

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στο ΤΕΙ Πάτρας» με MIS 383592 του Ε.Π. «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση «Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο (ΕΚΤ)» και Εθνικούς Πόρους

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Αγγελική Παπαλού, Διονύσιος Ρουμπιέν

Υπόεργο 12: «Πειραματική μελέτη της συνεισφοράς αποσβεστήρα σωματιδίων στην μείωση της απόκρισης μνημείων σε σεισμική διέγερση »

Επιστημονική Υπεύθυνος : Δρ. Αγγελική Παπαλού

Μέλη Κύριας Ερευνητικής Ομάδας: Δρ. Αγγελική Παπαλού, Δρ. Διονύσιος Ρουμπιέν, Δρ. Ευστάθιος Ν. Μπούσιας, Δρ. Αθανάσιος Τριανταφύλλου

Πακέτο εργασίας 1: Σχεδιασμός κίονα-δοκιμίου και αποσβεστήρα σωματιδίων
1/1/2013 έως 30/6/2013

1. Σχεδιασμός κίονα-δοκιμίου και αποσβεστήρα σωματιδίων

Ο σχεδιασμός του κίονα-δοκιμίου έγινε με βάση έναν πρότυπο κίονα αρχαίου ναού. Ο αρχαίος ναός που επιλέχθηκε είναι ο Παρθενώνας. Η επιλογή του κίονα του Παρθενώνα έγινε λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών που έχουν οι κίονες αυτού του ναού σε σχέση με τους υπόλοιπους σωζόμενους αρχαίους κίονες. Κατ' αρχήν, το γεγονός ότι στον Παρθενώνα ο δωρικός ρυθμός θεωρείται ότι έφτασε στην τελειότητά του, έκανε τους κίονές του, όπως και όλα τα άλλα δομικά χαρακτηριστικά του, να αποτελέσουν το πρότυπο για όλα τα δωρικά κτήρια από εκείνη την εποχή και μετά. Οι αναλογίες ύψους και διαμέτρων (άνω και κάτω), ο αριθμός και η ακριβής μορφή των ραβδώσεων, ο αριθμός και οι διαστάσεις των ιμάντων, οι αναλογίες του

εχίνου και του άβακα, και γενικά όλα τα χαρακτηριστικά των κίωνων του Παρθενώνα αντιγράφηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλος αριθμός κίωνων σε ναούς αλλά και σε άλλα αρχαία κτήρια, που μιμούνται τις αναλογίες και τη μορφή των διαφόρων λεπτομερειών των κίωνων του Παρθενώνα. Αυτό σημαίνει ότι οι παρατηρήσεις που μπορούν να γίνουν σε έναν κίονα του Παρθενώνα μπορούν να έχουν πιο άμεση εφαρμογή σε πολύ περισσότερους άλλους κίονες, από ό,τι αν επιλεγόταν ο κίονας ενός άλλου ναού.

Επιπλέον, ο Παρθενώνας είναι αναμφίβολα ο πιο μελετημένος αρχαίος ναός και αυτός του οποίου τα δομικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων και των κίωνων, έχουν υποστεί τις περισσότερες επεμβάσεις, προσθαφαιρέσεις υλικών, αναστηλώσεις, συντηρήσεις, αλλά ζημιές από σεισμούς, πυρκαγιές κλπ. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υπάρχουν περισσότερα στοιχεία για τη συμπεριφορά των κίωνων του σε όλες αυτές τις επεμβάσεις και ζημιές από ότι για τους κίονες οποιουδήποτε άλλου αρχαίου κτηρίου. Με αποτέλεσμα ο πειραματισμός με έναν κίονα του Παρθενώνα να μπορεί να δώσει τα περισσότερα στοιχεία, να οδηγήσει σε περισσότερους συσχετισμούς και να οδηγήσει σε πιο πλούσια συμπεράσματα.

Επιπλέον, το γεγονός ότι ο Παρθενώνας είναι από τους μεγαλύτερους αλλά και από τους πιο καλοδιατηρημένους αρχαίους ναούς σημαίνει ότι ο αριθμός των σωζόμενων κίωνων του είναι μεγάλος. Επομένως, τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από τον πειραματισμό με έναν κίονα που μιμείται τους κίονες του Παρθενώνα θα μπορούν να έχουν άμεση εφαρμογή σε ένα μεγάλο αριθμό κίωνων, αρχίζοντας από τους κίονες και του ίδιου του Παρθενώνα. Σε αυτό συντείνει και το γεγονός ότι οι κίονες του Παρθενώνα, λόγω της ιστορίας και των περιπετειών του ναού, έχουν επίσης τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για να εφαρμοστεί η μέθοδος με τον τεχνητό σφόνδυλο. Και αυτό γιατί οι περισσότεροι από αυτούς τους κίονες, επειδή κάποια στιγμή στη διάρκεια της ζωής τους μετακινήθηκαν με βίαιο τρόπο ή και έπεσαν στο έδαφος διασκορπίζοντας τους σφονδύλους τους, λόγω σεισμών, της έκρηξης του 1687, καθώς και τις φθορές από κακές αναστηλώσεις του παρελθόντος, έχουν τουλάχιστον έναν σφόνδυλο που λείπει, καθώς και άλλους που έχουν σπάσει και συγκολληθεί, πράγμα που διευκολύνει την τοποθέτηση ενός τεχνητού σφονδύλου (Εικ. 1). Επίσης, καθώς οι ελλείποντες σφόνδυλοι εντοπίζονται σε διάφορα ύψη, η μέθοδος, εφόσον αποδειχθεί αποτελεσματική, θα μπορεί να δοκιμαστεί προοδευτικά σε διάφορους κίονες του Παρθενώνα, ώστε να βρεθεί η καλύτερη εφαρμογή της

