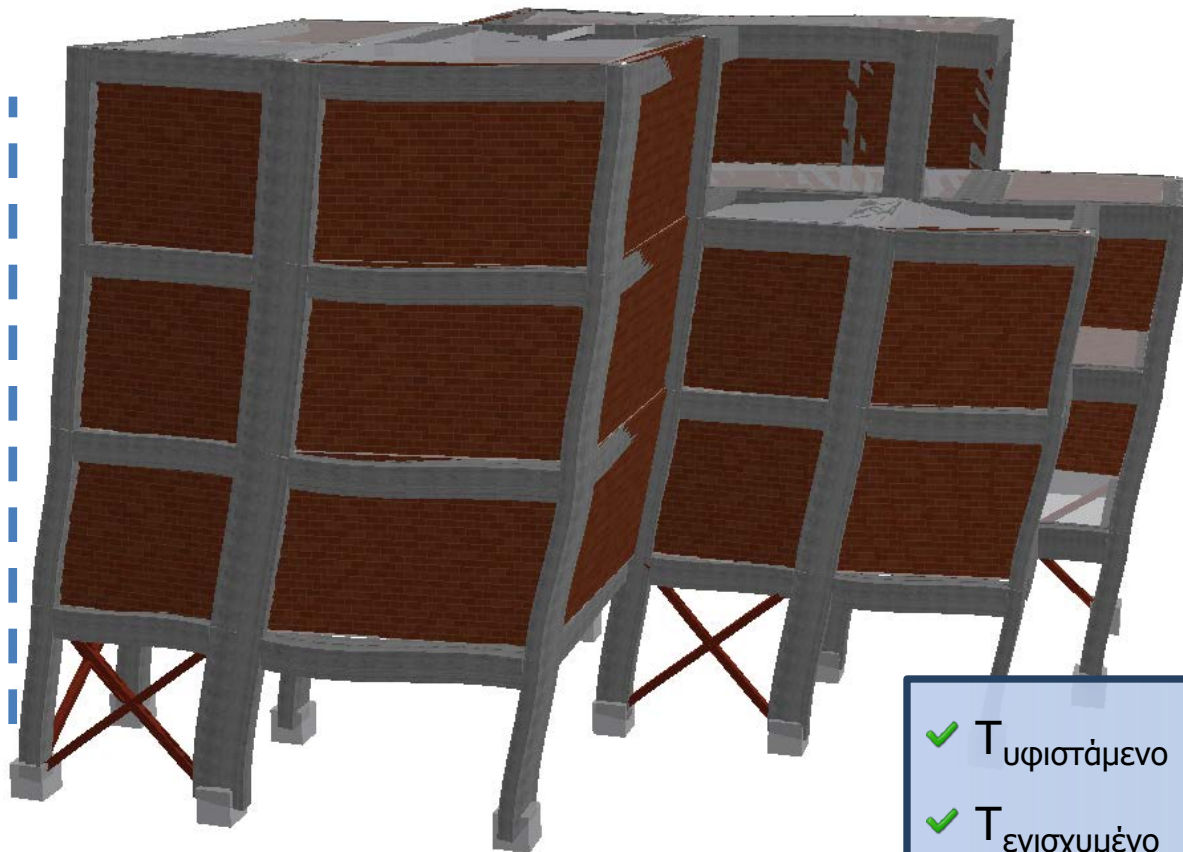
Τετραγωνική Κοίλη Διατομή
120x120x8mm



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση



✓ $T_{\text{υφιστάμενο}} = 0.269 \text{ sec}$

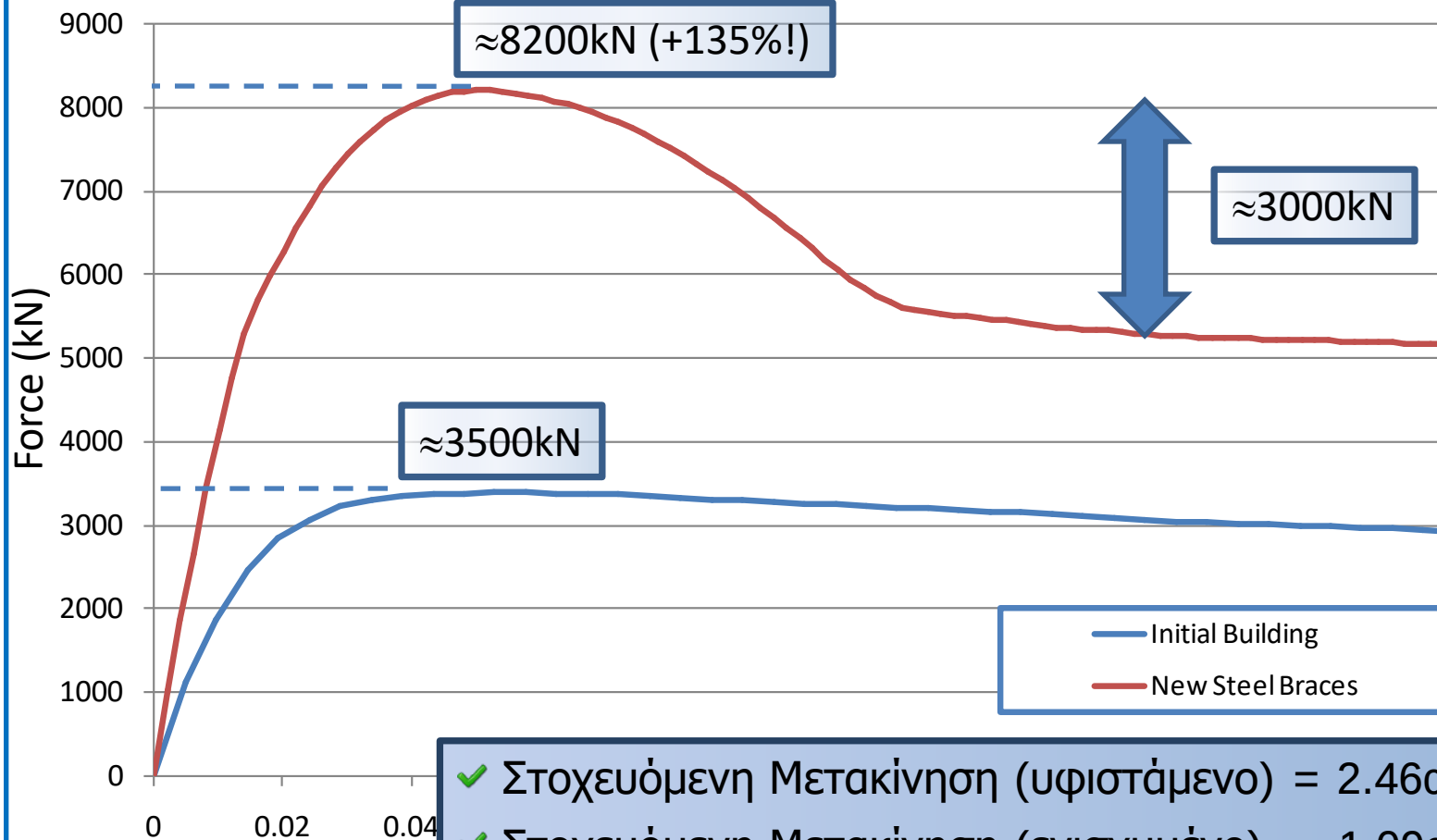
✓ $T_{\text{ενισχυμένο}} = 0.235 \text{ sec (-13\%)}$



