

Ενοργάνωση Στεγάστρου από Ferrocement στο ΚΠΙΣΝ και Προσδιορισμός Δυναμικών Ιδιοχαρακτηριστικών

Θωμάς Σαλονικιός

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Κύριος Ερευνητής ΙΤΣΑΚ - ΟΑΣΠ, salonikios@itsak.gr

Καρακώστας Χρήστος

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών ΙΤΣΑΚ - ΟΑΣΠ, christos@itsak.gr

Λεκίδης Βασίλης

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Διευθυντής Ερευνών ΙΤΣΑΚ - ΟΑΣΠ, lekidis@itsak.gr

Μορφίδης Κωνσταντίνος

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Εντεταλμένος Ερευνητής ΙΤΣΑΚ - ΟΑΣΠ, morfidis@itsak.gr

Αντωνιάδης Κώστας

Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΤΕΡΝΑ Α.Ε., kantoniadis@terna.gr

Εκτενής περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ενοργάνωση του στεγάστρου το οποίο κατασκευάστηκε από ferrocement και βρίσκεται στο Κέντρο Πολιτισμού του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος. Το στέγαστρο αυτό αποτελείται από άνω και κάτω επιφάνεια ferrocement οι οποίες είναι κατάλληλα συνδεδεμένες μεταξύ τους με μεταλλικά στοιχεία διαφόρων διατομών. Το σύστημα αυτό αναρτάται από μεταλλικά υποστυλώματα τα οποία στην θέση ανάρτησης φέρουν ειδικές κεφαλές με αποσβεστήρες. Περιγράφονται η μεθοδολογία ενοργάνωσης, τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τα στοιχεία που προέκυψαν από την μετεπεξεργασία των μετρήσεων αυτών. Το στέγαστρο ενοργανώθηκε με 24 μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα τα οποία συνδέονταν σε δύο μονάδες καταγραφής. Οι μονάδες καταγραφής είχαν κοινό καλώδιο για ταυτόχρονη έναρξη και διακοπή της διαδικασίας καταγραφής. Στόχος της καταγραφής της απόκρισης του στεγάστρου σε περιβαλλοντικές διεγέρσεις ήταν ο προσδιορισμός των κυριότερων συχνοτήτων ιδιοταλάντωσης, των αντίστοιχων ιδιομορφών ταλάντωσης και η δομική απόσβεση του στεγάστρου που αφορούσε σε αυτές τις ιδιομορφές. Κάθε ένας από τους 24 αισθητήρες τοποθετήθηκε σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις επί της κατασκευής οι οποίες είχαν προκαθοριστεί με βάση τους διαθέσιμους βαθμούς ελευθερίας του στεγάστρου. Σε σχήμα ενοργάνωσης που εφαρμόστηκε καταγράφονταν οι ταλαντώσεις του στεγάστρου θεωρώντας τις κεφαλές των στύλων ακλόνητες και θεωρώντας ότι το στέγαστρο αποκρίνεται ως δίσκος κατά τις μετακινήσεις ως προς τους οριζόντιους άξονες και κάθετα στο επίπεδό τους. Οι καταγραφές που συλλέχθηκαν από την απόκριση του στεγάστρου υπεβλήθησαν σε διαφόρων βαθμών επεξεργασία. Αρχικά έγινε φιλτράρισμα των καταγραφών από συχνότητες που δεν ήταν εντός του οφέλιμου πλαισίου και οφείλονταν σε εν εξελίξει εργασίες κατασκευής και οδική κυκλοφορία. Στη συνέχεια οι καταγραφές αναλύθηκαν με βάση τον ταχύ μετασχηματισμό Fourier (FFT) και προσδιορίστηκαν οι κυριότερες ιδιοσυχνότητες του στεγάστρου. Αυτό κρίθηκε σκόπιμο να γίνει προκειμένου προσδιορισθεί το συχνοτικό περιεχόμενο των καταγραφών με βάση μία απλοποιημένη και δοκιμασμένη μέθοδο η οποία εφαρμόζεται εκτενώς σε παρόμοιες περιπτώσεις και λειτουργεί με βάση έναν ελεγμένο αλγόριθμο. Από αυτές τις αναλύσεις προέκυψαν ιδιοσυχνότητες ταλάντωσης του στεγάστρου σε πολύ καλή συμφωνία με τις αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες που είχε

δώσει το προσομοίωμα πεπερασμένων στοιχείων του στεγάστρου. Το προσομοίωμα αυτό είχε δημιουργηθεί μερικά χρόνια πριν και είχε υποβληθεί στον κύριο του έργου. Ακολούθως οι καταγεγραμμένες αποκρίσεις του στεγάστρου σε περιβαλλοντικές διεγέρσεις υποβλήθηκαν σε εκτενέστερες αναλύσεις με βάση το λογισμικό ARTeMIS Modal Pro software (©Structural Vibration Solutions SA). Οι τεχνικές ανάλυσης που εφαρμόστηκαν ήταν:

- Frequency Domain Decomposition - FDD
- Enhanced Frequency Domain Decomposition - EFDD
- Curve-fit Frequency Domain Decomposition – CFDD

Μέσω αυτών των αναλύσεων που εκπονήθηκαν προέκυψαν οι κύριες ιδιοσυχνότητες του στεγάστρου και οι αντίστοιχες ιδιοσυχνότητες και ποσοστά απόσβεσης. Από τις δύο μεθόδους που εφαρμόστηκαν προέκυψε ικανοποιητική σύμπτωση μεταξύ των δυναμικών χαρακτηριστικών του στεγάστρου που υπολογίστηκαν από το αναλυτικό προσομοίωμα και των αντίστοιχων χαρακτηριστικών που υπολογίστηκαν με βάση την ανάλυση των μετρήσεων. Ειδικότερα, τα ιδιοχαρακτηριστικά του στεγάστρου που προέκυψαν από τις αναλύσεις FFT και με βάση το λογισμικό ARTeMIS είναι πολύ κοντά με τις αναλυτικά υπολογιζόμενες τιμές. Οι αποσβέσεις των ιδιομορφών που υπολογίστηκαν από την επεξεργασία των καταγραφών της απόκρισης του στεγάστρου είχαν τιμές σαφώς χαμηλότερες από τις αντίστοιχες σχεδιασμού. Αυτό κρίθηκε αιτιολογημένο λόγω του σαφώς χαμηλότερου εύρους απόκρισης του στεγάστρου σε συνήθεις διεγέρσεις σε σχέση με τις διεγέρσεις σχεδιασμού.



Άποψη του στεγάστρου πάνω από το κτίριο της Λυρικής Σκηνής στο Κέντρο Πολιτισμού του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος.

Δυναμικά χαρακτηριστικά του στεγάστρου όπως προσδιορίστηκαν από τις αναλύσεις και την επεξεργασία των μετρήσεων.

Eigenfrequency	Direction	FE model	FFT	Artemis	Artemis
Number	Axis	Eig/cies Hz	Eig/cies Hz	Eig/cies Hz	Damping
1 st	Along Y'Y	1.192	1.128	1.126	0.3-0.8%
2 nd	Along X'X	1.269	1.160	1.167	0.6-1.1%
3 rd	Around Z'Z	1.739	1.623	1.631	0.3-1.1%
4 th	Along Z'Z	2.646	2.459	2.592	4.6%
5 th 6 th	Along Z'Z	3.597, 3.636	3.646	3.633 3.628	1.6 – 3.1%
7 th	Along Z'Z	4.926	4.821	5.911	1.0 - 1.7%
8 th	Along Z'Z	6.329	6.000	8.326	3.2%-4.1%