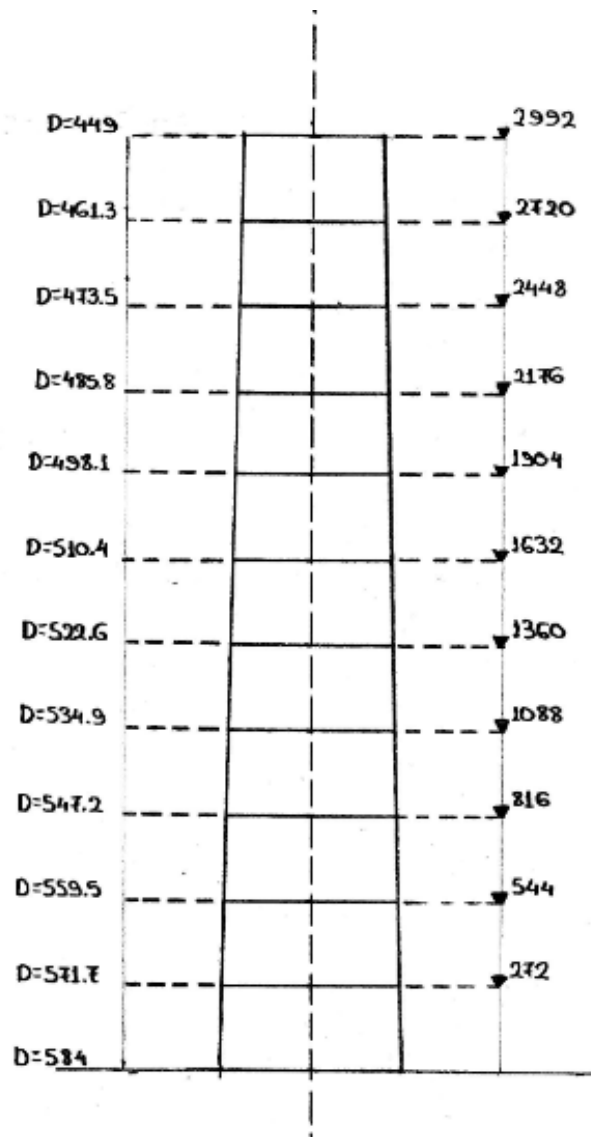
επιτόπου και στο πραγματικό μνημείο. Για όλους τους παραπάνω λόγους, ο πειραματισμός με κίονα που έγινε με πρότυπο τους κίονες του Παρθενώνα θεωρήθηκε ως η πλέον ενδεικνυόμενη επιλογή.



Εικ. 1.1: Φθορές σε κίονες του Παρθενώνα

Η κλίμακα που επιλέχθηκε για τον σχεδιασμό του κίονα-δοκιμίου (ομοίωμα κίονα του Παρθενώνα) είναι 1:3.3. Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κίονα-δοκιμίου θα είναι λευκό ή γκρι μάρμαρο. Το συνολικό του ύψος θα είναι 2.992 m και θα αποτελείται από 11 σφονδύλους. Ο κάθε σφόνδυλος θα έχει ύψος 272 mm. Οι διάμετροι των σφονδύλων είναι (Εικ. 2):

