

# “FUSEIS”

**Τίτλος:** FUSEIS – Καινοτόμα συστήματα απορρόφησης ενέργειας

**Χρηματοδότηση:** Ευρωπαϊκή Κοινότητα Άνθρακα και Χάλυβα (RFSR-CT-2008-00032)

**Συμμετέχοντες :** Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Πολυτεχνείο του Άαχεν (RWTH), Πολυτεχνείο του Μιλάνου (POLIMI), Πολυτεχνείο της Λισαβόνας (IST), ΣΙΔΕΝΟΡ Α.Ε.

**Επιστημονικός υπεύθυνος:** Καθηγητής Ι. Βάγιας

**Ερευνητική ομάδα:** Δ. Δημακογιάννη, Γ. Δούγκα, Ξ. Λιγνός, Σ. Κατσασιδής, Φ. Καρυδάκης

**Διάρκεια:** 01/07/08 - 30/06/11

**Προϋπολογισμός:** 741.350,97 €

## Περίληψη

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος αναπτύχθηκαν τα καινοτόμα συστήματα, FUSEIS1 και FUSEIS2, που προσδίδουν δυσκαμψία, αντοχή και ικανότητα απορρόφησης ενέργειας σε μεταλλικά κτίρια. Η συμπεριφορά του συστήματος FUSEIS1 διερευνήθηκε αναλυτικά και πειραματικά στο Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το σύστημα FUSEIS1 απορροφά τη σεισμική ενέργεια σε ελεγχόμενες θέσεις, ώστε να μην εμφανίζονται βλάβες στον κύριο φορέα του κτιρίου, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα εύκολης αντικατάστασης και ευελιξία στις απαιτήσεις του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Το σύστημα περιορίζει τις παραμένουσες παραμορφώσεις επαναφέροντας την κατασκευή στην αρχική της θέση (self-centering) μετά το σεισμό.

## Δημοσιεύσεις

### **Περιοδικά:**

1. Vayas I., Karydakis Ph., Dimakogianni D., Dougka G., Castiglioni C. A., Kanyilmaz A. et al.: Dissipative devices for seismic resistant steel frames - The FUSEIS Project, Design Guide, Research Fund for Coal and Steel, 2012. [http://fuseis.ntua.gr/Documents/FUSEIS\\_design%20guide.pdf](http://fuseis.ntua.gr/Documents/FUSEIS_design%20guide.pdf)
2. Dimakogianni D., Dougka G., Vayas I.: Innovative seismic-resistant steel frames (FUSEIS 1-2) experimental analysis, Steel Construction Design and Research, Volume 5, Issue 4, 2012, pp. 212-221. [DOI: 10.1002/stco.201210026](https://doi.org/10.1002/stco.201210026)
3. Vayas I., Karydakis Ph., Dimakogianni D., Dougka G., Castiglioni C. A., Kanyilmaz A. et al.: Dissipative devices for seismic-resistant steel frames (FUSEIS), Research Fund for Coal and Steel, European Commission EU 25901 EN 2013. [DOI: 10.2777/88177](https://doi.org/10.2777/88177)
4. Dougka G., Dimakogianni D., Vayas I.: Innovative energy dissipation systems (FUSEIS 1-1) - Experimental analysis, Journal of Constructional Steel Research, Volume 96, Issue 5, 2014, pp. 69-80. [DOI: 10.1016/j.jcsr.2014.01.003](https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2014.01.003)
5. Dougka G., Dimakogianni D., Vayas I.: Seismic behavior of frames with innovative energy dissipation systems (FUSEIS 1-1), Earthquakes and Structures, Volume 6, Number 5, 2014, pp 561-580. [DOI: 10.12989/eas.2014.6.5.561](https://doi.org/10.12989/eas.2014.6.5.561)

