

Παθητική Αντισεισμική Προστασία Κατασκευών

Βέλβητ Καρατζά

B.Eng., MSc. in Civil Engineering, email: velvet@karatzas.gr

Ελισάβετ Καρατζά

B.Eng., MSc. in Civil Engineering, email: lisa@karatzas.gr

Περίληψη

Γενικά

Στις δυναμικές καταπονήσεις των κατασκευών, όταν παρατηρούνται υπερβάσεις του εύρους ταλαντώσεων σε διάφορα στοιχεία των κατασκευών, δημιουργούνται προβλήματα σε αυτές. Έτσι προσπαθούμε για την προστασία των κατασκευών να λάβουμε μέτρα για την μείωση του εύρους αυτών των ταλαντώσεων. Διακρίνουμε δε τις εξής κατηγορίες μέτρων μείωσης εύρους των ταλαντώσεων.

1. Επέμβαση στην πηγή των ταλαντώσεων.

Για τις σεισμικές καταπονήσεις αυτό δεν ισχύει. Ισχύει εκεί που έχουμε π.χ. μηχανήματα που παράγουν ισχυρές ταλαντώσεις. Εκεί μπορούμε να επέμβουμε στα μηχανήματα αυτά. Κυρίως στις θεμελιώσεις αυτών, ώστε να πετύχουμε μείωση των αποτελεσμάτων των παραγομένων ταλαντώσεων.

2. Μέτρα στην διαδρομή των ταλαντώσεων από την πηγή τους έως την κατασκευή μας.

Μπορεί να κατασκευασθούν στις διαδρομές των ταλαντώσεων σχισμές στο έδαφος ή προστατευτικά ορύγματα που θα πληρωθούν από κατάλληλα υλικά. Έτσι μπορεί να βελτιωθεί η αντισεισμική προστασία σημαντικών κατασκευών (π.χ. ιστορικών μνημείων).

3. Μέτρα στην ίδια την κατασκευή για την προστασία της.

3.1 Εδώ διακρίνουμε μέτρα για κατασκευές που κείται μακριά από την περιοχή συντονισμού. Εφαρμόζεται δε ο “κανόνας του συντονισμού” των περιόδων των ταλαντώσεων και των ιδιοπεριόδων των κατασκευών. Θα έπρεπε δε να είναι και η πρώτη “άμυνα” των κατασκευών έναντι των σεισμών, αλλά οι διάφοροι αντισεισμικοί κανονισμοί δεν εστιάζονται πολύ σε αυτά τα θέματα.

3.2 Για κατασκευές που κείται πλησίον των περιοχών συντονισμού (τελευταία άμυνα των κατασκευών έναντι των σεισμών) προσφέρονται:

α. ιξώδεις αποσβέσεις, αποσβέσεις των ταλαντώσεων δια της καταστροφής υλικού (dissipative damping) στις διάφορες μορφές της. Σε αυτή την περίπτωση οι κανονισμοί εστιάζονται ικανοποιητικά με τις διατάξεις τους περί πλαστικών αρθρώσεων, ρηγματώσεων κ.λ.π.

β. η αντανaklanώμενη ή δια μη καταστροφής υλικού αποσβέσεις, reflective damping ή Abstraldämpfung, δια κατασκευής προστατευτικών ειδικών τοιχομάτων με κατάλληλο υλικό και διάταξη περίξ της προς προστασία κατασκευής.

γ. μηχανισμούς αποσβέσεων ταλαντώσεων (Schwingungstilgen) διαφόρων μορφών.

δ. πλήρως ενεργά αντισεισμικά στοιχεία (Aktive Elemente) ή μη πλήρως ενεργά πρόσθετα στοιχεία Semi-aktive-Elemente.

- ε. Aktuatoren, μηχανισμοί παραγωγής ταλαντώσεων, που ενεργούν ανάλογα με τις επενεργούσες δυναμικές ταλαντώσεις για την αλλοίωση και μείωση αυτών.
- στ. η μεθοδολογία των ημιενεργών – ενεργών πρόσθετων στοιχείων.