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Ανάλυση Pushover



✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (υφιστάμενο) = 2.46cm

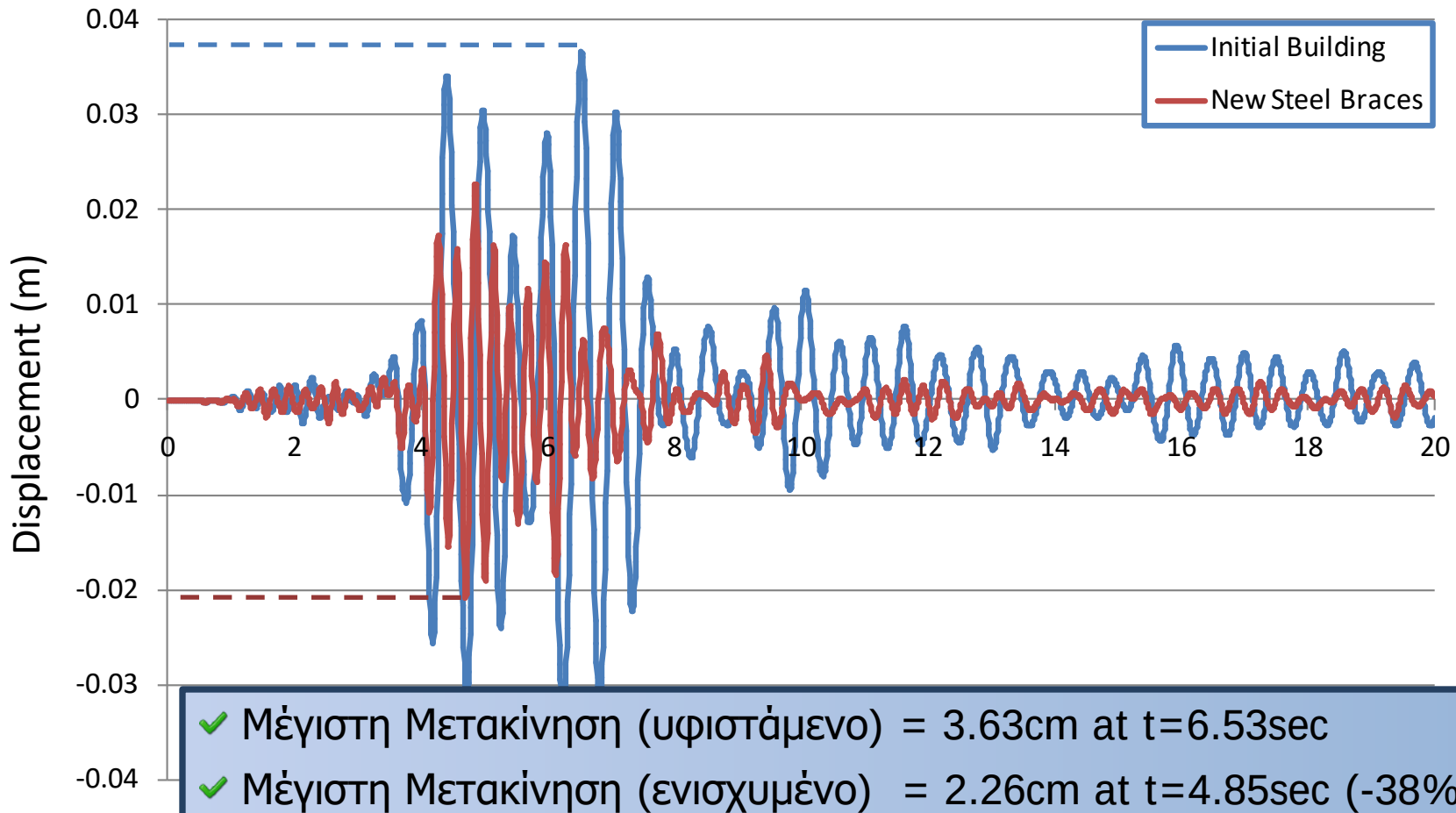
✓ Στοχευόμενη Μετακίνηση (ενισχυμένο) = 1.09cm (-56%!)



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Δυναμική Ανάλυση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3 Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: <https://www.youtube.com/watch?v=PM9-Yfq0Nhk>

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

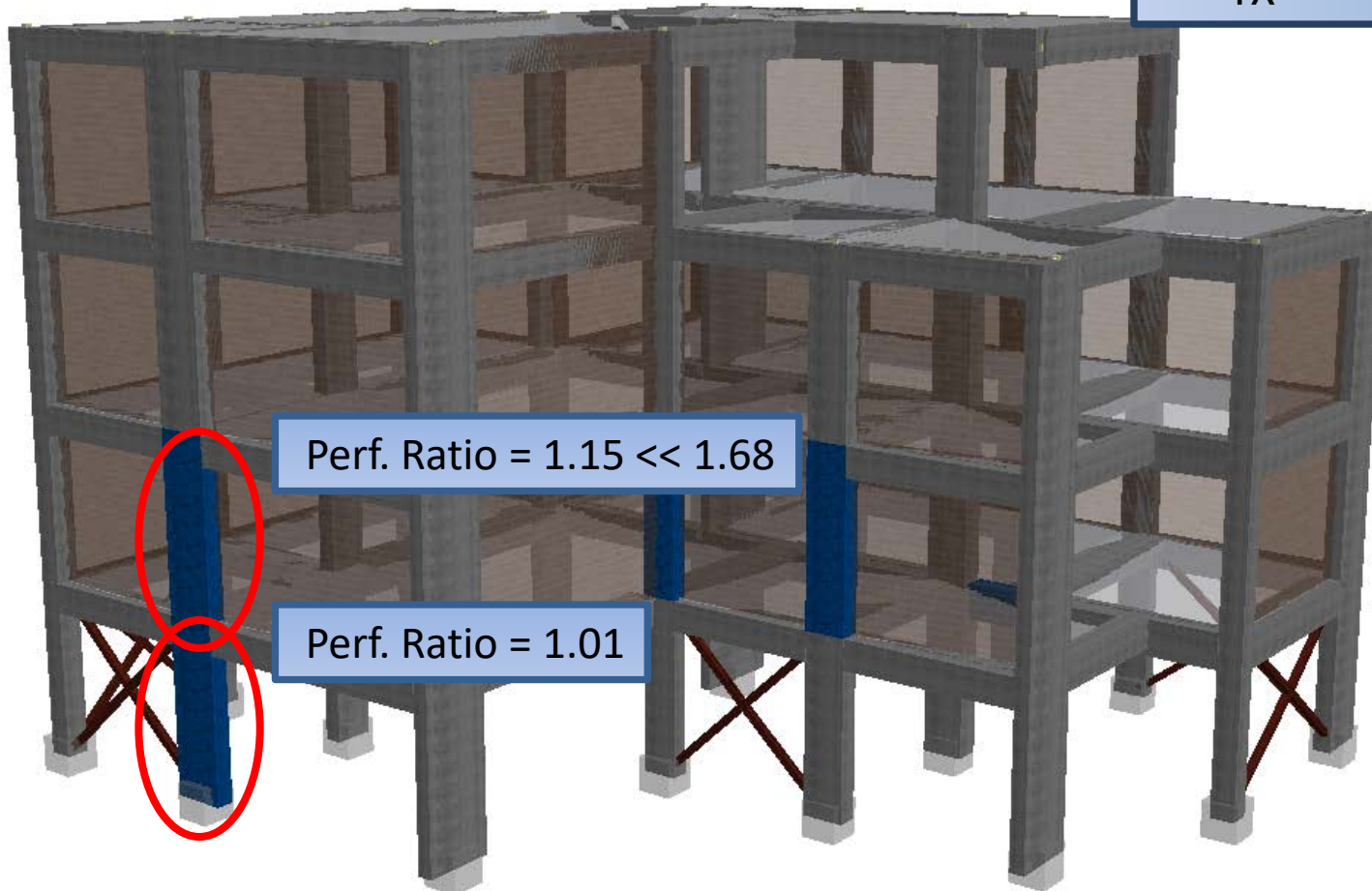


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 3

Χιαστί Μεταλλικοί Σύνδεσμοι (στο ισόγειο)