### **Συνέδρια:**

1. Dougka G., Dimakogianni D., Karydakis Ph., Vayas I.: Energy dissipation systems (FUSEIS1) to seismic loading. Eurosteel 2011, August 31- September 2, 2011, Budapest, Hungary.
2. Dougka G., Dimakogianni D., Karydakis Ph., Vayas I.: Innovative energy dissipation systems (FUSEIS1): Experimental investigations. 7th National Conference on Steel Structures, 29-30 September and 1 October, 2011, Volos, Greece.
3. Dimakogianni D., Dougka G., Karydakis Ph., Vayas I.: Innovative energy dissipation systems (FUSEIS1): Analytical investigations. 7th National Conference on Steel Structures, 29-30 September and 1 October, 2011, Volos, Greece.
4. Dimakogianni D., Dougka G., Karydakis Ph., Vayas I., Calado L.& Castiglioni C.A.: Innovative energy

dissipation systems (FUSEIS 1). Stessa 2012, January 9-11, 2012, Santiago, Chile.  
<http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/b11396-116>

5. Dougka G., Dimakogianni D., Vayas I., Karydakis Ph.: Seismic behaviour of innovative energy dissipation systems FUSEIS 1-1, Proc. COMPDYN 2013 Conference C 1076, 2013, Kos, Greece.  
<http://www.eccomasproceedings.org/cs2013/pdf/1076.pdf>
6. Dimakogianni D., Dougka G., Vayas I., Karydakis Ph.: Seismic behaviour of innovative energy dissipation systems FUSEIS 1-2, Proc. COMPDYN 2013 Conference C 1075, 2013, Kos, Greece.  
<http://www.eccomasproceedings.org/cs2013/pdf/1075.pdf>

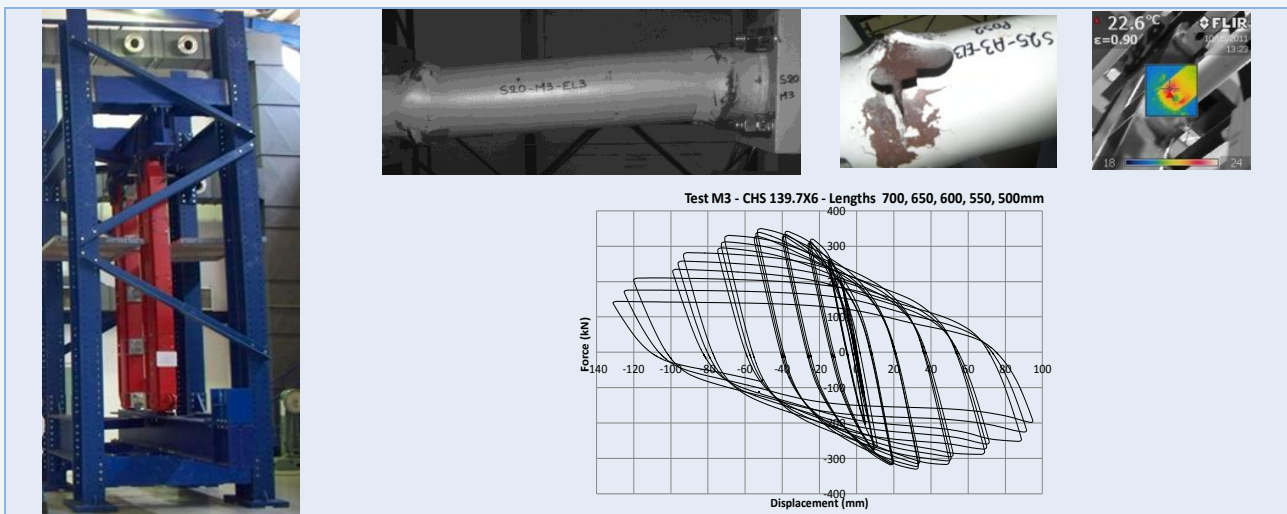
### Περιγραφή FUSEIS1

Το σύστημα αποτελείται από δύο ισχυρούς στύλους, που συνδέονται άκαμπτα με επάλληλες δοκούς καθ' ύψος του ορόφου. Οι δοκοί μπορεί να είναι συνεχείς μεταξύ των υποστυλωμάτων, FUSEIS1-1, ή εναλλακτικά να διακόπτονται και να συνδέονται με πείρους, FUSEIS1-2.