Η παρούσα εργασία αναφέρεται κυρίως στις περιπτώσεις της παραγράφου 3.1, δηλαδή για τις κατασκευές που κείται μακριά των φαινομένων συντονισμού και λαμβάνει υπόψη της και τις βασικές αρχές της δυναμικής θεωρίας υπολογισμού των κατασκευών. Δηλαδή η δυναμική ανάλυση να εφαρμόζεται τόσο επί της συνολικής κατασκευής, όσο και επί των επιμέρους τμημάτων αυτής (βλέπε εργασία (5)). Έτσι, στο Τόκιο iccs13 – First International Conference on Concrete Sustainability στην εργασία μας (1) έγινε ανάλυση της συνολικής δυναμικής ευστάθειας των άκαμπτων κατασκευών με ισχυρά τοιχώματα όπου ισχύει ($EI \rightarrow \infty$) με την βοήθεια των φυσικών ελατηριακών σταθερών κατασκευής και εδάφους. Αυτού του τύπου κατασκευές συναντά κανείς κυρίως σε σεισμογενείς περιοχές. Κατασκευάζονται δε με αυτό τον τρόπο λόγω κανονισμών.

Ο δε καθηγητής Helmut Kramer στο σύγγραμμα του (2) με την βοήθεια των ελατηριακών σταθερών εδάφους και των γνωστών σχέσεων που ισχύουν στην θεωρία των εξαναγκασμένων ταλαντώσεων μεταξύ της ιδιοσυχνότητας θεμελίου-εδάφους και συχνότητας πηγής ταλαντώσεων (σεισμός) $\Omega/\omega = \eta > \sqrt{2}$, “κανόνας συντονισμού”, ανέπτυξε σχετικό τρόπο υπολογισμού θεμελιώσεων, όταν σε αυτές επενεργούν δυναμικές φορτίσεις. Εξέφρασε δε την ιδιοπερίοδο των θεμελίων από την επιτρεπόμενη τάση του εδάφους θεμελίωσης. Όμως, σε σεισμογενείς περιοχές η μέθοδος του καθηγητού Helmut Kramer δεν καλύπτει πλήρως τις κατασκευές και πρέπει να συμπληρωθεί με την εργασία (1) βάση της αρχής της δυναμικής που προαναφέρθηκε.

Έτσι, η παρούσα εργασία διερευνά τον αλληλοεπηρεασμό της δυναμικής ανάλυσης των θεμελιώσεων (εργασία 2) και της ευσταθείας της ανωδομής της κατασκευής (εργασία 1). Η διερεύνηση αυτή των δύο αναλύσεων βοηθά στην κατανόηση του καλύτερου συμβατού τρόπου για να πετύχουμε την συνεργασία ανωδομής και θεμελίωσης των κατασκευών, ώστε να βελτιωθεί η “Passive” (παθητική) αντισεισμική προστασία (μόνωση) αυτών. Ως παθητική αντισεισμική προστασία τελικά εννοούμε τον ορθό συντονισμό των ιδιοπεριόδων των θεμελιώσεων, ανωδομών, των κατασκευών με τις ιδιοπεριόδους των επενεργουσών δυναμικών καταπονήσεων. Με την μεθοδολογία αυτή να προκαλούνται στις κατασκευές μας μικρού εύρους αποκλίσεις ταλαντώσεων (amplitude) ή ακόμη και μικρότερες των στατικών παραμορφώσεων, από την θέση ηρεμίας τους. Παρουσιάζεται δε η μεθοδολογία για το πως πρέπει να ενεργεί κανείς για να πετύχει την παθητική αντισεισμική προστασία οποιανδήποτε κατασκευής.

