

65 Γυμνάσιο Αθηνών
Σχολική περίοδος 2019-2020



Ερευνητική εργασία στο μάθημα της τεχνολογίας
σχετικά με τον παρακάτω τίτλο :

Τρόπος Κατασκευής Του Σκελετού Ενός Ουρανοξύστη
Σε Αναλογία Με Την Αντοχή Του Σε Ανέμους Και Σεισμούς

Φωτεινός Κωνσταντίνος Γ'5

0.Περιεχόμενα γραπτής εργασίας:

- 0.Εισαγωγή
- 1.Τίτλος της έρευνας
- 2.Παρουσίαση του προβλήματος
- 3.Παρουσίαση του σκοπού της έρευνας
- 4.Παρουσίαση της κοινωνικής αναγκαιότητας
- 5.Διαμόρφωση της υπόθεσης
- 6.Ανάλυση παραμέτρων που δεν αλλοίωσαν τα αποτελέσματα
- 7.Περιγραφή των ορίων και περιορισμοί
- 8.Περιγραφή μεθοδολογίας
- 9.Ορισμοί
- 10.Προτάσεις για συμπληρωματική εργασία
- 11.Συμπεράσματα
- 12.Κατάλογος υλικών
- 13.Πηγές πληροφόρησης και βιβλιογραφία

0.Εισαγωγή:

Στις αρχές του εικοστού αιώνα συγκαλέσθηκε το Συμβούλιο για τα Υψηλά Κτήρια και την Αστική Κατοικία , με στόχο να καθιερωθεί η έννοια του ουρανοξύστη και του υψηλού κτηρίου . Μεγάλου ύψους θεωρήθηκε κάθε κτήριο το οποίο δεν μπορούσε να φτάσει η σκάλα ενός τυπικού κλιμακοφόρου πυροσβεστικού οχήματος της Νέας Υόρκης , δηλαδή περίπου δέκα όροφοι . Στην σύγχρονη εποχή δεν έχουν αλλάξει ιδιαίτερα τα πράγματα , δεδομένου ότι η Επιτροπή Συλλογής Δεδομένων του Οργανισμού Εμπορίας έκρινε ως υψηλά τα κτήρια ύψους άνω των τριαντά πέντε μέτρων ή διαφορετικά δέκα δώδεκα ορόφων , αριθμός ο οποίος δεν είναι αρκετά μεγάλος σύμφωνα με τις τερατώδεις κατασκευές της σύγχρονης εποχής .

Ο ουρανοξύστης είναι μία έννοια που διαμορφώθηκε κατά τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα , όπου και ξεκίνησαν να κατασκευάζονται αυτά τα μεγάλης επιβλητικότητας κτίσματα .Ο κατασκευαστικός ορισμός της λέξης δόθηκε αργότερα και εκφράζει τα ψηλά κτίρια με χαλύβδινο σκελετό που άρχισαν να κατασκευάζονται στα τέλη του 19ου αιώνα, σε αντίθεση με αυτά που είχαν φέρουσα τοιχοποιία και κατασκευάζονταν τα προηγούμενα χρόνια. Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι ο ουρανοξύστης είναι ένα πολυώροφο κτίριο με χαλύβδινο σκελετό, που εξοπλίζεται με υψηλής ταχύτητας ανελκυστήρες και συνδυάζει το εξαιρετικό ύψος με τους άνετους εσωτερικούς χώρους.



Προκειμένου να ξεκινήσει η κατασκευή αυτών των κτηρίων , έπρεπε να προηγηθούν κάποιες κατάλληλες συνθήκες , που είναι η παραγωγή νέων πολλά υποσχόμενων οικοδομικών υλικών , όπως ο σίδηρος , το γυαλί και το τσιμέντο , που προήλθαν από την βιομηχανική επανάσταση και αντικατέστησαν το τούβλο , την πέτρα και το ξύλο και η εφεύρεση και αξιοποίηση του ανελκυστήρα .

Ο υψηλότερος ουρανοξύστης μέχρι σήμερα ήταν ο Burj Khalifa (ο πύργος του Ντουμπάϊ) με ύψος περίπου 850 m , αν και ο πύργος της Τζέντα , που η κατασκευή του τελείωσε το 2020 , ανακτά την υπεροχή , σπάζοντας το φράγμα του ενός χιλιομέτρου .



1. Τίτλος της έρευνας:

Ο τίτλος της παρούσας έρευνας είναι ο εξής :

Τρόπος Κατασκευής Του Σκελετού Ενός Ουρανοξύστη
Σε Αναλογία Με Την Αντοχή Του Σε Ανέμους Και Σεισμούς



2.Παρουσίαση του προβλήματος:

Το πρόβλημα το οποίο πραγματεύεται η παρούσα έρευνα είναι η αντοχή των ουρανοξυστών σε σεισμούς μεγάλης έντασης που προκαλούν κυματοειδής κινήσεις του εδάφους καταπονώντας τα θεμέλια και ανέμων σε επίπεδο τυφώνων που κλονίζουν την σταθερότητα του κτίσματος .

Αυτά τα τερατώδη δημιουργήματα κοστίζουν υπέρογκα ποσά χρημάτων και φιλοξενούν χιλιάδες ανθρώπους με αποτέλεσμα να καθίσταται αδιανόητο να είναι η κατασκευή τους ασταθής , αφού η εκκένωση του είναι αδύνατη και σε περίπτωση που το οικοδόμημα καταρρεύσει θα χαθούν αμέτρητες ζωές. Συνεπώς, οι κατασκευαστικές εταιρίες οφείλουν να κτίσουν έναν πύργο που θα παρέχει ασφάλεια στους κατοίκους του . Για να το επιτύχουν αυτό , οι εταιρίες εστιάζουν στην σχεδίαση του σκελετού του . Άν ο σκελετός είναι ανθεκτικός και σχεδιασμένος μελετημένα ώστε να αντιστέκεται στις δυνάμεις της φύσης , τότε απλώς θα υποκύψει στις κινήσεις του εδάφους ή του αέρα με αποτέλεσμα το κτίσμα να αντέχει σε αυτούς τους δυνατούς κραδασμούς , αλλά αν αντίθετα ο σκελετός είναι υποδεέστερα σχεδιασμένος και κατασκευασμένος τότε το οικοδόμημα δεν θα απορροφήσει με αρμονικό τρόπο τα χτυπήματα , με συνέπεια τα θεμέλια να δεχθούν τεράστιες πιέσεις και να φθαρούν , προκαλώντας ανεπανόρθωτες ζημιές που απαιτούν την εκκένωση του ή οδηγούν ακόμα και στην κατάρρευση του .