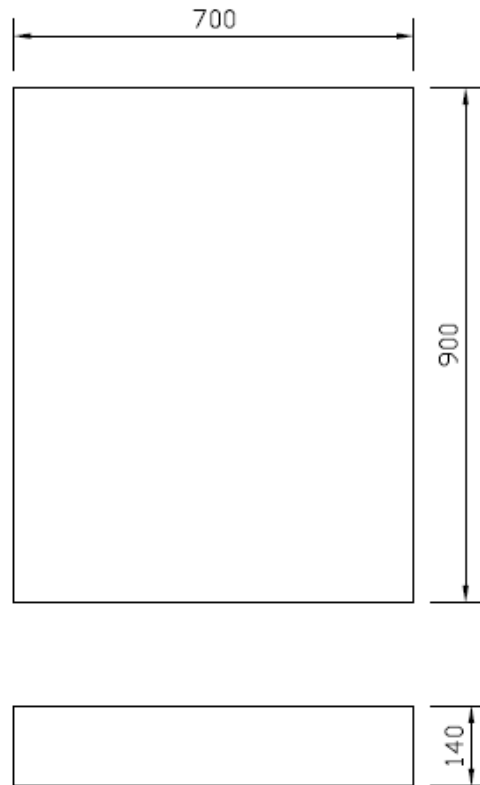
- 1^{ος}: κάτω διάμ.: 584 mm- πάνω διάμ. 571.7 mm
- 2^{ος}: κάτω διάμ.: 571.7 mm- πάνω διάμ. 559.5 mm
- 3^{ος}: κάτω διάμ.: 559.5 mm- πάνω διάμ. 547.2 mm
- 4^{ος}: κάτω διάμ.: 547.2 mm- πάνω διάμ. 534.9 mm
- 5^{ος}: κάτω διάμ.: 534.9 mm- πάνω διάμ. 522.6 mm
- 6^{ος}: κάτω διάμ.: 522.6 mm- πάνω διάμ. 510.4 mm
- 7^{ος}: κάτω διάμ.: 510.4 mm- πάνω διάμ. 498.1 mm
- 8^{ος}: κάτω διάμ.: 498.1 mm- πάνω διάμ. 485.8 mm
- 9^{ος}: κάτω διάμ.: 485.8 mm- πάνω διάμ. 473.5 mm
- 10^{ος}: κάτω διάμ.: 473.5 mm- πάνω διάμ. 461.3mm
- 11^{ος}: κάτω διάμ.: 461.3 mm- πάνω διάμ. 449 mm



Εικ. 1.2: Διαστάσεις κίονα-δοκιμίου.

Η επιφάνεια του πάνω και κάτω τμήματος κάθε σφονδύλου θα είναι λεία για κυκλικό δαχτυλίδι 70-80 mm (από εξωτερικό τμήμα και προς τα μέσα). Το υπόλοιπο τμήμα του θα είναι ελαφρά κατεργασμένο ώστε να μην υπάρχει απόλυτη επαφή σ' αυτό το τμήμα δύο συνεχόμενων σφονδύλων. Σε κάθε σφόνδυλο στην αριστερή και δεξιά του πλευρά θα πρέπει να υπάρχει στο μέσον του περίπου, καθ' ύψος, τρύπα διαμέτρου: 18 mm και μήκους 50 mm. Η ανοχή στις διαστάσεις θα πρέπει να περιορίζεται στο ± 2 mm.

Η βάση του κίονα-δοκιμίου θα είναι μαρμάρινη πλάκα (λευκό ή γκρι μάρμαρο) διαστάσεων 700 mm x 900 mm x 140 mm (Εικ. 3).