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχοι EC8-Part 3



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

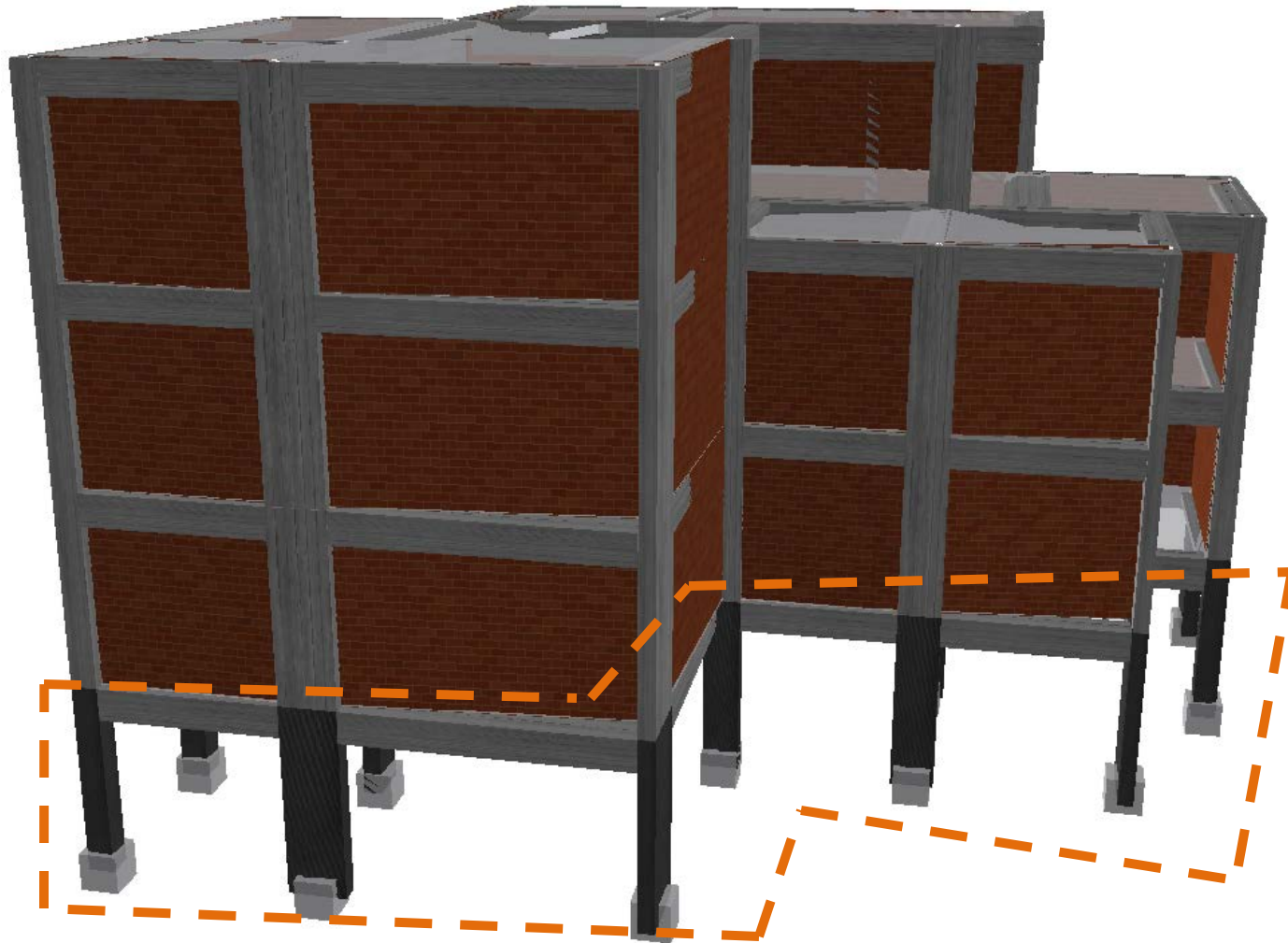
Ένα Παράδειγμα

1. Ενίσχυση με Μανδύες
2. Ενίσχυση με Νέα Τοιχία(σε όλο το ύψος)
3. Ενίσχυση με Χιαστί Μεταλλικούς Συνδέσμους
- 4. Ενίσχυση με Υφάσματα από ΙΟΠ**
5. Ενίσχυση με σεισμική μόνωση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακούφασμα



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr

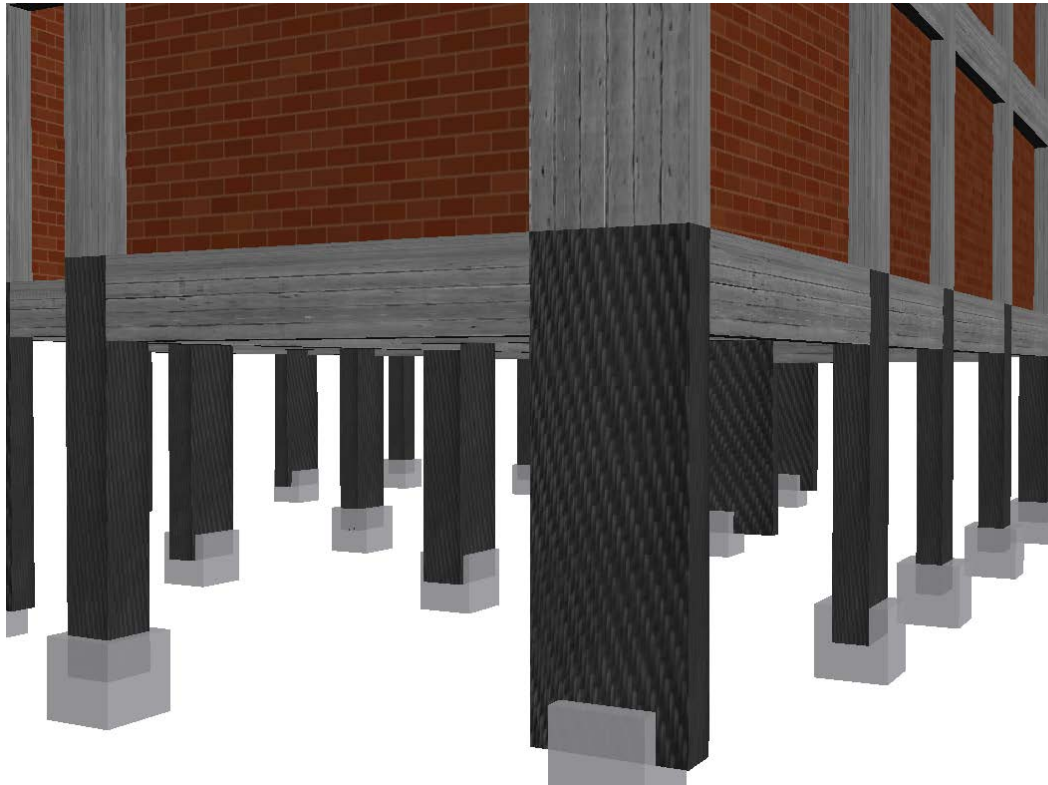


Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

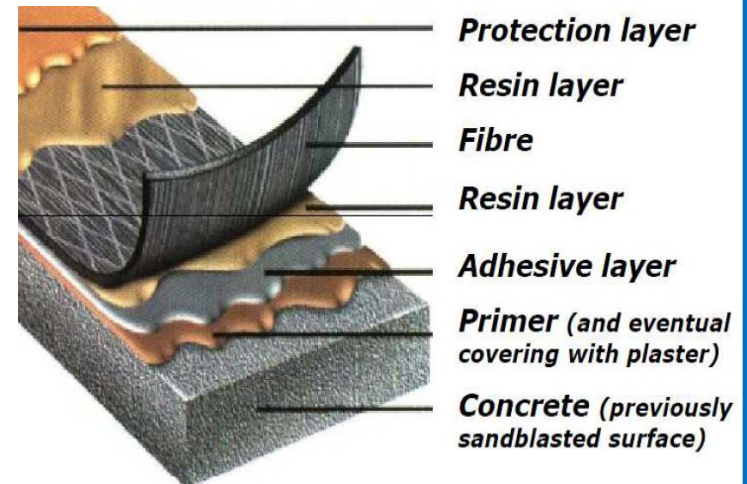


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακούφασματα



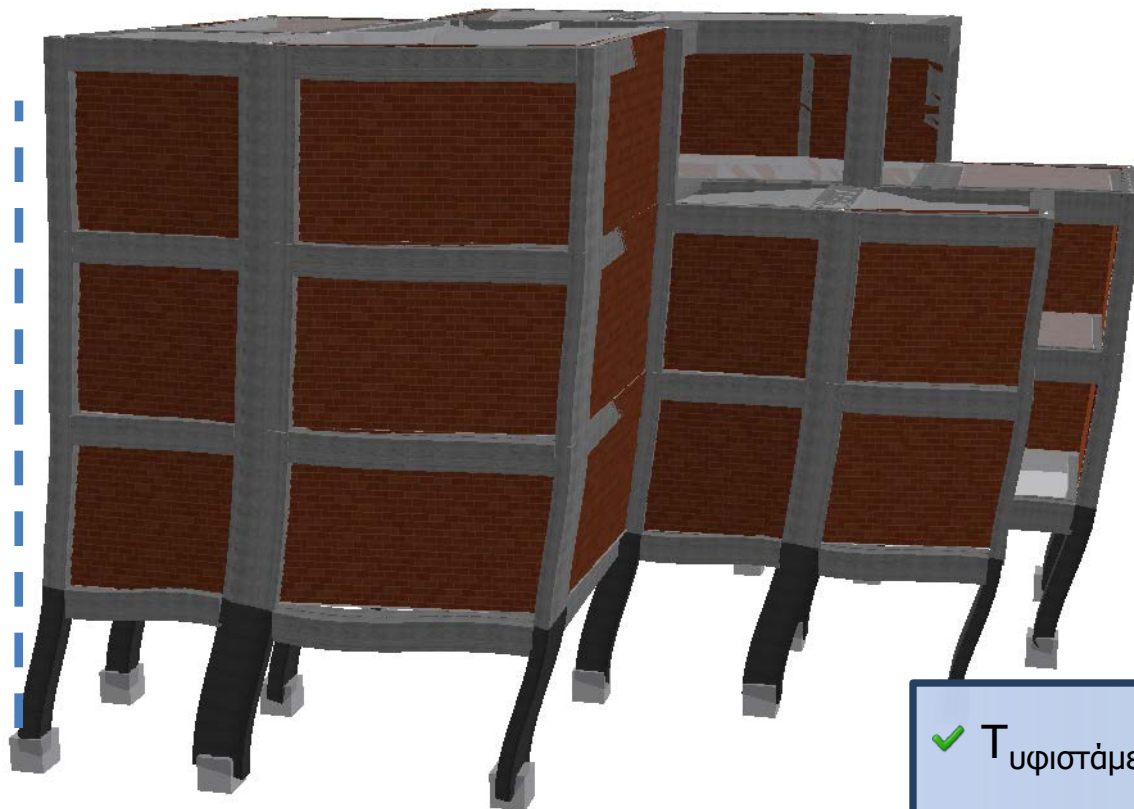
3 layers of SikaWrap 600C



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακοϋφάσματα

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση



✓ $T_{\text{υφιστάμενο}} = 0.269 \text{ sec}$

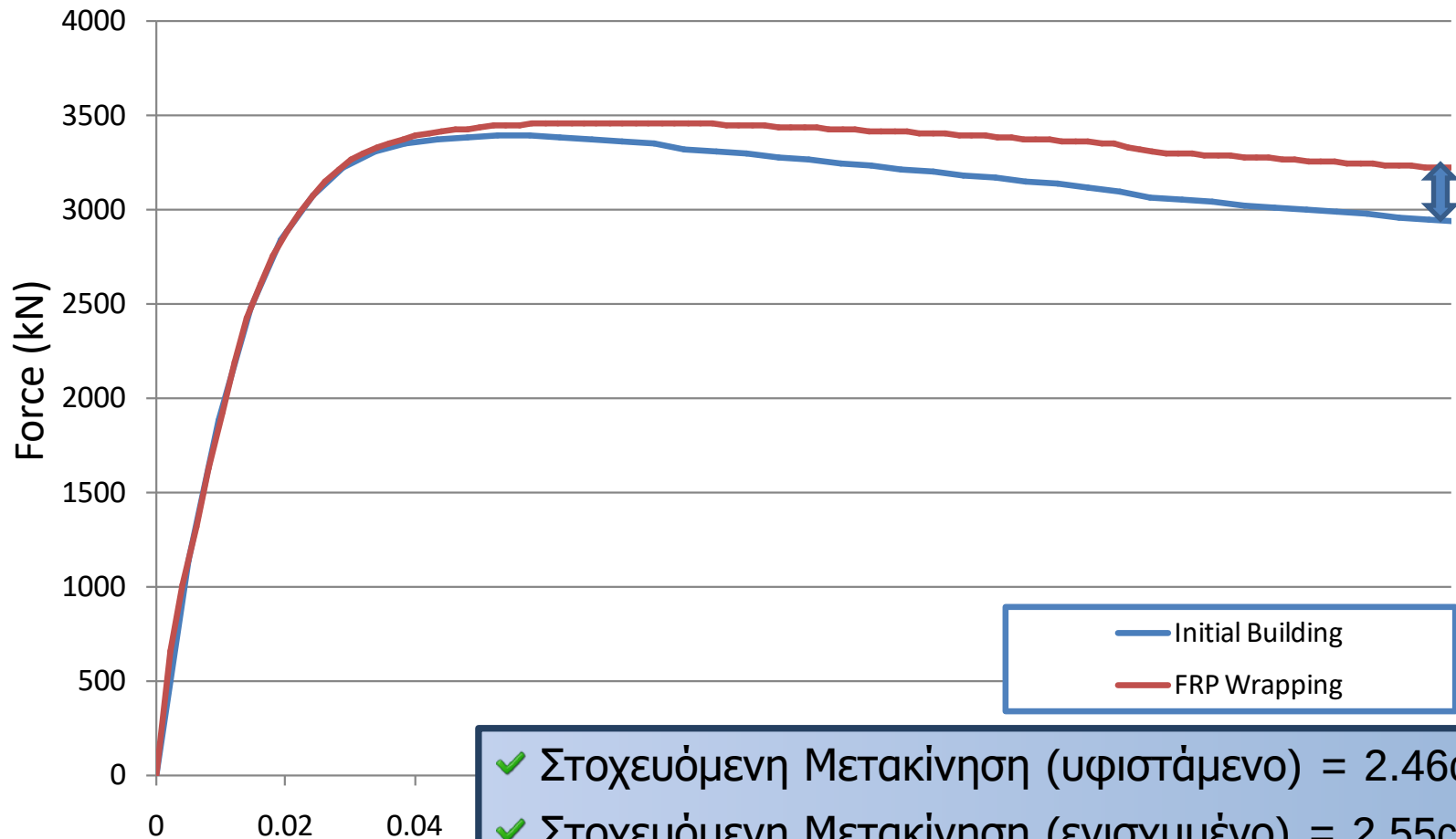
✓ $T_{\text{ενισχυμένο}} = 0.269 \text{ sec}$



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακοϋφάσματα

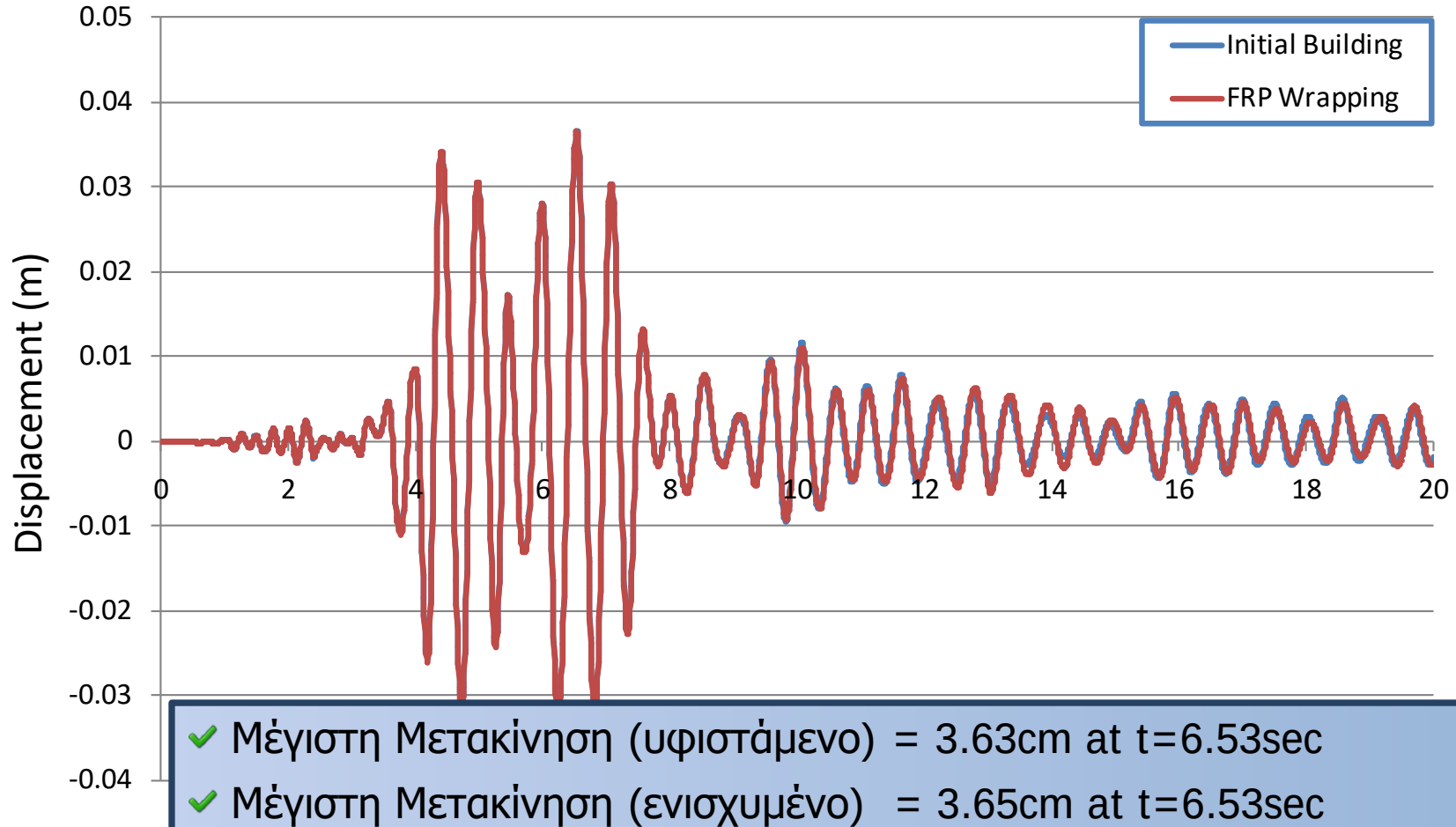
✓ Ανάλυση Pushover



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακοϋφάσματα

✓ Δυναμική Ανάλυση



Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακοϋφάσματα

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: <https://www.youtube.com/watch?v=1L2xW6OMzqU>