Καθώς λοιπόν οι ουρανοξύστες έχουν αρκετά ψηλά το κέντρο βάρους τους οι προδιαγραφές για την αντοχή τους σε φυσικές καταστροφές είναι ιδιαίτερα αυστηρές , συνεπώς και οι διαδικασίες σχεδίασης και θεμελίωσης τους είναι χρονοβόρες και απαιτητικές , όπως προαναφέρθηκε . Στην κατασκευή τους η χρήση του χάλυβα και του μπετού είναι ευρεία , τα οποία αποτελούν κατά κανόνα τα υλικά για τον σκελετό του κτίσματος . Ο σκελετός αυτός είναι εκείνος που προσφέρει σταθερότητα και αντοχή στους σεισμούς και τα χτυπήματα των ανέμων . Παρά όλα τα πλεονεκτήματα του , αρχικά οι σκελετοί των ουρανοξυστών σχημάτιζαν ένα πυκνό σύνολο στηριγμάτων , που βρισκόντουσαν σε απόσταση λιγότερη των εννέα μέτρων , περιορίζοντας σημαντικά τους εσωτερικούς χώρους . Αυτό το πρόβλημα οδήγησε στην σύλληψη της ιδέας της σωληνωτής κατασκευής , δηλαδή την συγκέντρωση των περισσότερων στυλωμάτων στο κέντρο του κτηρίου , τον πυρήνα , στον οποίο σταγάζονται συνήθως κλιμακοστάσια , ανελκυστήρες , τουαλέτες κλπ . Ο συγκεκριμένος τρόπος κατασκευής αποτελεί τον πιο συνηθισμένο , ακόμα και για τα απλά κτήρια . Παρόλα αυτά , έχει αποδειχθεί ότι ο ανθεκτικότερος τύπος σκελετού είναι εκείνος σχήματος Χ και Κ , δηλαδή η τοποθέτηση περιφερειακών στυλώσεων και διαγωνίων στηριγμάτων .

Εκτός από το σχεδιασμό του σκελετού , υπάρχουν και κάποια ακόμα στοιχεία τα οποία αποτελούν αντικείμενο πειραματισμού και πιθανότητα θα βοηθήσουν στο κοντινό μέλλον τον τρόπο οικοδόμησης ιδιαίτερα ψηλών κτηρίων , αν και κάποια εφαρμόζονται και σήμερα . Κάποιες από αυτές τις καινοτομίες είναι οι εξής :

1.Αποσβεστήρας (TMD): Πρόκειται για μία διατάξη εκκρεμούς ,



δηλαδή μία βοηθητική πηγή απορρόφησης των κινήσεων που αποτελείται από μία αδρανειακή μάζα , συνήθως μία μεταλλική σφαίρα αρκετά μεγάλου βάρους , ενωμένη με την υπόλοιπη κατασκευή μέσω ενός περίπλοκου μηχανικού συστήματος από ελατήρια , υδροστατικά και λαστιχένια ρουλεμάν . Τα TMD χωρίζονται σε δύο κατηγορίες , τα ενεργής λειτουργείας και παθητικής . Οι παθητικοί συντονίζονται με τις δυνάμεις των σεισμών και των ανέμων , ενώ οι ενεργητικοί ελέγχονται από κάποιο ηλεκτρονικό υπολογιστή , που υπολογίζοντας τις πιέσεις που δέχεται ο ουρανοξύστης ταλαντεύει τον αποσβεστήρα . Παρά όλα αυτά , έχει δημιουργηθεί και ένα καινούργιο είδος υβριδικού αποσβεστήρα , που σε υψηλές δονήσεις ή δυνατά χτυπήματα ανέμων λειτουργεί ενεργητικά , ενώ σε χαμηλότερες δυνάμεις παθητικά . Τα TMD δεν εμποδίζουν το κτήριο να υποκύψει στις δυνάμεις αλλά απορροφούν ένα μεγάλο μέρος αυτών .

2.Οπές διέλευσης αέρα: Οι οπές διέλευσης αέρα είναι η ύπαρξη ανοιγμάτων στα ανώτερα πατώματα ενός ουρανοξύστη , που επιτρέπουν τον αέρα να διέλθει από αυτά και να ανακουφιστεί το σύνολο του κτίσματος από αυτές τις δυνάμεις . Δηλαδή στην ουσία , τα εν λόγω ανοίγματα προσφέρουν ένα αεροδυναμικό σχεδιασμό . Χαρακτηριστική τέτοια κατασκευή είναι εκείνη της διπλανής εικόνας .



3.Ανελκυστήρες χωρίς καλώδια: Πρόκειται για ανελκυστήρες οι οποίοι λειτουργούν με βάση την τεχνολογία των μαγνητικών τρένων , προσφέροντας την δυνατότητα ταχείας , κάθετης αλλά και οριζόντιας κίνησης .

4.Προκατασκευασμένα μέρη: Η προκατασκευή είναι η μέθοδος που επιταχύνει τον χρόνο κατασκευής. Το 2015 η κινεζική κατασκευαστική Broad Sustainable Building (BSB) έχτισε τον ψηλότερο πύργο 17 ορόφων στο διάστημα ρεκόρ των 19 ημερών. Ο ουρανοξύστης ήταν διαθέσιμος σε τμήματα προς συναρμολόγηση και ο χρόνος κατασκευής του αντιστοιχεί στη κατασκευή τριών ορόφων ημερησίως.

5.Νέα υλικά: Ήδη από την τωρινή εποχή έχει ξεκινήσει η χρήση ενός νέου είδους ξύλου , το οποίο αναπτύσσεται ιδιαίτερα γρήγορα , και πρόκειται να αντικαταστήσει τα τυπικά υλικά του μπετού και του χάλυβα , καθώς είναι το ίδιο ανθεκτικό , δύομισι φορές ελαφρύτερο και σαφώς οικολογικότερο .

6.Τοποθέτηση ελατηρίων: Ένας τρόπος για να μειωθεί η καταπόνηση οποιαδήποτε κτηρίου ανεξαρτήτως του ύψους του είναι η τοποθέτηση ελατηρίων στο κατώτερο πάτωμα άνω του εδάφους και ενδιάμεσα στον πυρήνα και τους ορόφους προσφέροντας φυσική ελαστικότητα .

Οι μεταβλητές της ερευνητικής εργασίας είναι οι εξής .

1.Ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ο τύπος σκελετού της κατασκευής (απλά στηρίγματα , κεντρικός οπλισμός , Χ - Κ και με αποσβεστήρα) .

2.Εξαρτημένη μεταβλητή είναι η αντοχή του στις ασκούμενες δυνάμεις , δηλαδή η περίοδος ταλάντωσης και η γωνία εκτροπής .