Τέλος, στην παρούσα εργασία αναλύθηκε ως το πλέον τυπικό και αρχαιότερο παράδειγμα εφαρμογής των ανωτέρω που γνωρίζουμε έως σήμερα, ο Ελληνικός Παρθενώνας. Ο Παρθενώνας, ενώ έχει δομηθεί περίπου πριν 2500 χρόνια έχει ξεπεράσει επιτυχώς όλους τους σεισμούς που έγιναν στην περιοχή του έργου μέχρι σήμερα, γεγονός που δεν μπορεί να αμφισβητηθεί από κανένα, λόγω της καλής παθητικής αντισεισμικής του προστασίας (μόνωσης) παρότι αποτελείται από πολλά σπονδυλωτά κατακόρυφα στοιχεία. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι αρχές δομής αυτού του οικοδομήματος επαληθεύονται και με τα σημερινά δεδομένα της επιστήμης. Ο Παρθενώνας θα μπορούσε να πει κανείς έστω και καθ’ υπερβολή ότι χαρακτηρίζει όχι μόνο τον χρυσό αιώνα των Αθηνών αλλά και την ορθολογική σωστή σκέψη των μηχανικών για την αντιμετώπιση σεισμών με την μέθοδο της παθητικής προστασίας.

Ειδικότερα, για κτίρια που θέλουμε να έχουν παθητική αντισεισμική προστασία πρέπει οι ενέργειες να είναι ως εξής: Από το διάγραμμα (5) της παρούσας εργασίας και το προβλεπόμενο ύψος και φορτία της κατασκευής να υπολογίζεται ανάλογα με την ιδιοπερίοδο του σεισμού της περιοχής ο λόγος

$P_{critical} / P$ και εξ αυτού το ελάχιστο $P_{critical\ joint}$ σε πρώτη προσέγγιση. Από το μοντέλο της μιας ράβδου και το ύψος της κατασκευής υπολογίζουμε το $P_{critical} = k/h$ την απαιτούμενη ελατηριακή σταθερά k του εδάφους της περιοχής της κατασκευής. Αν από τα δεδομένα του εδάφους και τις διαστάσεις των θεμελίων (ελάχιστες ακτίνες θεμελίων) καλύπτεται αυτή η συνθήκη, έχει καλώς άλλως προβλέπουμε την απαιτούμενη αντισεισμική μόνωση (βλέπε παράδειγμα κτιρίου Παρθενώνα).

Βιβλιογραφία

- Καρατζά Β. και Καρύδης, Γ. και Καρατζά, Ε. (2013) “Behavior of compression members with $EI \rightarrow \infty$ under axial loads”, *iccs13- First international conference on concrete sustainability*, Τόκυο.
- Kramer, H. (2007), “Angewandte Baudynamik Grundlagen und Beispiele für Studium und Praxis”, Ernst & Sohn.
- Καρατζά, Β. και Καρύδης, Γ. και Καρατζά, Ε. (2010) “Instability Problems-Investigation of $P_{critical\ joint}$ under Moment Loads”, *fib 2010*, Ουάσιγκτον ΗΠΑ.
- Καρατζά, Β. και Καρύδης, Γ. και Καρατζά, Ε. (2008), “Μια διαφορετική θεώρηση της φέρουσας ικανότητας φορέων σε στατικά και δυναμικά φορτία”, *Συνέδριο μεταλλικών κατασκευών*, Ιωάννινα.
- Καρατζά, Β. και Καρύδης, Γ. και Καρατζά, Ε. (2010), “Δυναμική συμπεριφορά γειτονικών επιφανειακών θεμελιώσεων Dynamic behaviour of adjacent footings”, *6ο Πανελλήνιο συνέδριο γεωτεχνικής και γεωπεριβαλλοντικής μηχανικής*, Βόλος.
- Καρατζά, Β. και Καρύδης, Γ. και Καρατζά, Ε. (2011), (“Investigation on stability problems as a second order theory problem for structures with $EI \rightarrow \infty$ ”, *International Conference IBSBI 2011*, Athens, Greece.