

Χαμηλού κόστους σεισμική μόνωση κατασκευών: πειραματική διερεύνηση στη σεισμική τράπεζα και δυνατότητες εφαρμογής

Σέξτος Α¹, Τσιάβος Α², Zhang Z³, Alexander N⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας σειράς πειραμάτων μεγάλης κλίμακας με στόχο τη διερεύνηση της σεισμικής συμπεριφοράς ενός διώροφου κτηρίου Ο/Σ που εδράζεται πάνω σε μια καινοτόμο, χαμηλού κόστους διεπιφάνεια σεισμικής μόνωσης της θεμελίωσης η οποία αποτελείται από δύο φύλλα PVC και μια ενδιάμεση στρώση άμμου (PVC ‘sand-wich’ ή αλλιώς PVC-s, Σχήματα 1-2). Ο ευρύτερος στόχος της πολυετούς ερευνητικής προσπάθειας που υλοποιήθηκε μέσω του προγράμματος SAFER είναι η πιστοποίηση συστημάτων σεισμικής μόνωσης και προστασίας της ανωδομής τα οποία είναι τεχνολογικά και οικονομικά εφικτά ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν σε περιοχές όπου αφενός δε διατίθενται οι πόροι για την εφαρμογή σεισμικής μόνωσης μέσω εφεδράνων, αφετέρου δε, είναι δύσκολο να διασφαλιστεί ο έλεγχος της ποιότητας κατασκευής. Στο πλαίσιο του προτεινόμενου συστήματος PVC-s η θεμελίωση δύναται να ολισθήσει μόλις η σεισμική απαίτηση σε όρους δυνάμεων υπερβεί τη δύναμη τριβής στη διεπιφάνεια, όπως αυτή καθορίζεται από μια σειρά παραμέτρους που διερευνώνται διεξοδικά. Με τον τρόπο αυτόν, η θεμελίωση δρα ως ένας πρόσθετος μηχανισμός ασφάλειας που μειώνει τη σεισμική ενέργεια που μεταβιβάζεται στην ανωδομή (Σχήμα 3), ενώ παράλληλα περιορίζει μακροπρόθεσμα το κόστος επεμβάσεων και αποκατάστασης των σεισμικών βλαβών στη διάρκεια ζωής του κτηρίου. Η επιτελεσματικότητα του συστήματος μελετήθηκε αναλυτικά, αριθμητικά (Tsiavos et al., 2019) και πειραματικά (Tsiavos et al., 2020; Tsiavos, Sextos, Stavridis, Dietz, Dihoru, & Alexander, 2021; Tsiavos, Sextos, Stavridis, Dietz, Dihoru, di Michele, et al., 2021) με τη χρήση της σεισμικής τράπεζας του Πανεπιστημίου του Μπρίστολ υπό τριαξονική σεισμική επιπόνηση, ενώ η αβεβαιότητα που συναρτάται με τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης και τις ιδιότητες των υλικών ελήφθη υπόψη μέσα από μια σειρά διαδοχικών επανζητικών δυναμικών αναλύσεων (incremental dynamic analyses, IDA) για την περίπτωση 30 κατάλληλα επιλεγμένων σεισμικών καταγραφών. Τα αποτελέσματα της πειραματικής και αριθμητικής διερεύνησης καταδεικνύουν μέση μείωση της σεισμικής απαίτησης στην ανωδομή της τάξης του 30% to 70% (Σχήμα 4) για εντάσεις από το επίπεδο του σεισμού σχεδιασμού και άνω. Τα αποτελέσματα αυτά αξιοποιήθηκαν παράλληλα για την εκτίμηση του απαιτούμενου οριζόντιου αρμού στο επίπεδο της θεμελίωσης καθώς και άλλων παραμέτρων σχεδιασμού των οποίων ο προσδιορισμός