3.Ελεγχόμενες μεταβλητές είναι τα υλικά κατασκευής των στηριγμάτων , το βάρος του αποσβεστήρα που θα τοποθετηθεί κλπ . Αυτές οι ελεγχόμενες μεταβλητές δεν επηρεάζουν καθόλου την εξαρτημένη ή την επηρεάζουν λίγο και έτσι η επιρροή τους θεωρείται αμελητέα .

Στην παρούσα έρευνα θα μελετηθεί το γεγονός που προαναφέρθηκε λίγο παραπάνω, δηλαδή κατά πόσο οι μορφές του σκελετού ενός ουρανοξύστη και η αξιοποίηση της ιδέας του αποσβεστήρα μάζας επηρεάζουν την ανθεκτικότητα του σε σεισμικές δονήσεις και ισχυρούς ανέμους . Θα δοκιμαστούν τρεις τύποι τυπικών σκελετών όσο και η χρήση του παθητικού εκκρεμούς πάνω σε ένα ομοίωμα ουρανοξύστη , στο οποίο και θα ασκήσουμε δυνάμεις και θα παρατηρήσουμε την ελαστικότητα , την σταθερότητα αλλά και την περίοδο ταλάντωσης του , που μπορεί να έχει οδυνηρές συνέπειες για τους κατοίκους ενός ουρανοξύστη .



3.Παρουσίαση του σκοπού της έρευνας:

Η παρούσα ερευνητική εργασία γίνεται με σκοπό μία κατασκευαστική εταιρεία να γνωρίζει ποιος τρόπος κατασκευής σκελετού κάθε κτηρίου , και συγκεκριμένα ουρανοξύστη , που πρόκειται να θεμελιωθεί , είναι ο περισσότερο ή ο λιγότερο ανθεκτικός , όσο και αν η χρήση του αποσβεστήρα μάζας κατά πόσο σημαντική είναι για την αντοχή του κτίσματος . Η κατοχή αυτής της γνώση και η αξιοποίηση της θα φέρει ως αποτέλεσμα να προωθηθεί το όνομα της εταιρείας στο εμπόριο και την κοινωνία , εντός του κράτους ή ακόμα και παγκόσμια , με συνέπεια να ανθίσει η οικονομία της επιχείρησης και να αναλαμβάνει σταδιακά όλο και περισσότερα έργα , καθώς τα οικοδομήματα αυτής θα θεωρούνται σταθερά σε φυσικές καταστροφές , δηλαδή τους σεισμούς και τους ανέμους . Ακόμα , ένα επιπλέον πλεονέκτημα της θα είναι πως , αφού τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί από εκείνη είναι ανθεκτικά και πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές , δεν θα υπάρξει κάποιο νομικό ζήτημα εναντίον της , καθώς οι αγοραστές δεν θα έχουν το δικαίωμα να λάβουν αποζημίωση και το δικαστήριο θα την κρίνει αθώα για την κατάρρευση ή την εκτεταμένη ζημιά του κτίσματος . Συνεπώς , η κατασκευαστική εταιρεία δεν θα ευθύνεται και δεν θα οφείλει να πληρώσει τις αποζημιώσεις στους κατοίκους , που στους ουρανοξύστες είναι και χιλιάδες . Ως επακόλουθο αυτού , η επιχείρηση θα έχει το δικαίωμα να συνεχίσει να υφίσταται , ενώ η οικονομία της θα υψωθεί σε μεγάλα επίπεδα , καθώς τα έσοδα της θα αυξάνονται και τα έξοδα της θα μειώνονται στο ελάχιστο .



Συμπερασματικά , ο σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι το όφελος κάθε κατασκευαστικής εταιρείας , η οποία , γνωρίζοντας ποιος τρόπος θεμελίωσης και σχεδιασμού είναι περισσότερο ανθεκτικός , θα ανέβει στο επίπεδο του ανταγωνισμού κερδίζοντας συνεχώς έδαφος απέναντι σε άλλες κατασκευαστικές εταιρίες , ενώ θα διατηρήσει το γόητρο της και δεν θα επιτευχθεί εναντίον της οποιαδήποτε νομική κίνηση .



4. Παρουσίαση της κοινωνικής αναγκαιότητας:

Όπως προαναφέρθηκε και σε κάποια προηγούμενα κεφάλαια , εντός των ουρανοξυστών κατοικούν χιλιάδες ανθρώπινες ζωές . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίσταται απαραίτητη η παρούσα ερευνητική εργασία , καθώς μία λάθος κατασκευή του σκελετού θα μπορούσε να προκαλέσει ανεπανόρθωτες ζημιές στο κτήριο , και ως πιθανό επακόλουθο τον θάνατο εκατοντάδων ανθρώπων . Αυτό το γεγονός αποτελεί και την βασική , μαζί με την διατήρηση της οικονομίας και του κέρδους της εταιρείας , αναγκαιότητα αυτής της έρευνας , καθώς ο λανθασμένος σχεδιασμός και κατασκευή του ουρανοξύστη θα στερήσει το θεμελιώδες δικαίωμα του κάθε ανθρώπου και πλάσματος , αυτό της ζωής . Επιπλέον , η κατασκευή του σκελετού ενός ουρανοξύστη είναι έμμεσα σημαντική ευρύτερα στο κοινωνικό σύνολο και την πορεία της οικονομίας ενός



κράτους , αφού αποτελεί τουριστικό αξιοθέατο και χώρο στον οποίο στεγάζονται κατοικίες πολιτών αλλά και τμήματα , κυρίως γραφεία αυτών , ή και ολόκληρες επιχειρήσεις , όπως ξενοδοχεία , χαρακτηριστικό παράδειγμα στο οποίο αποτελεί το Sand Bay της Σίγκαπούρης . Το Sand Bay είναι ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα , καθώς δεν αποτελεί μόνο ένα μεγαλοπρεπές αξιοθέατο , αλλά στεγάζει και ολόκληρη επιχείρηση , με αποτέλεσμα τα εισοδήματα που ωφείλονται από την παρουσία αυτού του ουρανοξύστη να διπλασιάζονται . Ακόμα , δεδομένου των μελλοντικών σχεδίων περί της κατασκευής ουρανοξυστών που θα φιλοξενούν ολόκληρες δομές θερμοκηπίων , μηχανισμούς ανακύκλωσης και φιλτραρίσματος αέρα (κυρίως για περιοχή με έντονη μόλυνση του αέρα , όπως το Πεκίνο) αλλά και χώρους διαμονής προσφύγων , βοηθώντας σε πολιτικά αλλά και οικολογικά προβλήματα , θα πρέπει τα κτήρια να είναι ανθεκτικά για να υποστηρίξουν αυτές τις παροχές .