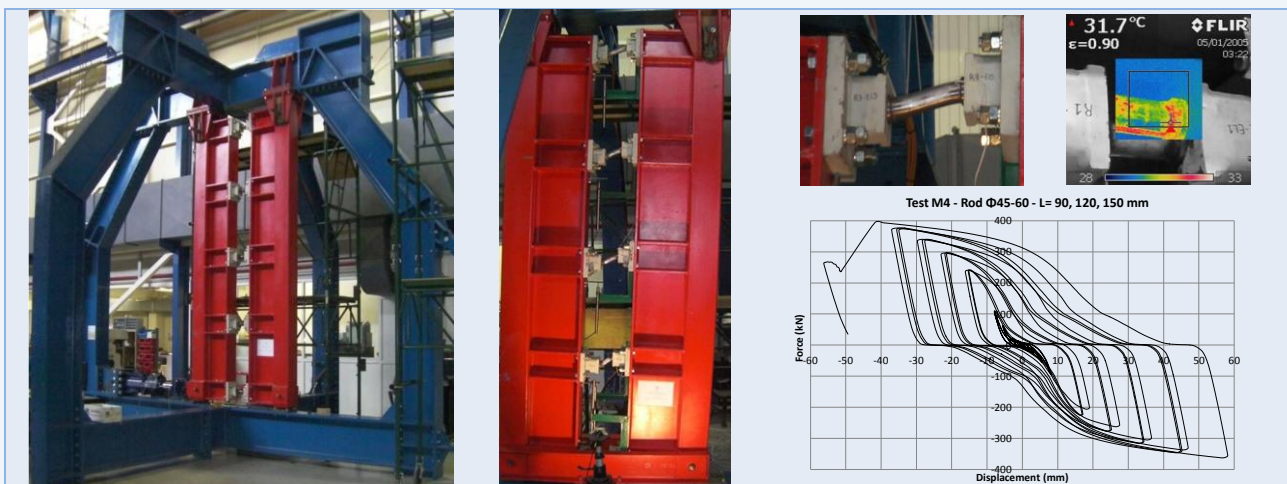
### Πειραματικές διερευνήσεις

- 2 πειραματικές διατάξεις, οι οποίες ενισχύθηκαν κατάλληλα για την υποστήριξη των πειραμάτων
- 6 πειράματα πλαισίων με το σύστημα FUSEIS1-1 σε πραγματική κλίμακα
- 2 πειράματα πλαισίων με το σύστημα FUSEIS1-2 σε πραγματική κλίμακα
- Πρωτόκολλο ανακυκλιζόμενης φόρτισης κατά ECCS
- Διάρκεια 4 μήνες