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

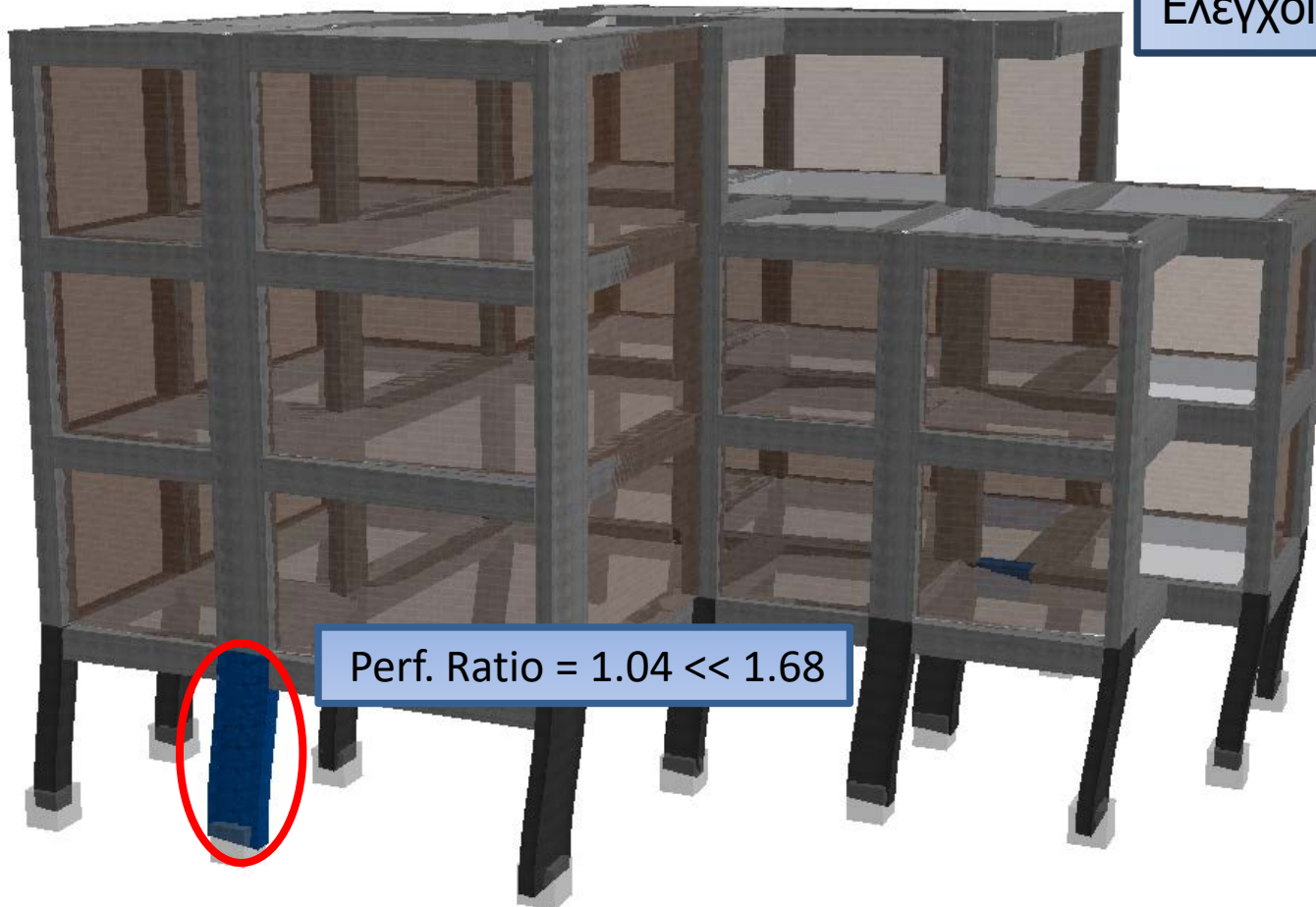


Ενισχυμένο Κτίριο: Προσομοίωμα 4

Ανθρακοϋφάσματα

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχοι EC8-Part 3



Perf. Ratio = $1.04 \ll 1.68$



Εφαρμογή Διαφόρων Μεθόδων Ενίσχυσης

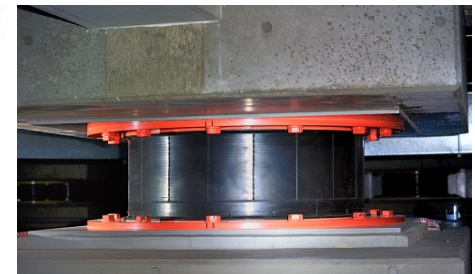
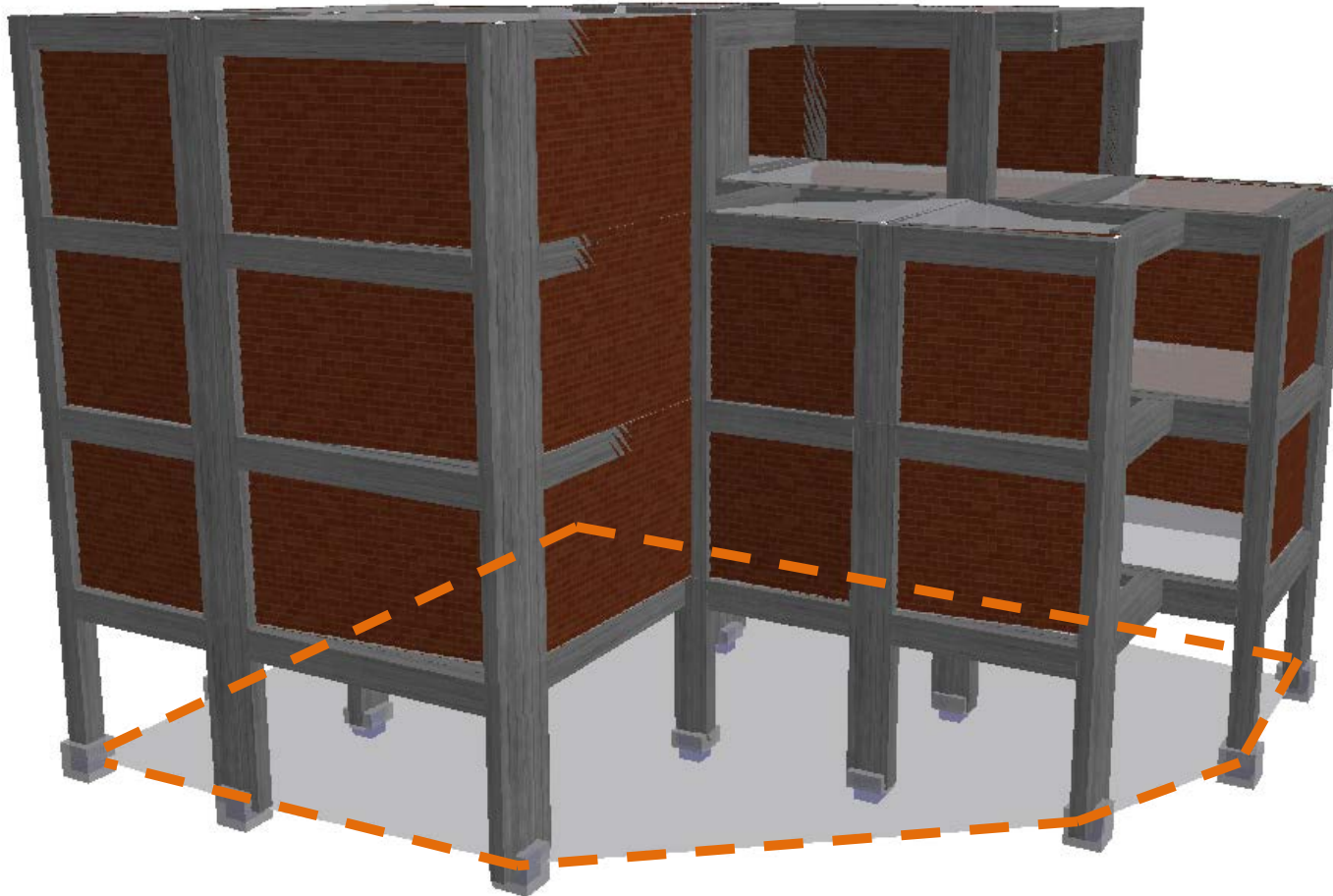
Ένα Παράδειγμα

1. Ενίσχυση με μανδύες ΟΣ
2. Ενίσχυση με νέα τοιχεία από ΟΣ
3. Ενίσχυση με μεταλλικούς χιαστί συνδέσμους
4. Ενίσχυση με υφάσματα από ΙΟΠ
5. **Ενίσχυση με σεισμική μόνωση**