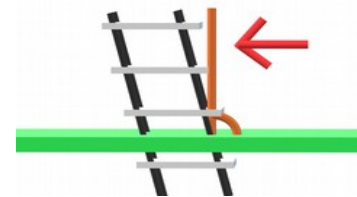
Συνεπώς , η ορθή κατασκευή και σχεδίαση του σκελετού ενός ουρανοξύστη , που του προσφέρει σταθερότητα , έχει αντίκτυπο σε μεγάλο κομμάτι της κοινωνίας . Καθώς εντός του ουρανοξύστη ζουν πολλοί πολίτες , το κτίσμα θα πρέπει να είναι ανθεκτικό στις δυνάμεις της φύσης προκειμένου να διαφυλαχθούν αυτές οι ζωές . Τέλος , η σταθερότητα του σκελετού επηρεάζει έμμεσα και την οικονομία του κράτους στο οποίο βρίσκεται ο ουρανοξύστης , αφού ο δεύτερος αποτελεί πόλος έλξης τουριστών όσο και χώρο κατοικιών , επιχειρήσεων και άλλων δομών .



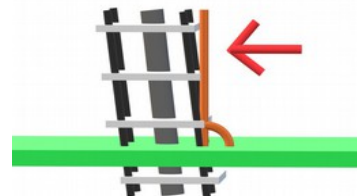
5. Διαμόρφωση της υπόθεσης της έρευνας:

Η υπόθεση , την οποία έχει και σκοπό να θεωρήσει αληθή ή ψευδή , αυτής της έρευνας είναι πως , αναλόγως αν ο σκελετός ενός ουρανοξύστη αποτελείται αποκλειστικά από περιφερειακά στυλώματα , από περιφερειακά στυλώματα και πυρήνα , από περιφερειακά στυλώματα και στυλώματα τύπου Χ , δηλαδή διαγώνιος σκελετός , και περιλαμβάνει την τοποθέτηση αποσβεστήρα , τότε η κατασκευή θα είναι περισσότερο ή λιγότερο ανθεκτική σε πιέσεις αντίστοιχα .

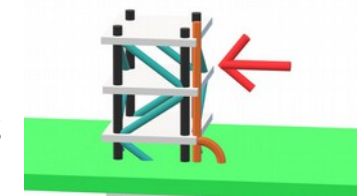
Με διαφορετική προσέγγιση , το ερώτημα στο οποίο επιδιώκει να δώσει απάντηση η παρούσα έρευνα είναι αν ο σκελετός του ουρανοξύστη αποτελείται αποκλειστικά από χαλύβδινα ή στυλώματα από σκυρόδεμα , τοποθετημένα περιφερειακά της κατασκευής ώστε να σχηματίζουν πλαίσια , τότε η κατασκευή δεν είναι αρκετά ανθεκτική σε δυνάμεις τις φύσεις , όπως οι σεισμοί και οι άνεμοι , γεγονός που απεικονίζει και η διπλανή εικόνα .



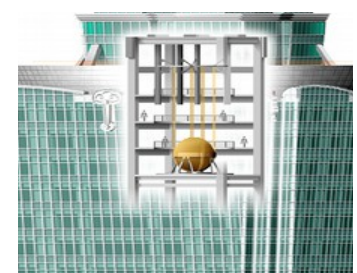
Αντίστοιχα , προκύπτει πως και όταν ο σκελετός ενός κτηρίου ευρύτερα αποτελείται όχι μόνο από περιφερειακά στηρίγματα αλλά και από έναν κεντρικό οπλισμό , τον πυρήνα , ο οποίος είναι κατασκευασμένος από σκυρόδεμα ή μέταλλο , τότε η οικοδομή αποκτά περισσότερη αντοχή , σε σχέση με τον παραπάνω σκελετό , προς τις ισχυρές πιέσεις , όπως παρουσιάζεται και στην διπλανή εικόνα , που απεικονίζονται οι όροφοι του κτηρίου , τα στυλώματα και ο πυρήνας στο κέντρο .



Επίσης , η υπόθεση ισχυρίζεται πως ο περισσότερα ανθεκτικός τρόπος κατασκευής του σκελετού είναι εκείνος του Χ , που περιλαμβάνει περιφερειακά στηρίγματα , και στυλώματα που τοποθετούνται διαγώνιως . Με βάση των πειραμάτων που θα υλοποιηθούν θα αποδειχθεί ότι αυτός ο τύπος είναι και εκείνος με την περισσότερη αντοχή στους σεισμούς και τους ανέμους , όπως διακρίνεται και στην διπλανή εικόνα , που η γωνία εκτροπής είναι ελάχιστη .



Τέλος , με βάση την υπόθεση αυτής της έρευνας , η τοποθέτηση ενός αποσβεστήρα στο εσωτερικό του μοντέλου απορροφά τον οποιαδήποτε κραδασμό σε μεγάλο βαθμό , προσφέροντας αρκετά μεγάλη αντοχή και ελαχιστοποιώντας την γωνία εκτροπής του κτίσματος κατά την διάρκεια ταλαντώσεων . Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα , ο αποσβεστήρας μάζας θα τοποθετηθεί στην κορυφή του μοντέλου , και , ασκώντας δυνάμεις , θα παρατηρήσουμε το εκκρεμές να εκτελεί περιόδους και το υπόλοιπο κτίσμα να ταλαντεύεται ελάχιστα .



6.Ανάλυση των παραμέτρων που δεν επηρέασαν τα αποτελέσματα της έρευνας:

Κατά την διάρκεια της παρούσας έρευνας εντός του εργαστηριακού χώρου υπάρχουν αρκετοί παράμετροι οι οποίοι , παρ'όλο που μπορεί να επηρεάζουν την ανθεκτικότητα και την σταθερότητα ενός ουρανοξύστη σε πραγματικά , ρεαλιστικά δεδομένα , δεν επηρεάζουν τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης περίπτωσης σε μεγάλο βαθμό ή ακόμα και μηδαμινά . Ένας από αυτούς τους εν λόγω παράγοντες είναι το ύψος και οι μεταβολές της θερμοκρασίας , η υγρασία και ευρύτερα οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στον εργαστηριακό χώρο , οι οποίες δεν έχουν κάποια επιρροή . Ακόμα , η επιφάνεια στην οποία είναι τοποθετημένο το μοντέλο πάνω στο οποίο θα υλοποιηθούν τα πειράματα δεν έχει αντίκτυπο στο τελικό συμπέρασμα , αν και οφείλουμε να συμπληρώσουμε πως το είδος του εδάφους σε μία πραγματική οικοδομή διακατέχει μείζονα ρόλο . Επιπλέον , παράγοντας ο οποίος δεν αλλοιώνει απολύτως καθόλου το αποτέλεσμα είναι η φωτεινότητα αλλά και η απουσία φωτός , ολική ή μερική , η οποία υπάρχει στον χώρο ερευνών . Επιπρόσθετα , τα χαρακτηριστικά του ερευνητή , όπως το φύλλο , η ηλικία κλπ , δεν έχουν καμία συσχέτιση με τα τελικά αποτελέσματα , αλλά θα πρέπει να διαθέτει την ικανότητα να ανταπεξέλθει ορθά στις απαιτήσεις της πειραματικής διαδικασίας . Θα μπορούσε ίσως να αναφερθεί πως ακόμα και το υλικό των ορόφων του μοντέλου δεν παρουσιάζει κάποιο αντίκτυπο , όπως φυσικά και της πλατφόρμας , όμως το υλικό κατασκευής των προσομοιωμάτων των στυλωμάτων για μεγιστοποίηση της αξιοπιστίας αλλά και διευκόλυνσης , δεδομένου του γεγονότος ότι η τοποθέτηση περισσότερο ανθεκτικών και σκληρών υλικών προϋποθέτει και την ανάγκη άσκησης ανάλογων δυνάμεων , που προσεγγίζουν τις αληθινές , και είναι αδύνατο να προκληθεί σεισμική δόνηση μεγάλης κλίμακας ρίχτερ σε εργαστηριακό χώρο και η όλη διαδικασία θα αποδειχθεί φανερά δαπανηρή , θα πρέπει να είναι αποτελούμενο σύμφωνα με τον κατάλογο υλικών . Ακόμα , η κατάσταση στην οποία βρισκότουσαν τα υλικά μας , αν και σε ρεαλιστικά δεδομένα θα είχε οδυνηρές συνέπειες , δεν επηρέασαν την ερευνητική εργασία , καθώς το αντικείμενο στο οποίο εστιάζει η παρούσα δεν συσχετίζεται με αυτό τον παράγοντα .



7.Περιγραφή των ορίων και περιορισμοί:

Το πείραμα που θα διεξαχθεί θα βασιστεί πάνω σε ένα πειραματικό μοντέλο προσομοιωτή ουρανοξύστη , στο οποίο θα δοκιμαστούν τέσσερις τρόποι προστασίας από ασκούμενες δυνάμεις . Εξαιτίας των μικρών διαστάσεων , των μικρών δυνάμεων αλλά και την χρήση διαφορετικών υλικών σε αντίθεση με τα πραγματικά δεδομένα ενδέχονται αποκλίσεις .

Αυτό το μοντέλο αποτελείται από τα βασικά , περιφερειακά στηρίγματα , τα διαγώνια στυλώματα , από ορόφους , από αποσπώμενο κεντρικό οπλισμό και αφαιρούμενο παθητικό εκκρεμές .

Τα βασικά στηρίγματα είναι κατασκευασμένα από καλαμάκια πλαστικά μεσαίου πάχους και ενωμένα με χαρτοταινία και μονωτική .

Τα διαγώνια αποτελούνται από ξύλινα καλαμάκια ενωμένα με το μοντέλο μέσω μονωτικής ταινίας και τοποθετημένα στα βασικά στυλώματα .

Οι όροφοι είναι κατασκευασμένοι από μακετόχαρτο , και συνδέονται μέσω των βασικών στυλωμάτων που διέρχονται από αυτούς διαμέσου στενών οπών .

Ο πυρήνας είναι φτιαγμένος από χαρτόνι και συνδεδεμένος μέσω μονωτικής , διερχόμενος από το κέντρο των ορόφων .

Ο αποσβεστήρας αποτελείται εξ ολοκλήρου από μία λαστιχένια μπάλα και εφαρμόζει στο προσομοίωμα με ένα σύστημα κλωστών .

Οι δυνάμεις που θα ασκηθούν θα προέρχονται από ανθρώπινο χέρι και όχι από μία πραγματική σεισμική δόνηση ή ριπή ανέμου .

Το πείραμα θα διεξαχθεί αποκλειστικά μία φορά και όλη η πειραματική διαδικασία θα διαρκέσει λιγότερο από μία ώρα , με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα της έρευνας να είναι κάπως αναξιόπιστα .

Κατά την διάρκεια του πειράματος , θα παρατηρηθεί το φαινόμενο τα βασικά στυλώματα να λυγίζουν . Αυτό το γεγονός είναι αδύνατον να συμβεί σε αληθινά κτήρια κατασκευασμένα από μπετόν και μέταλλο , του οποίου οι κολόνες σε ανάλογες δυνάμεις θα δέχονται τεράστιες πιέσεις και θα σχημάτιζαν ρωγμές ή ακόμα και θα καταστρεφόντουσαν , καθιστώντας την όλη οικοδομή μη κατοικήσιμη ή οδηγώντας τη σε κατάρρευση .



8.Περιγραφή μεθοδολογίας :

Η πειραματική διαδικασία της έρευνας περιλαμβάνει αρχικά την κατασκευή του ομοιώματος , η δομή του οποίου περιγράφηκε αναλυτικότερα στο παραπάνω κεφάλαιο . Αφού ετοιμαστεί το μοντέλο , ακολουθεί η διεξαγωγή όλης της έρευνας .

Αρχικά , η προσομοίωση είναι ουσιαστικά γυμνή , αποτελούμενη αποκλειστικά από τα βασικά στυλώματα , τους ορόφους και την πλατφόρμα , που αντιστοιχεί στο στρώμα υπεδάφους που βασίζονται τα κατώτερα θεμέλια , δηλαδή την πλάκα αυτών , με την απουσία φυσικά της τοποθέτησης των πασσάλων (στυλωμάτων που εδράζουν σε σκληρά πετρώματα του υπεδάφους υποστηρίζοντας το βάρος της όλης κατασκευής) , που δεν κρίνονται αναγκαία , και αντιθέτως υπάρχει περίπτωση να δυσχερύνουν την πορεία της ερευνητικής εργασίας . Θα ασκηθούν δυνάμεις σε αυτό το απλοϊκό μοντέλο και θα παρατηρηθεί , με την χρήση και μη μοιρογνωμονίου η κλίση της όλης κατασκευής και το μέγεθος και η διάρκεια της ταλάντωσης που θα ακολουθήσει . ενδέχονται αμελητέες αποκλίσεις εξαιτίας του υλικού εν που χρησιμοποιείται .



Αμέσως μετά , θα προστεθεί ο κεντρικός οπλισμός και θα εφαρμοστούν πάλι δυνάμεις , οι οποίες κατά προσέγγιση θα είναι ίσου μέτρου και όμοιας κατεύθυνσης χωρίς να επηρεαστεί τίποτα άλλο πάνω στο μοντέλο . Και εδώ πέρα ενδέχονται αμελητέες αποκλίσεις εξαιτίας του υλικού εν χρήσει .