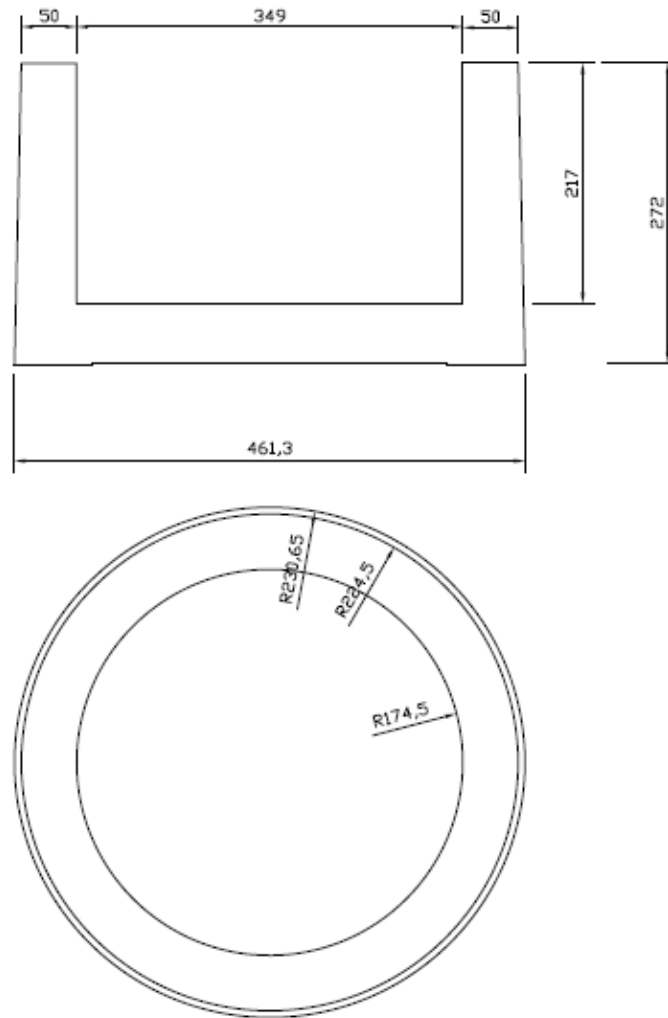
Εικ.1.3: Διαστάσεις μαρμάρινης βάσης

Ο κίονας-δοκίμιο θα δοκιμαστεί και σε κεκλιμένες θέσεις, καθώς η κλίση των αρχαίων κίωνων σήμερα είναι κάτι συνηθισμένο. Αυτό συμβαίνει γιατί συχνά οι ναοί έχουν υποστεί μερική καθίζηση λόγω ανομοιογένειας του εδάφους. Επίσης μπορεί να συμβεί λόγω φθορών στην κρηπίδα, είτε από φυσικά αίτια (σεισμοί) είτε λόγω ανθρώπινης παρέμβασης, π.χ. σε περιπτώσεις όπου σε αναζήτηση των σιδηρών στοιχείων στο εσωτερικό των κίωνων έγιναν ανεπιτυχείς ή και επιτυχείς προσπάθειες να καταρριφθούν οι κίονες, με λάξευση της κάτω επιφάνειας του κατώτερου σφονδύλου, ώστε ο κίονας να καταρρεύσει. Σε τέτοια περίπτωση προκλήθηκαν φθορές και στην κάτω επιφάνεια του κάτω σφονδύλου, αλλά και στην κρηπίδα, οπότε ακόμη και μετά την αναστύλωση ο κίονας μπορεί να μην πατά σωστά πάνω της.

Αρχικά θεωρήθηκε ότι θα ήταν καλό να σχεδιαστεί πλάκα όπου η πάνω της πλευρά να είναι κεκλιμένη. Λόγω μείωσης του κόστους και επειδή θα είναι πιο εύκολα εφικτό να δοκιμαστούν διάφορες κλίσεις αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η ίδια βάση με τις διαστάσεις της εικόνας 3 τοποθετώντας στο κάτω τμήμα της φύλλα

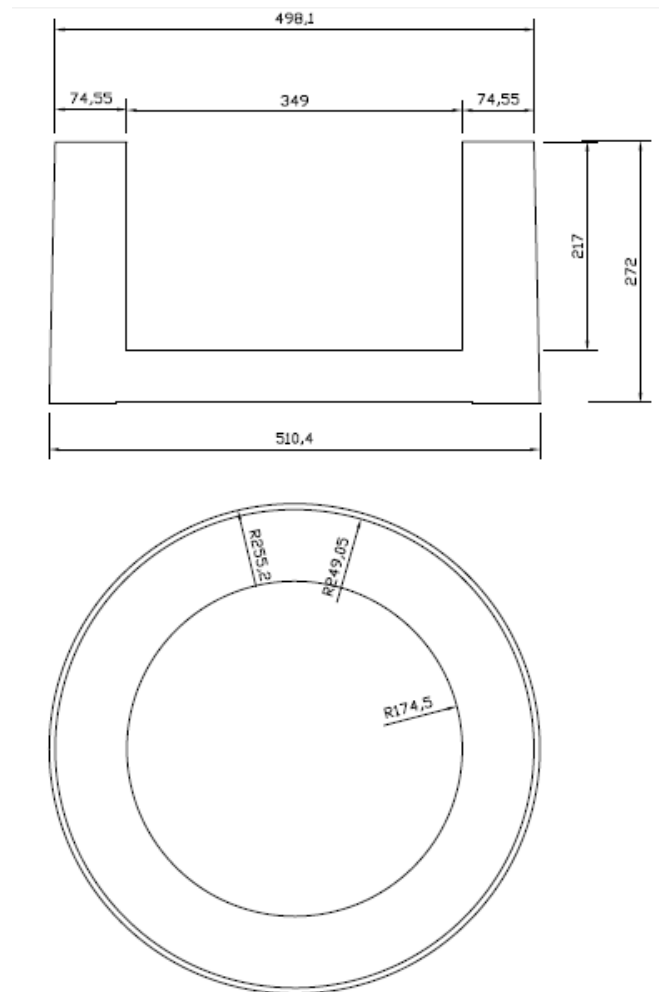
μολύβδου που μπορούν να δώσουν την επιθυμητή κλίση που κυμαίνεται από 1 μέχρι 3%.

