

**ΓΕΦΥΡΑ ΑΚΑΣΗ-ΚΑΙΚΥΟ:
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ της ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ και της ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

Διπλωματική Εργασία

Καλλιρρόη ΜΑΡΚΟΥ

Επιβλέποντες

Χάρης Γαντές, Επίκουρος Καθηγητής

Γιώργος Γκαζέτας, Καθηγητής



**AKASHI-KAIKYO BRIDGE:
INVESTIGATION of SUBSTRUCTURE and SUPERSTRUCTURE**

Diploma Thesis by

Kallirroï MARKOU

Supervised by

Charis Gantes, Assistant Professor

George Gazetas, Professor

Οκτώβριος 2003

**ΓΕΦΥΡΑ ΑΚΑΣΗ-ΚΑΙΚΥΟ:
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ της ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ και της ΑΝΩΔΟΜΗΣ**

Διπλωματική Εργασία

Καλλιρρόη ΜΑΡΚΟΥ

Επιβλέποντες

Χάρης Γαντές, Επίκουρος Καθηγητής

Γιώργος Γκαζέτας, Καθηγητής

**AKASHI-KAIKYO BRIDGE:
INVESTIGATION of SUBSTRUCTURE and SUPERSTRUCTURE**

Diploma Thesis by

Kallirroï MARKOU

Supervised by

Charis Gantes, Assistant Professor

George Gazetas, Professor

Οκτώβριος 2003

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η διερεύνηση της θεμελίωσης και της ανωδομής της γέφυρας Akashi-Kaikyo στο Kobe της Ιαπωνίας, της κρεμαστής γέφυρας με το μεγαλύτερο κεντρικό άνοιγμα στον κόσμο, μήκους 1991 m. Το συνολικό μήκος της γέφυρας, με τα δύο ακραία ανοίγματα των 960 m το καθένα, είναι 3911 m. Η δικτυωτή δοκός με το κατάστρωμα αναρτάται μέσω κατακόρυφων αναρτήρων από τα δύο κύρια καλώδια, διαμέτρου 1.1 m το καθένα, τα οποία στηρίζονται στις κορυφές των δύο πυλώνων, ύψους 282.8 m, και αγκυρώνονται στα ογκώδη σώματα αγκύρωσης στα άκρα της γέφυρας. Το θεμέλιο του σώματος αγκύρωσης στην πλευρά του Kobe είναι το μεγαλύτερο θεμέλιο κρεμαστής γέφυρας, με βάθος 63.5 m και διάμετρο 85 m. Οι πυλώνες στηρίζονται στα δύο κυλινδρικά υποθαλάσσια βάθρα ύψους 70 m και 67 m, και διαμέτρων 80 m και 78 m αντιστοίχως.

Το πρωτοφανές μέγεθος του έργου σε συνδυασμό με τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, όπως οι ισχυροί άνεμοι, το βάθος της θάλασσας και τα θαλάσσια ρεύματα, η ισχυρή σεισμικότητα, και η μεγάλη κίνηση πλοίων στο στενό Akashi, διαμορφώνουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για τον σχεδιασμό και δημιουργούν δυσκολίες που αφορούν την κατασκευή της γέφυρας. Στο πλαίσιο μιας ευρύτερης διερεύνησης του σχεδιασμού και της κατασκευής του έργου παρουσιάζονται οι ειδικές αυτές απαιτήσεις, τα προβλήματα, καθώς και οι ιδιαίτερες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αντιμετώπισή τους. Επιπλέον πραγματοποιείται μία περιγραφή γενικά των καλωδιωτών γεφυρών, των ειδών και των βασικών χαρακτηριστικών τους.

Ακολούθως εφαρμόζεται η μέθοδος υπολογισμού των σύνθετων δυναμικών δυσκαμψιών και ιδιοπεριόδων των μεσοβάθρων, η οποία λαμβάνει υπόψη την αλληλεπίδραση εδάφους-θεμελίου για την αναλυτική πρόβλεψη της δυναμικής απόκρισης των βάθρων κατά τον σεισμό σχεδιασμού (μέγιστη επιτάχυνση και μέγιστες μετακινήσεις και στροφές). Για το ακρόβαθρο 1Α, με το κατασκευασμένο με την μέθοδο του διαφραγματικού τοίχου θεμέλιο, υπολογίζονται αναλυτικά οι συντελεστές ασφαλείας έναντι ολίσθησης, ανατροπής, θραύσης εδάφους, καθώς και οι μέγιστες τάσεις εδάφους. Επιπλέον χρησιμοποιούνται προσεγγιστικές μέθοδοι βάσει της κυματικής θεωρίας για την πρόβλεψη της δυναμικής απόκρισης του ακρόβαθρου κατά τον σεισμό σχεδιασμού.

Με την χρήση επίπεδου προσομοιώματος πεπερασμένων στοιχείων για την ανωδομή διερευνάται η συμπεριφορά της γέφυρας σε κατακόρυφες φορτίσεις μόνιμων και κινητών φορτίων με τη θεώρηση διαφορετικών συνθηκών στηρίξεως της δικτυωτής δοκού στους πυλώνες και τα σώματα αγκύρωσης. Τα αποτελέσματα στις τιμές των αναπτυσσόμενων εντατικών και παραμορφωσιακών μεγεθών δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες αποκλίσεις για τις διαφορετικές θεωρήσεις.

ABSTRACT

The object of this thesis is the investigation of the substructure and superstructure of the Akashi-Kaikyo Bridge, situated in Kobe, Japan, which is the world's longest suspension bridge, with the longest central span of 1991 m. The total length of the bridge, including the two side spans of 960 m each, is 3911 m. The main truss girder with the deck is suspended from the two main cables, each one having a diameter of 1.1 m, through vertical suspender ropes. The main cables are supported by the two towers, 282.8 m in height, and are anchored at the bodies of anchorage at both ends of the bridge. The foundation of the body of anchorage at Kobe side is the biggest foundation of a suspension bridge, having a depth of 63.5 m and a diameter of 85 m. The towers are supported by the two cylindrical underwater piers, 70 m and 67 m in height, and 80 m and 78 m in diameter respectively.

The unprecedented size of the bridge along with the particular design conditions to be taken into account, such as the strong wind forces, the depth of the sea and the tidal currents, the strong earthquake excitation, and the maritime traffic situation on the Akashi Straits, create specific design requirements and technical difficulties concerning the construction of the bridge. These standards and difficulties are presented as part of a detailed description and investigation of the design and construction of the Akashi. Moreover a general description of cable-stayed bridges, their types and their substantial features is conducted.

The dynamic response (peak acceleration, maximum displacements and rotations) of the main piers is calculated analytically applying the method of the dynamic impedances, which takes into account the soil-foundation interaction. The safety factors against slide, overturn, ground destruction, and the ultimate ground stresses are calculated analytically for the foundation 1A, which is constructed by the slurry trench wall method. Furthermore, approaching methods based on wave propagation theories are used in order to calculate the dynamic response of 1A foundation.

The behaviour of the bridge under perpendicular loads (dead and live loads) is investigated using a two dimensional finite element model for the superstructure. Different ways of supporting the main girder on the towers and bodies of anchorage are taken into account, nevertheless the results on stresses and deformations differ negligibly.