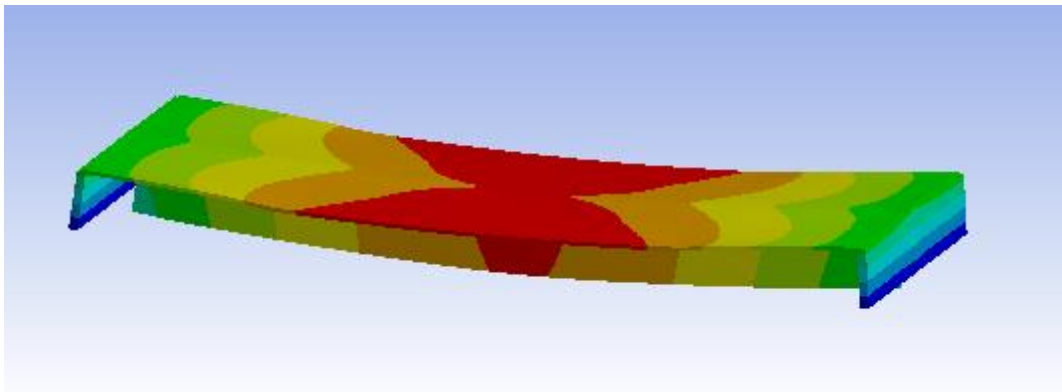




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών

ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΠΕΤΑΣΜΑΤΩΝ ΥΠΟ ΦΟΡΤΙΑ ΕΚΡΗΞΕΩΝ



Διπλωματική Εργασία
Άννα Μαντζουράνη

ΕΜΚ ΔΕ 2020 7

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Συνεπιβλέπων: Ορέστης Ιωάννου

Αθήνα, Μάρτιος 2020

Copyright © Άννα Μαντζουράνη, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών, διανομή, αναπαραγωγή, μετάφραση ή μετάδοση της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό, υπό οποιαδήποτε μορφή και με οποιοδήποτε μέσο επικοινωνίας, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, χωρίς την προηγούμενη έγγραφη άδεια της συγγραφέως. Επιτρέπεται η αναπαραγωγή, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς την συγγραφέα.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από τη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202).

Copyright © Anna Mantzourani, 2020
All Rights Reserved

Neither the whole nor any part of this diploma thesis may be copied, stored in a retrieval system, distributed, reproduced, translated, or transmitted for commercial purposes, in any form or by any means now or hereafter known, electronic or mechanical, without the written permission from the author. Reproducing, storing and distributing this thesis for non-profitable, educational or research purposes is allowed, without prejudice to reference to its source and to inclusion of the present text. Any queries in relation to the use of the present thesis for commercial purposes must be addressed to its author.

Approval of this diploma thesis by the School of Civil Engineering of the National Technical University of Athens (NTUA) does not constitute in any way an acceptance of the views of the author contained herein by the said academic organisation (L. 5343/1932, art. 202).

Άννα Μαντζουράνη (2020)

Παραμετρική διερεύνηση της απόκρισης χαλύβδινων πετασμάτων υπό φορτία εκρήξεων
Διπλωματική Έργασία ΕΜΚ ΔΕ 2020 7
Εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Anna Mantzourani 2020

Diploma Thesis ΕΜΚ ΔΕ 2020 7

Parametric investigation of the response of steel panels under blast loading
Institute of Steel Structures, National Technical University of Athens, Greece

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Κ. Χάρη Γαντέ για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο, καθώς και για την πλήρη καθοδήγηση του καθ'όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Η συμβολή του στο πόνημα αυτό ήταν καθοριστική και η βοήθεια του ανεκτίμητη στην επίλυση των προβλημάτων που εμφανίζονταν. Με εύστοχες παρατηρήσεις πάντα με οδηγούσε στη σωστή πορεία εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Ορέστη Ιωάννου που με βοήθησε σε όλα τα στάδια της εργασίας, παρέχοντας μου χρήσιμες πληροφορίες και δεδομένα, καθώς και συμβουλές σχετικά με τη χρήση του λογισμικού που χρησιμοποίησα. Σε όποιο πρόβλημα ή απορία ανέκυπτε, με καθοδηγούσε στην κατανόηση και την επίλυση του.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΜΚ ΔΕ 2020 7

Παραμετρική διερεύνηση της απόκρισης χαλύβδινων πετασμάτων υπό φορτία εκρήξεων

Άννα Μαντζουράνη

Επιβλέπων: Καθηγητής Χάρης Γαντές
Συνεπιβλέπων: Ορέστης Ιωάννου

Μάρτιος 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη σύγχρονη εποχή δεν είναι λίγες οι φορές που συναντάμε την έννοια της έκρηξης. Τα παλαιότερα χρόνια συναντούσαμε τις εκρήξεις μόνο ως σπάνια φυσικά φαινόμενα, όμως η ανθρώπινη παρέμβαση και η διαρκής τρομοκρατική απειλή έχουν αυξήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό τη συχνότητα τους. Με αφετηρία τις τρομοκρατικές επιθέσεις στις Η.Π.Α. στο Παγκόσμιο Κέντρο Εμπορίου (World Trade Center) το 2001, οι εκρήξεις θεωρούνται ένας από τους σημαντικότερους κινδύνους της σύγχρονης εποχής με εξαιρετικά δυσμενείς συνέπειες για την κοινωνία.