Δύο αποσβεστήρες θα κατασκευαστούν. Οι δύο αποσβεστήρες θα είναι κατασκευασμένοι από μάρμαρο λευκό ή γκρι. Ο πρώτος αποσβεστήρας, που θα τοποθετηθεί στα πειράματα στην κορυφή του κίονα-δοκιμίου αντικαθιστώντας τον πάνω σφόνδυλο, θα είναι ένας σφόνδυλος κούφιος με ύψος 272 mm, κάτω διάμετρο 461.3 mm, πάνω διάμετρο 449 mm, διάμετρο οπής 349 mm (στο κέντρο της επιφάνειας) και βάθος οπής 217 mm. Η επιφάνεια του πάνω και κάτω τμήματος του σφονδύλου θα είναι λεία για κυκλικό δαχτυλίδι 50 mm (στο πάνω μέρος) και 70-80 mm (στο κάτω μέρος από εξωτερικό τμήμα και προς τα μέσα). Το υπόλοιπο τμήμα του στο κάτω μέρος θα είναι ελαφρά κατεργασμένο ώστε να μην υπάρχει απόλυτη επαφή δύο συνεχόμενων σφονδύλων στο τμήμα αυτό. (Το υπόλοιπο του πάνω μέρος του σφονδύλου θα είναι κούφιο, βλέπε Εικ. 4). Στην εξωτερική αριστερή και δεξιά πλευρά του σφονδύλου (καθ' ύψος) θα πρέπει να ανοιχθεί στο σημείο που θα κριθεί πιο βολικό και λιγότερο επικίνδυνο, μετά την κατασκευή του, τρύπα διαμέτρου: 15-18 mm και μήκους 35-45 mm. Η ανοχή στις διαστάσεις θα περιορίζεται στο ± 2 mm.



Εικ. 1.4: Διαστάσεις πρώτου αποσβεστήρα

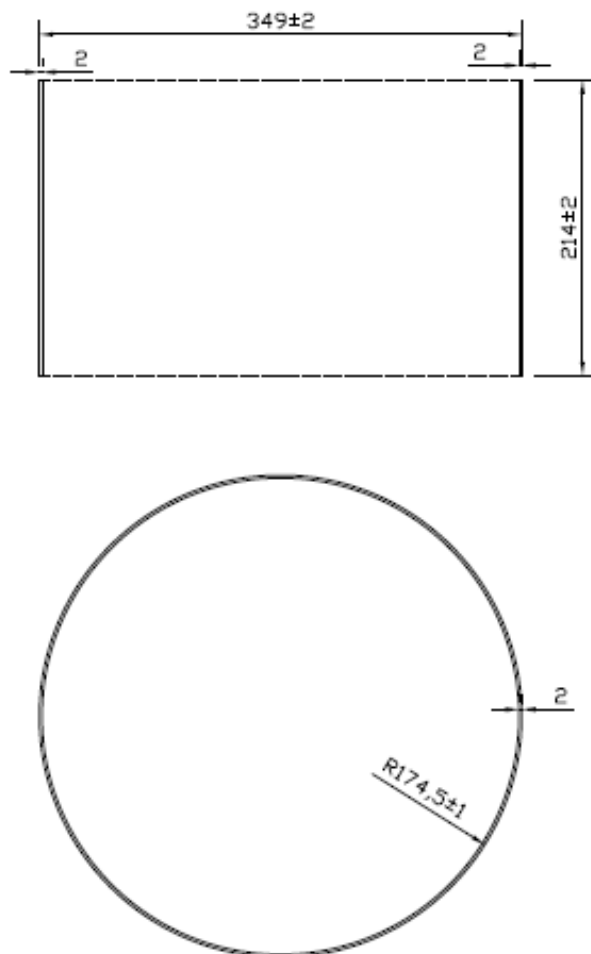
Ο δεύτερος αποσβεστήρας, που θα τοποθετηθεί στην θέση του έβδομου σφονδύλου στον κίονα-δοκίμιο, θα είναι σφόνδυλος κούφιος με ύψος 272 mm, κάτω διάμετρο 510.4 mm, πάνω διάμετρο 498.1 mm, διάμετρο οπής 349 mm (στο κέντρο της επιφάνειας) και βάθος οπής 217 mm. Η επιφάνεια του πάνω και κάτω τμήματος του σφονδύλου θα είναι λεία για κυκλικό δαχτυλίδι 70-80 mm (από εξωτερικό τμήμα και προς τα μέσα). Το υπόλοιπο τμήμα του στο κάτω μέρος θα είναι ελαφρά κατεργασμένο ώστε να μην υπάρχει απόλυτη επαφή δύο συνεχόμενων σφονδύλων στο τμήμα αυτό. (Το υπόλοιπο του πάνω μέρος του σφονδύλου είναι κούφιο, βλέπε Εικ. 5). Στην εξωτερική αριστερή και δεξιά πλευρά του σφονδύλου (καθ' ύψος) θα πρέπει να ανοιχθεί στο σημείο που θα κριθεί πιο βολικό και λιγότερο επικίνδυνο, μετά την κατασκευή του, τρύπα διαμέτρου: 15-18 mm και μήκους 35-45 mm. Η ανοχή στις διαστάσεις θα περιορίζεται στο ± 2 mm.