¹ University of Bristol, UK, a.sextos@bristol.ac.uk

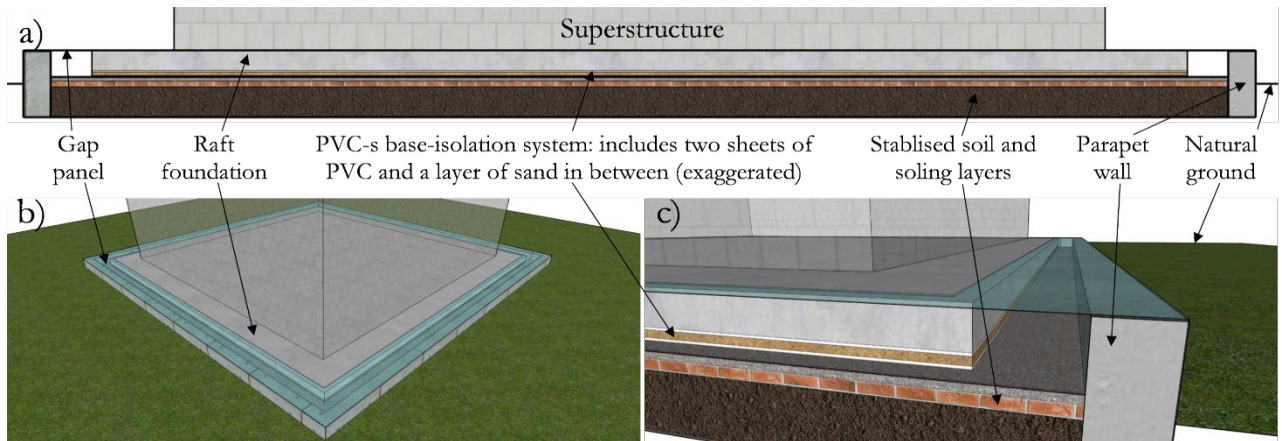
² ETH, Switzerland, tsiavos@ibk.baug.ethz.ch

³ University of Bristol, UK, zz17635@bristol.ac.uk

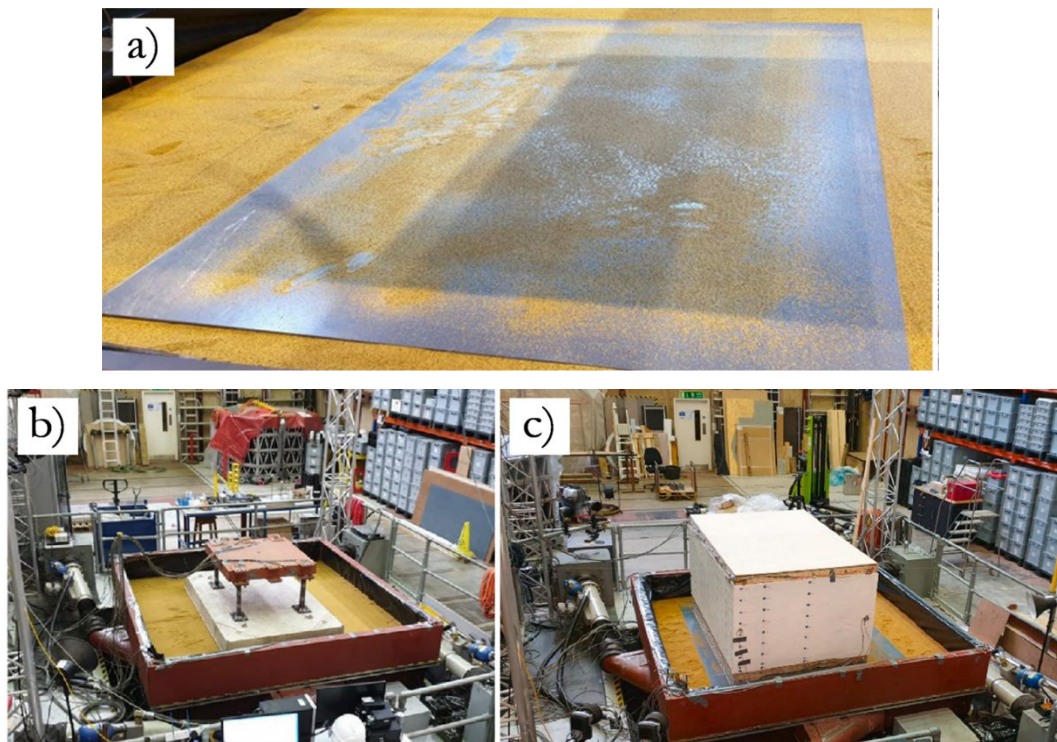
⁴ University of Bristol, UK, Nick.Alexander@bristol.ac.uk