Επόμενα , θα αφαιρεθεί ο πυρήνας και θα συγκολληθούν ξύλινα καλαμάκια διαγωνίως σχηματίζοντας το γράμμα Χ ή Κ , στην πλάγια όψη και θα ασκηθούν δυνάμεις από την πρόσοψη , εξίσου παρόμοιου μέτρου . Εξαιτίας της σκληρότητας , οι αποκλίσεις πιθανότατα θα είναι ακόμα μεγαλύτερες λόγω της μεγάλης αυτής αλλά και του μικρού μεγέθους των δυνάμεων που ασκούνται .

Τέλος , θα προστεθεί πάνω στην ίδια διάταξη με την αρχική προαναφερόμενη ένα μπαλάκι μικρού μεγέθους και αμελητέου βάρους στην κορυφή και θα παρατηρηθεί η περίοδος της ταλάντωσης του μοντέλου , εξαιτίας όμως της λανθασμένης αναλογίας μεταξύ του εκκρεμούς και του υπόλοιπου κτίσματος σε αντίθεση με τα αληθιά δεδομένα , καθώς ένας ρεαλιστικός τυπικός ουρανοξύστης μπορεί να έχει μάζα πενήντα χιλιάδων τόνων και ο αποσβεστήρας (για παράδειγμα του Ταρεϊ 12) μόνο δύο , είναι αδύνατο ο αποσβεστήρας του μοντέλου να ζυγίζει είκοσι πέντεχιλιάδες φορές λιγότερο από αυτό , με αποτέλεσμα αμελητέες αλλά υπαρκτές αποκλίσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε υπερβολικά ή και εντελώς λανθασμένα αποτελέσματα .

Επί τέλους , θα σχεδιαστεί ένας πίνακας και στην συνέχεια ένα διάγραμμα που θα αποτυπωθούν τα αποτελέσματα . Με βάση αυτά , ο κάθε ερευνητής αλλά και αναγνώστης θα είναι σε θέση να κρίνει την ανθεκτικότητα των ουρανοξυστών κατασκευασμένους με τρόπους της αντίστοιχης διάταξης .

Στην συγκεκριμένη σελίδα παρουσιάζονται οι μετρήσεις κατά την διάρκεια του πρακτικού τμήματος της ερευνητικής εργασίας .

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα συσχετιζόμενα δεδομένα με το πρώτο σκέλος της πειραματικής διαδικασίας ,δηλαδή την καταγραφή του χρόνου ταλάντωσης της κάθε κατασκευής.

Τύπος διάταξης	Περίοδος ταλάντωσης σε sec
Απλός	7
Με πυρήνα	4
Με διαγώνια στύριξη	3
Με αποσβεστήρα	2

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την κλίση του μοντέλου σε μοίρες ανά τον τύπο διάταξης .

Τύπος διάταξης	Κλίση μοντέλου σε μοίρες
Απλός	43
Με πυρήνα	29
Με διαγώνια στύριξη	7
Με αποσβεστήρα	43

Κρίνοντας από το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος ταλάντωσης ή το μέτρο της γωνίας εκτροπής , συμπληρώνουμε τον εξής πίνακα σύμφωνα με τις συνέπειες που θα ακολουθούσαν από την άσκηση μίας ίσης δύναμης για κάθε διάταξη .

Τύπος διάταξης	Συνέπειες
Απλός	Εξ ολοκλήρου κατάρρευση
Με πυρήνα	Μη κατοικίσιμη δομή
Με διαγώνια στύριξη	Ελάχιστη φθορά θεμελίων
Με αποσβεστήρα	Μηδαμινές επιπτώσεις

9.Ορισμοί:

Ο ουρανοξύστης είναι ένα εξαιρετικά υψηλό κτίριο. Αποκαλείται έτσι διότι λόγω του ύψους του, «ξύνει» μεταφορικά τον ουρανό (από το αγγλικό skyscraper). Οι ουρανοξύστες έχουν πολλούς ορόφους και συνήθως χαρακτηρίζονται έτσι κτίρια με ύψος πάνω από 100 μέτρα.

Σκελετός είναι η δομή η οποία αποτελεί το στήριγμα ολόκληρου του ουρανοξύστη , και στην ουσία είναι οι χαλύβδινες και τσιμεντένιες κατασκευές που προσφέρουν σταθερότητα στο κτίσμα .

Αποσβεστήρας μάζας είναι ένα είδος εκκρεμούς το οποίο έχει ως σκοπό να απορροφά την ενέργεια των ταλαντώσεων με αποτέλεσμα το οικοδόμημα να μην οδηγείται σε περιοδικές κινήσεις που καταπονούν τα θεμέλια του .

Η εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας είναι η αντοχή της προσομοίωσης σε πιέσεις , οι οποίες θα αντιπροσωπεύουν τις δυνάμεις της φύσης , όπως τα χτυπήματα των ανέμων και οι δονήσεις των σεισμών .

Η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι το είδος του σκελετού του μοντέλου . Αυτή η μεταβλητή κατά την διάρκεια της ερευνητικής εργασίας μπορεί να πάρει τρεις τιμές , οι οποίες είναι οι εξής :

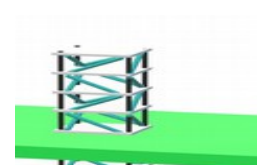
1.Σκελετός αποτελούμενος από δοκάρια και στυλώματα περιφερειακά της κατασκευής , δηλαδή απλά στηρίγματα τοποθετημένα στις τέσσερις γωνίες του κάθε ορόφου , όπως απεικονίζει και η διπλανή εικόνα .



2.Σκελετός αποτελούμενος από περιφερειακά στηρίγματα και πυρήνα , δηλαδή στηρίγματα τοποθετημένα περιφερειακά , όπως και προηγουμένως , αλλά σε συνδυασμό με κεντρικό οπλισμό , ένα συμπαγές στήλωμα που διέρχεται από το κέντρο του μοντέλου , καθ'όλο το ύψος του .



3.Σκελετός αποτελούμενος από περιφερειακά και διαγώνια στηρίγματα , δηλαδή ένας σκελετός που περιλαμβάνει περιφερειακά στηρίγματα σε συνδυασμό με διαγώνια στηλώματα που σχηματίζουν ένα σχέδιο σαν το γράμμα Χ , όπως παρατηρείται και στην διπλανή εικόνα .



