



Ορέστης Κ. Ιωάννου

Orestis K. Ioannou

Σχεδιασμός επικαλύψεων κτιρίων για μείωση των συνεπειών από εκρήξεις στον υποκείμενο φορέα

Design of cladding to mitigate blast effects on the supporting structure



Διδακτορική Διατριβή, 2022
 Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Ι. Γαντές

Doctoral Thesis, 2022
 Supervisor: Professor Charis J. Gantes

Περίληψη

Αντικείμενο της διδακτορικής διατριβής αποτελεί η διερεύνηση της δυνατότητας των στοιχείων επικάλυψης των κατασκευών να μειώνουν τις συνεπείες εκρήξεων στον υποκείμενο φορέα. Απτή η δυνατότητα της επικάλυψης μπορεί να πραγματοποιείται μέσω δύο ξεχωριστών μηχανισμών, οι οποίοι, εφόσον αξιοποιηθούν κατάλληλα, μπορούν να οδηγήσουν σε κοινό αποτέλεσμα. Πρόκειται για τον μηχανισμό αδραναϊκής αντίστασης και τον μηχανισμό πλαστικής απορρόφησης ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, η χρονοϊστορία της ασκούμενης πίεσης επί της επικάλυψης μετατρέπεται από υψηλής τιμής και σύντομης διάρκειας σε μια χαμηλότερης τιμής και μεγαλύτερης διάρκειας χρονοϊστορία των αντιδράσεων στήριξης της επικάλυψης, οι οποίες αποτελούν φορτία επί του υποκείμενου φορέα. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται η απαίτηση στον υποκείμενο φορέα και, άρα, μειώνονται οι παραμορφώσεις του, και αυξάνονται οι πιθανότητες διατήρησης της ακεραιότητάς του, διασφάλισης της προστασίας της ανθρώπινης ζωής, και περιορισμού των βλαβών.

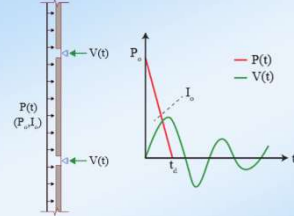
Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιείται συνδυασμός αριθμητικής, αναλυτικής και πειραματικής διερεύνησης αυτών των δυνατοτήτων των στοιχείων επικάλυψης. Η διερεύνηση γίνεται σε τέσσερις διακριτούς άξονες. Στον πρώτο άξονα αναζητείται θεωρητικά ο τρόπος επιρροής της επικάλυψης μέσω των δύο μηχανισμών και των ζωνών ενεργοποίησής τους, καθώς και της συμβολής της μάζας, της δυσκαμψίας, της αντίστασης και της αλκμότητας. Στη συνέχεια αναζητείται θεωρητικά ο τρόπος επιρροής της μεμβρανικής λειτουργίας της επικάλυψης στη συμπεριφορά του υποκείμενου φορέα. Στον τρίτο άξονα επιβεβαιώνονται τα θεωρητικά συμπεράσματα μέσω πειραματικής διερεύνησης σε δύο τύπους επικάλυψης από δομικό χάλυβα και πιστοποιούνται τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιωμάτων. Τελικά, προτείνεται μεθοδολογία μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί η δυνατότητα μιας επικάλυψης να οδηγήσει σε μείωση των συνεπειών εκρήξης στον υποκείμενο φορέα.

Abstract

The main aim of the doctoral thesis is to gain insight into the role of building cladding to mitigate blast effects on the supporting structure. This can be achieved by utilizing two different mechanisms, i.e., the mechanism of inertial resistance and the mechanism of plastic energy absorption, which, if properly exploited, may lead to the same result. More specifically, the initial blast load profile on the cladding is converted from a high-amplitude and short-duration time history into a lower-amplitude and longer-duration time history of the dynamic reactions of the cladding that are transferred to the supporting structure. In this way, the load demand on the supporting structure is decreased, thus reducing its deflections, increasing the chances of maintaining its integrity, achieving life safety, and limiting damages. The mechanism of inertial resistance is activated through increased mass and decreased stiffness in the cladding, while the mechanism of plastic energy absorption is activated through plastic strains in the cladding.

