

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΩΝ

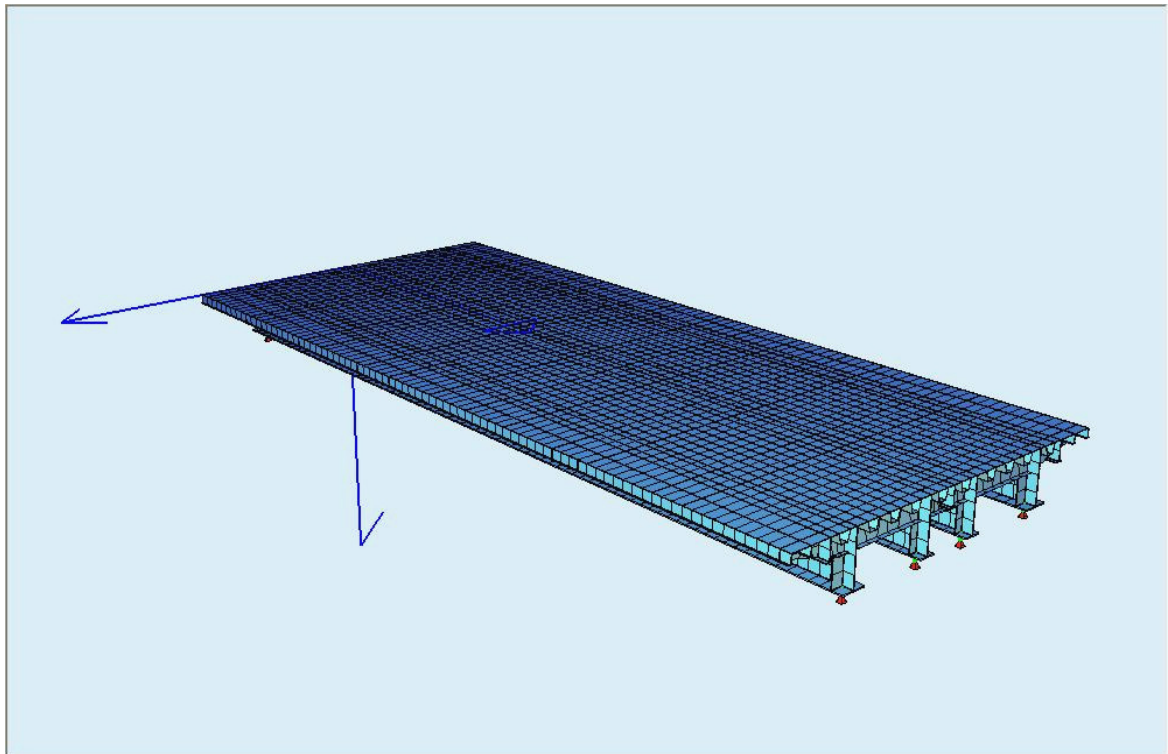
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ζαχαράκη Βασιλική

ΘΕΜΑ:

«ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΧΑΛΥΒΔΙΝΗΣ ΓΕΦΥΡΑΣ»



Επιβλέπων: Δρ Ραυτογιάννης Ιωάννης
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα 2010

*Όλη μας η ζωή είναι ένα παιχνίδι, μια φάρσα.
Ευτυχισμένος είναι εκείνος που γελάει σαν μικρό παιδί και βλέπει πως τα
μικρά πράγματα έχουν αξία.*

*Σε όλα αυτά που θα έρθουν καλά κι άσχημα να στέκεσαι μπρος τους με
ψηλά το κεφάλι και ποτέ να μην ξεχνάς πως είναι στο χέρι σου να
καταφέρεις ό,τι βάλει ο νου σου.
Μη ξεχνάς ποτέ ποιος είσαι, από πού έρχεσαι και που πας!*

*Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον κ.Ραυτογιάννη για τη βοήθεια που μου
πρόσφερε.*

*Ευχαριστώ τους γονείς μου για τους κόπους τους, τις αγωνίες τους, και την
υποστήριξη τους!*

*Τους ανθρώπους εκείνους που με στηρίζουν και μου δείχνουν το δρόμο να
γίνω καλύτερη!*

Χωρίς αυτούς δεν θα κατάφερα να φτάσω ως το τέλος!

*Στους γονείς μου!
Στα αδέρφια μου!
Στο Γιώργο!
Στους φίλους μου!*

Ζαχαράκη Χ. Βασιλική

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο το σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση καλύβδινης γέφυρας με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη.

Στο πρώτο μέρος αναφέρονται βασικά θεωρητικά στοιχεία και ορισμοί για τις οδικές γέφυρες καθώς επίσης και για τη μέθοδο που εφαρμόστηκε.

Στο δεύτερο μέρος περιλαμβάνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γέφυρας, οι δράσεις που επιβάλλονται στο φορέα και οι συνδυασμοί αυτών.

Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει την ανάλυση, τα αποτελέσματα του φορέα καθώς και την επεξεργασία τους. Η στατική και δυναμική ανάλυση του φορέα έγινε με τη βοήθεια της σειράς προγραμμάτων SOFISTIK το οποίο είναι ένα δυναμικό κι αξιόπιστο πακέτο ανάλυσης και διαστασιολόγησης, γερμανικής καταγωγής το οποίο στηρίζεται στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	5
1.1 Γενικά	5
1.2 Όροι και ορισμοί ειδικά για οδογέφυρες	5
1.3 Κριτήρια συμπεριφοράς για οδικές γέφυρες	7
1.4 Προσβασιμότητα σε λεπτομέρειες σύνδεσης και επιφάνειες	8
1.5 Αποστράγγιση	8
1.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα σύμμικτων γεφυρών	9
Κεφάλαιο 2 – Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων	10
2.1 Γενικά	10
2.2 Πεπερασμένα στοιχεία κελυφών	14
2.2.1 Εισαγωγή	14
2.2.2 Γεωμετρία στοιχείου κελύφους	15
2.2.3 Επίπεδα ορθογωνικά και τριγωνικά στοιχεία κελύφους	18
2.2.4 Φορτία στοιχείου και συνδυασμοί φορτίσεων	20
2.3 Αξιοπιστία της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων	23
2.4 Η μέθοδος του χωρικού πλαισίου	25
Κεφάλαιο 3 - Τεχνικά χαρακτηριστικά του φορέα	27
3.1 Υλικά – Βασικές αρχές σχεδιασμού – Παραδοχές	27
3.2 Περιγραφή μοντέλου	28
Κεφαλαίο 4 – Δράσεις – Συνδυασμοί δράσεων	29
4.1 Δράσεις οδικής κυκλοφορίας	29
4.1.1 Κατακόρυφες δράσεις	29
4.1.2 Οριζόντιες δράσεις	31
Δυνάμεις πέδησης και επιτάχυνσης	31
Φυγόκεντρες και άλλες εγκάρσιες δυνάμεις	32
4.2 Άνεμος	33
4.3 Θερμοκρασιακές μεταβολές	35
4.4 Σεισμός	38
4.5 Συνδυασμοί δράσεων	39
Κεφάλαιο 5 – Ανάλυση φορέα και αποτελέσματα ανάλυσης	40
5.1 Αρχείο υλικών και γεωμετρίας μοντέλου	43
5.2 Φορτία	45
5.2.1 Ιδίο βάρος και λοιπά μόνιμα	45
5.2.2 Φορτία κυκλοφορίας	51
5.2.3 Τροχοπέδηση και εκκίνηση	78
5.2.4 Οχήματα μοντέλου κόπωσης	82
5.2.5 Ανεμοπίεση – Εγκάρσια δράση	86
5.2.6 Θερμοκρασιακή μεταβολή – ομοιόμορφη	90

5.2.7	Θερμοκρασιακή διαφορά – γραμμική	92
5.2.8	Σεισμικά φορτία	100
5.3	Συνδυασμοί φορτίσεων	114
	Συνδυασμός για ΟΚΑ	114
	Συνδυασμός για ΟΚΛ	115
	Σεισμικός συνδυασμός	116
	Μετακινήσεις εφεδράνων	117
	Συνδυασμός κόπωσης	118

Κεφάλαιο 6 – Πλεονεκτήματα-Μεινεκτήματα-----119

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-----120

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Γέφυρα είναι το τεχνικό έργο που αποκαθιστά τη συνέχεια μιας συγκοινωνιακής αρτηρίας ή ενός αγωγού που διακόπτεται από φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο.

Προκειμένου να γίνει η οριστική επιλογή τόσο του υλικού όσο και του είδους του φορέα της γέφυρας, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη μια σειρά παραγόντων. Οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής και τι πρόκειται να γεφυρώσει (τοπογραφία, γεωλογικά χαρακτηριστικά, έδαφος θεμελίωσης, υδρολογικά στοιχεία, σεισμολογικά χαρακτηριστικά, καιρικές συνθήκες, περιβαλλοντικές ιδιαιτερότητες κ.τ.λ.)
- Ο προορισμός της γέφυρας (οδική, σιδηροδρομική, πεζογέφυρα, μικτή κ.τ.λ.)
- Ο σκοπός του έργου (είδος και πυκνότητα κυκλοφορίας, μελλοντική πρόβλεψη, ταχύτητα ανέγερσης, διάρκεια ζωής, αισθητικές απαιτήσεις κ.τ.λ.)
- Τοπικές συνθήκες (δυνατότητα πρόσβασης, προβλήματα κατασκευής, χρόνος αποπεράτωσης κ.τ.λ.)
- Η στατική μορφή των κύριων δικών (αμφιέρειστες, συνεχείς με ή χωρίς αρθρώσεις, ολόσωμες πρότυπες, σύνθετες ή κιβωτοειδείς, ισοστατικές ή υπερστατικές κ.τ.λ.)
- Η θέση του καταστρώματος και ο αριθμός τους
- Λοξότητα
- Γεωμετρική χάραξη άξονα (ευθύγραμμες ή καμπύλες, οριζόντιες ή κεκλιμένες)

Μετά την μελέτη όλων των παραπάνω παραγόντων, προσδιορίζεται η προσφορότερη λαμβάνοντας υπόψη πάντα και τα τεχνοοικονομικά αποτελέσματα.

1.2 Όροι και ορισμοί ειδικά για οδογέφυρες

Κατάστρωμα

Τμήματα μιας γέφυρας τα οποία φέρουν τη φόρτιση της κυκλοφορίας πάνω από τα μεσόβαθρα, τα ακρόβαθρα και άλλους τοίχους. Διακρίνεται στο επίστρωμα και στις δοκούς καταστρώματος. Το επίστρωμα στις οδοφόρες αποτελείται από το αδόστρωμα και τη φέρουσα πλάκα. Στο κατάστρωμα ανήκουν και τα πεζοδρόμια της γέφυρας.

Κύριες δοκοί ή κύριοι φορείς

Είναι το τμήμα της γέφυρας που παραλαμβάνει όλα τα φορτία της γέφυρας (μόνιμα και κινητά) και τα μεταφέρει μέσω των εφεδράνων στα βάθρα και τα ακρόβαθρα,

Κιγκλίδωμα οχημάτων

Στηθαίο ασφαλείας το οποίο είναι εγκατεστημένο στην άκρη, ή κοντά στην άκρη, μιας γέφυρας ή σε έναν τοίχο αντιστήριξης στα σημεία που παρουσιάζουν κίνδυνο κάθετης πτώσης για τα οχήματα και μπορεί να συμπεριλαμβάνει και συμπληρωματική προστασία για τη συγκράτηση πεζών και άλλων χρηστών του δρόμου.

Κιγκλίδωμα για πεζούς

Σύστημα συγκράτησης πεζών ή "άλλων χρηστών" κατά μήκος μιας γέφυρας ή πάνω σε έναν τοίχο αντιστήριξης ή συναφές δόμημα, το οποίο δεν προορίζεται για χρήση ως σύστημα συγκράτησης οχημάτων.

Οδόστρωμα

Αποτελεί το τμήμα της επιφάνειας της οδού, το οποίο φέρεται από ένα μόνο φορέα (κατάστρωμα, βάθρο, κλπ.) το οποίο περιλαμβάνει όλες τις φυσικές λωρίδες κυκλοφορίας (δηλ. όπως αυτές μπορεί να σημαίνονται πάνω στην επιφάνεια της οδού), τις λωρίδες εκτάκτου ανάγκης, τα ερείσματα και τις λωρίδες διαγράμμισης.

Σύνδεσμοι

Είναι επίπεδοι φορείς με προορισμό αφενός μεν να παραλάβουν τα οριζόντια φορτία που επενεργούν στη γέφυρα, κι αφετέρου, σε συνεργασία με τα υπόλοιπα στοιχεία της γέφυρας, να συνθέσουν έναν ενιαίο και ευσταθή φορέα στο χώρο. Διακρίνονται στους κύριους συνδέσμους (αντιανέμιος και εγκάρσιος) και στους δευτερεύοντες (μηκίδων και τροχοπέδησης).

Εφέδρανα

Τα εφέδρανα έχουν προορισμό να μεταφέρουν με ασφάλεια στα βάθρα, όλες τις δυνάμεις που επενεργούν στη γέφυρα. Διακρίνονται σε σταθερά και κινητά και τοποθετούνται στα σημεία στήριξης όλων των δοκών επί των βάθρων.

Βάθρα

Αποτελούν τα σημεία στήριξης της γέφυρας. Διακρίνονται σε μεσόβαθρα και ακρόβαθρα και παραλαμβάνουν μέσω των εφεδράνων, όλες τις δυνάμεις που επενεργούν στη γέφυρα, τις οποίες και μεταφέρουν στη θεμελίωση.

Σύμμικτες γέφυρες

Σύμμικτες είναι οι γέφυρες στις οποίες χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον διαφορετικά υλικά (εν προκειμένω οπλισμένο σκυρόδεμα και χάλυβας) συνδέονται μεταξύ τους με ειδικούς συνδέσμους, με τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η συνεργασία τους (ενιαία παραμόρφωση) κατά την φόρτιση τους.

Οι σύνδεσμοι που συνδέουν τα δυο αυτά υλικά λέγονται *διατμητικοί σύνδεσμοι*, επειδή καταπονούνται κυρίως από διατμητικές τάσεις, η δε επιφάνεια επαφής των δυο υλικών ονομάζεται *διεπιφάνεια*. Στις σύμμικτες γέφυρες δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται σκυρόδεμα κατηγορίας μικρότερης από C30/37 και μεγαλύτερης από C50/60.

1.3 Κριτήρια συμπεριφοράς για οδικές γέφυρες

1. Υπερβολικά βέλη πρέπει να αποφεύγονται, όπου είναι δυνατόν να:
 - θέσουν σε κίνδυνο την κυκλοφορία λόγω εγκάρσιας κλίσης όταν η επιφάνεια είναι παγωμένη
 - επηρεάσουν τα δυναμικά φορτία επί της γέφυρας με κρούση των τροχών
 - επηρεάσουν τη δυναμική συμπεριφορά προκαλώντας αίσθημα ανασφάλειας στους χρήστες
 - οδηγήσουν σε ρηγμάτωση της ασφαλτόστρωσης
 - επηρεάσουν δυσμενώς την αποστράγγιση νερού από το κατάστρωμα
2. Τα βέλη πρέπει να υπολογίζονται με το συχνό συνδυασμό φορτίων
3. Οι φυσικές συχνότητες ταλάντωσης και τα βέλη της γέφυρας πρέπει να περιορίζονται ώστε να μην προκαλείται το αίσθημα ανασφάλειας στους χρήστες
4. Όρια μετατοπίσεων για αποφυγή υπερβολικών κρουστικών φορτίων από την κυκλοφορία.
 - 4.1 Ο φορέας του καταστρώματος πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι οι μετατοπίσεις του είναι ομοιόμορφες κατά μήκος και η διατομή δεν μεταβάλλεται απότομα ώστε να είναι αιτία πρόκλησης κρούσης. Απότομες μεταβολές κλίσης του καταστρώματος και αλλαγές στάθμης σε αρμούς διαστολής πρέπει να αποφεύγονται. Οι διαδοκίδες στα άκρα της γέφυρας θα σχεδιάζονται ώστε οι μετατοπίσεις να μην υπερβαίνουν
 - το όριο που προδιαγράφεται για σωστή λειτουργία του αρμού διαστολής
 - 5 mm υπό τα συχνά φορτία εκτός αν προδιαγράφεται άλλο όριο για τον συγκεκριμένο τύπο αρμού διαστολής.

- 4.2 Όταν ο φορέας του καταστώματος στηρίζεται ανομοιόμορφα (πχ. με πρόσθετους συνδέσμους σε ενδιάμεσα βάρη) η περιοχή του καταστώματος κοντά στις πρόσθετες αυτές στηρίξεις θα σχεδιάζεται με αυξημένους συντελεστές κρούσης που δίνονται στο EN 1991-2 για τις περιοχές κοντά στους αρμούς διαστολής.

1.4 Προσβασιμότητα σε λεπτομέρειες σύνδεσης και επιφάνειες

Όλος ο χαλύβδινος σκελετός πρέπει να σχεδιάζεται και να εκτελείται ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος διάβρωσης και να επιτρέπει την επιθεώρηση και συντήρηση (ISO 12944-3).

Όλα τα τμήματα πρέπει να κανονικά να σχεδιάζονται με εύκολη πρόσβαση για επιθεώρηση, καθαρισμό και βαφή. Όπου η πρόσβαση είναι αδύνατη, όλα τα τμήματα πρέπει είτε να είναι επαρκώς προστατευμένα έναντι διάβρωσης (πχ. το εσωτερικό κιβωτίων ή κοίλων τμημάτων) είτε να είναι κατασκευασμένα από χάλυβα με βελτιωμένες ιδιότητες έναντι ατμοσφαιρικής διάβρωσης. Όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες ή οι διατάξεις πρόσβασης είναι τέτοιες που να επιτρέπουν τη διάβρωση στη διάρκεια ζωής της γέφυρας, θα γίνεται κατάλληλη πρόβλεψη στις διαστάσεις των μελών.

1.5 Αποστράγγιση

Όλα τα καταστώματα πρέπει να είναι αδιαπέραστα από νερό και οι επιφάνειες κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών να σφραγίζονται ώστε να προλαμβάνεται η διείσδυση νερού.

Η διάταξη της αποστράγγισης πρέπει να λαμβάνει υπόψη την κλίση του καταστώματος της γέφυρας καθώς επίσης και τη θέση, διάμετρο και την κλίση των σωληνώσεων.

Οι σωλήνες ελεύθερης πτώσης πρέπει να οδηγούν το νερό σε σημεία μακριά από το υπόβαθρο της κατασκευής ώστε να μην εισέρχεται νερό σε αυτή.

Οι σωλήνες αποστράγγισης πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να μπορούν εύκολα να καθαρίζονται. Οι αποστάσεις μεταξύ των κέντρων ανοιγμάτων καθαρισμού πρέπει να φαίνονται στα σχέδια.