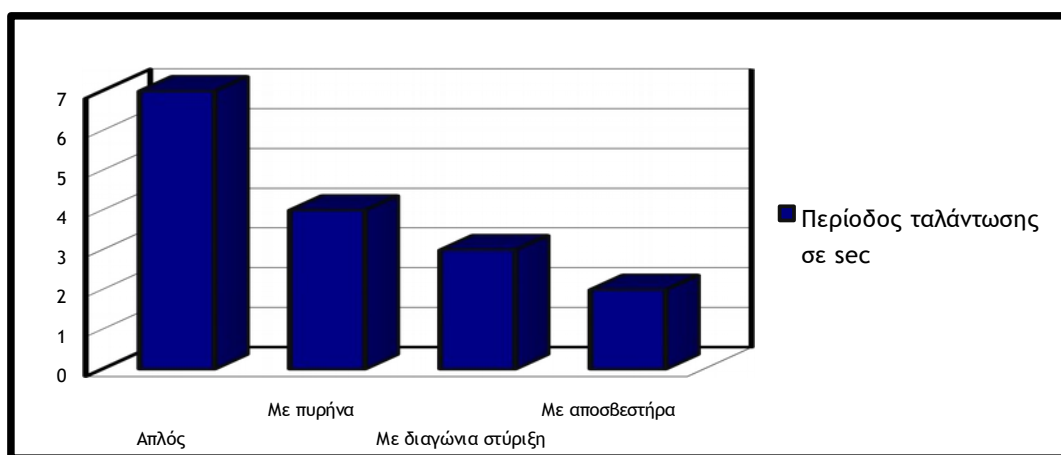
4.Η τοποθέτηση ενός αποσβεστήρα εντός της κατασκευής σε συνδυασμό με απλά στυλώματα , όπως του απλού σκελετού .

Οι ελεγχόμενες μεταβλητές είναι εκείνες οι οποίες επηρεάζουν την σταθερότητα της προσομοίωσης και για αυτό τον λόγο διατηρούνται ίδιες σε όλη την διάρκεια της εργασίας . Τέτοιες είναι το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα τα στηρίγματα και οι όροφοι , το μέτρο της πίεσης που ασκείται , το βάρος με το οποίο φορτώνονται οι όροφοι του μοντέλου κλπ .

10.Συμπεράσματα :

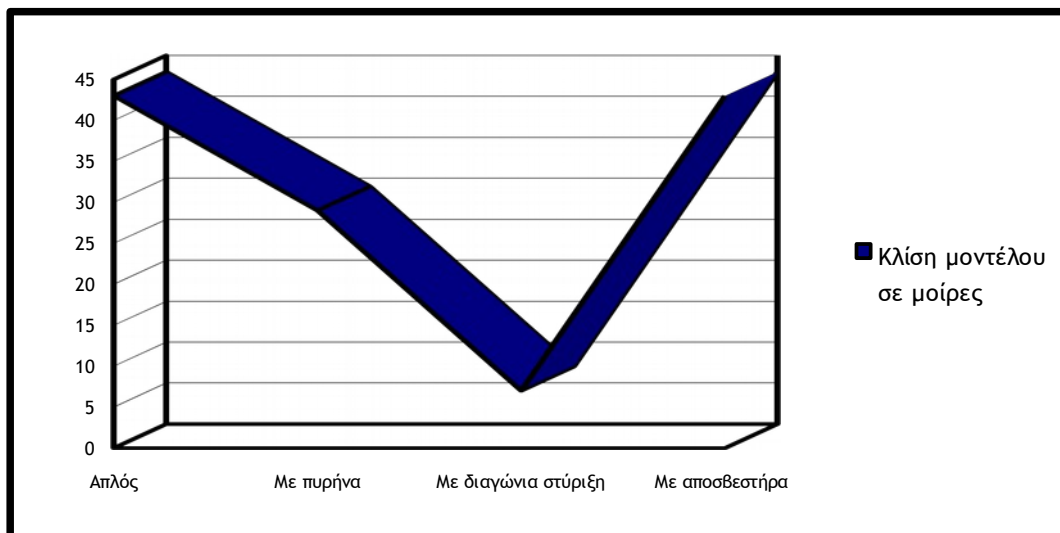
Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα ερευνητική εργασία και παρά τις όποιες αποκλίσεις εξαιτίας των υπερβολικά λανθασμένων μονάδων , μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως αληθεύει την θεωρία ότι αναλόγως τον τρόπο δόμησης ενός ουρανοξύστη εκείνος παρουσιάζει και μία ανάλογη σταθερότητα , ανθεκτικότητα και ευρύτερα έναν διαφορετικό τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζει , απορροφά και επεξεργάζεται τις ασκούμενες δυνάμεις . Με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί , είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε αυτό το γεγονός και να κατανοήσει και ο αναγνώστης πως καταλήξαμε σε αυτό το συμπέρασμα , κρίνοντας την αντοχή του κτηρίου μέσω τριών αντικειμένων σε συνάρτηση με τέσσερις τύπους κατασκευής .

Παρακάτω , εμφανίζεται η περίοδος ταλάντωσης του προσωμιώματος σε δευτερόλεπτα . Η μεγάλη χρονική διάρκεια της περιόδου ταλάντωσης ενός ουρανοξύστη μετά από μία σεισμική δόνηση ή ριπή ανέμου μπορεί να προκαλέσει ολέθριες συνέπειες στην κατασκευή , για αυτό τον λόγο μια κατασκευαστική εταιρεία θα πρέπει να μεριμνήσει για αυτό το γεγονός . Μπορούμε να παρατηρήσουμε πως μία απλοϊκή διάταξη έχει αρκετά μεγάλη περίοδο ταλάντωσης , επτά δευτερολέπτων στο μοντέλο μας , που είναι αρκετά πιθανό να φθείρει και έως κατάρρευσης τα θεμέλια . Ο κεντρικός οπλισμός και η διαγώνια στύλωση προσφέρουν μία ιδιαίτερη σταθερότητα , καθιστώντας το κτήριο ανθεκτικό . Η τοποθέτηση του αποσβεστήρα στον απλοϊκό σκελετό , συμβάλει εκ νέου και μειώνει αισθητά τα επίπεδα ταλαντώσεων .



Τύπος διάταξης	Περίοδος ταλάντωσης σε sec
Απλός	7
Με πυρήνα	4
Με διαγώνια στύριξη	3
Με αποσβεστήρα	2

Εξίσου , παρατηρούμε πως και ο τύπος της διάταξης επηρεάζει και το ποσό της κλίσης της προσομοίωσης . Ο απλός τύπος σκελετού υποκύπτει εντελώς στις κινήσεις του εδάφους , συντονίζεται και στην συνέχεια φθείρεται . Η προσθήκη κεντρικού οπλισμού , δηλαδή του πυρήνα αποτελεί μία σαφείς βελτίωση μειώνοντας ικανοποιητικά την γωνία εκτροπής του μοντέλου . Η διαγώνια στήριξη ουσιαστικά μειώνει την κλίση στο ελάχιστο δυνατό , αλλά ο αποσβεστήρας δεν προσφέρει απολύτως τίποτα .