κατέστησε την ανωτέρω μέθοδο εφικτή σε τέτοιο βαθμό ώστε σήμερα να βρίσκεται σε εξέλιξη η πρότυπη κατασκευή ενός σχολικού κτηρίου στο Νεπάλ.

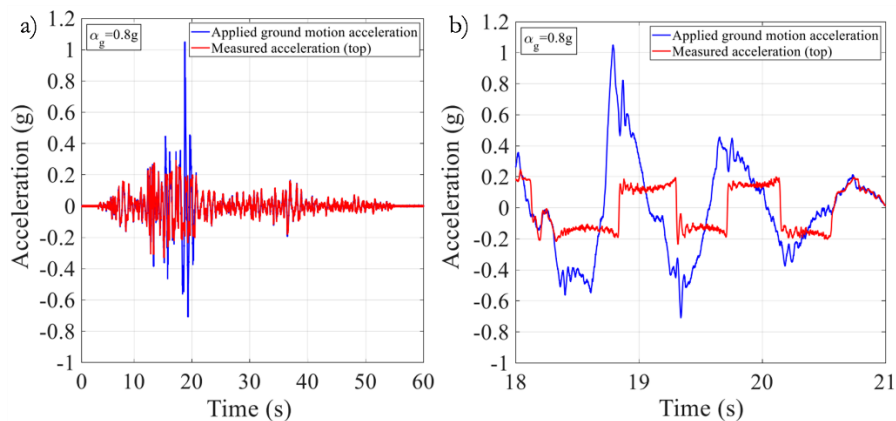
Λέξεις Κλειδιά: σεισμική μόνωση, πειραματική σεισμική μηχανική



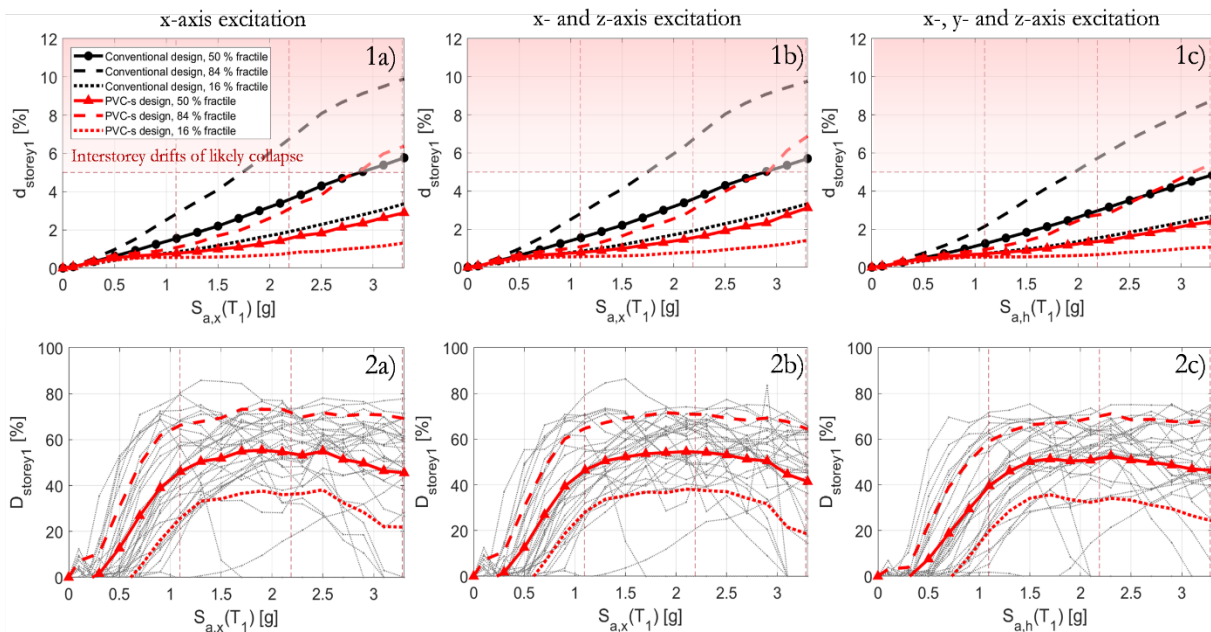
Σχήμα 1: Σχηματική παρουσίαση του συστήματος σεισμικής μόνωσης PVC 'sand-wich' (PVC-s). Καθ' ύψος τομή και κατασκευαστική λεπτομέρεια (Sextos et al., 2022)