Εικ. 1.5: Διαστάσεις δεύτερου αποσβεστήρα

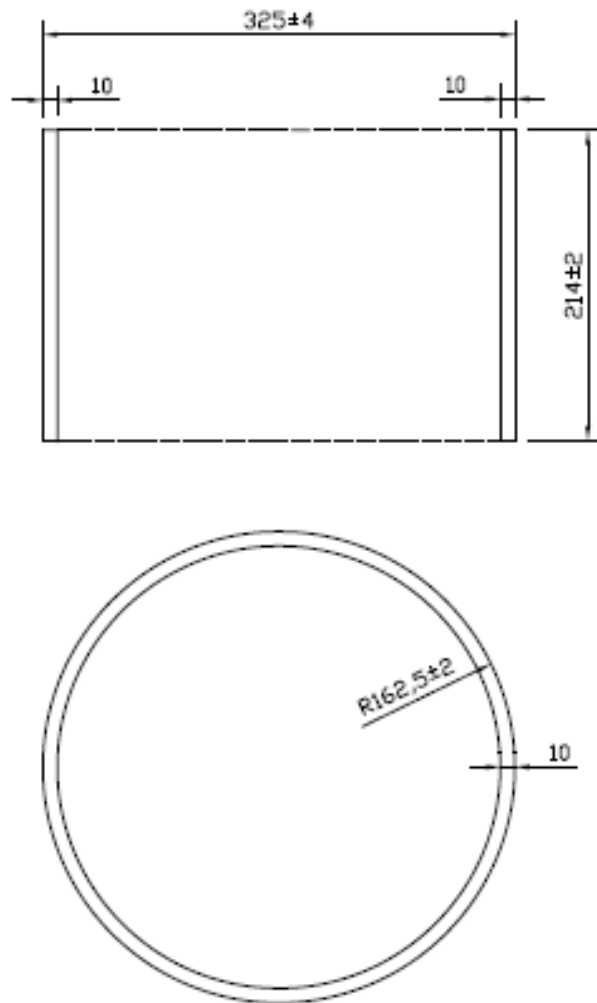
Οι θέσεις των αποσβεστήρων επιλέχθηκαν σύμφωνα με τα όσα έχουν παρατηρηθεί από προηγούμενα πειράματα σεισμικής συμπεριφοράς κίονων που δείχνουν μεγάλη μετατόπιση στις συγκεκριμένες θέσεις όπως και από το γεγονός ότι στους πολλούς μεμονωμένους κίονες ο πάνω σφόνδυλος λείπει.

Οι διαστάσεις των αποσβεστήρων θα αλλάζουν με χαλύβδινα δαχτυλίδια που θα εισέρχονται στο εσωτερικό τους. Τρία χαλύβδινα δαχτυλίδια θα κατασκευαστούν που θα μπορούν να εφαρμοστούν και στους δύο αποσβεστήρες. Το πρώτο χαλύβδινο δαχτυλίδι, θα είναι ύψους 214 ± 2 mm, διαμέτρου 349 ± 2 mm, πάχους 2 mm (Εικ. 6). Η ύπαρξη αυτού του χαλύβδινου δαχτυλιδιού έχει σαν στόχο την αποφυγή της επαφής των χαλύβδινων σφαιριδίων του αποσβεστήρα με το μάρμαρο που μπορεί να μην είναι απόλυτα λείο και έτσι να χαθεί ενέργεια στις κρούσεις.



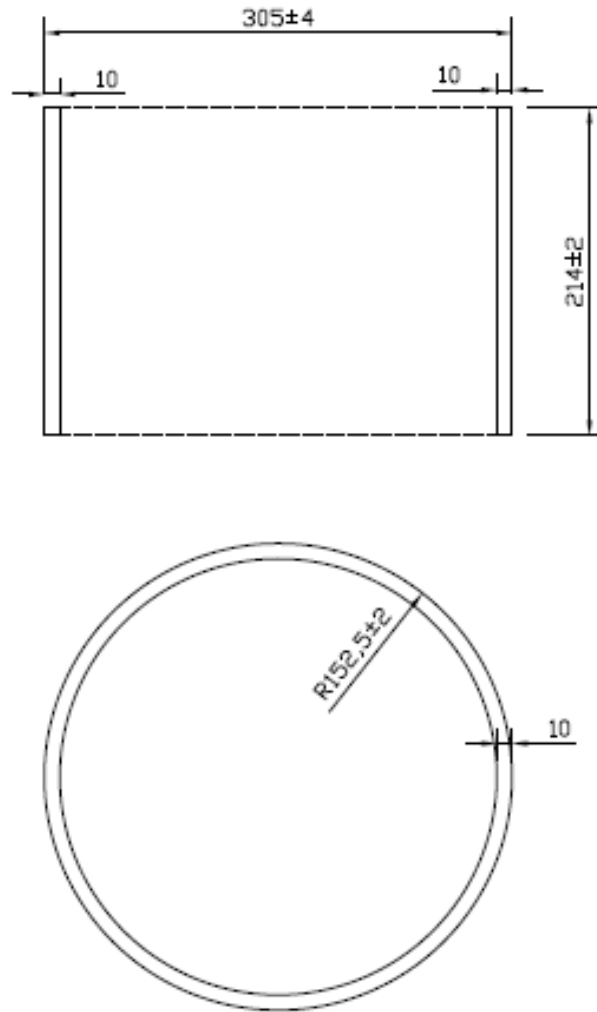
Εικ. 1.6: Διαστάσεις 1^{ου} χαλύβδινου δαχτυλιδιού