Τύπος διάταξης	Κλίση μοντέλου σε μοίρες
Απλός	43
Με πυρήνα	29
Με διαγώνια στήριξη	7
Με αποσβεστήρα	43

Έχοντας στην διάθεση μας τα δεδομένα των παραπάνω πινάκων , μπορούμε να σχεδιάσουμε έναν ακόμη ο οποίος θα απεικονίζει τα γενικευμένα αποτελέσματα της έρευνας μας , με βάση τα οποία μπορούμε να κρίνουμε αν τύπος του σκελετού του μοντέλου το οποίο έχουμε κατασκευάσει επηρεάζει την σταθερότητα του μοντέλου , η οποία βέβαια θα αντιπροσωπευτεί από τις πραγματικές συνέπειες ενός αληθινού ουρανοξύστη σε ανάλογες δυνάμεις , που για σεισμό μπορεί να αγγίζουν και τα επτά ρίχτερ . Και με βάση αυτές τις μετρήσεις καταλαβαίνουμε πως ο τρόπος κατασκευής ενός ουρανοξύστη , και ευρύτερα κτηρίου επηρεάζει σε τεράστιο βαθμό την ανθεκτικότητά του .

Τύπος διάταξης	Συνέπειες
Απλός	Εξ ολοκλήρου κατάρρευση
Με πυρήνα	Μη κατοικίσιμη δομή
Με διαγώνια στήριξη	Ελάχιστη φθορά θεμελίων
Με αποσβεστήρα	Μηδαμινές επιπτώσεις

11. Κατάλογος υλικών:

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της ερευνητικής εργασίας είναι τα ακόλουθα :

1. Χαρτοταινία
2. Μονωτική ταινία
3. Πλαστικά καλαμάκια μεσαίου διαμετρήματος και όμοια μεταξύ τους
4. Μακετόχαρτο πέντε χιλιοστών
5. Μακετόχαρτο δέκα χιλιοστών
6. Καλαμάκια ξύλινα για ανατολικό φαγητό (τσοπ στικ)
7. Νήμα
8. Χαρτόνι
9. Πλαστικό μπαλάκι

Εργαλεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην διεξαγωγή της είναι :

1. Κοπίδι
2. Χάρακας
3. Μοιρογνωμόνιο

12.Προτάσεις για συμπληρωματική εργασία:

Η παρούσα έρευνα ουσιαστικά προσανατολίζεται προς δύο τρόπους θωράκισης ενός κτηρίου , που είναι η δομή του σκελετού αλλά και ένα παρακλάδι του που είναι ο αποσβεστήρας και συγκεκριμένα μελετά την επίδραση που έχουν αυτά τα δύο (ή τέσσερα , αν θεωρηθούν πως ανήκουν σε μία εννοιά ομάδα) στην σταθερότητα ενός ουρανοξύστη σε ανέμους και σεισμούς .

Άλλες έρευνες που θα μπορούσαν να διεξαχθούν από του θέματος είναι κατά πόσο η τοποθέτηση των επανομαζόμενων ελατηρίων βοηθά και αυτή στην ανθεκτικότητα του κτηρίου , κατασκευάζοντας ένα μοντέλο από ακρετά σαρθρά υλικά που φθείρονται με μικρές δυνάμεις ενωμένα με την πλατφόρμα και τον πυρήνα (που θα είναι κατασκευασμένα από περισσότερο ανθεκτικά υλικά) μέσω κάποιων ελαστικών ή μη συνδέσμων και θα παρατηρηθεί κατά πόσο καταστρέφεται το όλο μοντέλο αναλόγως την τοποθέτηση ή μη αυτών των ελατηρίων .



Μία άλλη εξίσου , αν και βασική , αξιόλογη έρευνα είναι η μελέτη που συχετίζεται με την ανθεκτικότητα του κάθε τύπου μπετού , απλό ή αρμέ . Ο ερευνητής που ενδιαφέρεται , θα μπορούσε να κατασκευάσει μία συμπαγής μάζα από ασβέστη που θα προσομοιώνει το τσιμέντο και θα ασκήσει δύναμη σε αυτό ώσπου να φθαρεί . Μετά θα κατασκευάσει μία όμοια πλάκα με την διαφορά ότι εντός θα υπάρχουν κάποια ξύλινα καλαμάκια , προκειμένου να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο δεύτερος τύπος μπετού , δηλαδή το οπλισμένο σκυρόδεμα , είναι κατά πολύ πιο ανθεκτικό .



Μία ακόμα συσχετιζόμενη αλλά δύσκολη στην υλοποίηση της έρευνα είναι να αποδειχθεί πως οι οπές διέλευσης αέρα δανέμουν αρμονικά την δύναμη του ανέμου στον ουρανοξύστη . Στα πλαίσια αυτής της ερευνητικής εργασίας , θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένα ομοίωμα χωρίς οπή διέλευσης αέρα και άλλο ένα ίδιου εμβαδού με οπή . Αυτά τα δύο θα τοποθετηθούν μπροστά από κάποιο μέσο το οποίο προκαλεί ένα σχετικά αδύναμο άνεμο αλλά ικανό να επηρεάσει τα μοντέλα μας και να παρατηρηθεί ποιο από τα δύο αντιστέκεται περισσότερο .



13.Πηγές πληροφόρησης και Βιβλιογραφία:

- Εγκυκλοπαίδεια : Δομή τόμος 10
- Εγκυκλοπαίδεια : Δομή τόμος 22
- Εγκυκλοπαίδεια : Ανακαλύπτω την τεχνολογία
- Εγκυκλοπαίδεια : Σύγχρονη εγκυκλοπαίδεια των επιστημών και της τεχνολογίας
- Εγκυκλοπαίδεια : Τα εβδομήντα αρχιτεκτονικά θαύματα του κόσμου
- Εργασία - Μελέτη : Βασικά τεχνικά προβλήματα στον σχεδιασμό πολύ υψηλών κτιρίων
- Εικόνες : Φυλλομετρητής Google
- Εικόνες : Μοντέλα 3D , που σχεδιάστηκαν στα πλαίσια της έρευνας
- Ιστοσελίδα : Το Βήμα
- Ιστοσελίδα : Πρώτο Θέμα
- Ιστοσελίδα : Κατασκευές Κτηρίων - το Portal των Μηχανικών
- Ιστοσελίδα : CNN Greece
- Ιστοσελίδα : Cretan Magazine
- Ιστοσελίδα : B2Green
- Ιστοσελίδα : Καθημερινή
- Ιστοσελίδα : ΣΚΑΪ

Τέλος γραπτής εργασίας τεχνολογίας φερόμενη τον τίτλο

**Τρόπος Κατασκευής Του Σκελετού Ενός Ουρανοξύστη
Σε Αναλογία Με Την Αντοχή Του Σε Ανέμους Και Σεισμούς**

Από τον μαθητή Φωτεινό Κωνσταντίνο