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



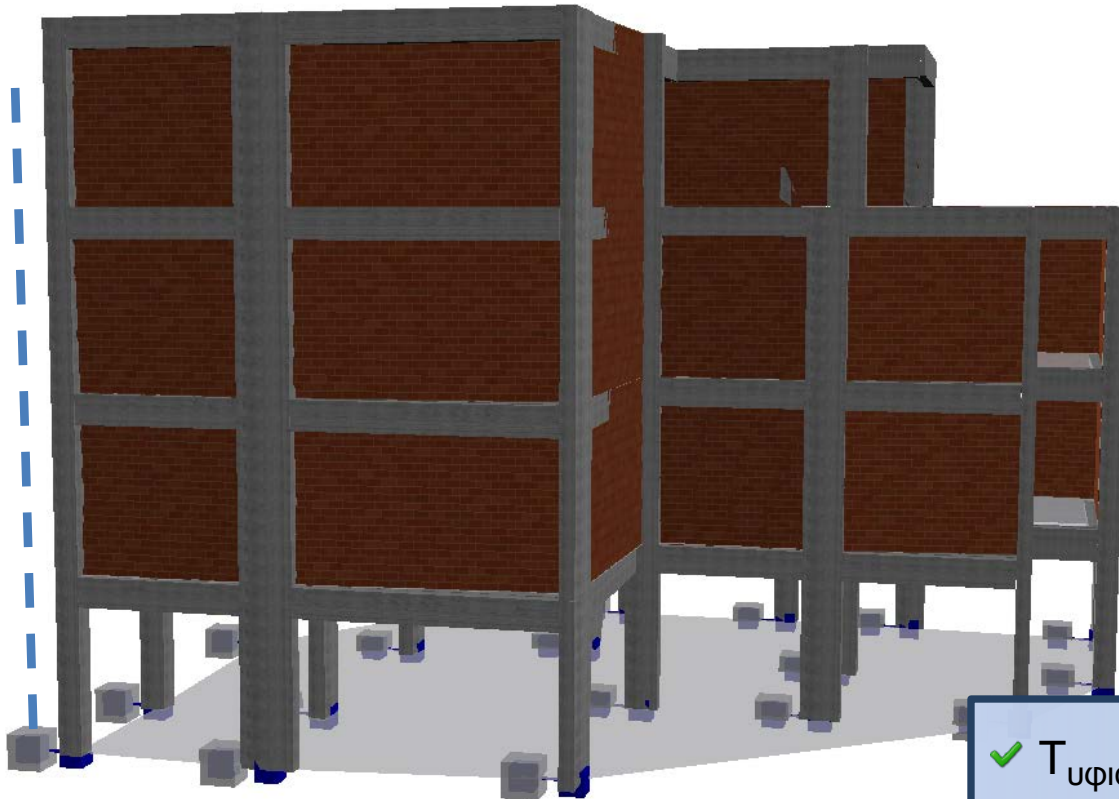
Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