Σχήμα 2: Πειραματική διερεύνηση μεγάλης κλίμακας: (α) διεπιφάνεια PVC άμμου (β) μεταλλική ανωδομή για τη μελέτη αποκλειστικά της συμπεριφοράς της θεμελίωσης (γ) ανωδομή από φέρουσα τοιχοποιία



Σχήμα 3: Ενδεικτικά πειραματικά αποτελέσματα που καταδεικνύουν τη μείωση της σεισμικής απαίτησης στην ανωδομή: (α) σεισμική επιτάχυνση στο πεδίο του χρόνου (β) χρονικό παράθυρο $t=18-20\text{sec}$.



Σχήμα 4: Καμπύλες IDA curves σε όρους ανηγμένης μετακίνησης της ανωδομής (ποσοστημόρια 16%, 50% και 84% f) (άνω) και μείωσης της μετακίνησης αυτής όταν χρησιμοποιείται το σύστημα PVC-s (κάτω) για την περίπτωση σεισμικής διέγερσης κατά τον άξονα x-x (αριστερά), x-x και z-z, (μέση) καθώς και υπό τριαξονική επιπόνηση. Υπόθεση συντελεστή τριβής $\mu = 0.2$. (Sextos et al., 2022)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Sextos, A. G., Zhang, Z., & Alexander, N. A. (2022). *Large-Scale Testing for Enhancing the Resilience of Schools in Seismic Regions: Challenges and Cost-Efficient Solutions*, *Progresses in European Earthquake Engineering and Seismology. ECEES, Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (R. , Vacareanu & C. Ionescu, Eds.; pp. 433–448). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15104-0_26
- Tsiavos, A., Alexander, N. A., Diambra, A., Ibraim, E., Vardanega, P. J., Gonzalez-Buelga, A., & Sextos, A. G. (2019). A sand-rubber deformable granular layer as a low-cost seismic isolation strategy in developing countries: Experimental investigation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105731>

- Tsiavos, A., Sextos, A. G., Stavridis, A., Dietz, M., Dihoru, L., & Alexander, N. A. (2020). Large-scale experimental investigation of a low-cost PVC ‘sand-wich’ (PVC-s) seismic isolation for developing countries. *Earthquake Spectra*. <https://doi.org/10.1177/8755293020935149>
- Tsiavos, A., Sextos, A., Stavridis, A., Dietz, M., Dihoru, L., & Alexander, N. A. (2021). Experimental investigation of a highly efficient, low-cost PVC-Rollers Sandwich (PVC-RS) seismic isolation. *Structures*, 33(May), 1590–1602. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.05.040>
- Tsiavos, A., Sextos, A., Stavridis, A., Dietz, M., Dihoru, L., di Michele, F., & Alexander, N. A. (2021). Low-cost hybrid design of masonry structures for developing countries: Shaking table tests. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 146(April), 106675. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106675>