Όπου χρησιμοποιούνται σωλήνες αποστράγγισης εντός κιβοτοειδών δοκών γεφυρών, πρέπει να γίνονται προβλέψεις που να αποκλείουν λίμνασμα νερού λόγω διαρροών ή από σπάσιμο σωλήνων. Σε οδογέφυρες οι σωλήνες θα πρέπει να τοποθετούνται στις άκρες των αρμών διαστολής όπου είναι κρίνεται κατάλληλο.

Θα πρέπει να γίνεται πρόβλεψη αποστράγγισης για όλες τις κλειστές διατομές, εκτός είναι πλήρως σφραγισμένες με συγκόλληση.

Η προστασία έναντι διάβρωσης του καλύβδινου πέλματος πρέπει να εκτείνεται και μέσα στην διεπιφάνεια χάλυβα-σκυροδέματος κατά 50 mm τουλάχιστον.

1.6 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα σύμμικτων γεφυρών

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των σύμμικτων γεφυρών απορρέουν από τις ιδιότητες του χάλυβα που είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλή αντοχή (λεπτές διατομές, μικρό βάρος, οικονομία υλικού και χώρου)
- Ολκιμότητα (εκτεταμένη παραμόρφωση χωρίς αστοχία)
- Ομοιομορφία υλικού
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Ταχύτητα ανέγερσης
- Ευκολία προκατασκευής
- Δυνατότητα ζεύξης μεγάλων ανοιγμάτων
- Άριστα αποτελέσματα

Ως κυριότερο μειονέκτημα αναφέρεται η σκωρίαση, η οποία συνεπάγεται αύξηση του κόστους συντήρησης της γέφυρας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

2.1 Γενικά

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων άρχισε να αναπτύσσεται από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα και είναι μια μέθοδος μαθηματικής μοντελοποίησης φαινομένων στη φύση και κυρίως κατασκευών με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας στους υπολογισμούς.

Κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι η διαίρεση μιας κατασκευής σε μικρότερα πεπερασμένα στοιχεία το καθένα από τα οποία έχει καθορισμένα χαρακτηριστικά και συνοριακές συνθήκες. Αυτό σημαίνει πως η διαίρεση του συνολικού συστήματος σε πολλά πεπερασμένα στοιχεία έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται η επίλυση ενός πολύ μεγάλου αριθμού εξισώσεων. αυτό είχε ως αποτέλεσμα μέχρι πρόσφατα, η εφαρμογή της μεθόδου να είναι σχετικά περιορισμένη. Όμως η αλματώδης ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και η διάδοση τους στο ευρύ κοινό, έκανε εφικτή την επίλυση των φορέων με πεπερασμένα στοιχεία από ένα μεγάλο ποσοστό μηχανικών και είχε σαν συνέπεια την σημερινή εκτεταμένη εφαρμογή της μεθόδου.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων βασίζεται στη διατύπωση των μεθόδων Rayleigh-Ritz και σταθμικών υπολοίπων, αλλά δύναται να προσομοιώσει με μεγαλύτερη ευχέρεια κατασκευές με πολύπλοκη γεωμετρία σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες μεθόδους. Τα πεπερασμένα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο φορέας εφάπτονται μεταξύ τους, χωρίς να επιτρέπεται ανάμεσα η ύπαρξη κενών, συνθέτοντας έτσι ένα συνεχές πλέγμα. Τα στοιχεία αλληλοσυνδέονται μέσω κομβικών σημείων που βρίσκονται στα σύνορα τους. Οι βασικές παράμετροι που ζητούνται είναι οι μετακινήσεις των κόμβων, οι οποίες προσδιορίζονται από συναρτήσεις που χαρακτηρίζουν το είδος του πεπερασμένου στοιχείου. Η επιλογή του κατάλληλου σχήματος για το πεπερασμένο στοιχείο και των συναρτήσεων που θα δίνουν τις μετακινήσεις, επηρεάζουν σημαντικά την της προσομοίωσης.

Στη συνέχεια, για τη διατύπωση της εξίσωσης ισορροπίας του φορέα χρησιμοποιείται η αρχή των δυνατών έργων, που εκφράζεται από τη σχέση:

$$W_{\text{int}} = W_{\text{ext}} \Rightarrow$$

$$\int_V \{\bar{\epsilon}\}^T \{\sigma\} dV = \int_V \{\bar{U}\}^T \{f^v\} dV + \int_S \{\bar{U}^s\}^T \{f^s\} dS + \{\bar{D}\}^T \{R_c\}$$

Όπου:

$\{\bar{U}\}^s$: διάνυσμα δυνατών μετατοπίσεων τυχαίου σημείου (X,Y,Z) της επιφάνειας S (φορτιζόμενη επιφάνεια).

$\{\bar{\varepsilon}\}$: δυνατές ανηγμένες παραμορφώσεις

$\{\bar{\sigma}\}$: τάσεις που εξισορροπούν τα εξωτερικά φορτία

$\{\bar{D}\}$: διάνυσμα δυνατών επικόμβιων μετατοπίσεων φορέα

$\{R_c\}$: διάνυσμα επικόμβιων δράσεων φορέα

Κατά την προσομοίωση, τα υλικά θεωρήθηκαν γραμμικώς ελαστικά ακολουθώντας τη σχέση Hooke, κατά την οποία οι τάσεις συναρτώνται γραμμικά με τις παραμορφώσεις και λαμβάνεται η παραδοχή των μικρών παραμορφώσεων:

$$\{\sigma\} = [E]\{\varepsilon\} \quad (2.2)$$

Τα υλικά του φορέα εκφράζονται με το συνδυασμό του μέτρου ελαστικότητας και του συντελεστή Poisson ν . Η συμπεριφορά, εν γένει, ενός ισότροπου υλικού είναι ανεξάρτητη της φόρτισης που δέχεται. Υλικά, όπως ο λίθος, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα ισότροπη συμπεριφορά αλλά λήφθηκε υπόψη κατά την απόδοση των ιδιοτήτων του, η παραδοχή του ως ισότροπου υλικού για την προσομοίωση του υπό μελέτη φορέα. Για την έκφραση των ιδιοτήτων των ισότροπων υλικών συνδυάζονται το μέτρο ελαστικότητας και ο συντελεστής Poisson ν .

Έτσι το μητρώο ελαστικότητας στην επίπεδη ένταση προκύπτει ως εξής:

$$[E] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Έπειτα οι συνιστώσες της μετακίνησης U,V,W στο καθολικό σύστημα εκφράζονται συναρτήσει του στοιχείου. Ισχύει δηλαδή:

$$\begin{bmatrix} U(X,Y,Z) \\ V(X,Y,Z) \\ W(X,Y,Z) \end{bmatrix} = [N(X,Y,Z)] \begin{bmatrix} U_1 \\ V_1 \\ W_1 \\ \vdots \\ U_n \\ V_n \\ W_n \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

Όπου:

$\{ U(X,Y,Z) \}$: διάνυσμα συνιστωσών μετατοπίσεων σημείου P(X,Y,Z) στο εσωτερικό του στοιχείου

$[N(X,Y,Z)]$: μητρώο συναρτήσεων σχήματος, το οποίο εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται το πεδίο των μετατοπίσεων συναρτήσεων των επικόμβιων μετατοπίσεων του στοιχείου. Το μητρώο των συναρτήσεων σχήματος εξαρτάται από τον τύπο του στοιχείου και παίζει σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια με την οποία προσδιορίζεται το μητρώο ακαμψίας του στοιχείου [1].

Υπολογίζονται στη συνέχεια οι δυνατές ανοιγμένες παραμορφώσεις, οι ισοδύναμες δράσεις λόγω δυνάμεων και αρχικών τάσεων και τελικά προκύπτει η γενική εξίσωση ισορροπίας του φορέα:

$$[K]\{D\}=\{R\} \quad (2.5)$$

Όπου:

$[K]$: μητρώο ακαμψίας φορέα

$\{D\}$: μητρώο επικόμβιων μετατοπίσεων

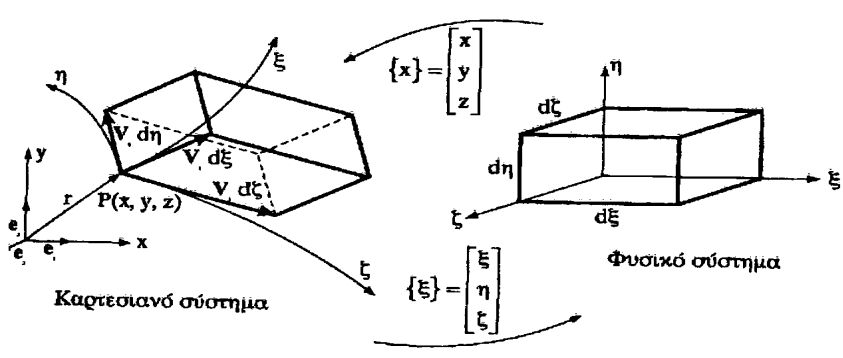
$\{R\}$: μητρώο ισοδύναμων δράσεων φορέα

Η ισοπαραμετρική θεώρηση γίνεται με σκοπό την κατασκευή και μη ορθογωνικών στοιχείων ώστε να επιτευχθεί η ακριβής προσομοίωση του φορέα, αφού δεν ήταν δυνατόν σε κάθε περίπτωση να σχεδιαστούν ορθογωνικά πεπερασμένα στοιχεία. Για τα ισοπαραμετρικά στοιχεία οι συνιστώσες της μετατόπισης u,v,w αλλά και οι καρτεσιανές συντεταγμένες x,y,z εκφράζονται ως προς τις αντίστοιχες επικόμβιες ποσότητες, με τις ίδιες συναρτήσεις σχήματος.

Στη συνέχεια για να υπολογιστεί το μητρώο ακαμψίας των ισοπαραμετρικών στοιχείων απεικονίζεται το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων στο φυσικό.

Ορθή απεικόνιση:

$$\begin{aligned} x &= x(\xi, \eta, \zeta) \\ y &= y(\xi, \eta, \zeta) \\ z &= z(\xi, \eta, \zeta) \end{aligned} \quad (2.6)$$



Σχ.2.1 Ορθή και αντίστροφη απεικόνιση ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου $d\xi-d\eta-d\zeta$

Η απεικόνιση μεταξύ των συντεταγμένων του φυσικού και των καρτεσιανών είναι αμφιμονοσήμαντη, συνεπώς κάθε σημείο x, y, z αντιστοιχεί σε ένα σημείο ξ, η, ζ και αντιστρόφως.

Τα στοιχεία επίπεδης έντασης - παραμόρφωσης μπορεί να είναι τετραπλευρικά ή τριγωνικά. Τα τετραπλευρικά ισοπαραμετρικά στοιχεία αποτελούνται από τέσσερις, οκτώ, εννέα ή από μεταβλητό αριθμό κόμβων. Για την προσομοίωση της δεδομένης κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν τετραπλευρικά τετρακομβικά ισοπαραμετρικά στοιχεία και τριγωνικά στοιχεία τριών κόμβων.

2.2 Πεπερασμένα στοιχεία κελυφών

2.2.1 Εισαγωγή

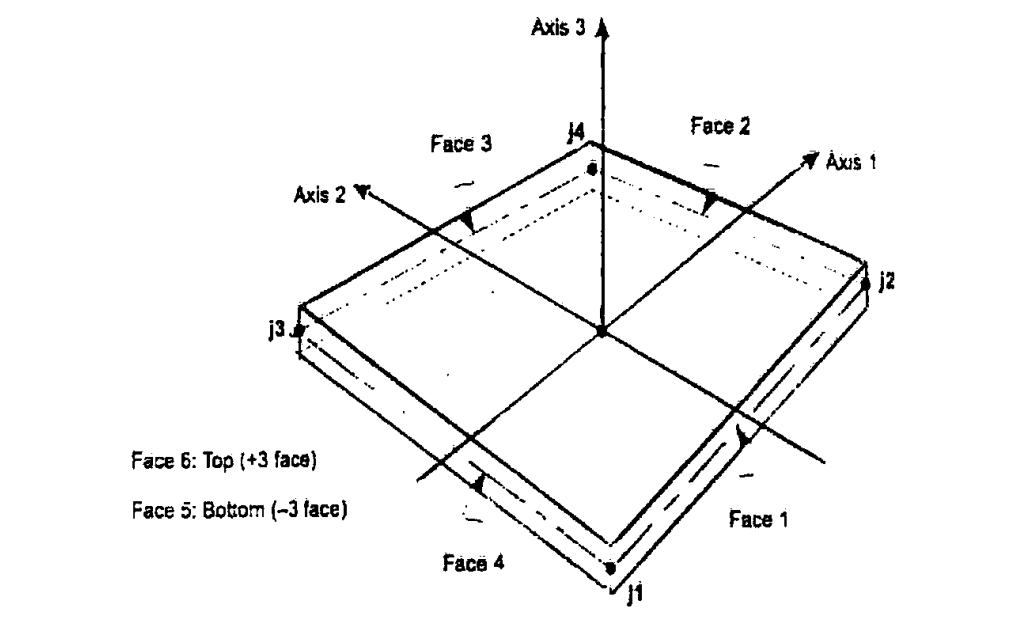
Το πεπερασμένο στοιχείο κελύφους χρησιμοποιείται για την προσομοίωση δίσκων, κελύφων και μεμβρανών δισδιάστατων και τρισδιάστατων κατασκευών. Προσομοιώνεται ως ένα τρικομβικό ή τετρακομβικό στοιχείο που συνδυάζει μεμβρανοειδή και καμπτική συμπεριφορά. Το κέλυφος είναι επιφανειακός φορέας με καμπύλη μέση επιφάνεια και σύνηθες μικρό πάχος, σχετικά με το άνοιγμα του. Χαρακτηριστικό στοιχείο του είναι ο συνδυασμός ταυτόχρονης συμπεριφοράς ως πλάκα ως προς την καμπτική του λειτουργία και ως δίσκος κατά την μεμβρανική του λειτουργία. Οι καμπτικές τάσεις στο κέλυφος αντιστοιχούν στις καμπτικές τάσεις της πλάκας και προκαλούν τις καμπτικές ροπές, τις ροπές συστροφής και τις τέμνουσες δυνάμεις του κελύφους. Αντίστοιχα, οι μεμβρανικές τάσεις στο κέλυφος αναφέρονται στις τάσεις ενός προβλήματος επίπεδης έντασης και δρουν στο εφαπτομενικό επίπεδο της μέσης επιφάνειας.

Κατασκευές που προσομοιώνονται με αυτού το είδος το πεπερασμένο στοιχείο είναι συνήθως τρισδιάστατα κελύφη (δεξαμενές, θόλοι), δισδιάστατες (πλάκες) και μεμβρανοειδής κατασκευές (διατηρητικοί τοίχοι).

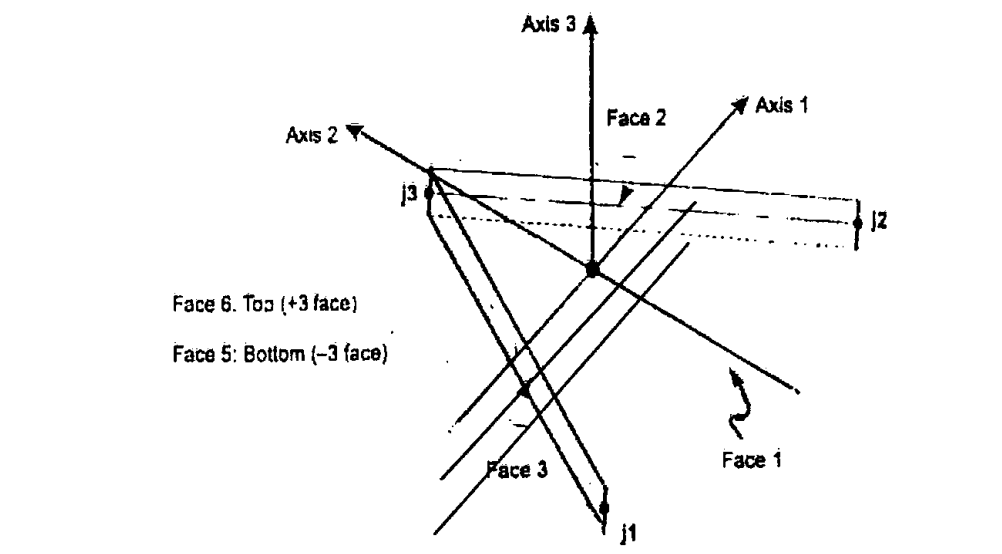
Κάθε στοιχείο κελύφους προσδιορίζεται από το τοπικό σύστημα συντεταγμένων ώστε να προσδίδονται σε αυτό οι κατάλληλες ιδιότητες υλικού και τα φορτία. Το στοιχείο δέχεται φορτία λόγω βαρύτητας, ομοιόμορφα κατανεμημένα ή εξαιτίας θερμικής μεταβολής σε κάθε διεύθυνση. Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί επίπεδα τριγωνικά στοιχεία κατά την ανάλυση κελυφών, προσομοιώνοντας τα κελύφη ως πολυεδρικές επιφάνειες. Τα τριγωνικά πεπερασμένα στοιχεία έχουν το πλεονέκτημα ότι διατυπώνονται με απλές χαρακτηριστικές εξισώσεις, ικανοποιούν τον έλεγχο συρραφής και δεν εμφανίζουν παραμορφώσεις μετατοπιζόμενα ως στερεά σώματα. Το μειονέκτημα τους είναι ότι αδυνατούν να προσομοιώσουν τη σύζευξη των καμπτικών και μεμβρανικών παραμορφώσεων που υπάρχει σε όλα τα σημεία του κελύφους.

2.2.2 Γεωμετρία στοιχείου κελύφους

Κάθε στοιχείο κελύφους κατασκευάζεται όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα, ως τετραπλευρικό με τέσσερις κόμβους j_1, j_2, j_3, j_4 είτε ως τριγωνικό με τρεις κόμβους j_1, j_2, j_3 .



Σχ.2.2 Τετρακομβικό τετράπλευρο στοιχείο κελύφους.

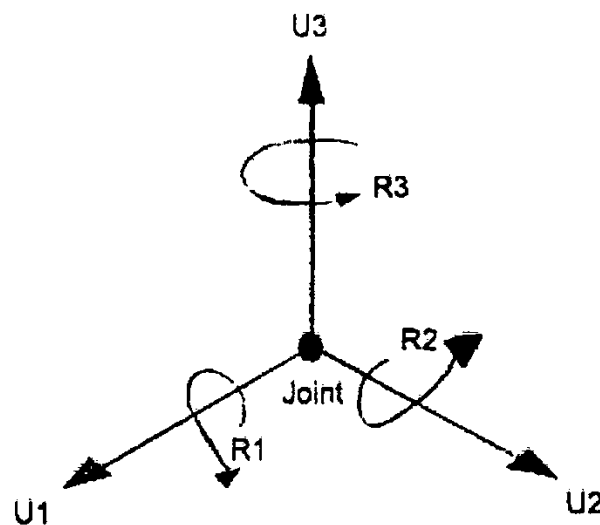


Σχ.2.3 τρικομβικό τριγωνικό στοιχείο κελύφους.