### FUSEIS1-1: Πειραματική διάταξη με δοκούς διατομής IPE, SHS, CHS

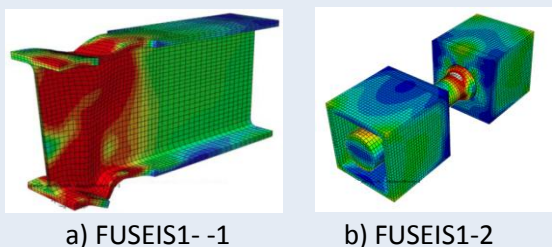


### FUSEIS1-2: Πειραματική διάταξη με πείρους κυκλικής διατομής

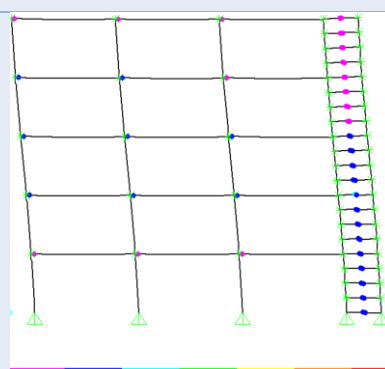


## Αποτελέσματα αναλύσεων

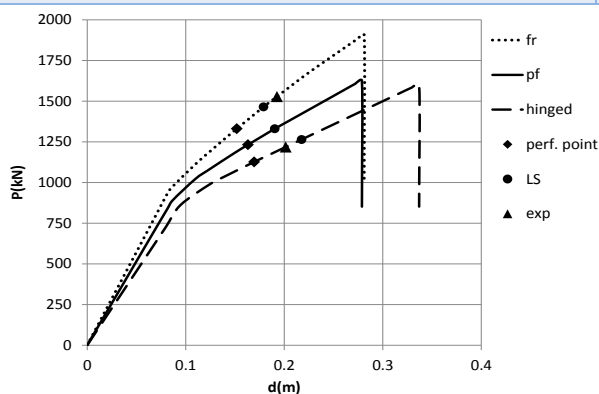
- Ανάπτυξη και βαθμονόμηση μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων (FEA) βάσει των πειραμάτων (Σχ.1).
- Γραμμικές αναλύσεις σε πλήθος πλαισίων κτιρίων με το σύστημα FUSEIS1 και διαστασιολόγησή τους με Ευρωπαϊκούς (EC3, 4, 8) και Διεθνείς κανονισμούς.
- Μη γραμμικές στατικές αναλύσεις (SPO) για προσδιορισμό του μηχανισμού κατάρρευσης και εκτίμηση των συντελεστών συμπεριφοράς (Σχ.2, 3).
- Σύνταξη οδηγιών σχεδιασμού (Design Guide) που περιλαμβάνουν τις απαραίτητες πληροφορίες και τροποποιήσεις των σχετικών διατάξεων του EC8 για την ανάλυση και διαστασιολόγηση κτιρίων με το FUSEIS1.
- Μη γραμμικές δυναμικές αναλύσεις χρονοϊστορίας και Incremental Dynamic Analysis (IDA) για να ελεγχθεί αν η κατασκευή βρίσκεται στην επιθυμητή στάθμη επιτελεσματικότητας και να επιβεβαιωθεί ο ελαστικός σχεδιασμός, να διερευνηθεί η δυνατότητα επαναφοράς του κτιρίου μετά από σεισμό (self-centering) (Σχ.4), να παραχθούν οι καμπύλες IDA (Σχ.5) και οι καμπύλες πιθανότητας κατάρρευσης (Collapse fragility curves) (Σχ.6).



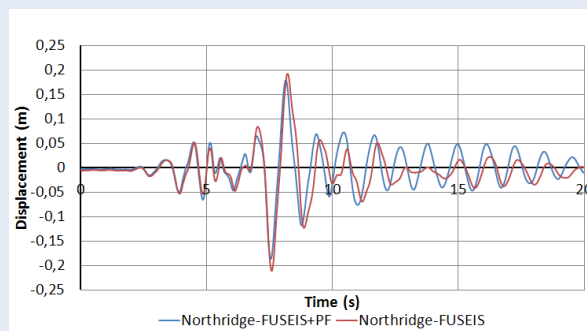
Σχ. 1: Μοντέλα FEA συσκευών FUSEIS1



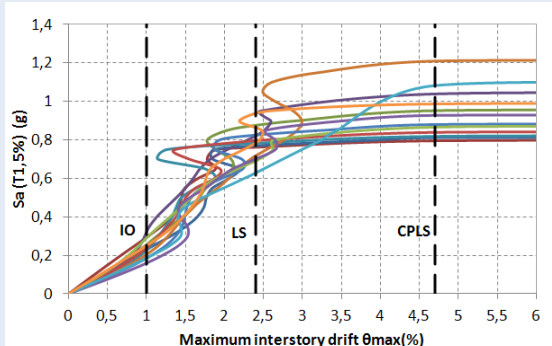
Σχ. 2: Πλαστικές αρθρώσεις πλαισίου με FUSEIS1-2, SPO



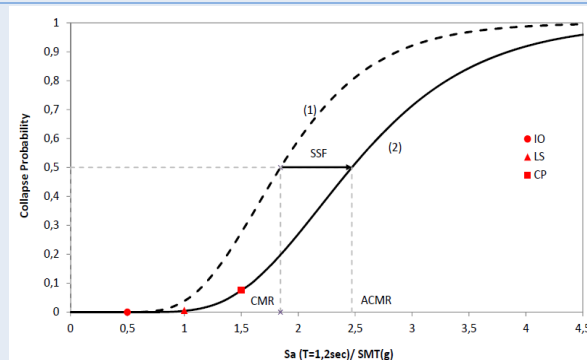
Σχ. 3: Καμπύλες ικανότητας πλαισίου με FUSEIS1 για διάφορους τύπους συνδέσεων δοκού-υποστυλώματος κύριου πλαισίου



Σχ. 4: Δυνατότητα επαναφοράς κτιρίου; αμελητέες παραμένουσες παραμορφώσεις



Σχ. 5: Καμπύλες IDA



Σχ. 6: Collapse fragility curve