Το δεύτερο χαλύβδινο δαχτυλίδι θα είναι ύψους 214 ± 2 mm, διαμέτρου 335 ± 2 mm, πάχους 10 mm (Εικ. 7) και θα μπορεί να τοποθετηθεί εσωτερικά του πρώτου χαλύβδινου δαχτυλιδιού μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τις διαστάσεις του αποσβεστήρα.



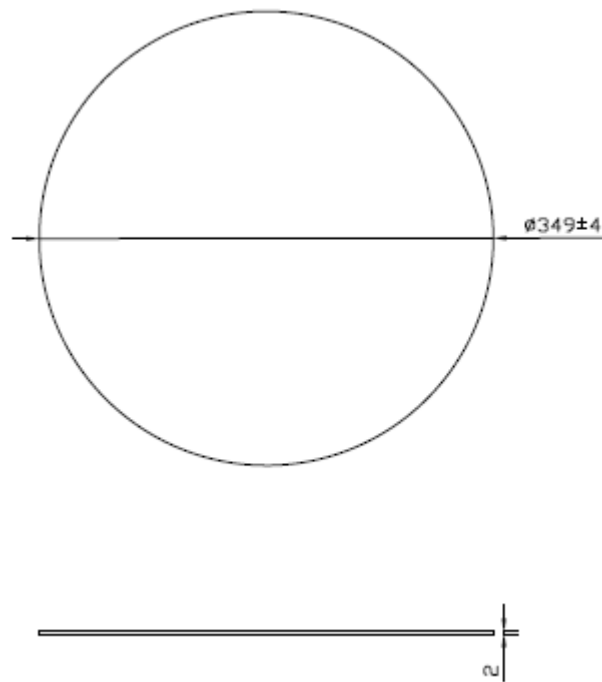
Εικ. 1.7: Διαστάσεις 2^{ου} χαλύβδινου δαχτυλιδιού

Το τρίτο χαλύβδινο δαχτυλίδι θα είναι ύψους 214 ± 2 mm, διαμέτρου 305 ± 4 mm, πάχους 10 mm (Εικ. 8).



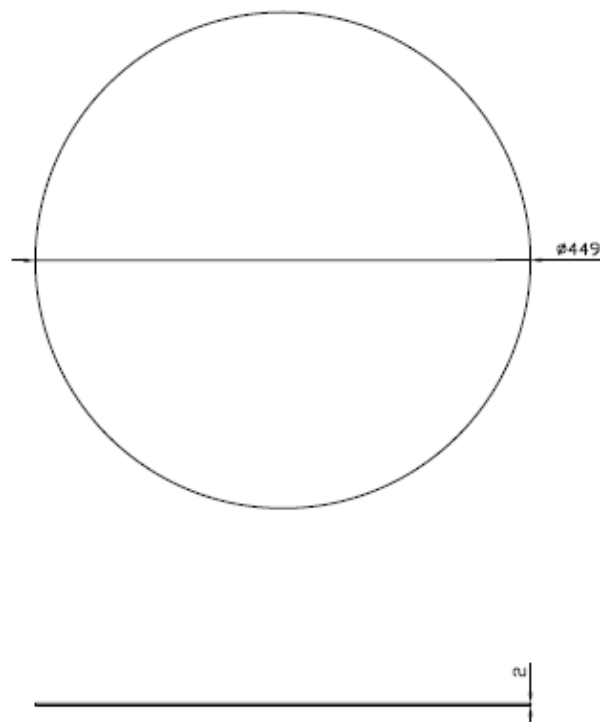
Εικ. 1.8: Διαστάσεις 3^{ου} χαλύβδινου δαχτυλιδιού

Χαλύβδινη πλάκα διαμέτρου 349 ± 4 mm και πάχους 2 mm (Εικ. 9) θα τοποθετηθεί στον πάτο του αποσβεστήρα. Η πλάκα αυτή θα να καλύψει τυχόν ατέλειες από την επεξεργασία του μαρμάρου δημιουργώντας μια λεία επιφάνεια επαφής για τις χαλύβδινες μπάλες που θα κινούνται μέσα στον αποσβεστήρα και μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την τριβή.



Εικ. 1.9: Διαστάσεις χαλύβδινης πλάκας

Επίσης θα κατασκευαστεί πλάκα από Plexiglas διαμέτρου 449 ± 2 mm και πάχους 2 mm (Εικ. 10) που θα τοποθετηθεί στην πάνω πλευρά του πρώτου αποσβεστήρα όταν αυτός τοποθετηθεί στην κορυφή του κίονα ώστε οι μπάλες με την κίνηση να μην μπορούν να φύγουν από τον αποσβεστήρα.