Η τετραπλευρική μορφή πεπερασμένου στοιχείου κελύφους είναι πιο ορθή και ακριβής από την τριγωνική, η οποία συνίσταται κυρίως για περιπτώσεις όπου δεν μπορεί να γίνει διαφορετικά η συναρμογή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ενώ η απόδοση της ακαμψίας του τριγωνικού στοιχείου γίνεται σωστά, δε συμβαίνει πάντα το ίδιο με τις εξαγόμενες τάσεις. Οι κόμβοι πρέπει να δημιουργούνται έτσι ώστε να ακολουθούν κάποιες γεωμετρικές συνθήκες [2]:

- Κάθε εσωτερική γωνία του στοιχείου πρέπει να είναι μικρότερη των 180° , ενώ σωστότερη αποτύπωση προκύπτει για γωνία 90° γενικά οι γωνίες κυμαίνονται μεταξύ 45° - 135° .
- Η αναλογία των πλευρών του κάθε στοιχείου να μην είναι μεγάλη. Προτιμάται να ισχύει αναλογία μεταξύ πλευρών περίπου ίση με τη μονάδα ή τουλάχιστον μικρότερη του 4.
- Για το τετραπλευρικό στοιχείο οι κόμβοι δεν πρέπει να είναι συνεπίπεδοι.

Σε κάθε κόμβο πεπερασμένου στοιχείου κελύφους ενεργοποιούνται 6 βαθμοί ελευθερίας. Διακρίνονται τρεις μετακινησιακοί βαθμοί ελευθερίας που συμβολίζονται ως U_1 , U_2 , U_3 και τρεις στροφικοί βαθμοί ελευθερίας οι R_1 , R_2 , R_3 .



Σχ.2.4 Οι 6 βαθμοί ελευθερίας κόμβου κελύφους στο τοπικό σύστημα.

Οι βαθμοί ελευθερίας σε έναν κόμβο μπορεί να είναι ενεργοί ή δεσμευμένοι. Για κάθε ενεργό βαθμό ελευθερίας υπάρχει μια συνάρτηση σχήματος που πρέπει να επιλυθεί. Το πλήθος των συναρτήσεων n ισούται με τον αριθμό των ενεργών βαθμών ελευθερίας του φορέα και το μητρώο ακαμψίας του είναι της τάξης $n \times n$.

Στην περίπτωση που μια μετακίνηση κόμβου είναι γνωστή, μηδενική, είτε διάφορη του μηδενός, ο κόμβος θεωρείται δεσμευμένος. Σε όλους τους κόμβους όπου η ακαμψία είναι μηδενική πρέπει να εφαρμόζονται πακτώσεις.

Σε κάθε στοιχείο του κελύφους αντιστοιχεί ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων. Οι τοπικοί άξονες τοποθετούνται ώστε να υπάρχει αμφιμονοσήμαντη σχέση με τους καθολικούς. Σε περίπτωση που οι τοπικοί άξονες σχηματίζουν γωνία με τους καθολικούς δίνεται κατά την προσομοίωση η εντολή περιστροφής του επιπέδου γύρω από τον μετακινημένο άξονα.

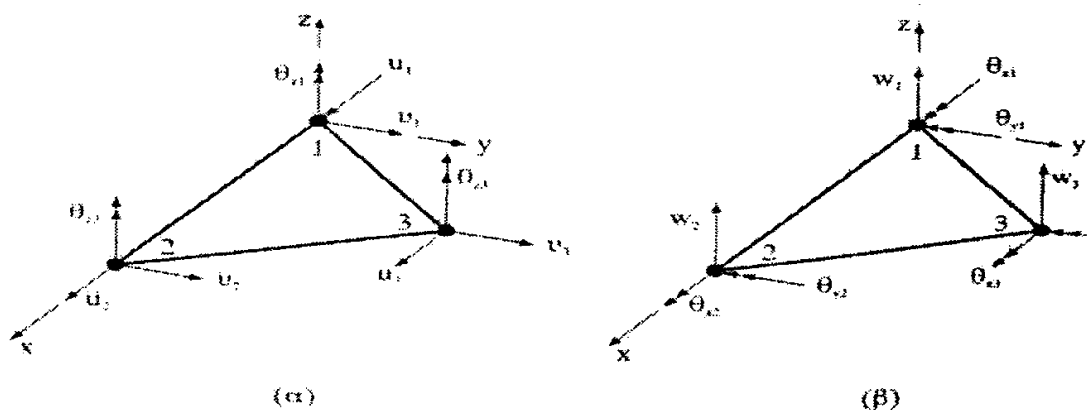
Στη συνέχεια, για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων και της γεωμετρίας κάθε πεπερασμένου στοιχείου ορίζεται για αυτό μια "περιοχή" (area section) στο πρόγραμμα. Κάθε στοιχείο κελύφους χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένο υλικό, γεωμετρικές ιδιότητες και αριθμείται. Πολλά πεπερασμένα στοιχεία μπορεί να ανήκουν στην ίδια "περιοχή", αλλά αριθμούνται πάντα με διαφορετικό νούμερο από το πρόγραμμα. Δημιουργώντας την εκάστοτε "περιοχή" αποδίδεται και στο στοιχείο η ιδιότητα να συμπεριφέρεται ως κέλυφος. Τα κελύφη μπορούν να λειτουργούν είτε ξεχωριστά ως μεμβράνες (λειτουργία δίσκου) είτε ως πλάκες με επίδραση καμπτικών ροπών και διατμητικών δυνάμεων. Συνήθως όμως λειτουργούν συνδυάζοντας τη μεμβρανοειδή και πλακοειδή συμπεριφορά.

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες κελυφών ανάλογα με τις παραδοχές που υιοθετούνται για τη διατύπωση των τελικών εξισώσεων τους, όπως για παράδειγμα τα λεπτά κελύφη για τα οποία αγνοείται η εγκάρσια διατμητική παραμόρφωση. Αντιστοίχως η θεωρία των παχέων κελυφών περιλαμβάνει την εγκάρσια διατμητική παραμόρφωση. Τα παχιά κελύφη αποδίδουν ορθότερα τις ιδιότητες του πεπερασμένου στοιχείου, εκτός αν οι διατμητικές παραμορφώσεις είναι μικρής τάξης μεγέθους. Η μορφοποίηση του πάχους του στοιχείου επιδρά ουσιαστικά μόνο στην καμπτική του συμπεριφορά.

Οι ιδιότητες του χρησιμοποιούμενου σε κάθε "περιοχή" υλικού έχουν προσδιοριστεί προηγουμένως, κατά τον καθορισμό του υλικού. Οι ιδιότητες που απαιτούνται είναι το μέτρο ελαστικότητας E , το μέτρο διάτμησης G , ο λόγος Poisson ν , ο συντελεστής θερμικής μεταβολής α , η μάζα, η πυκνότητα και το ίδιο βάρος του υλικού. Βάσει αυτών μπορούν να υπολογιστούν τα φορτία λόγω ιδίου βάρους και βαρύτητας της κατασκευής. Οι τιμές των ιδιοτήτων που χρησιμοποιήθηκαν στον παρόντα φορέα αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο. Οι ιδιότητες είναι γραμμικώς ελαστικές και τα υλικά ισότροπα. Το ίδιο υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερα του ενός πεπερασμένα στοιχεία κελύφους. Η μάζα κατανέμεται στους κόμβους στους τρεις μετακινησιακούς βαθμούς ελευθερίας U_x , U_y , U_z , ενώ για τους στροφικούς βαθμούς ελευθερίας δεν υπολογίζονται αδρανειακές ροπές.

2.2.3 Επίπεδα ορθογωνικά και τριγωνικά στοιχεία κελύφους

Ο συνδυασμός ενός στοιχείου πλάκας κι ενός στοιχείου επίπεδης έντασης με εγκάρσιους στροφικούς βαθμούς ελευθερίας έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός για τη δημιουργία επίπεδων στοιχείων κελύφους. Ένα ορθογωνικό στοιχείο θα έχει 6 βαθμούς ελευθερίας σε κάθε κόμβο και συνολικά 24 βαθμούς ελευθερίας, ενώ αντίστοιχα το τριγωνικό στοιχείο θα έχει συνολικά 18 βαθμούς ελευθερίας. Ενδεικτικά παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα τα δύο στοιχεία που συνθέτουν το τριγωνικό στοιχείο κελύφους.



Σχ.2.5 τριγωνικό στοιχείο κελύφους: (α) μεμβρανικοί βαθμοί ελευθερίας, (β) καμπτικοί βαθμοί ελευθερίας [1].

Το μητρώο ακαμψίας του στοιχείου κελύφους προκύπτει από τη σύνθεση των επιμέρους μητρών ακαμψίας του στοιχείου πλάκας και του στοιχείου επίπεδης έντασης. Συγκεκριμένα, για την εξαγωγή του μητρώου ακαμψίας πεπερασμένου στοιχείου πλάκας εφαρμόζεται η αρχή των δυνατών έργων. Το δυνατό έργο των εσωτερικών δυνάμεων εκφράζεται ως εξής:

$$W_{\text{int}} = \int_{V_e} \{\bar{\varepsilon}\}^T [E] \{\varepsilon\} dV_e \quad (2.7)$$

Ενώ το πεδίο μετατοπίσεων προκύπτει από την έκφραση:

$$w = [N] \{d\} \quad (2.8)$$

Όπου:

[N] : μητρώο γραμμή των συναρτήσεων σχήματος του στοιχείου πλάκας

Το διάνυσμα των καμπυλοτήτων δίνεται από τη σχέση:

$$\{\kappa\} = [B_{\kappa}] \{d\} \quad (2.9)$$

όπου:

$[B_{\kappa}]$: τροποποιημένο μητρώο παραμορφώσεως που συνδέει τις καμπυλότητες με τις επικόμβιες μετατοπίσεις στοιχείου.

Αντικαθιστώντας το διάνυσμα καμπυλοτήτων $\{\kappa\}$ στο ολοκλήρωμα των δυνατών έργων, προκύπτει η γενική έκφραση του μητρώου ακαμψίας στοιχείου πλάκας:

$$[k] = \int_{A_e} [B_k]^T [E_k] [B_k] dA_e \quad (2.10)$$

αντίστοιχα το μητρώο ακαμψίας του πεπερασμένου στοιχείου επίπεδης έντασης θα προκύπτει ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα. Διατυπώνονται οι σχέσεις που ορίζουν τις μετατοπίσεις u , v σε κάθε στοιχείο του στοιχείου:

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x & y & xy & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & x & y & xy \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \\ a_8 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Αφού υπολογιστούν οι αριθμητικές τιμές από τη σχέση (4.6), ορίζεται το πεδίο των μετατοπίσεων συναρτήσεων των επικόμβιων μετατοπίσεων και προκύπτουν οι συναρτήσεις σχήματος N_i του στοιχείου:

$$\{u\} = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 & N_4 \end{bmatrix} \{d\} \quad (2.12)$$

Προκύπτει επομένως η σχέση των ανηγμένων παραμορφώσεων που ακολουθεί:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{d\} \quad (2.13)$$

όπου:

$[B]$: μητρώο παραμορφώσεων

u_i, v_i : μετατοπίσεις σε κάθε κόμβο

Προσδιορίζεται το μητρώο στιβαρότητας $[k]$ του στοιχείου:

$$[k] = \int_{V_e} [B]^T [E] [B] dV_e \quad (2.14)$$

Όπως προαναφέρθηκε προκύπτει από τη σύνθεση των επιμέρους μητρώων για τα δύο είδη πεπερασμένων στοιχείων επίπεδης έντασης και πλάκας το μητρώο ακαμψίας του στοιχείου κελύφους και η έκφρασή του είναι η εξής:

$$[k] \{d\} = \begin{bmatrix} [k_m] & [0] \\ [0] & [k_b] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \{u_i\} \\ \{v_i\} \\ \{\theta_{zi}\} \\ \{w_i\} \\ \{\theta_{xi}\} \\ \{\theta_{yi}\} \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$(18 \times 18) \quad (18 \times 1) \quad \begin{matrix} (9 \times 9) & (9 \times 9) \\ (9 \times 9) & (9 \times 9) \end{matrix} \quad (18 \times 1)$

όπου:

$[k_m]$: μητρώο ακαμψίας για μεμβρανική λειτουργία κελύφους

$[k_b]$: μητρώο ακαμψίας για καμπτική λειτουργία κελύφους.

2.2.4 Φορτία στοιχείων και συνδυασμοί φορτίσεων

Τα φορτία που μπορούν να εφαρμοστούν επί στοιχείων κελύφους είναι τα εξής: ίδιο βάρος, βαρύτητα, ομοιόμορφα καταμεμημένο και η θερμοκρασιακή μεταβολή. Τα φορτία μπορεί να είναι μόνιμα, κινητά ή να οφείλονται σε σεισμό. Κατά την επίλυση του φορέα χρησιμοποιούνται συνδυασμοί φορτίσεων ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του σε διαφορετικές συνθήκες φόρτισης.

Το ίδιο βάρος κατανέμεται ομοιόμορφα στο επίπεδο του κελυφωτού στοιχείου με κατεύθυνση ως προς τον άξονα $-Z$. Η τιμή του ίδιου βάρους ισούται με τη πυκνότητα μάζας επί το πάχος του στοιχείου.

Το ομοιόμορφο φορτίο κατανέμεται στη μέση επιφάνεια του πεπερασμένου στοιχείου και δίνεται σε kN/m. Η συνολική ασκούμενη δύναμη προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του ομοιόμορφου κατανεμημένου φορτίου επί τη συνολική επιφάνεια στη οποία ασκείται. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος προκαλούν ένταση στο στοιχείο του κελύφους. Η θερμοκρασία επηρεάζει τη μεμβρανοειδή συμπεριφορά, ενώ η θερμοκρασιακή μεταβολή επιδρά στη δημιουργία καμπτικών τάσεων.

Οι συνολικές δυνάμεις και ροπές που ασκούνται επομένως δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$F_{11} = \int \sigma_{11} dx_3 \quad (2.16)$$

$$F_{22} = \int \sigma_{22} dx_3 \quad (2.17)$$

$$F_{12} = \int \sigma_{12} dx_3 \quad (2.18)$$

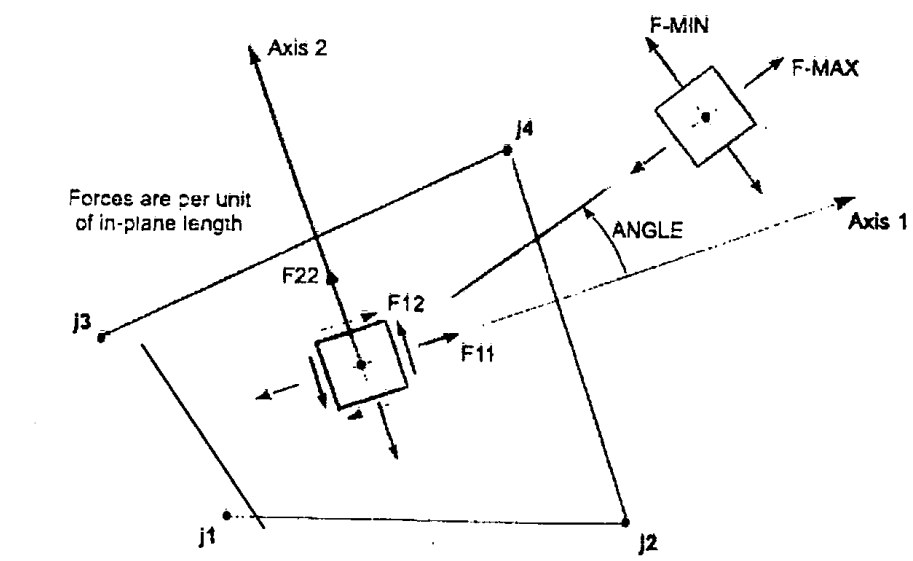
$$M_{11} = -\int t \sigma_{11} dx_3 \quad (2.19)$$

$$M_{22} = -\int t \sigma_{22} dx_3 \quad (2.20)$$

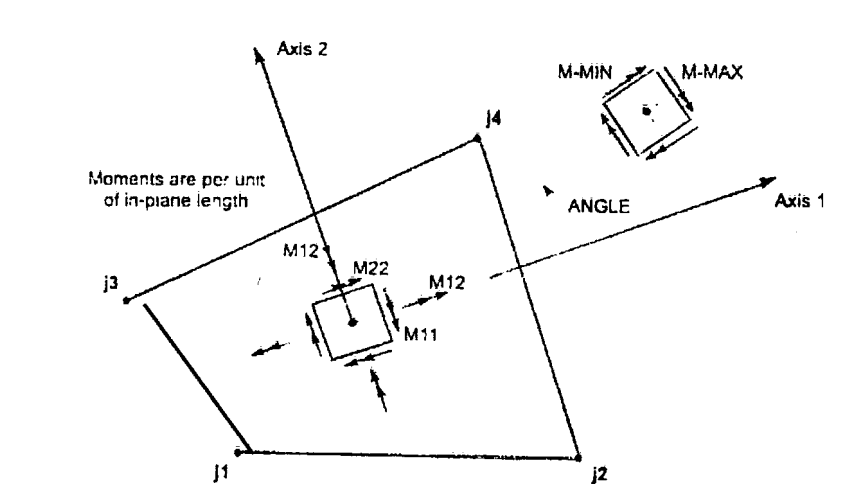
$$M_{12} = -\int t \sigma_{12} dx_3 \quad (2.21)$$

$$V_{13} = \int \sigma_{13} dx_3 \quad (2.22)$$

$$V_{23} = \int \sigma_{23} dx_3 \quad (2.23)$$



Σχ.2.6 Σχηματική απεικόνιση συνολικά ασκούμενων μεμβρανικών δυνάμεων



Σχ.2.7 Σχηματική απεικόνιση καμπτικών ροπών

Προκύπτουν από τις προαναγραφόμενες σχέσεις δυνάμεων και ροπών οι κάτωθι τάσεις:

$$\sigma_{11} = \frac{F_{11}}{th} - \frac{12M_{11}}{thb^3} x_3 \quad (2.24)$$

$$\sigma_{22} = \frac{F_{22}}{th} - \frac{12M_{22}}{thb^3} x_3 \quad (2.25)$$

$$\sigma_{12} = \frac{F_{12}}{th} - \frac{12M_{12}}{thb^3} x_3 \quad (2.26)$$

$$\sigma_{13} = \frac{V_{13}}{thb} \quad (2.27)$$

$$\sigma_{23} = \frac{V_{23}}{thb} \quad (2.28)$$

$$\sigma_{33} = 0 \quad (2.29)$$

Όπου

th : πάχος μεμβράνης

thb : πάχος κάμψης

Στην πραγματικότητα οι διατμητικές τάσεις ακολουθούν παραβολική κατανομή και είναι μηδενικές στη άνω και κάτω επιφάνεια, παίρνοντας μικρότερες και μέγιστες τιμές στη μέση επιφάνεια του στοιχείου κελύφους.