✓ Ιδιομορφική Ανάλυση

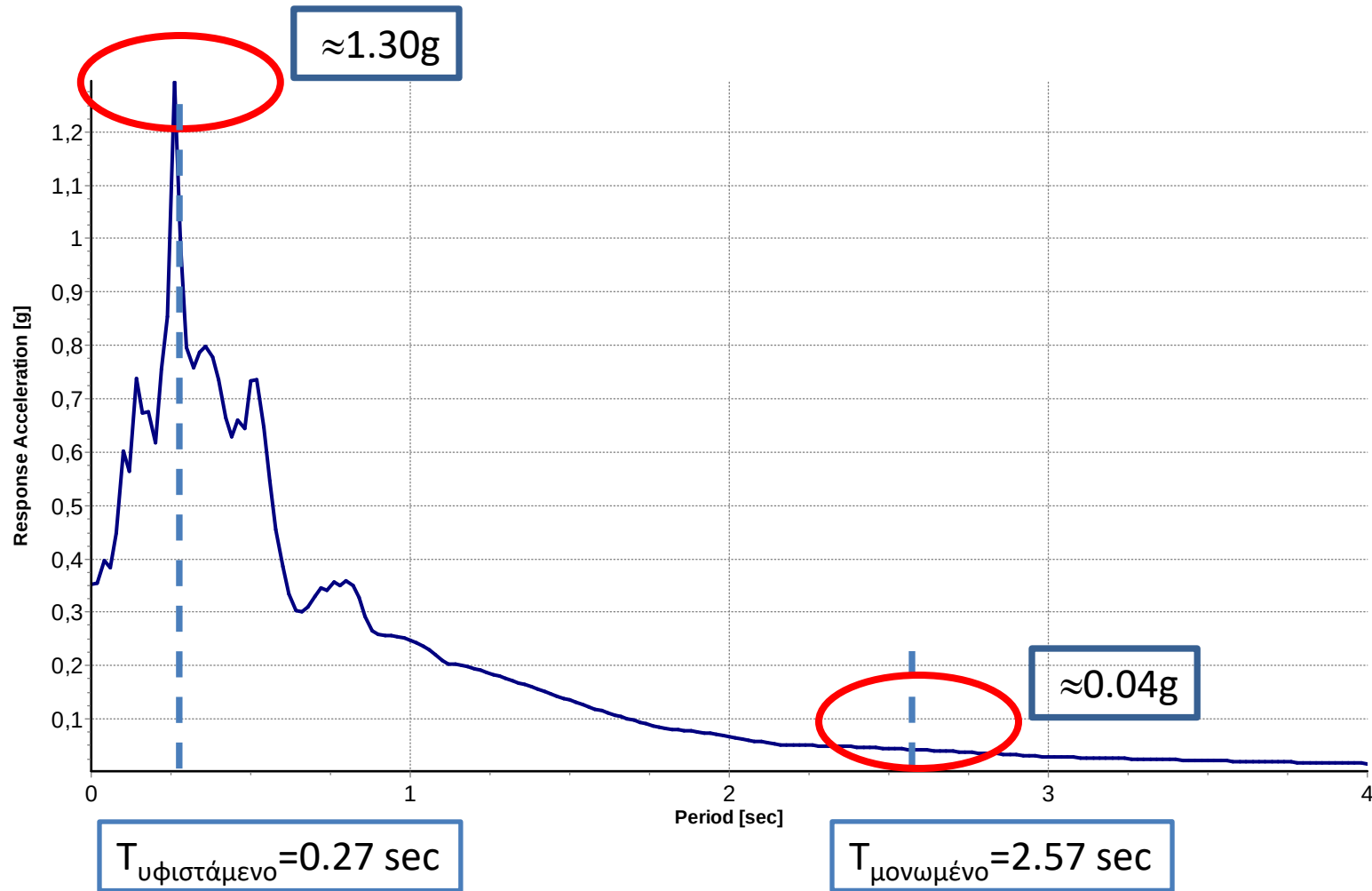


✓ $T_{\text{υφιστάμενο}} = 0.269 \text{ sec}$

✓ $T_{\text{μονωμένο}} = 2.568 \text{ sec}$



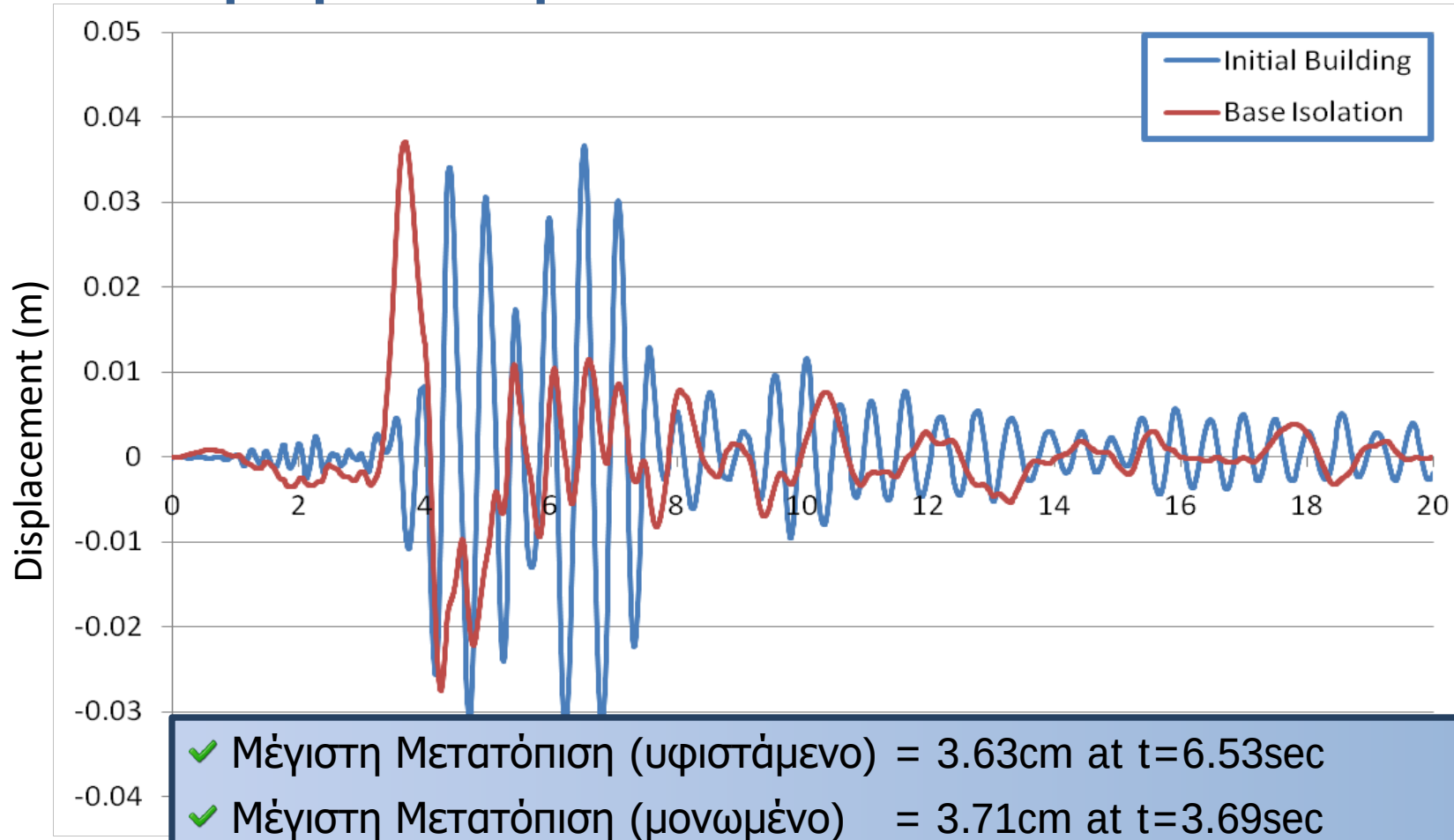
Αύξηση Ιδιοπεριόδου



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

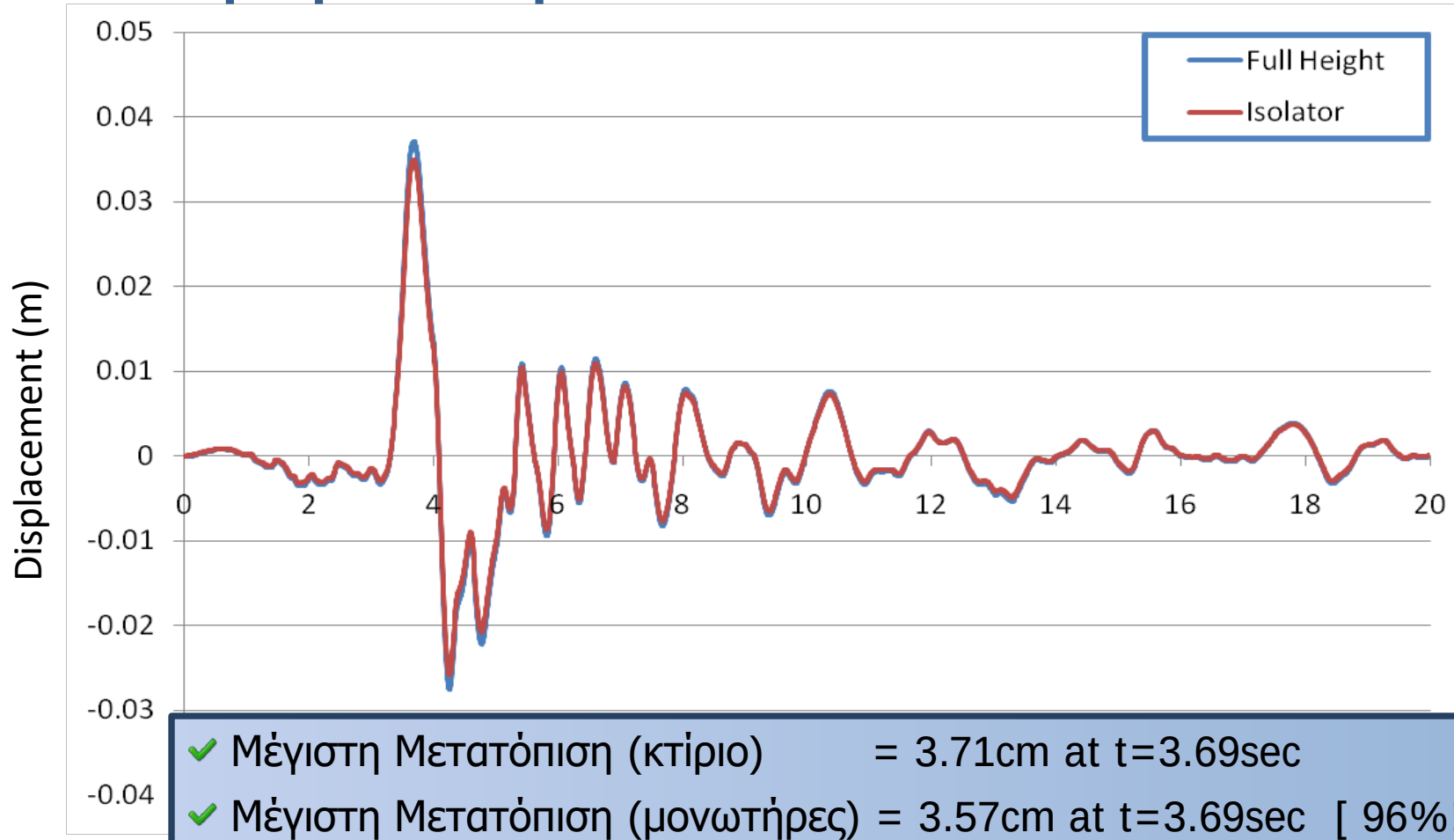
✓ Δυναμική Ανάλυση



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

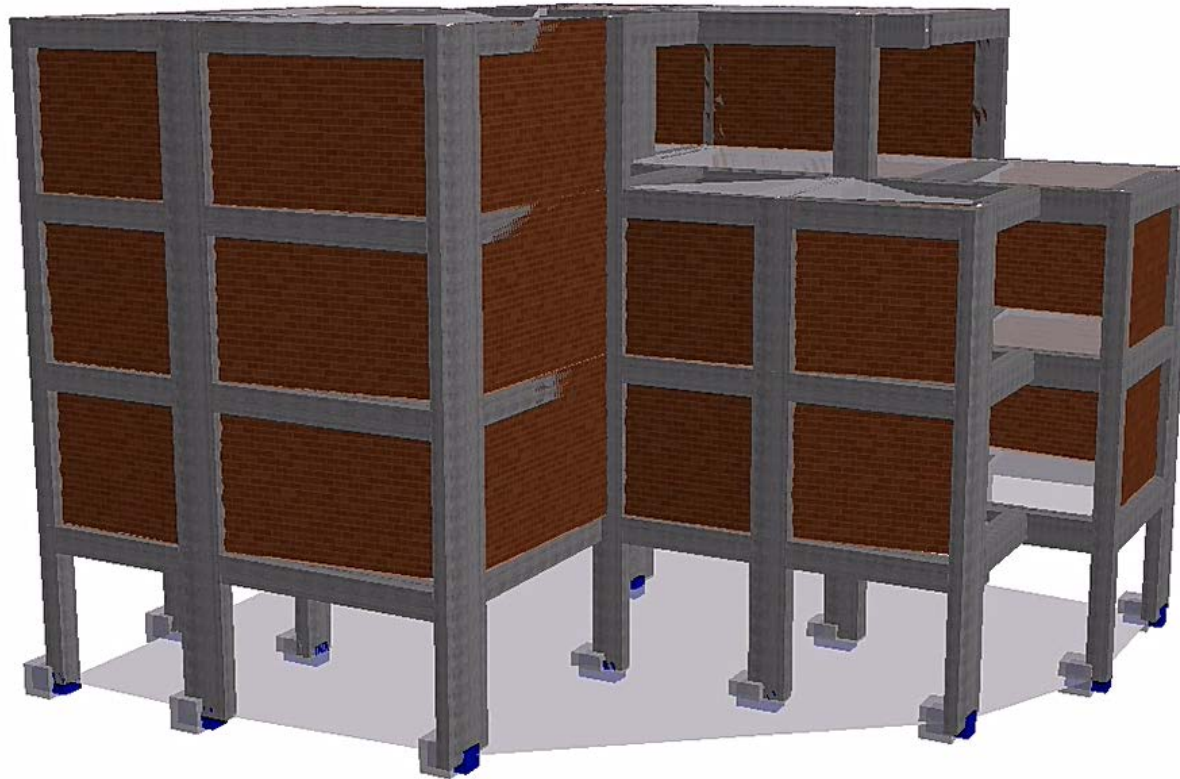
✓ Δυναμική Ανάλυση



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

✓ Δυναμική Ανάλυση



Watch Video at: <https://www.youtube.com/watch?v=MyGDFdqP47g>

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



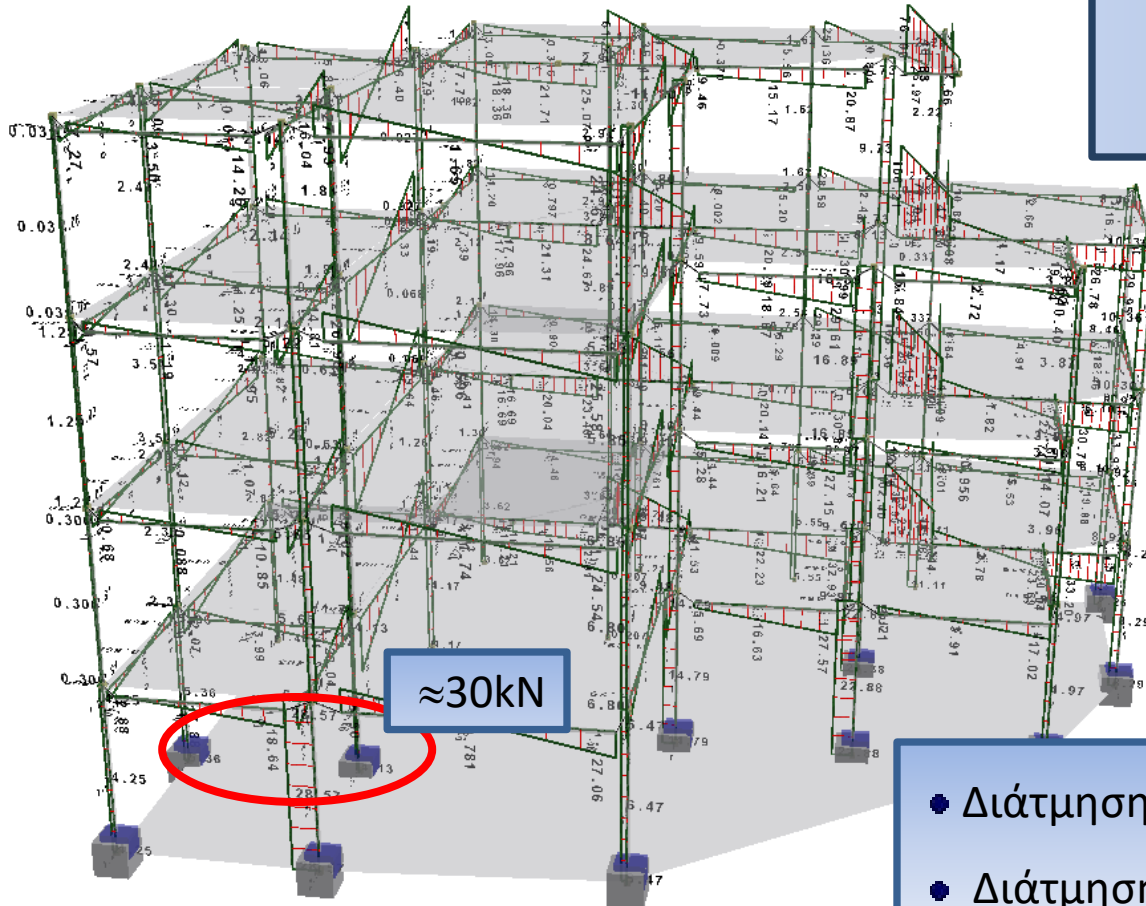
Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

✓ Δυναμική Ανάλυση



Διάγραμμα
Διατμητικών Δυνάμεων

- Διάτμηση (υφιστάμενο) ≈ 450 kN
- Διάτμηση (μονωμένο) ≈ 30 kN

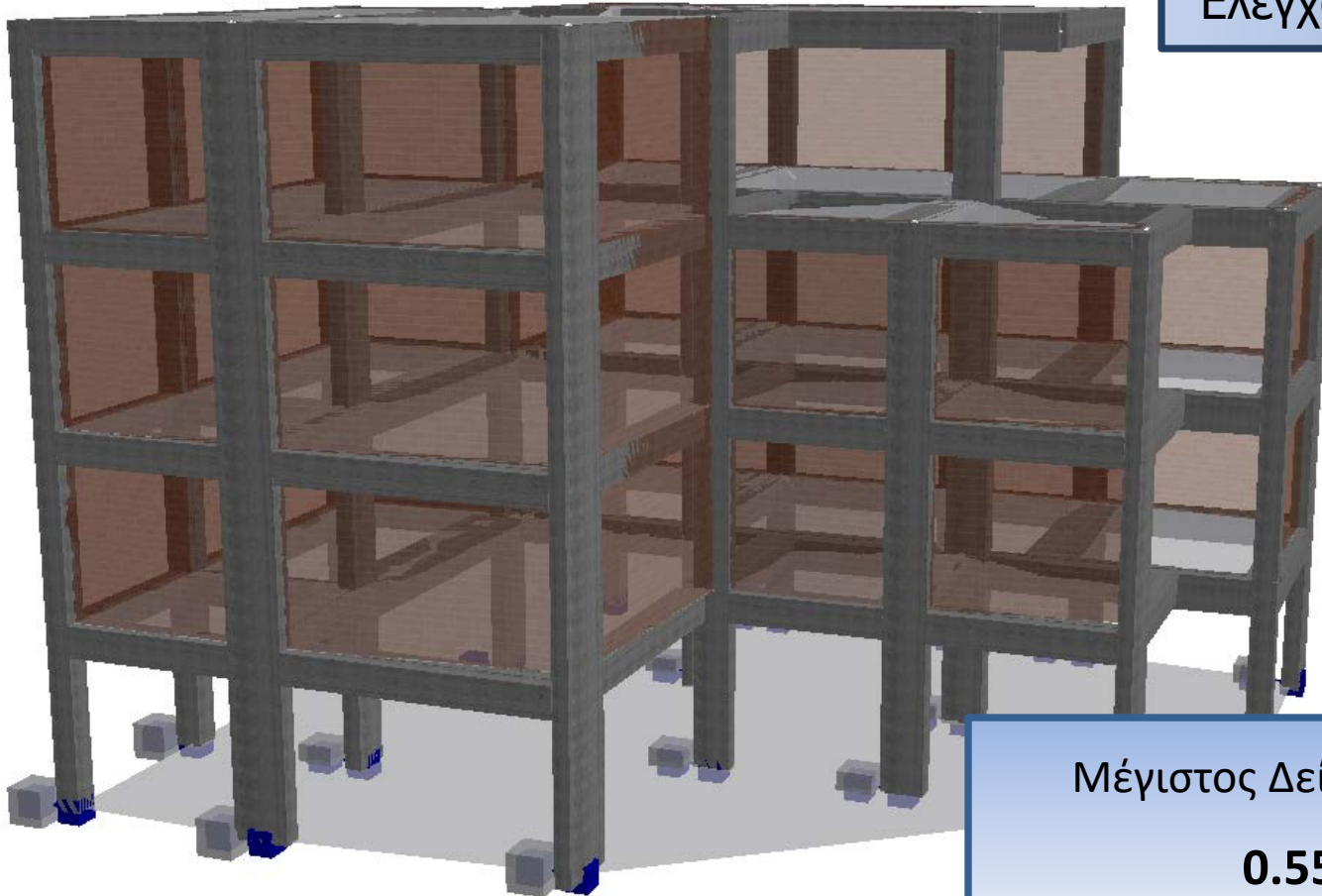


Μέθοδος Ενίσχυσης 5

Σεισμική Μόνωση

✓ Δυναμική Ανάλυση

Έλεγχος σε Διάτμηση



Μέγιστος Δείκτης Ανεπάρκειας

$0.55 < 1.00$



Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Ενισχυμένο Κτίριο

Τα πράγματα σχεδόν ποτέ δεν είναι τόσο απλά....

- μανδύες στα τοιχία γύρω από τον ανελκυστήρα (αλλαγή του ανελκυστήρα?)