Εικ. 1.10: Διαστάσεις πλάκας από Plexiglass

Οι χαλύβδινες μπάλες θα είναι διαμέτρου θα είναι 20 mm (1900 μπάλες) και 50 mm (150 μπάλες). Οι διαστάσεις αυτές επιλέχθηκαν γιατί θεωρήθηκε ότι θα μπορέσουν να δείξουν την επιρροή της διάστασης στην αποτελεσματικότητα του αποσβεστήρα αλλά και από οικονομικής άποψης το κόστος τους κρίθηκε το πιο ικανοποιητικό. Η μέγιστη packing density που θα μπορέσει να επιτευχθεί με αυτή την ποσότητα των σφαιριδίων θα είναι της τάξης του 0.5. Ο λόγος της μάζας των σφαιριδίων προς την μάζα του κίονα θα πάρει τις εξής τιμές: $m/M = 1\%$, 2% , 3% ή παραπλήσιες τιμές. Με τα πειράματα θα διαπιστωθεί ο πιο αποτελεσματικός λόγος μαζών για την μείωση των ταλαντώσεων. Άλλοι λόγοι μαζών μπορεί να δοκιμαστούν σε περίπτωση που τα αποτελέσματα δεν είναι αρκετά ικανοποιητικά.

Ο τρόπος μεταφοράς και συναρμογής των σφονδύλων του κίονα-δοκιμίου θα γίνει με την χρήση ιμάντων που θα δεθούν γύρω από τον κάθε σφόνδυλο και με την βοήθεια της υπάρχουσας γερανογέφυρας στον χώρο της σεισμικής τράπεζας θα μπορέσουν να μεταφερθούν και να τοποθετηθούν ο ένας επάνω στον άλλον στην σεισμική τράπεζα. Στο κατώτατο σημείο θα τοποθετηθεί πρωτίστως η βάση του κίονα. Η ασφάλεια των σφονδύλων σε τυχόν μεγάλες μετακινήσεις και η αποφυγή της πτώσης τους που θα μπορούσε να δημιουργήσει ζημιές στον σφόνδυλο αλλά και στην σεισμική τράπεζα θα επιτευχθεί με την χρήση καλωδίων που θα περαστούν από βύσματα (ούπα) που θα είναι τοποθετημένα (κολλημένα) στις τρύπες που θα ανοιχτούν στις δύο πλευρές του κάθε σφονδύλου. Τα καλώδια θα αναρτώνται από το πάνω μέρος του κτιρίου που βρίσκεται η σεισμική τράπεζα.

Τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν είναι επιταχυνσιόμετρα υψηλής ευαισθησίας περιοχής λειτουργίας κυρίως $\pm 2g$ αλλά και επιταχυνσιόμετρα στην περιοχή λειτουργίας $\pm 10g$. Τα επιταχυνσιόμετρα θα τοποθετηθούν ένα σε κάθε σφόνδυλο (αν επαρκούν αλλιώς κάθε δεύτερο) για μέτρηση της οριζόντιας κίνησης στην ίδια κατακόρυφο, ένα ή δύο για μέτρηση της κατακόρυφης κίνησης και πιθανόν λικνίσματος στον 11^ο σφόνδυλο και ένα στην σεισμική τράπεζα για μέτρηση της εισαγόμενης κίνησης στο σύστημα.

Ερευνητές:

Αγγελική Παπαλού: Συμμετοχή σε όλα τα πακέτα εργασίας 1,2,3,4 και 5.

Στο Π.Ε. 1: «Σχεδιασμός κίονα-δοκιμίου και αποσβεστήρα σωματιδίων»

1.1: Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει τον σχεδιασμό κίονα-δοκιμίου, αποσβεστήρα σωματιδίων

Αντικείμενο εργασιών:

- Περιγραφή αποσβεστήρα σωματιδίων
- Περιγραφή του υλικού και του μεγέθους σωματιδίων που θα χρησιμοποιηθούν στα πειράματα
- Περιγραφή των οργάνων και της θέσης τους στον κίονα

Διονύσιος Ρουμπιέν: Συμμετοχή στα πακέτα εργασίας 1,3,4, και 5.

Στο Π.Ε. 1: «Σχεδιασμός κίονα-δοκιμίου και αποσβεστήρα σωματιδίων»

1.1: Τεχνική έκθεση που θα περιλαμβάνει τον σχεδιασμό κίονα-δοκιμίου, αποσβεστήρα σωματιδίων

Αντικείμενο εργασιών:

- Περιγραφή του κίονα του ναού που θα προσομοιωθεί
- Περιγραφή των σφονδύλων και της βάσης του κίονα (διαστάσεις)



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