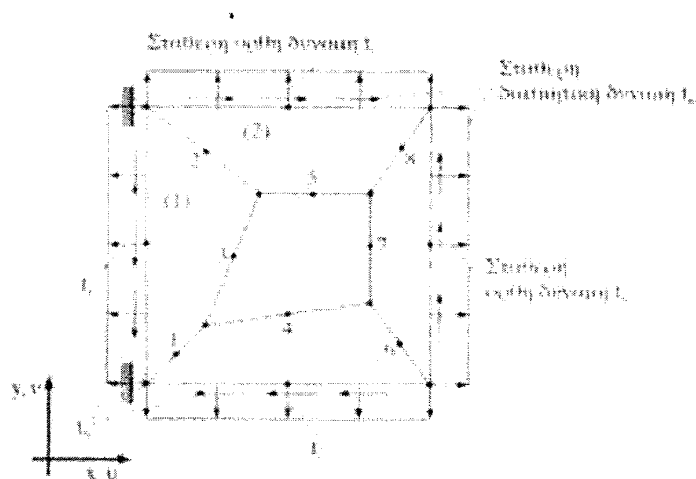
Οι ολικές δυνάμεις και οι τάσεις στα κελύφη τοποθετούνται στους κόμβους και οι τιμές τους μπορούν να αναχθούν από τους κόμβους στη συνολική επιφάνεια τους.

2.3 Αξιοπιστία της μεθόδου των Πεπερασμένων Στοιχείων

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων επιλύει προσεγγιστικά μερικές διαφορετικές εξισώσεις. Οι κατασκευές προσομοιώνονται ως φορείς (μαθηματικό μοντέλο), έπειτα ο φορέας διακριτοποιείται σε πεπερασμένα στοιχεία και το εκάστοτε πρόγραμμα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή αναλύει και εξάγει τις τιμές των αναπτυσσόμενων εντατικών μεγεθών στο φορέα. Κατά τα στάδια αυτά, λόγω των διαφόρων προσεγγίσεων, είναι πιθανή η παρουσίαση σφάλματος στα αποτελέσματα. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να γίνεται έλεγχος της ορθότητας των αποτελεσμάτων.

Αρχικά, στο στάδιο της προσομοίωσης είναι απαραίτητη η κατανόηση της συμπεριφοράς της κατασκευής ώστε να αποδοθεί στον αντίστοιχο σωστό φορέα. Ένας τρόπος ελέγχου της ορθής προσομοίωσης των στοιχείων του φορέα είναι η δοκιμαστική εφαρμογή σε απλά προβλήματα, των οποίων η λύση είναι γνωστή. Υπολογίζοντας τις ιδιοτιμές-ιδιομαρφές και ιδιοσυχνότητες του στοιχείου χωρίς δεσμευμένους βαθμούς ελευθερίας και με μοναδιαία μάζα σε κάθε βαθμό ελευθερίας πραγματοποιείται ο έλεγχος ιδιοτιμών. Θα πρέπει να υπάρχουν τόσες μηδενικές ιδιοτιμές όσες είναι και οι κινήσεις στερεού σώματος του στοιχείου (τρεις για τα επίπεδα προβλήματα και έξι για τα τρισδιάστατα). Ένας άλλος τρόπος ελέγχου να αποκαλυφθούν οι αδυναμίες και τα τυχόν σφάλματα του στοιχείου είναι ο έλεγχος του στοιχείου-φορέα.

Αναλύεται ένας φορέας αποτελούμενος από ένα μόνο στοιχείο. Αλλάζοντας τη γεωμετρία ή την τάξη ολοκλήρωσης του μητρώου σιβαρότητας είναι δυνατόν να αποκαλυφθεί η ευαισθησία του στοιχείου ως προς την τάξη της αριθμητικής ολοκλήρωσης και τη μη κανονική του γεωμετρία[1]. Εν γένει, στοιχεία με κανονικά γεωμετρικά σχήματα (τριγωνο, τετράγωνο) είναι πιο ακριβής κατά την προσομοίωση του φορέα. Τέλος μπορεί να γίνει ο έλεγχος συρραφής, ο οποίος αποτελεί ικανή και αναγκαία συνθήκη για σύγκλιση των αποτελεσμάτων των πεπερασμένων στοιχείων στην ακριβή λύση με τη βαθμιαία πύκνωση του δικτύου. Ο έλεγχος πραγματοποιείται σε ένα αραιό δίκτυο πεπερασμένων στοιχείων στο οποίο τουλάχιστον ένας κόμβος να είναι κοινός σε περισσότερα από δυο στοιχεία. Οι συνοριακοί κόμβοι του δικτύου φορτίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται κατάσταση σταθερής έντασης στο φορέα. Αν τα στοιχεία είναι πλήρη και τα αποτελέσματα που προκύπτουν για τη συγκεκριμένη φόρτιση είναι ωστά, πολύ πιθανόν τα στοιχεία να ικανοποιούν τα κριτήρια συρραφής.



Σχ.2.11 Περίπτωση κατά την οποία ικανοποιείται ο έλεγχος συρραφής τετραπλευρικών ισοπαραμετρικών στοιχείων οκτώ κόμβων.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια για την προσομοίωση και ανάλυση κατασκευών. Έχει αποδειχθεί αξιόπιστη και αποτελεσματική, αρκεί να λαμβάνονται

υπόψη κατά την εφαρμογή της όσα προαναφέρθηκαν για σωστή προσομοίωση και να γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι στα στοιχεία του εκάστοτε φορέα.

2.4 Η μέθοδος του χωρικού πλαισίου

Κατά την μέθοδο αυτή εφαρμόζεται ανάλυση στο χώρο με τη μέθοδο των Μετακινήσεων και την Άμεση μέθοδο Δυσκαμψίας. Κάθε πεσσός και ανώφλιο προσομοιώνεται με ένα υψίκορμο στοιχείο με παραμόρφωση λόγω καμπτικής και διατμητικής έντασης και με 6 βαθμούς ελευθερίας σε κάθε κόμβο πεσσού και ανώφλιου. Το μηχανικό προσομοίωμα είναι πλαίσιο στο χώρο, αποτελούμενο από γραμμικά μέλη με τα οποία προσομοιώνονται οι πεσσοί και τα ανώφλια. Οι παραδοχές που γίνονται είναι ότι οι δυσκαμψίες Eiy , Eiz κάθε μέλους λαμβάνονται ίσες με αυτές της διατομής κάθετα στον άξονα x του πρισματικού μέλους, ως προς τους κύριους άξονες y και z της διατομής αυτής αντίστοιχα. Επίσης, οι κοινές περιοχές πεσσών και ανωφλίων θεωρούνται άκαμπτες. Στα άκρα κάθε μέλους υπολογίζονται η αξονική δύναμη N , οι ροπές Mz , My , οι τέμνουσες Vy , Vz και οι στρεπτική ροπή T . Έπειτα υπολογίζονται οι παράλληλες στον άξονα ορθές τάσεις στις διατομές των παρειών, των πεσσών και των ανωφλίων από τη σχέση:

$$\sigma_x = \frac{M_y}{J_y} z - \frac{M_z}{J_z} y + \frac{N}{bl} \quad (2.30)$$

Οι τάσεις σ_y είναι μηδενικές.

Οι διατμητικές τάσεις υπολογίζονται από την ακόλουθη σχέση:

$$\tau_{xy} = \frac{V_y}{W_y I} \left(\frac{l^2}{4} - y^2 \right) \quad (2.31)$$

Όπου I , b οι οριζόντιες διαστάσεις του πεσσού, παράλληλες με τον y και z άξονα αντίστοιχως. Ισχύει $\tau_{xz}=0$ στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του τοίχου.

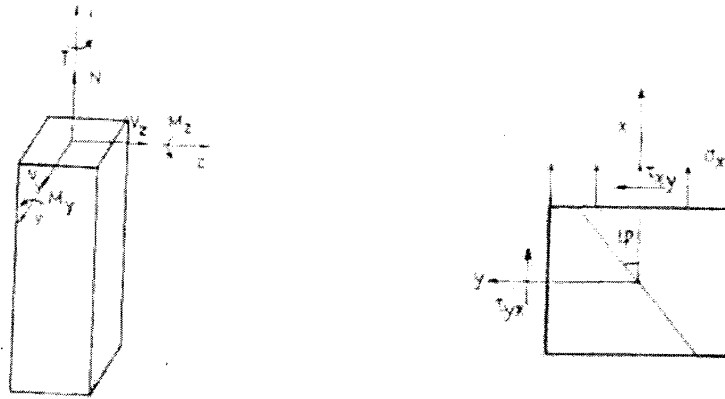
Οι κύριες τάσεις στα σημεία των επιφανειών αυτών είναι:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{4} + \tau_{xy}^2} \quad (2.46)$$

Η γωνία του επιπέδου των κυρίων τάσεων σχηματίζει με τον άξονα x γωνία ϕ , για την οποία ισχύει:

$$\tan 2\phi = 2 \frac{\tau_{xy}}{\sigma_x} \quad (2.47)$$

Η μέθοδος του Χωρικού πλαισίου προβλέπει σημαντικά μεγαλύτερες εφελκυστικές τάσεις από ότι η μέθοδος των Πεπερασμένων Στοιχείων.



Σχ.2.12 Εντατικά μεγέθη στο άκρο μέλους και γωνία ϕ των κυρίων τάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Παραδοχές Μελέτης

Υλικά

Δομικός Χάλυβας S235

Φορτία

Ίδιο βάρος Δομ. Χάλυβα	$\gamma_s=78,5 \text{ kN/m}^3$
Ίδιο βάρος Σκυροδέματος	$\gamma_b=25,0 \text{ kN/m}^3$
Ίδιο βάρος ασφαλτοτάπητα	$\gamma_a=22,5 \text{ kN/m}^3$
Κλάση γέφυρας 60/40 t	(Μοντέλο φόρτισης 1-EC1)
Κινητά πεζοδρομίων	5.0 kN/m^2
Θερμοκρασιακή μεταβολή	$\pm 35^\circ\text{C}$
Θερμοκρασιακή διαφορά	$+ 18^\circ\text{C} / -13^\circ\text{C}$
Ανεμοπίεση	$1,51 \text{ kN/m}^2$

Σεισμός

Ζώνη	I ($A_g=0,16g$)
Συντελεστής θεμελίωσης	$\theta=1,0$
Συντελεστής απόσβεσης	$\zeta=2\%$ ($\eta=1,08$)
Συντελεστής μεγεθύνσεως	$\beta_o=2,5$
Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$q=1,0$
Συντελεστής σπουδαιότητας	$\gamma=1,0$
Έδαφος	B ($T_1=0,15$ $T_2=0,60 \text{ sec}$)

Κανονισμός

- EC1
- EC3
- E39/99
- ΕΑΚ 2000

3.2 Περιγραφή μοντέλου

Εξετάζεται ο ένας κλάδος των αμφιερείστων τμημάτων μήκους 20,90 m. Για το σκοπό αυτό μορφώνεται ένα μοντέλο από 4-πλευρικά στοιχεία πλάκας-επίπεδης έντασης, τα οποία προσομοιώνουν το μεταλλικό κατάστρωμα, τις κύριες δοκούς, τις δευτερεύουσες δοκούς, τις διαμήκεις ενισχύσεις και τις διαδοκίδες με το αντίστοιχο πάχος στοιχείου ανά μέλος.

Η γεωμετρία του μοντέλου και η αρίθμηση των κόμβων και των στοιχείων φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα. Στη συνέχεια παρατίθεται ενδεικτικά το αρχείο δεδομένων γεωμετρίας του μοντέλου.

Για την μόρφωση του μοντέλου της γέφυρας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων GENF της Sofistik, ενώ το υλικό δίδεται στο πρόγραμμα AQUA της Sofistik.

Η ανάλυση αφορά έναν κλάδο της γέφυρας μήκος 20,9 m ο οποίος θεωρείται αμφιέριστος και εδράζεται επί 8 συνολικά εφεδράνων. Τα εφέδρανα προσομοιώνονται μέσω ελατηρίων με διαφορετική αξονική και διατμητική δυσκαμψία.

Εφέδρανα

Στις στηρίξεις τοποθετούνται ελαστομεταλλικά εφέδρανα τύπου GUMBA διαστάσεων 350x450 με πάχος $t=136$ mm (ενεργό πάχος $t_{eff}= 44$ mm) για τα οποία ισχύει $E= 5200$ kg/cm² και $G=12,0$ kg/cm². Υπολογίζονται τα αντίστοιχα ελατήρια:

$$\underline{\text{Αξονικό}} = 1860000 \text{ kN/m}$$

$$\text{και } \underline{\text{εγκάρσιο}} \text{ (διατμητικό)} = 4300 \text{ kN/m}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Δράσεις – Συνδυασμοί Δράσεων

4.1 Δράσεις οδικής κυκλοφορίας

4.1.1 Κατακόρυφες δράσεις

Τα φορτία που οφείλονται στην οδική κυκλοφορία, τα οποία αποτελούνται από τα επιβατικά, τα φορτηγά και τα ειδικά οχήματα (π.χ. για βιομηχανικές μεταφορές) προκαλούν κατακόρυφες και οριζόντιες, στατικές και δυναμικές δυνάμεις.

Τα πραγματικά φορτία πάνω στις οδογέφυρες προέρχονται από διάφορες κατηγορίες οχημάτων και από πεζούς. Η κυκλοφορία των οχημάτων μπορεί να διαφέρει από γέφυρα σε γέφυρα ανάλογα με τη σύνθεση της (π.χ. ποσοστ'ο βαρέων οχημάτων), την πυκνότητα της (π.χ. μέσο ετήσιο πλήθος οχημάτων), τις συνθήκες της (π.χ. συχνότητα κυκλοφοριακής συμφόρησης), τα μέγιστα αναμενόμενα βάρη των οχημάτων και τα συνολικά αξονικά φορτία τους και, όταν συντρέχει, την επιρροή της οδικής σύμπτωσης που περιορίζει τον κυκλοφοριακό φόρτο.

Το πλάτος του οδοστρώματος, w , θα πρέπει να μετράται μεταξύ των κρασπέδων ή μεταξύ των εσωτερικών ορίων των συστημάτων συγκράτησης οχημάτων, και δεν θα πρέπει να περιλαμβάνει την απόσταση μεταξύ των σταθερών συστημάτων συγκράτησης ή των καρσπέδων μιας κεντρικής νησίδας ούτε και τα πλάτη ατυών των συστημάτων συγκράτησης οχημάτων. Το πλάτος w_1 των ονομαστικών λωρίδων κυκλοφορίας πάνω στο οδόστρωμα και ο μέγιστος δυνατός ακέραιος αριθμός n_1 τέτοιων λωρίδων σ'αυτό το οδόστρωμα ορίζονται ως εξής:

- 1 όπου $w < 5,4$ m
- 2 όπου $5,4$ m $\leq w < 9$ m
- 3 όπου 9 m $\leq w < 12$ m, κλπ.

Η λωρίδα κυκλοφορίας η οποία προκαλεί τα δυσμενέστερα εντατικά μεγέθη αριθμείται ως λωρίδα 1.

Τα προσομοιώματα φόρτισης από κατακόρυφα φορτία απεικονίζουν τις ακόλουθες κυκλοφοριακές καταστάσεις:

Πρότυπη Φόρτιση 1 (LM1): Συγκεντρωμένα και ομοιόμορφα κατανεμημένα φορτία, τα οποία καλύπτουν την πλειονότητα των επιδράσεων από την κυκλοφορία βαρέων και επιβατικών οχημάτων. Αυτό το προσομοίωμα θα χρησιμοποιείται για γενικούς και τοπικούς ελέγχους.

Πρότυπη Φόρτιση 2 (LM2): Ένα φορτίο μεμονομένου άξονα που ασκείται πάνω σε ειδικές επιφάνειες επαφής ελαστικών, το οποίο καλύπτει τις δυνάμεις επίδρασης της κανονικής κυκλοφορίας επάνω σε φέροντα στοιχεία μικρού ανοίγματος. Ως τάξη μεγέθους, το LM2 μπορεί να κυριαρχεί σε εύρος φορτιζόμενων μηκών από 3m έως 7m.

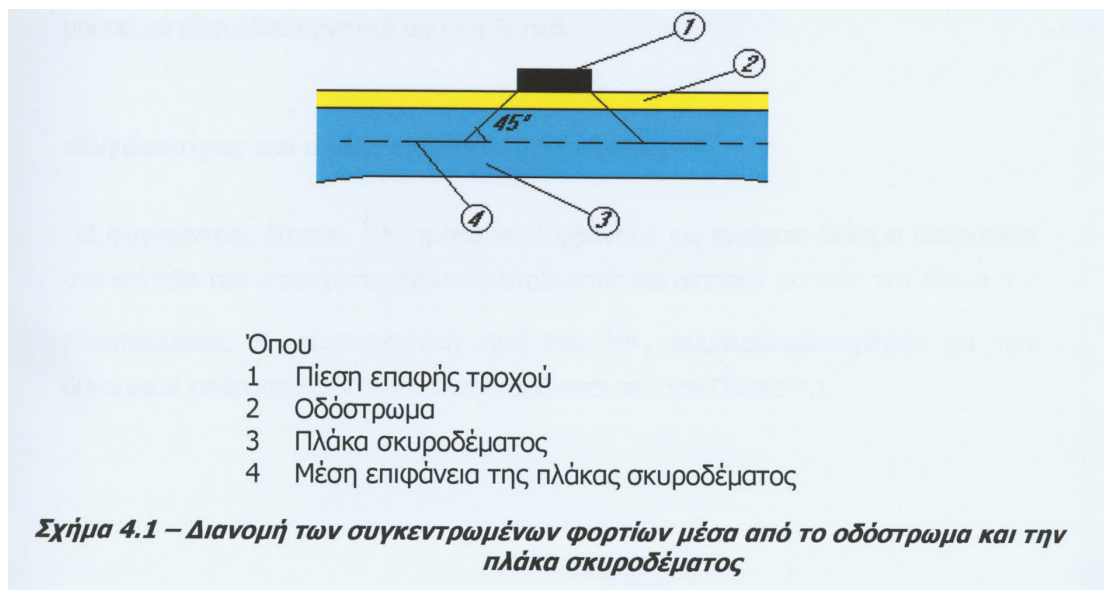
Πρότυπη Φόρτιση 3 (LM3): Ένα σύνολο συνδεδεμένων αξονικών φορτίων που απεικονίζουν ειδικά οχήματα (π.χ. για βιομηχανικές μεταφορές), τα οποία μπορούν να κυκλοφορούν σε διαδρομές που επιτρέπουν τη διέλευση μη-κανονικών φορτίων. Προορίζεται για γενικούς και τοπικούς ελέγχους.