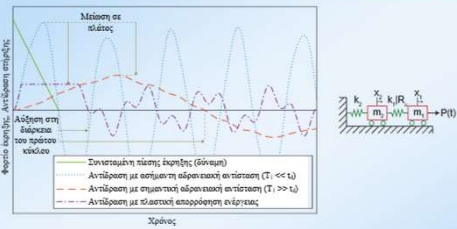
In this context, a combined numerical, analytical and experimental investigation of the capacity of cladding to mitigate blast effects has been performed. The investigation has been conducted along four distinct lines of action. In the first one, the influence of cladding mass, stiffness, ultimate resistance and ductility on the supporting structure is theoretically explored. In the second, the influence of cladding membrane action on the supporting structure is researched. Next, the results of the theoretical investigation are verified with the experimental investigation of two steel cladding types and the respective numerical models are validated. Finally, a methodology is proposed for the calculation of the potential of any cladding to mitigate blast effects on the supporting structure, when subjected to a variety of blast loadings. Hence, the originality of the doctoral thesis and its contribution to the advancement of engineering practice is multilevel. Novel scientific conclusions have been extracted and guidelines for structural engineers have been formulated regarding the properties that cladding should have in order to offer increased mitigation potential capabilities.

1



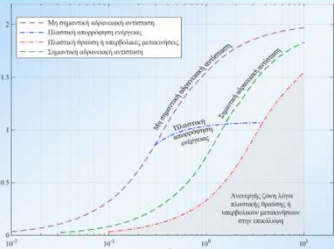
Εκρήξη σε επικάλυψη και μεταφορά των αντιδράσεων στήριξης στον υποκείμενο φορέα.
 Blast loading on cladding and transfer of the support reactions on the supporting structure.

2



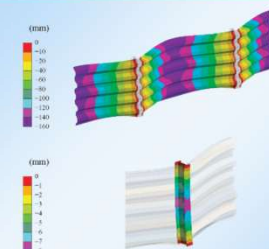
Εκτίμηση της επιρροής της μάζας-δυσκαμψίας (αδραναϊκή αντίσταση) και αντοχής-αλκμότητας (πλαστική απορρόφησης ενέργειας) της επικάλυψης με τη χρήση συστήματος δύο βαθμών ελευθερίας.
 Evaluation of the influence of cladding mass-stiffness (inertial resistance) and ultimate resistance-ductility (plastic energy absorption) through a two-degree-of-freedom system

3



Ζώνες ενεργοποίησης των μηχανισμών αδραναϊκής αντίστασης και πλαστικής απορρόφησης ενέργειας
 Activation zones of the inertial resistance and plastic energy absorption mechanisms

4



Εξέταση επιρροής της μεμβρανικής δράσης της επικάλυψης στον υποκείμενο φορέα
 Influence of cladding membrane action on the supporting structure

5

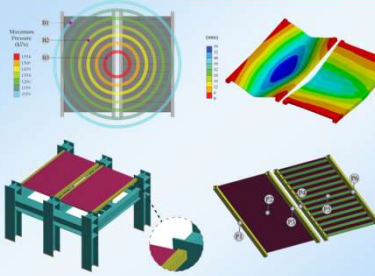


Πειραματική διερεύνηση συστημάτων επικάλυψης-μικίδων υποκειμένων σε εκρήξη
 Experimental investigation of cladding-girt systems subjected to blast loading

Χαρακτηριστικές δημοσιεύσεις Key publications

Ioannou, O., Hadjiioannou, M. and Gantes, C.J. (2022) "A 2DOF method to study the influence of cladding characteristics on the response of the supporting structure under blast loading", Journal of Structural Engineering, 148(12).
 Ioannou, O. and Gantes, C.J. (2021) "Membrane action of cladding subjected to blast loading and effects on the supporting structure", Vibration, 4(4), 768-786.
 Ioannou, O., Hadjiioannou, M., Gantes, C.J., and Lignos, X.A. "Experimental and numerical investigation of cladding-girt systems subjected to blast loading", submitted for review.
 Ioannou, O., Hadjiioannou, M. and Gantes, C.J. (2022) "Evaluation of the potential of cladding to mitigate blast effects on the supporting structure", Practice Periodical on Structural Design and Construction, 27(3).

6



Αριθμητική διερεύνηση του πειράματος
 Numerical investigation of the experiment

7

Μεθοδολογία για την εκτίμηση της δυνατότητας μιας επικάλυψης για μείωση των συνεπειών στον υποκείμενο φορέα.
 Evaluation of the potential of cladding to mitigate blast effects on the supporting structure.