Σε επίπεδο κατασκευής, τα εκρηκτικά φαινόμενα συγκαταλέγονται στις τυχηματικές δράσεις, όπως ο σεισμός, που ενδέχεται να εκδηλωθούν κατά τη διάρκεια ζωής του έργου και μπορεί να προκαλέσουν μερική ή πλήρη προοδευτική κατάρρευση του. Σε μία έκρηξη τρομοκρατικού χαρακτήρα που συμβαίνει κυρίως εξωτερικά ενός κτιρίου, αναπτύσσεται υπερηχητικό κύμα που διαδίδεται μέσω του αέρα και ασκεί ακαριαία πίεση, όμοια με αυτή του ανέμου αλλά πολλαπλάσιας έντασης, ενώ δευτερευόντως αναπτύσσεται κύμα το οποίο διαδίδεται μέσω του εδάφους, δημιουργείται τοπικά κρατήρας, αυξάνεται η θερμοκρασία και ενδεχομένως να εκδηλώνεται περιορισμένου εύρους φωτιά. Το γεγονός ότι το φορτίο ασκείται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα το καθιστά δυναμικό και η μελέτη του φαινομένου είναι αρκετά πολύπλοκη. Ωστόσο, παρ' όλο που η θωράκιση των κατασκευών υπό φορτία εκρήξεων κρίνεται απαραίτητη, ο σχεδιασμός των κατασκευών εξακολουθεί να εκτελείται μόνο υπό συμβατικά φορτία.

Ειδικότερα, δεχόμενη το φορτίο μιάς έκρηξης, η επικάλυψη μιας κατασκευής κατέχει βαρύνοντα ρόλο ασφάλειας, καθώς σε περίπτωση που αστοχήσει θα αναπτυχθεί εσωτερικά της κατασκευής υψηλή πίεση και θα μεταφερθούν θρύμματα. Συνεπώς, απαιτείται η διερεύνηση της συμπεριφοράς της επικάλυψης, η οποία αποτελείται από πολύ μεγάλη ποικιλία υλικών (πανέλα από χάλυβα, αλουμίνιο, σκυρόδεμα, ξύλο, μέχρι υαλοπίνακες, πολυκαρβονικά και κεραμίδια) καθώς και τρόπου κατασκευής.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία προσομοιώνονται, αναλύονται, αξιολογούνται και συγκρίνονται πετάσματα επικάλυψης μορφής επιπέδου μεταλλικού ελάσματος χωρίς / με νευρώσεις έναντι έκρηξης. Η μελέτη πραγματοποιείται μέσω εξειδικευμένου λογισμικού με δυναμικές αναλύσεις με

ενσωματωμένες μη γραμμικότητες γεωμετρίας και υλικού, καθώς και εξειδικευμένους νόμους υλικού, οι οποίοι να μπορούν να λάβουν υπόψη τον ρυθμό παραμόρφωσης, ο οποίος αλλάζει σημαντικά την απόκριση των υλικών σε περίπτωση έκρηξης. Διατηρώντας σταθερή τη χρονοϊστορία φόρτισης και τις συνοριακές συνθήκες των μοντέλων γίνεται παραμετρική ανάλυση κατά την οποία διαφοροποιείται μόνο ένας παράγοντας όπως το μήκος, η απόσταση μεταξύ των νευρώσεων, το πάχος των ελασμάτων, το πάχος των νευρώσεων καθώς και η ποιότητα του χάλυβα, ενώ οι υπόλοιποι παραμένουν σταθεροί, προκειμένου να διαπιστωθεί η επίπτωση στην απόκριση.



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF STEEL STRUCTURES

DIPLOMA THESIS
EMK ΔΕ 2020 7

Parametric investigation of the response of steel panels under blast loading

Anna Mantzourani

Supervisor: Professor Charis Gantes
Co-supervisor: Orestis Ioannou

March 2020

ABSTRACT

Nowadays, the concept of an explosion is not rare to come across. In older times, an explosion was supposed to be only an infrequent physical event, such as an explosion of a volcano. However, the human interference and the continuous terrorist threat have raised their frequency to a large scale. Starting with the terrorist attacks at the World Trade Center in 2001, New York USA, explosions are considered one of the most important risks of our era, with extremely adverse effects for the society.

For structures, explosive events are considered as random phenomena, like earthquakes, that may occur during the life span of the structure and are likely to cause its partial or complete progressive collapse. When a terrorist explosion takes place, mainly outside of a building, a supersonic blast wave is developed and transferred through the air, which applies pressure similar to the wind's but of much larger intensity. Secondly, a wave that transfers through the ground is developed, creating a crater, rising the temperature and possibly causing limited fire. The fact that the load is implemented for a very short amount of time makes the phenomenon dynamic and complicated to study. Nevertheless, although the design of structures to resist blast loading seems to be indispensable, this is only carried out in rare cases of very important structures.

Specifically, when loaded by blast, the cladding of a structure plays an important safety role. In case of its failure, high pressure will develop inside the construction and splinters will be transferred. As a result, an investigation of the response of the cladding is required. Cladding is characterized by a wide variety of materials (steel panels, aluminum, concrete, wood, panes, polycarbonates and even tiles) and construction methods.

In the present diploma thesis steel panel without / with stiffeners under explosion are simulated, analyzed, evaluated and compared. For that purpose, a specialized software is employed and dynamic analyses including geometrical and material non-linearity are carried out, adopting special material laws that can take into consideration the high strain rate effect, which changes significantly the strength of materials in case of an explosion. Maintaining the blast load and the boundary conditions of the models constant, a parametric investigation is performed, in which only one parameter changes

like the length of the plate, the distance between the stiffeners, the thickness of the plate, the thickness of the stiffeners and the quality of steel, while the other parameters remain constant, in order to draw conclusions about their influence on the panel response.