Πρότυπη Φόρτιση 4 (LM4): Φόρτιση ανθρωποσυνωστισμού, που προορίζεται αποκλειστικά για γενικούς ελέγχους.

Οι Πρότυπες Φορτίσεις 1, 2 και 3, όπου συντρέχει, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για οποιαδήποτε κατάσταση σχεδιασμού (π.χ. για παροδικές καταστάσεις κατά τη διάρκεια εργασιών επισκευής).

Η Πρότυπη Φόρτιση 4 χρησιμοποιείται για μερικές παροδικές καταστάσεις σχεδιασμού.

Τα διάφορα συγκεντρωμένα φορτία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τοπικούς ελέγχους, και που σχετίζονται με τις Πρότυπες Φορτίσεις 1 και 2, πρέπει να λαμβάνονται ως ομοιόμορφα κατανεμημένα σε όλη την επιφάνεια επαφής τους. Η διανομή μέσα από το οδόστρωμα και τις πλάκες σκυροδέματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη με λόγο καθ' ύψος διανομής ίσο με 1 οριζόντιο προς 1 κατακόρυφο μέχρι το επίπεδο του κέντρου βάρους της υποκείμενης πλάκας (Σχήμα 4.1).



4.1.1 Οριζόντιες δράσεις

Δυνάμεις πέδησης και επιτάχυνσης

Η δύναμη πέδησης, Q_{ik} , λαμβάνεται ως διαμήκης ακόυμενη στο επίπεδο της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η χαρακτηριστική τιμή του Q_{ik} , που περιορίζεται στα 900 kN για το συνολικό πλάτος της γέφυρας, υπολογίζεται, με τον ακόλουθο τρόπο, ως ένα κλάσμα των συνολικών μέγιστων κατακόρυφων φορτίων που αντιστοιχούν στην Πρότυπη Φόρτιση 1 που ενδέχεται να εφαρμοστούν στη Λωρίδα 1:

$$Q_{ik} = 0,6\alpha_{q1}(2Q_{1k}) + 0,10\alpha_{q1}q_{1k}w_1L$$

$$180\alpha_{q1} (kN) \leq Q_{ik} \leq 900 (kN) \quad (4.1)$$

όπου :

L : είναι το μήκος του καταστρώματος ή το υπό εξέταση μέρος αυτού

Η τιμή 900 kN προορίζεται κανονικά για να καλύπτει τη μέγιστη δύναμη πέδησης των στρατιωτικών οχημάτων σύμφωνα με το STANAG1.

Η δύναμη αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ως ασκούμενη κατά μήκος του άξονα οποιασδήποτε λωρίδας. Ωστόσο, αν τα εντατικά μεγέθη λόγω

εκκεντρότητας δεν είναι σημαντικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι η δύναμη ασκείται μόνον κατά μήκος του άξονα του οδοστρώματος, ομοιόμορφα κατανεμημένη επί του φορτιζόμενου μήκους.

Οι δυνάμεις επιτάχυνσης θεωρούνται του ίδιου μεγέθους όπως και οι δυνάμεις πέδησης, αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι το Q_{tk} μπορεί να είναι τόσο αρνητικό όσο και θετικό.

Φυγόκεντρες και άλλες εγκάρσιες δυνάμεις

Η φυγόκεντρος δύναμη Q_{tk} πρέπει να λαμβάνεται ως εγκάρσια δύναμη ασκούμενη στο επίπεδο του αποπερατωμένου οδοστρώματος και ακτινικά ως προς τον άξονα του οδοστρώματος. Η χαρακτηριστική τιμή του Q_{tk} , συμπεριλαμβανομένων και των δυναμικών επιδράσεων, θα πρέπει να λαμβάνεται από τον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 – Χαρακτηριστικές τιμές των φυγόκεντρων δυνάμεων

$Q_{tk} = 0,2Q_v$ (kN)	αν $r < 200$ m
$Q_{tk} = 40Q_v / r$ (kN)	αν $200 \leq r \leq 1500$ m
$Q_{tk} = 0$	αν $r > 1500$ m

όπου:

r : είναι η οριζόντια ακτίνα του κεντρικού άξονα του οδοστρώματος. [m]

Q_v : είναι το συνολικό μέγιστο βάρος των κατακόρυφων συγκεντρωμένων φορτίων

των συστημάτων δίδυμου άξονα της Πρότυπης Φόρτισης 1, δηλ. $\sum_i \alpha_{Qi} (2Q_{ik})$ (βλέπε Πίνακα 3.1).

Το Q_{tk} θα πρέπει να θεωρείται ότι δρά ως σημειακό φορτίο σε οποιαδήποτε διατομή του καταστρώματος.

Όπου συντρέχει, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, πλευρικές δυνάμεις από λοξή πέδηση ή ολίσθηση. Μια εγκάρσια δύναμη πέδησης, Q_{tk} . Ίση με το 25% της διαμήκου πέδησης ή επιτάχυνσης Q_{tk} , θα πρέπει να θεωρείται ότι δρα ταυτόχρονα με το Q_{tk} στο επίπεδο του αποπερατωμένου οδοστρώματος.

4.2 Άνεμος

Οι δράσεις ανέμου σε γέφυρες δημιουργούν δυνάμεις στις διευθύνσεις x , y , και z όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2,

Όπου :

x - διεύθυνση είναι η διεύθυνση παράλληλα με το πλάτος του καταστρώματος, κάθετα προς το άνοιγμα

y - διεύθυνση είναι η διεύθυνση παράλληλα με το άνοιγμα

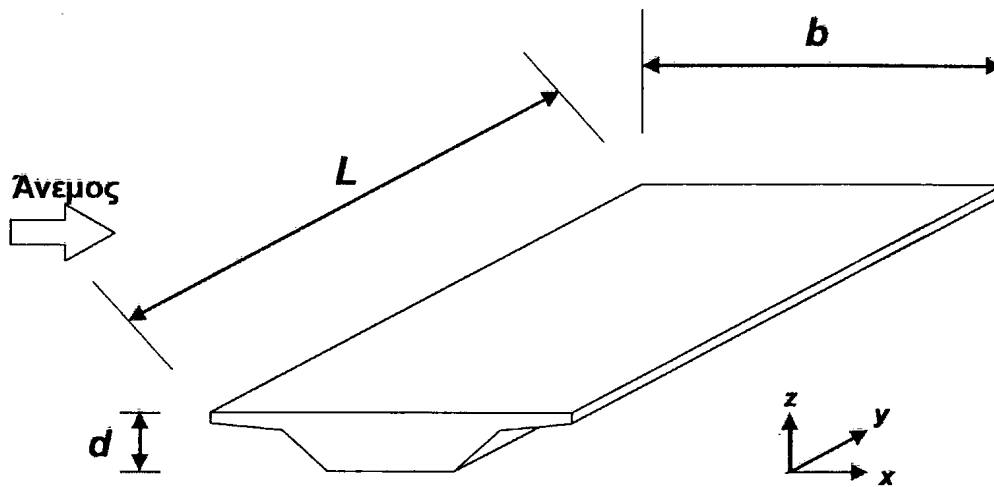
z - διεύθυνση είναι η διεύθυνση κάθετα προς το κατάστρωμα

Οι δυνάμεις που προκαλούνται στις διευθύνσεις x και y οφείλονται σε άνεμο που πνέει σε διαφορετικές διευθύνσεις και κανονικά δεν είναι ταυτόχρονες. Οι δυνάμεις που προκαλούνται στη διεύθυνση z μπορούν να προκύψουν από την πνοή του ανέμου σε πολλές διευθύνσεις. Εάν είναι δυσμενείς και σημαντικές, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως ταυτόχρονες με τις δυνάμεις που προκαλούνται σε κάθε άλλη διεύθυνση.

L μήκος στη διεύθυνση y

b πλάτος στη διεύθυνση x

d ύψος στη διεύθυνση z



Σχήμα 4.2 — Διευθύνσεις των δράσεων του ανέμου σε γέφυρες

Η πίεση του ανέμου η οποία δρα στις εξωτερικές επιφάνειες της γέφυρας προκύπτουν από τη σχέση:

$$W_e = q_{ref} * C_e(z_e) * C_{pe} \quad (4.2)$$

όπου :

q_{ref} : η πίεση αναφοράς που αντιστοιχεί στη μέση ταχύτητα αναφοράς του ανέμου

$C_e(z_e)$: ο συντελεστής έκθεσης, ο οποίος λαμβάνει υπόψη την επιρροή της τραχύτητας του περιβάλλοντος εδάφους, της τοπογραφίας και του ύψους (z_e) πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, από της μέσης ταχύτητας του ανέμου.

C_{pe} : ο συντελεστής εξωτερικής πίεσης.

4.3 Θερμοκρασιακές μεταβολές

Σύμφωνα με τον EC1 οι δράσεις λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών είναι έμμεσες και κατασسونται στις μεταβλητές, ελεύθερες δράσεις και θα πρέπει να προσδιορίζονται για κάθε κατάσταση σχεδιασμού που προβλέπεται.

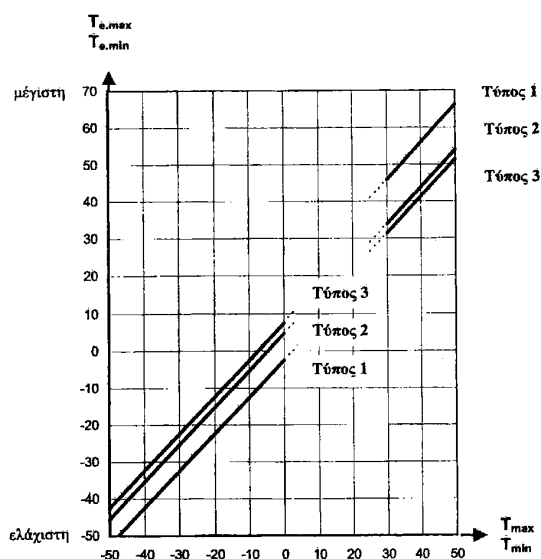
Η κατανομή της θερμοκρασίας μέσα σε μια διατομή ενός στοιχείου οδηγεί στην παραμόρφωση του στοιχείου αυτού. Όταν η παραμόρφωση αυτή παρεμποδίζεται καθ' οποιονδήποτε τρόπο, αναπτύσσονται τάσεις στο στοιχείο. Ανάλογοι έλεγχοι πρέπει να γίνονται και στα στοιχεία στήριξης της κατασκευής (π.χ. στα εφέδρανα) ώστε αφ' ενός να εξασφαλισθεί η ασφαλής μεταφορά των πρόσθετων δράσεων κι αφ' ετέρου να αντιμετωπισθεί η επαύξηση της έντασης στην κατασκευή.

Για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών τιμών θερμοκρασιακών μεταβολών, τα καταστρώματα γεφυρών κατασسونται ως ακολούθως:

- | | |
|---------|--|
| Τύπος 1 | Χαλύβδινο δάπεδο επί κιβοτοειδών ή ανοικτών ή δικτυωτών δοκών από χάλυβα |
| Τύπος 2 | Δάπεδο από σκυρόδεμα επί κιβοτοειδών ή ανοικτών ή δικτυωτών δοκών από χάλυβα |
| Τύπος 3 | Δάπεδο από σκυρόδεμα επί ανοικτών ή κιβοτοειδών δοκών από σκυρόδεμα |

Για την ομοιόμορφη συνιστώσα η ελάχιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό την σκιά (T_{min}) και η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό σκιά (T_{max}) για τη θέση του έργου θα προσδιορίζονται από ισοθερμικές καμπύλες.

Η ελάχιστη και η μέγιστη συνιστώσα ομοιόμορφης θερμοκρασίας γέφυρας ($T_{e.min}$) και ($T_{e.max}$) θα πρέπει να προσδιορίζονται.



Σχήμα 4.3: Σχέση μεταξύ ελάχιστης/μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό σκιά (T_{\min}/T_{\max}) και ελάχιστης/μέγιστης συνιστώσας ομοιόμορφης θερμοκρασίας γέφυρας ($T_{e,\min}/T_{e,\max}$)

Οι τιμές στο Σχήμα 4.3 βασίζονται σε ημερήσια εύρη θερμοκρασίας 10°C . Τα εύρη αυτά μπορούν να θεωρηθούν κατάλληλα για τα περισσότερα κράτη-μέλη.

Η αρχική θερμοκρασία της γέφυρας (T_0) κατά τον χρόνο εκδήλωσης της παρεμπόδισης μπορεί ναληφθεί από το Παράρτημα Α για τον υπολογισμό της συστολής έως την ελάχιστη συνιστώσα της ομοιόμορφης θερμοκρασίας της γέφυρας και της διαστολής έως την μέγιστη συνιστώσα της ομοιόμορφης θερμοκρασίας της γέφυρας.

Συνεπώς, για συστολή η χαρακτηριστική τιμή του μεγίστου εύρους της συνιστώσας της ομοιόμορφης θερμοκρασίας της γέφυρας $\Delta T_{N,\text{con}}$, θα πρέπει να λαμβάνεται από τη σχέση

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\min} \quad (4.3)$$

Και για τη διαστολή η χαρακτηριστική τιμή του μεγίστου εύρους της συνιστώσας της ομοιόμορφης θερμοκρασίας της γέφυρας $\Delta T_{N,\text{exp}}$, θα πρέπει να λαμβάνεται από τη σχέση

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\max} - T_0 \quad (4.4)$$

Το συνολικό εύρος της συνιστώσας της ομοιόμορφης θερμοκρασίας της γέφυρας είναι

$$\Delta T_N = T_{e,\max} - T_{e,\min} \quad (4.5)$$

Για τη γραμμική συνιστώσα της θερμοκρασίας, η οποία είναι αποτέλεσμα θέρμανσης και ψύξης του καταστρώματος μέσα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο, κατά την οποία εμφανίζεται μια μέγιστη θετική και μια μέγιστη αρνητική μεταβολή της θερμοκρασίας, οι χαρακτηριστικές τιμές της γραμμικής διαφοράς θερμοκρασίας δίνονται από τον πίνακα 4.2.

Τύπος καταστρώματος	Άνω επιφάνεια θερμότερη από την κάτω	Κάτω επιφάνεια θερμότερη από την άνω
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Τύπος 1: Χαλύβδινο κατάστρωμα	18	13
Τύπος 2: Σύμμικτο κατάστρωμα	15	18
Τύπος 3: Κατάστρωμα από Ω.Σ.: - κιβωτοειδής διατομή - δοκός - πλάκα	10 15 15	5 8 8
<p>ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1: Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα αντιπροσωπεύουν άνω οριακές τιμές της γραμμικής συνιστώσας της θερμοκρασιακής διαφοράς για αντιπροσωπευτικές περιπτώσεις γεωμετρίας γεφυρών.</p> <p>ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2: Οι τιμές που δίνονται στον πίνακα βασίζονται σε πάχος επικραμειακής στρώσης 50mm για οδογέφυρες και σιδηροδρομικές γέφυρες. Για διαφορετικού πάχους επικραμειακές στρώσεις οι τιμές αυτές θα πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή k_{sur}. Συνιστώμενες τιμές για τον k_{sur} δίνονται στον Πίνακα 6.2.</p>		

Πίνακας 4.2: Συνιστώμενες τιμές της γραμμικής συνιστώσας της θερμοκρασιακής διαφοράς για διάφορους τύπους καταστρωμάτων οδογεφυρών, πεζογεφυρών και σιδηροδρομικών γεφυρών

4.4 Σεισμός

Ο σεισμός σχεδιασμού καθορίζεται από τον ΕΑΚ.

Ο προσδιορισμός των μαζών γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μόνιμων φορτίων της γέφρας με τις χαρακτηριστικές τιμές τους, καθώς και τις οιονεί μόνιμες τιμές των μεταβλητών δράσεων με τιμή $\Psi_{21} * Q_{1k}$.

Σε οδογέφυρες με κανονική κυκλοφορία λαμβάνεται $\Psi_{21}=0$.

Εάν η συνολική σεισμική δράση σχεδιασμού αναλαμβάνεται από ελαστομεταλλικά εφένδρανα, η εύκαμψία των εφένδράνων συνεπάγεται πρακτικά ελαστική συμπεριφορά του συστήματος ($q=1.00$).

Το πιθανό μέγιστο αποτέλεσμα δράσης E , που οφείλεται στην ταυτόχρονη εφαρμογή των σεισμικών δράσεων παράλληλα προς τους οριζόντιους άξονες X, Y και τον κατακόρυφο άξονα Z , μπορεί να υπολογισθεί σύμφωνα με το EN 1998-1: 2004, με την εφαρμογή του κανόνα ΤΡΑΤ στα μαγάλα αποτελέσματα δράσης E_x, E_y και E_z που οφείλονται σε ανεξάρτητες σεισμικές δράσεις σε κάθε άξονα:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (4.6)$$

Εναλλακτικά, είναι επαρκές να χρησιμοποιείται ως σεισμική δράση σχεδιασμού A_{Ed} η δυσμενέστερη τιμή από τους ακόλουθως συνδιασμούς:

$$A_{Ex} + 0.30A_{Ey} + 0.30A_{Ez}$$

$$0.30A_{Ex} + A_{Ey} + 0.30A_{Ez}$$

$$0.30A_{Ex} + 0.30A_{Ey} + A_{Ez}$$

όπου :

A_{Ex} : είναι η τιμή αποιουδήποτε από τα εντατικά μεγέθη της διατομής (M_x, M_y, V_x, V_y, N), που προκύπτουν για σεισμό κατά τη διεύθυνση x .

A_{Ey} και A_{Ez} : είναι η τιμλη του ίδιου μεγέθους που προκύπτει για σεισμό κατά τη διεύθυνση y και z αντίστοιχα.

Το “+” είναι το σύμβολο της επαλληλίας, εφόσον προκύπτει δυσμενέστερο αποτέλεσμα. Σημειώνεται ότι το πρόσημο των εντατικών μεγέθων εναλλάσσεται ανάλογα με τη φορά της σεισμικής δράσης.

Ο σεισμικός συνδυασμός σχεδιασμού των αποτελεσμάτων των δράσεων δίνεται από την σχέση:

$$E_d = G_k + A_{Ed} + \psi_{21} * Q_{1k} \quad (4.7)$$

4.5 Συνδυασμοί δράσεων

Οι συνδυασμοί φορτίσεων, γίνονται σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 1 για τις στατικές φορτίσεις.

· Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

Αντιμετωπίζεται με τους συνδυασμούς φορτίσεων των φορτίσεων φορτίσεων με τους κατάλληλους συντελεστές δράσεων ψ_0 και ψ_2 κατά τον EC1 και ΕΑΚ 2003 αντίστοιχα.