- μανδύες σε υποστυλώματα στην κουζίνα (αλλαγή πάγκου, ραφιών?)
- μανδύες σε υποστυλώματα στα WC, αδύνατο να βρούμε τα ίδια πλακάκια μετά από 30-40 χρόνια (αλλαγή πλακιδίων σε όλο το WC?)
- δυσκολία εύρεσης θέσεων στην περίμετρο του κτιρίου για την προσθήκη τοιχίων (μπορούμε να βρούμε αρκετές θέσεις που δε θα έχουν ανοίγματα?)
- μανδύες υποστυλωμάτων κοντά σε ανοίγματα => μικρότερα ανοίγματα (αλλαγή παραθύρων?)
- προσθήκη τοιχίων στην είσοδο των κτιρίων, π.χ. ρεσεψιόν ξενοδοχείων (οι ιδιοκτήτες θα μας ζητήσουν να μην κλείσουμε το χώρο με τοιχία)



Ενίσχυση Κτιρίου

Σύγκριση των Μεθόδων

		Ιδιο- περίοδος (sec)	Μέγιστη Μετακίνηση (cm)	Μέγιστος Δείκτης Ανεπάρκειας	Κόστος Επέμβ. (€)	Κόστος Επέμβ. Αξία Κτιρίου (%)
0	Υφιστάμενο Κτίριο	0.269	3.63	1.68		
1	Μανδύες ΟΣ	0.198	2.21	1.09	25,000€	4.0%
2	Νέα Τοιχεία ΟΣ	0.116	0.39	0.66	30,000€	5.0%
3	Μεταλ. Σύνδεσμοι	0.235	2.26	1.15	18,000€	3.0%
4	Υφάσματα ΙΟΠ	0.269	3.65	1.04	18,000€	3.0%
5	Σεισμική Μόνωση	2.57	3.71	0.55	75,000€	12.5%

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com



Μελέτη Αποτίμησης και Ενίσχυσης Κτιρίου από Ο.Σ. Με Ανελαστικές Μεθόδους

Ευχαριστώ για την προσοχή σας...

Αλφακατ α.τ.ε.
www.alfakat.gr



Seismosoft Ltd.
www.seismosoft.com