Ελέγχονται οι συνδυασμοί : $1.35G + 1.35Q + 1.50\psi W$

G: μόνιμα, Q: κινητά, ψ : 0.60, W: ανεμοπίεση

· Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας

Για τον έλεγχο των παραμόρφώσεων πραγματοποιούνται οι συνδυασμοί των βασικών φορτίσεων με τους κατάλληλους συντελεστές.

Ελέγχονται οι συνδυασμοί: $1.00G + 1.00Q + 0.90T_{πεδησης} + 0.90W$

· Σεισμικοί Συνδυασμοί

$1.00G + 0.50Q \pm 1.00E_x \pm 0.30E_y \pm 0.30E_z$

$1.00G + 0.50Q \pm 0.30E_x \pm 1.00E_y \pm 0.30E_z$

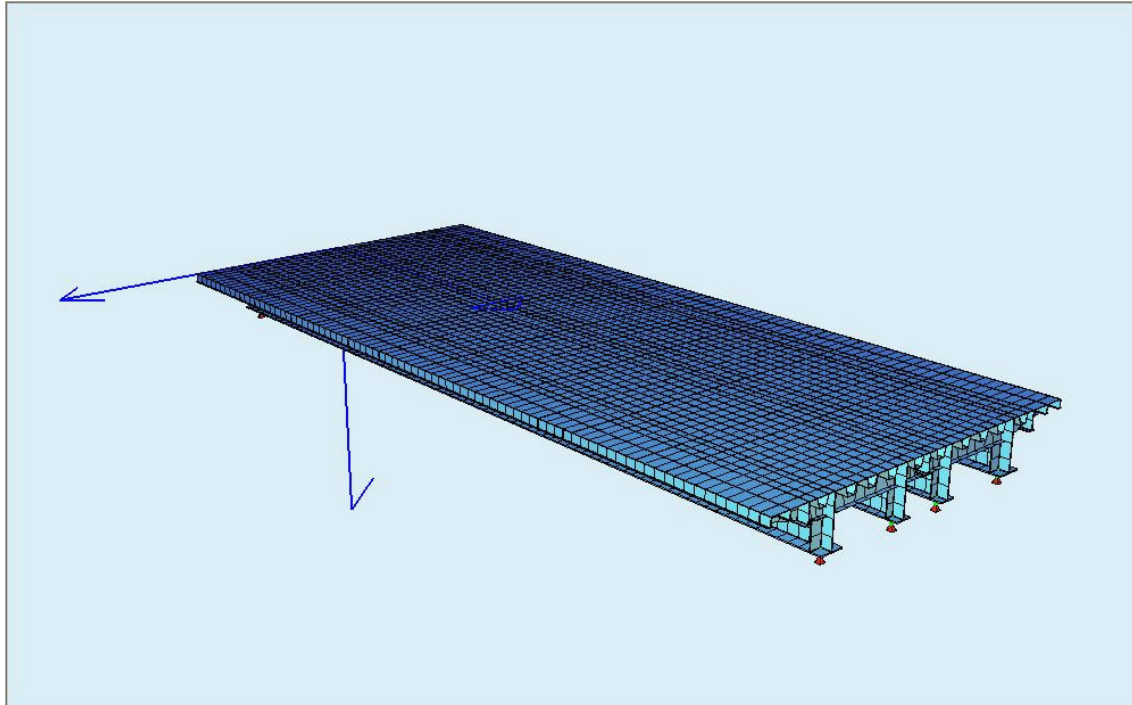
$1.00G + 0.50Q \pm 0.30E_x \pm 0.30E_y \pm 0.70E_z$

· Συνδυασμοί Κόπωσης

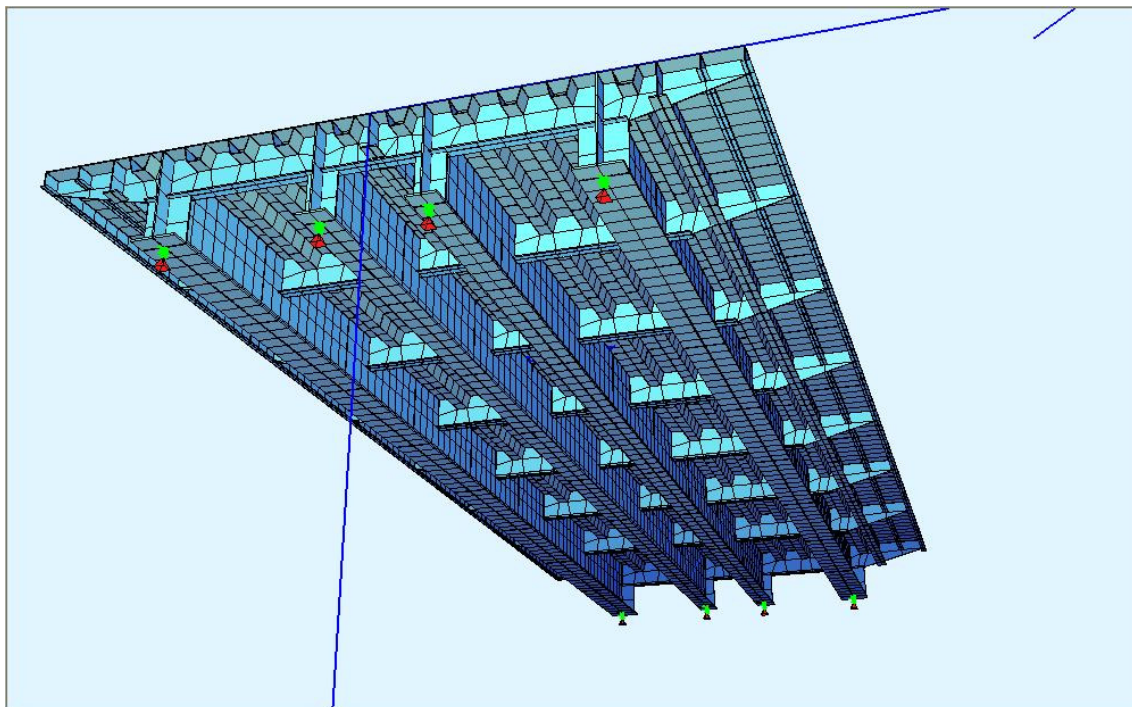
$1.00G + 0.30Q_{κυκλοφοριας/ομοιομ.} + 0.70Q_{κυκλοφοριας/SLW}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

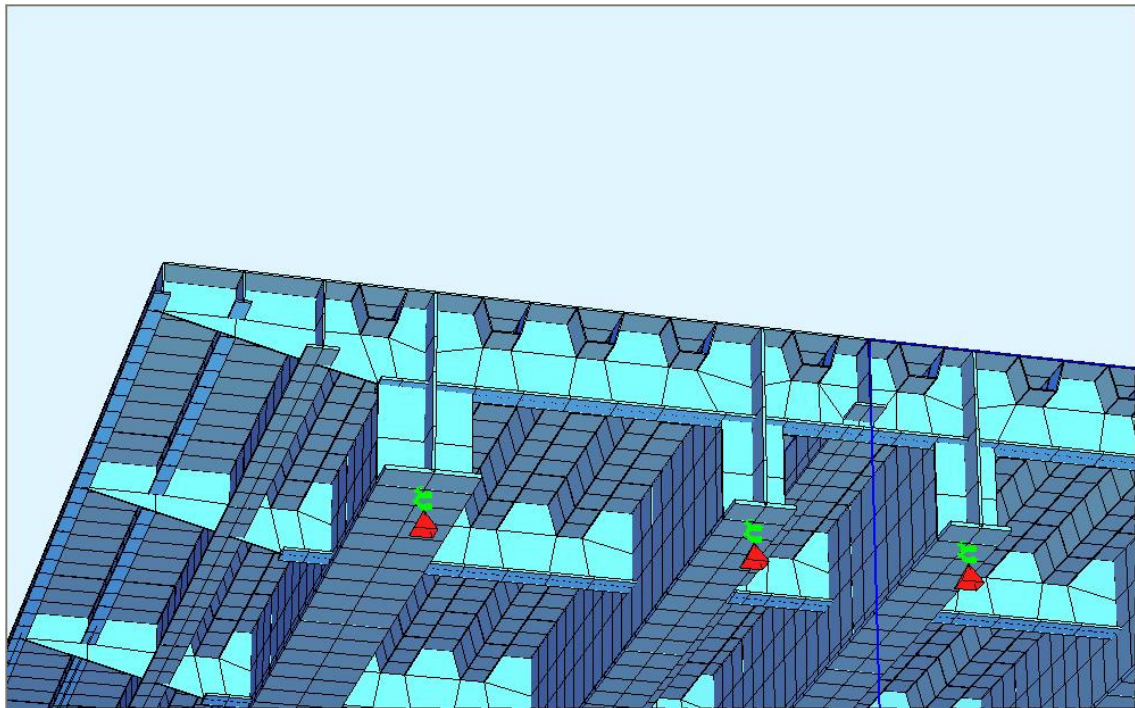
Ανάλυση Φορέα – Αποτελέσματα Ανάλυσης



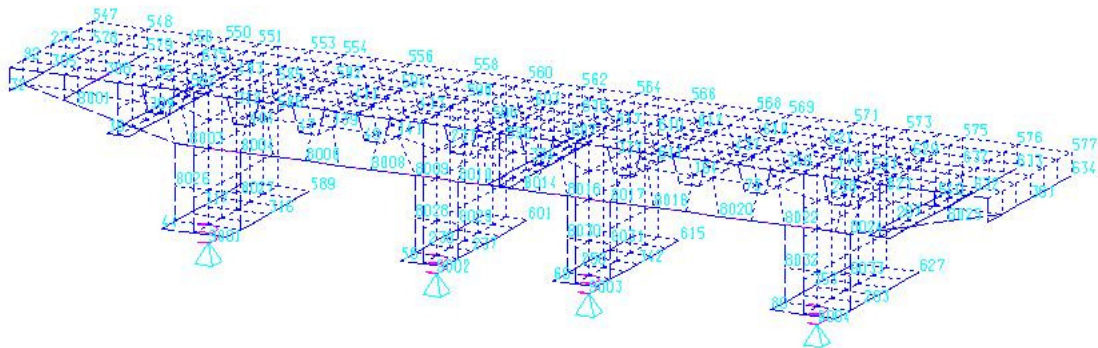
Γενική άποψη μοντέλου γέφυρας 20,9 m



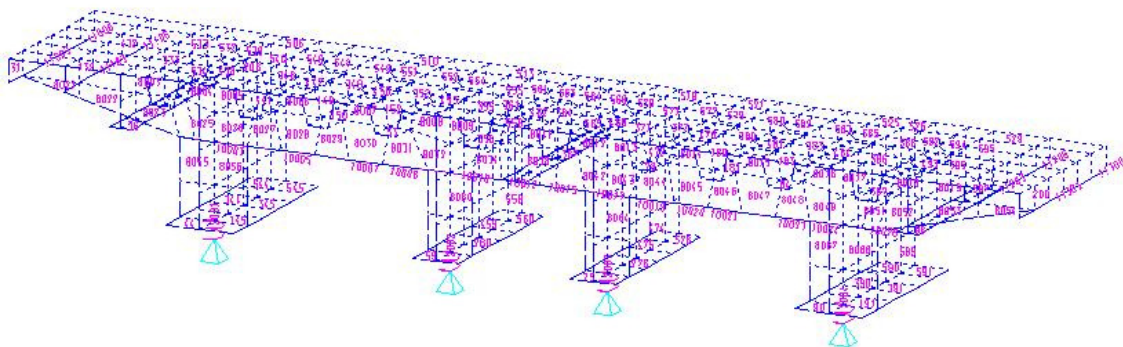
Δοκοί, διαδοκίδες και εδράσεις μοντέλου γέφυρας 20,9 m



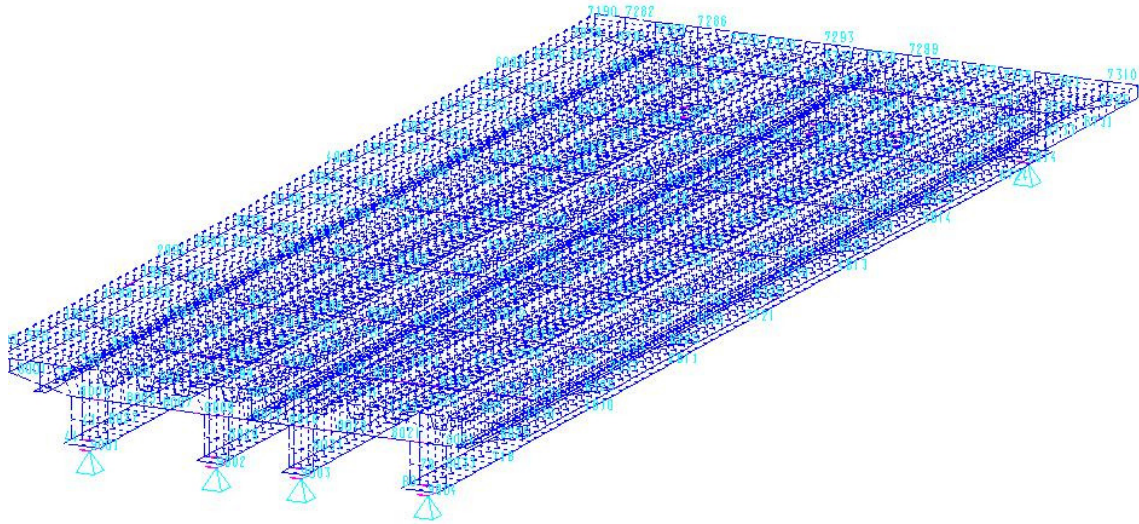
Λεπτομέρεια μόρφωσης μοντέλου γέφυρας 20,9 m



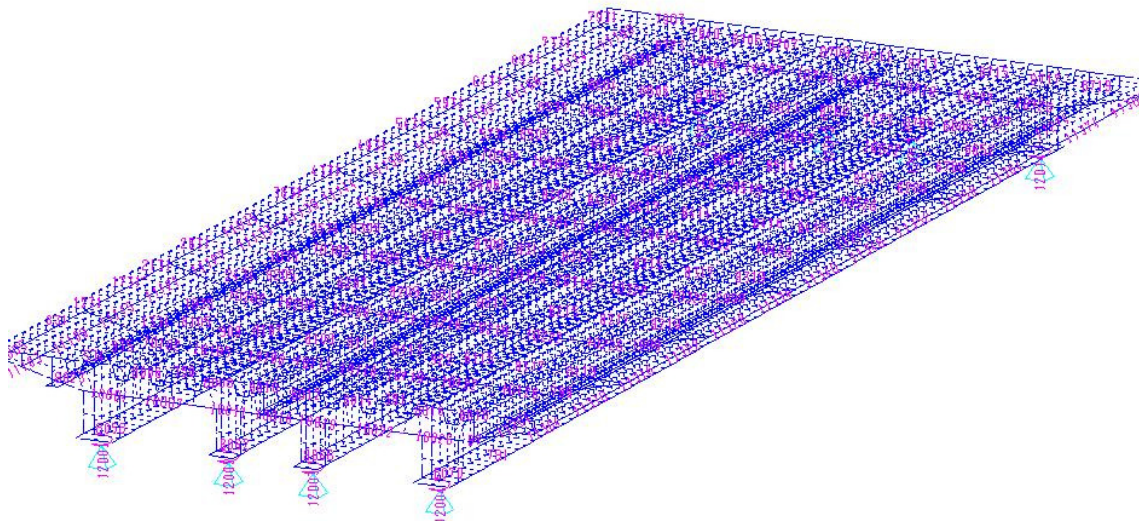
Λεπτομέρεια αρίθμησης κόμβων μοντέλου γέφυρας 20,9 m



Λεπτομέρεια αρίθμησης στοιχείων μοντέλου γέφυρας 20,9 m



Ενδεικτική αρίθμηση κόμβων συνολικού μοντέλου γέφυρας 20,9 m



Ενδεικτική αρίθμηση στοιχείων συνολικού μοντέλου γέφυρας 20,9 m

ΑΡΧΕΙΟ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

```

+PROG AQUA urs:1
HEAD
ECHO FULL
STEE 1 S 235
SREC 1 .018 .20
SREC 2 .015 .10
END
+PROG GENF urs:2
HEAD GEFYRA 20.90 M
PAGE FIRS 1 LINE 65 LANO 1
ECHO FULL
SYST SPAC
NODE      1      0.000   -4.500    0.000
           2      0.000   -4.000    0.000
           3      0.000   -3.500    0.000
           4      0.000   -3.280    0.000
           5      0.000   -2.980    0.000
           6      0.000   -2.800    0.000
           7      0.000   -2.500    0.000
           8      0.000   -2.200    0.000
           9      0.000   -1.900    0.000
          10      0.000   -1.600    0.000
...
...
...
      8729    20.639   -0.5      0.9
      8730    20.639    0.5      0.9
      8731    20.639    0.9      0.9
      8732    20.639    2.5      0.9
      8733    20.639    3.1      0.9
      9001     0.261   -2.800    1.350  PP
      9002     0.261   -0.700    1.350  PP
      9003     0.261    0.700    1.350  PP
      9004     0.261    2.800    1.350  PP
      9011    20.639   -2.800    1.350  PP
      9012    20.639   -0.700    1.350  PP
      9013    20.639    0.700    1.350  PP
      9014    20.639    2.800    1.350  PP
QUAD      1      1      2      93      92  MNO 1 T 0.012
           2      2      3      94      93  MNO 1 T 0.012
           3      3      4      95      94  MNO 1 T 0.012
           4      4      5      96      95  MNO 1 T 0.012
           5      5      6      97      96  MNO 1 T 0.012
           6      6      7      98      97  MNO 1 T 0.012
           7      7      8      99      98  MNO 1 T 0.012
           8      8      9     100      99  MNO 1 T 0.012
           9      9     10     101     100  MNO 1 T 0.012
          10     10     11     102     101  MNO 1 T 0.012
          11     11     12     103     102  MNO 1 T 0.012
          12     12     13     104     103  MNO 1 T 0.012

```

13	13	14	105	104	MNO	1	T	0.012
14	14	15	106	105	MNO	1	T	0.012
15	15	16	107	106	MNO	1	T	0.012
16	16	17	108	107	MNO	1	T	0.012
17	17	18	109	108	MNO	1	T	0.012
18	18	19	110	109	MNO	1	T	0.012
19	19	20	111	110	MNO	1	T	0.012
20	20	21	112	111	MNO	1	T	0.012
21	21	22	113	112	MNO	1	T	0.012
22	22	23	114	113	MNO	1	T	0.012
23	23	24	115	114	MNO	1	T	0.012
24	24	25	116	115	MNO	1	T	0.012
25	25	26	117	116	MNO	1	T	0.012
26	26	27	118	117	MNO	1	T	0.012
27	27	28	119	118	MNO	1	T	0.012
28	28	29	120	119	MNO	1	T	0.012
29	29	30	121	120	MNO	1	T	0.012
30	30	31	122	121	MNO	1	T	0.012

...
...
...

SPRI	12001	9001	133	CP	1860000	4300
	12002	9002	145	CP	1860000	4300
	12003	9003	158	CP	1860000	4300
	12004	9004	170	CP	1860000	4300
	12011	9011	7231	CP	1860000	4300
	12012	9012	7243	CP	1860000	4300
	12013	9013	7256	CP	1860000	4300
	12014	9014	7268	CP	1860000	4300

END

Φορτία

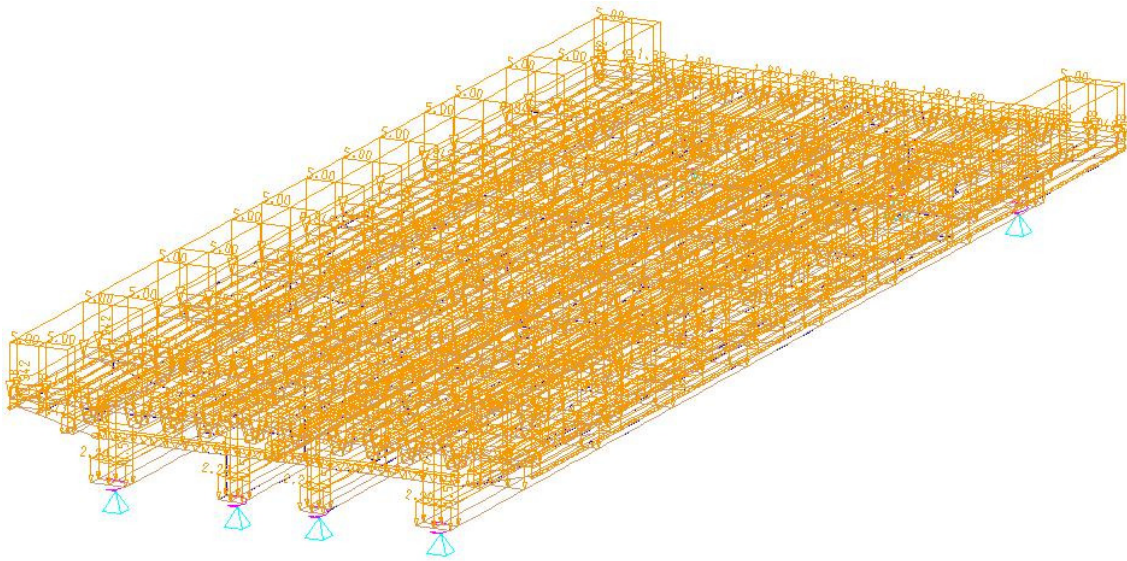
1. Ίδιο βάρος και λοιπά μόνιμα (LC-1)

Το ίδιο βάρος του φορέα λαμβάνεται απ' ευθείας υπόψιν στο πρόγραμμα με την εντολή DLZ 1.0 όπου για χάλυβα S235 θεωρείται $\gamma_s=78,5 \text{ kN/m}^3$. Για τα πεζοδρόμια θεωρείται πάχος πλάκας σκυροδέματος $t=20 \text{ cm}$. Για τον ασφαλοτάπητα θεωρείται πάχος $t=8 \text{ cm}$.

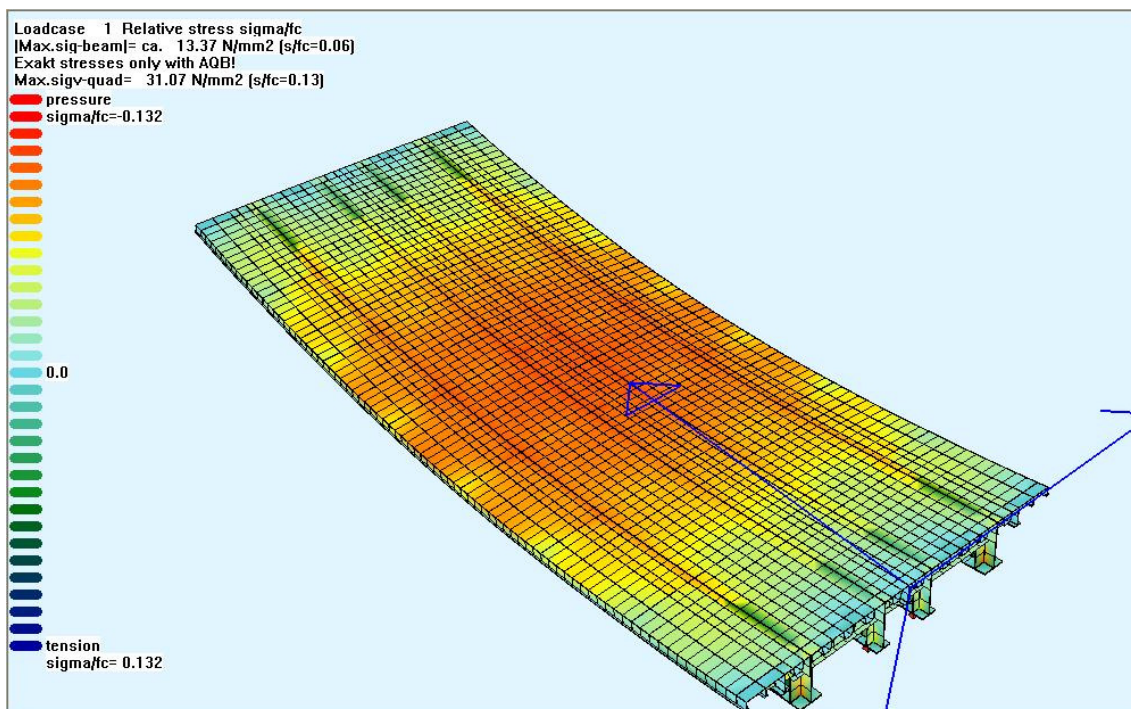
Ακολουθως, φαίνονται γραφικά τα φορτία στο μοντέλο, οι μετατοπίσεις, οι αντιδράσεις και οι τάσεις von-Mises λόγω της φόρτισης 1.

Δεδομένα Φόρτισης 1

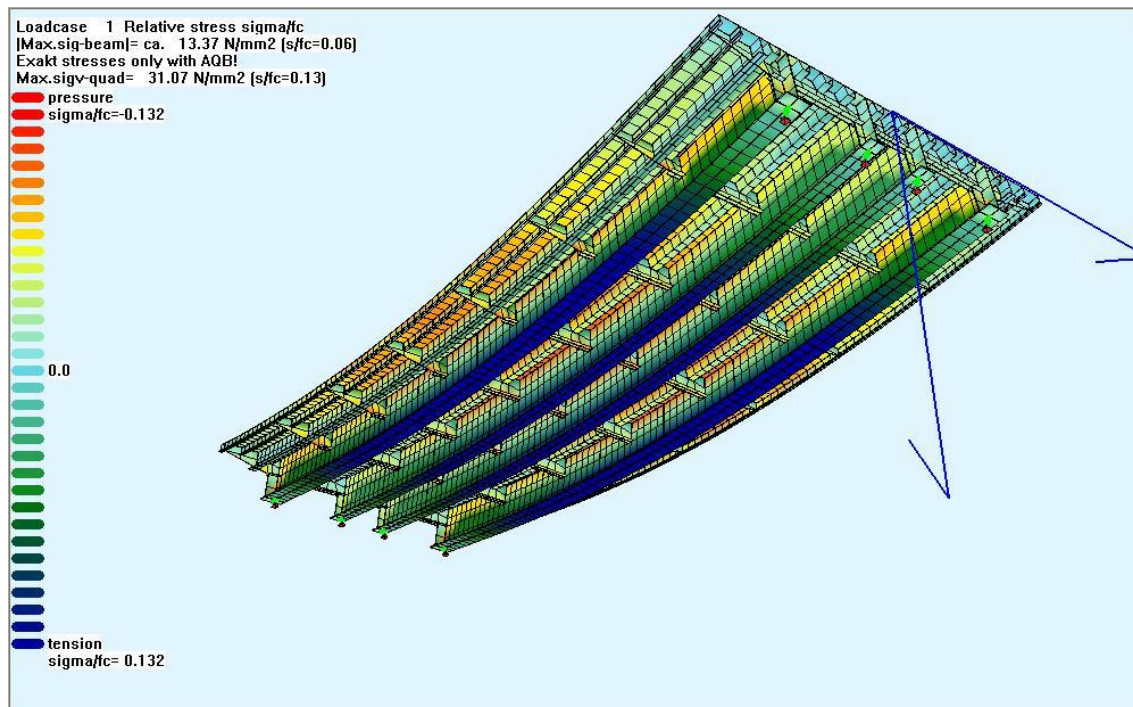
```
+PROG ASE urs:9
HEAD
PAGE LINE 65 LANO 1
ECHO LOAD
ECHO FORC
ECHO DISP
ECHO REAC
CTRL QYYP
HEAD Idio Baros & Loipa Monima
LC 1 DLZ 1.0
ELLO 1 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 2 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 3 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 4 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 5 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 6 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 7 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 8 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 9 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 10 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 11 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 12 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 13 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 14 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 15 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 16 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 17 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 18 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 19 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 20 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 21 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 22 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 23 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 24 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 25 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 26 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 27 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 28 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 29 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 30 8000 100 PZ .20*25.0
END
```



Φορτία από ίδιο βάρος και λοιπά μόνιμα (φόρτιση 1)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 1



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 1

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 1

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
 1 DLZ= 1.00 sum_PZ=1099.7 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 1
Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.053	43	1 MINZ-VX	-0.996	0.063	-0.222	-0.072	-1.280
-0.052	7323	1 MAXZ-VX	0.996	0.066	-0.223	-0.075	1.279
0.000	3721	1 MINZ-VY	0.000	-0.439	8.572	0.452	-0.002
0.000	3684	1 MAXZ-VY	0.000	0.439	8.572	-0.452	-0.002
0.001	7290	1 MINZ-VZ	-0.501	0.007	-0.263	0.083	1.352
0.002	3672	1 MAXZ-VZ	0.001	0.010	9.601	-0.690	0.011

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 1

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

1 DLZ= 1.00 sum_PZ=1099.7 kN

Printvolume : Max. or/and min. values

for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 1

Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY	
[kNm]	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
0.00	9011	1	MINZ-PX	-4.2	-0.3	-173.3	0.00	0.00
0.00	9001	1	MAXZ-PX	4.2	-0.3	-173.0	0.00	0.00
0.00	9011	1	MINZ-PY	-4.2	-0.3	-173.3	0.00	0.00
0.00	9014	1	MAXZ-PY	-4.2	0.3	-173.3	0.00	0.00
0.00	9011	1	MINZ-PZ	-4.2	-0.3	-173.3	0.00	0.00
0.00	9012	1	MAXZ-PZ	-3.8	-0.0	-101.5	0.00	0.00

Φορτία κυκλοφορίας (Μοντέλο φόρτισης 1)

α) Ομοιόμορφα φορτία λωρίδων (LC-2)

Για την κύρια λωρίδα κυκλοφορίας λαμβάνονται $9,0 \text{ kN/m}^2$ σε όλο το μήκος της γέφυρας ενώ για τη δευτερεύουσα λωρίδα λαμβάνεται $2,5 \text{ kN/m}^2$. Ως κινητό φορτίο πεζοδρομίων λαμβάνεται $2,5 \text{ kN/m}^2$.

β) Φορτία οχημάτων (LC-3 έως LC-8)

Τα φορτία οχημάτων λαμβάνονται κατά EC1 ως εξής: Το όχημα στην κύρια λωρίδα λαμβάνεται ως 4-τροχο με φορτίο άξονα 300 kN ενώ το όχημα στη δευτερεύουσα λωρίδα επίσης ως 4-τροχο με φορτίο άξονα 200 kN . Η κατανομή των φορτίων κάθε τροχού γίνεται βάσει του κανονισμού σε μία επιφάνεια διαστάσεων $0,40 \times 0,40 \text{ m}$.

Τα οχήματα λαμβάνονται σε 6 διαφορετικές θέσεις που κρίνονται ότι θα δώσουν δυσμενέστερα αποτελέσματα για τα διάφορα στοιχεία της γέφυρας. Συγκεκριμένα:

- β1) Άνοιγμα δεξιά κ.δοκός δυσμενέστερη (LC-3)
- β2) Άνοιγμα αριστερά κ.δοκός δυσμενέστερη (LC-4)
- β3) Άνοιγμα διαδοκίδα δυσμενέστερη (LC-5)
- β4) Άνοιγμα ενίσχυση δυσμενέστερη (LC-6)
- β5) Στήριξη κ.δοκός δυσμενέστερη (LC-7)
- β6) Στήριξη εφέδρανο δυσμενέστερη (LC-8)

Ακολούθως, φαίνονται γραφικά τα φορτία στο μοντέλο, οι μετατοπίσεις, οι αντιδράσεις και οι τάσεις von-Mises λόγω των φορτίσεων 2 έως 8.

Δεδομένα φορτίσεων 2 έως 8

CTRL QTYP

HEAD Fortia Kykloforias (Omoiomorfa)

LC 2

ELLO 1 8000 100 PZ 2.5
ELLO 2 8000 100 PZ 2.5
ELLO 3 8000 100 PZ 9.0
ELLO 4 8000 100 PZ 9.0
ELLO 5 8000 100 PZ 9.0
ELLO 6 8000 100 PZ 9.0
ELLO 7 8000 100 PZ 9.0
ELLO 8 8000 100 PZ 9.0
ELLO 9 8000 100 PZ 9.0
ELLO 10 8000 100 PZ 9.0
ELLO 11 8000 100 PZ 9.0
ELLO 12 8000 100 PZ 9.0
ELLO 13 8000 100 PZ 9.0
ELLO 14 8000 100 PZ 9.0
ELLO 15 8000 100 PZ 9.0
ELLO 16 8000 100 PZ 2.5
ELLO 17 8000 100 PZ 2.5
ELLO 18 8000 100 PZ 2.5
ELLO 19 8000 100 PZ 2.5
ELLO 20 8000 100 PZ 2.5
ELLO 21 8000 100 PZ 2.5
ELLO 22 8000 100 PZ 2.5
ELLO 23 8000 100 PZ 2.5
ELLO 24 8000 100 PZ 2.5
ELLO 25 8000 100 PZ 2.5
ELLO 26 8000 100 PZ 2.5
ELLO 27 8000 100 PZ 2.5
ELLO 28 8000 100 PZ 2.5
ELLO 29 8000 100 PZ 2.5
ELLO 30 8000 100 PZ 2.5

END

CTRL QTYP

HEAD Barea oxhmata sto anoigma (dysmenesteri k. dokos)

LC 3

NL 37*91+6 PZ 300/4
37*91+7 PZ 300/4
37*91+12 PZ 300/4
37*91+13 PZ 300/4
37*91+19 PZ 200/4
37*91+20 PZ 200/4
37*91+25 PZ 200/4
37*91+26 PZ 200/4
43*91+6 PZ 300/4
43*91+7 PZ 300/4
43*91+12 PZ 300/4

```
43*91+13 PZ 300/4
43*91+19 PZ 200/4
43*91+20 PZ 200/4
43*91+25 PZ 200/4
43*91+26 PZ 200/4
END
CTRL Q TYP
HEAD Barea oxhmata sto anoigma (dysmenesteres enisxyseis)
LC 4
NL 37*91+3 PZ 300/4
37*91+4 PZ 300/4
37*91+9 PZ 300/4
37*91+10 PZ 300/4
37*91+16 PZ 200/4
37*91+17 PZ 200/4
37*91+22 PZ 200/4
37*91+23 PZ 200/4
43*91+3 PZ 300/4
43*91+4 PZ 300/4
43*91+9 PZ 300/4
43*91+10 PZ 300/4
43*91+16 PZ 200/4
43*91+27 PZ 200/4
43*91+22 PZ 200/4
43*91+23 PZ 200/4
END
CTRL Q TYP
HEAD Barea oxhmata sto anoigma (dysmenesterh diadokida +)
LC 5
NL 34*91+6 PZ 300/4
34*91+7 PZ 300/4
34*91+12 PZ 300/4
34*91+13 PZ 300/4
34*91+19 PZ 200/4
34*91+20 PZ 200/4
34*91+25 PZ 200/4
34*91+26 PZ 200/4
40*91+6 PZ 300/4
40*91+7 PZ 300/4
40*91+12 PZ 300/4
40*91+13 PZ 300/4
40*91+19 PZ 200/4
40*91+20 PZ 200/4
40*91+25 PZ 200/4
40*91+26 PZ 200/4
END
```

CTRL QTYP

HEAD Barea oxhmata sto anoigma (dysmenesterh diadokida -)

LC 6

NL 34*91+3 PZ 300/4
34*91+4 PZ 300/4
34*91+9 PZ 300/4
34*91+10 PZ 300/4
34*91+16 PZ 200/4
34*91+17 PZ 200/4
34*91+22 PZ 200/4
34*91+23 PZ 200/4
40*91+3 PZ 300/4
40*91+4 PZ 300/4
40*91+9 PZ 300/4
40*91+10 PZ 300/4
40*91+16 PZ 200/4
40*91+27 PZ 200/4
40*91+22 PZ 200/4
40*91+23 PZ 200/4

END

CTRL QTYP

HEAD Barea oxhmata sti stiriksi (diadokida +)

LC 7

NL 1*91+6 PZ 300/4
1*91+7 PZ 300/4
1*91+12 PZ 300/4
1*91+13 PZ 300/4
1*91+19 PZ 200/4
1*91+20 PZ 200/4
1*91+25 PZ 200/4
1*91+26 PZ 200/4
7*91+6 PZ 300/4
7*91+7 PZ 300/4
7*91+12 PZ 300/4
7*91+13 PZ 300/4
7*91+19 PZ 200/4
7*91+20 PZ 200/4
7*91+25 PZ 200/4
7*91+26 PZ 200/4

END

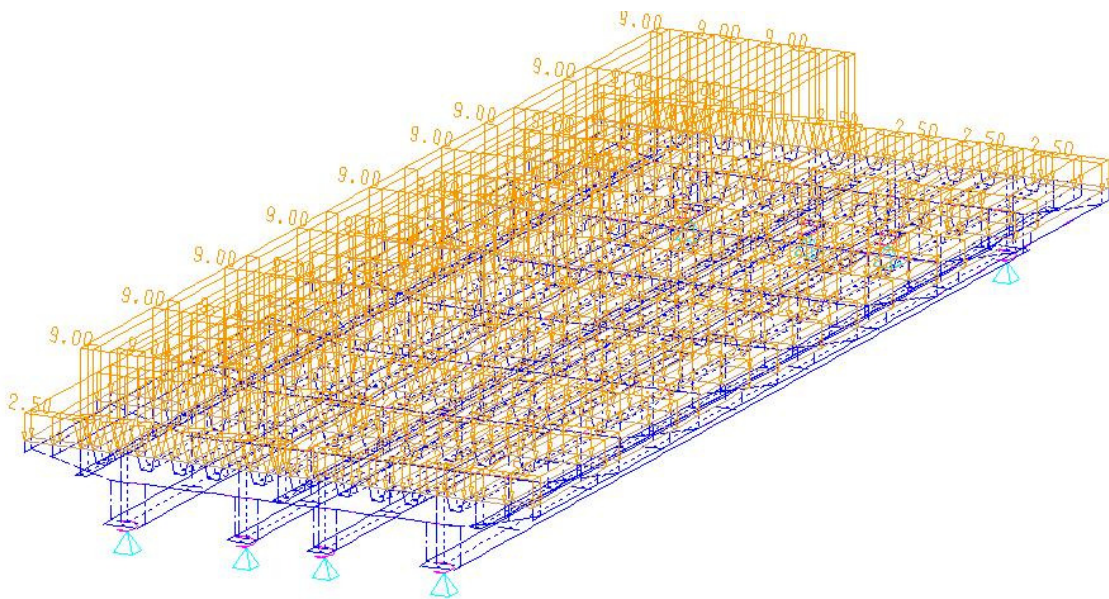
CTRL QTYP

HEAD Barea oxhmata sti sthriksi (diadokida -)

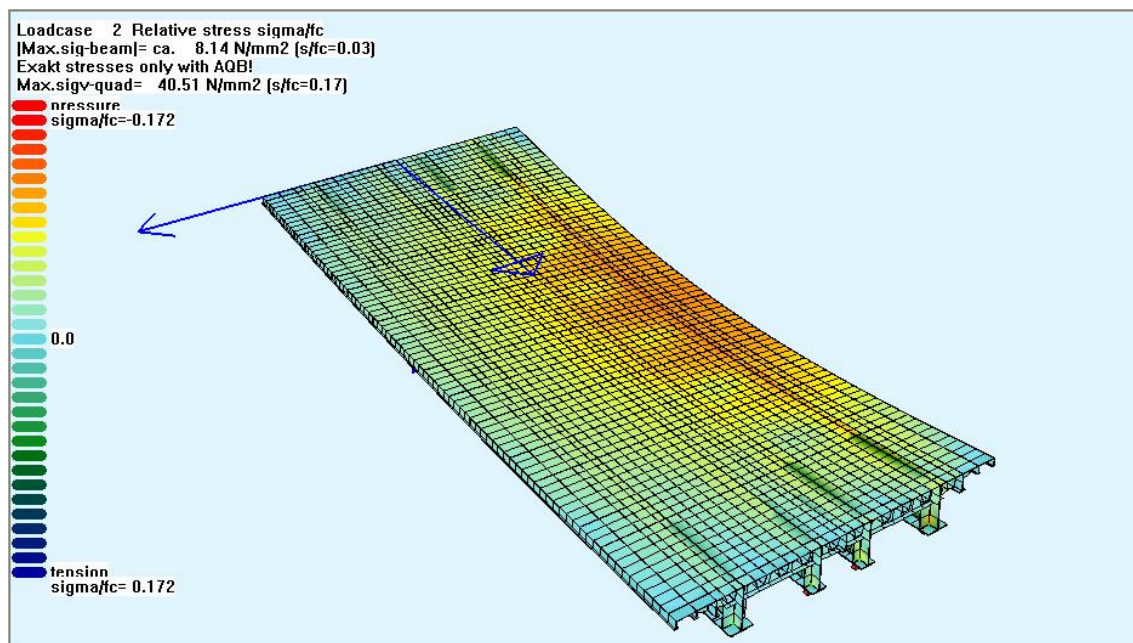
LC 8

NL 1*91+3 PZ 300/4
1*91+4 PZ 300/4
1*91+9 PZ 300/4
1*91+10 PZ 300/4
1*91+16 PZ 200/4
1*91+17 PZ 200/4
1*91+22 PZ 200/4
1*91+23 PZ 200/4
7*91+3 PZ 300/4
7*91+4 PZ 300/4
7*91+9 PZ 300/4
7*91+10 PZ 300/4
7*91+16 PZ 200/4
7*91+27 PZ 200/4
7*91+22 PZ 200/4
7*91+23 PZ 200/4

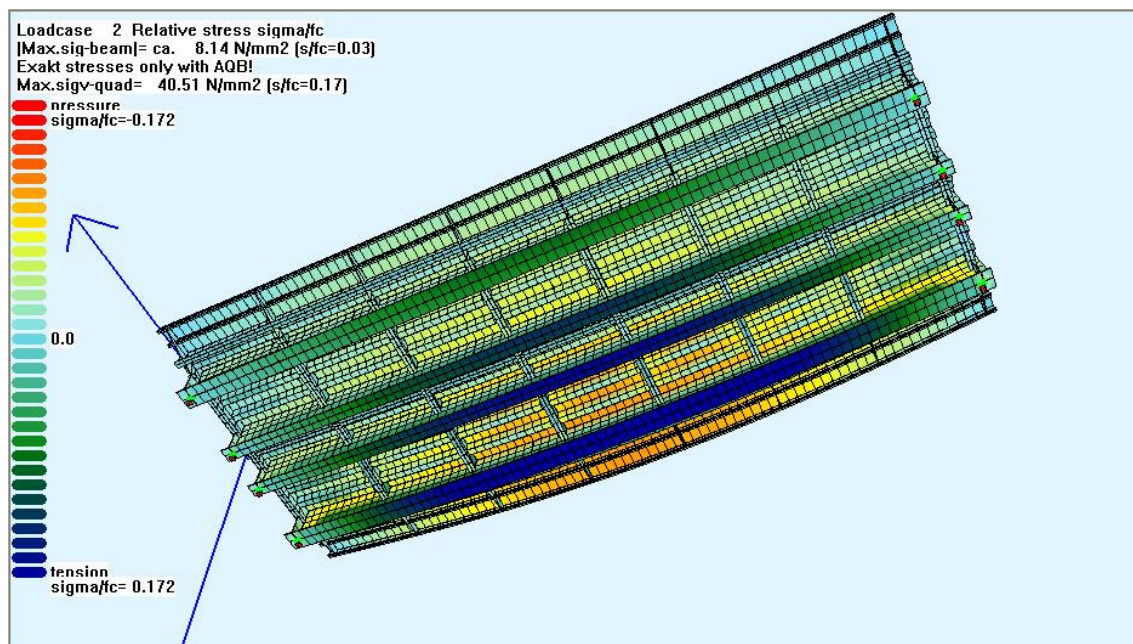
END



Φορτία από ομοιόμορφα κινητά (φόρτιση 2)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 2



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 2

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 2

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
 2 sum_PZ=945.73 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 2
Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.239	43	2 MINZ-VX	-1.286	-0.045	-0.260	-0.045	-1.574
-0.238	7323	2 MAXZ-VX	1.286	-0.046	-0.260	-0.043	1.574
-0.207	7360	2 MINZ-VY	0.371	-0.083	-0.106	0.005	0.607
0.000	3696	2 MAXZ-VY	0.000	1.648	7.974	-1.117	0.000
0.038	32	2 MINZ-VZ	0.167	0.003	-0.352	-0.020	-2.040
0.002	3672	2 MAXZ-VZ	0.000	0.452	12.837	-1.496	0.003

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 2

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

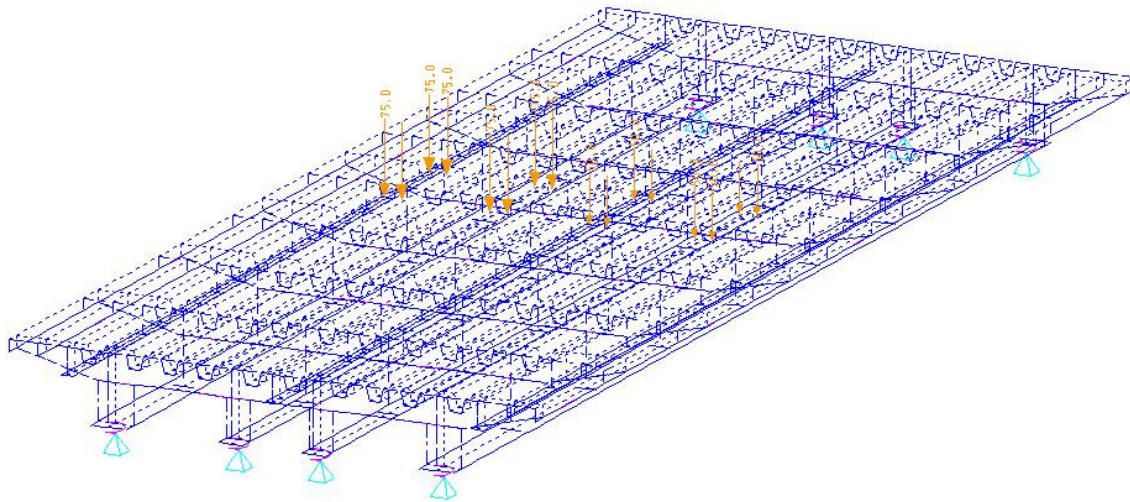
Loadcasenumber Title
2 sum_PZ=945.73 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

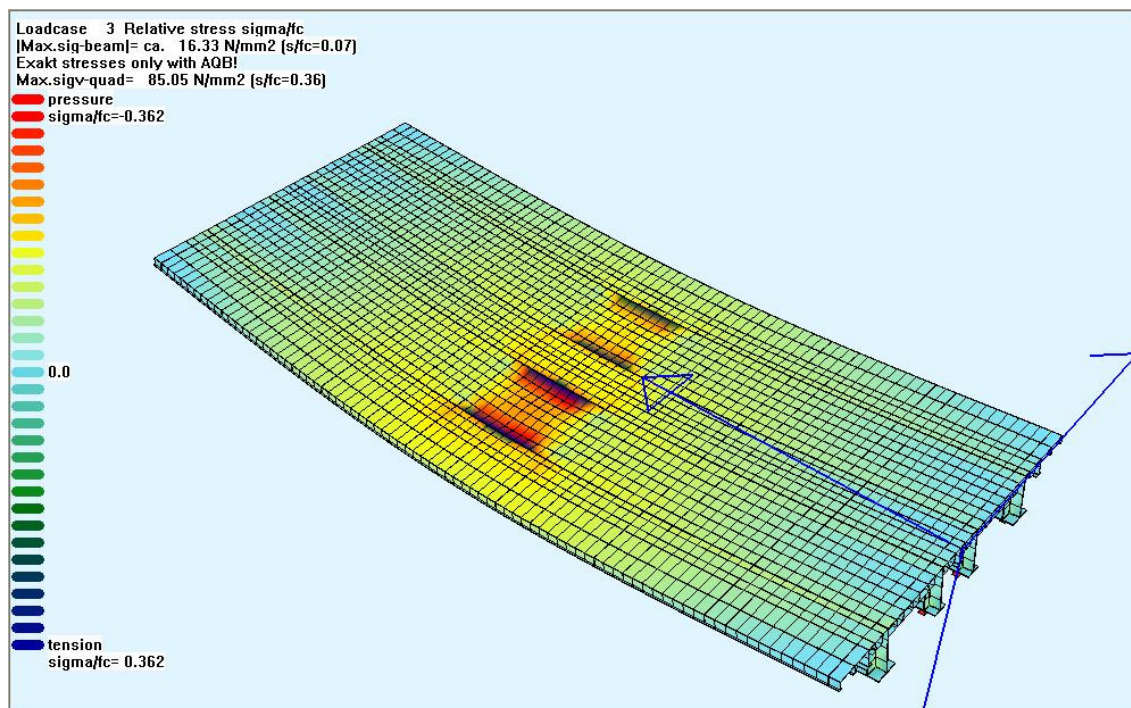
Loadcases : 2
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9011	2	MINZ-PX	-5.2	-0.1	-205.7	0.00	0.00
0.00	9001	2	MAXZ-PX	5.2	-0.1	-205.7	0.00	0.00
0.00	9012	2	MINZ-PY	-3.9	-0.1	-120.6	0.00	0.00
0.00	9014	2	MAXZ-PY	-1.9	0.1	-67.5	0.00	0.00
0.00	9011	2	MINZ-PZ	-5.2	-0.1	-205.7	0.00	0.00
0.00	9004	2	MAXZ-PZ	1.9	0.1	-67.3	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β1 (φόρτιση 3)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 3

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 3

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
 3 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 3
Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.131	43	3 MINZ-VX	-1.601	-0.025	-0.395	-0.021	-2.013
-0.132	7323	3 MAXZ-VX	1.602	-0.026	-0.394	-0.021	2.013
-0.074	7310	3 MINZ-VY	-0.468	-0.074	-0.334	-0.034	1.327
-0.003	3696	3 MAXZ-VY	-0.001	1.211	12.865	-0.361	-0.017
0.031	7281	3 MINZ-VZ	-0.716	0.050	-0.575	0.181	2.285
0.005	3672	3 MAXZ-VZ	0.000	0.188	15.676	-0.923	-0.007

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 3

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

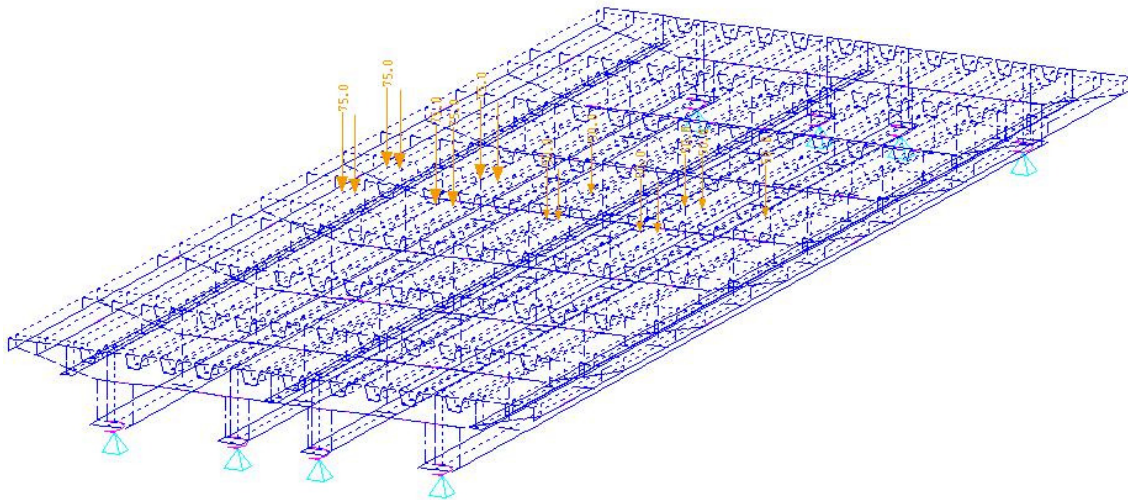
Loadcasenumber Title
 3 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

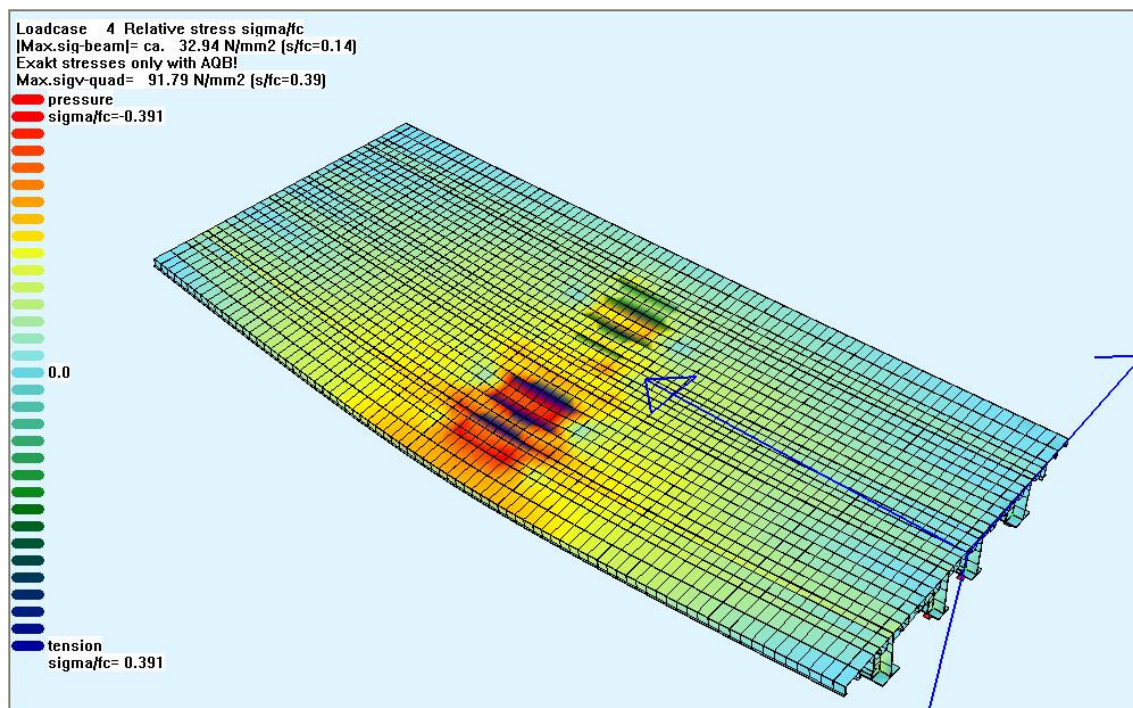
Loadcases : 3
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9011	3	MINZ-PX	-6.7	-0.0	-171.2	0.00	0.00
0.00	9001	3	MAXZ-PX	6.7	-0.0	-171.2	0.00	0.00
0.00	9012	3	MINZ-PY	-5.9	-0.0	-113.6	0.00	0.00
0.00	9013	3	MAXZ-PY	-5.4	0.1	-104.0	0.00	0.00
0.00	9001	3	MINZ-PZ	6.7	-0.0	-171.2	0.00	0.00
0.00	9003	3	MAXZ-PZ	5.4	0.1	-104.0	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β2 (φόρτιση 4)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 4

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 4

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

4 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 4

Elements : All

Nodes

		Nodal Displacements						
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
0.497	43	4	MINZ-VX	-2.235	-0.122	-0.518	-0.041	-2.640
-0.497	7323	4	MAXZ-VX	2.234	-0.121	-0.518	-0.042	2.636
0.465	68	4	MINZ-VY	-0.999	-0.136	-0.313	0.010	-1.457
0.000	3684	4	MAXZ-VY	0.000	3.421	19.470	-1.902	-0.012
0.008	1	4	MINZ-VZ	1.002	0.030	-0.816	0.293	-3.343
0.013	3672	4	MAXZ-VZ	-0.003	0.895	24.503	-3.025	-0.021

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 4

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

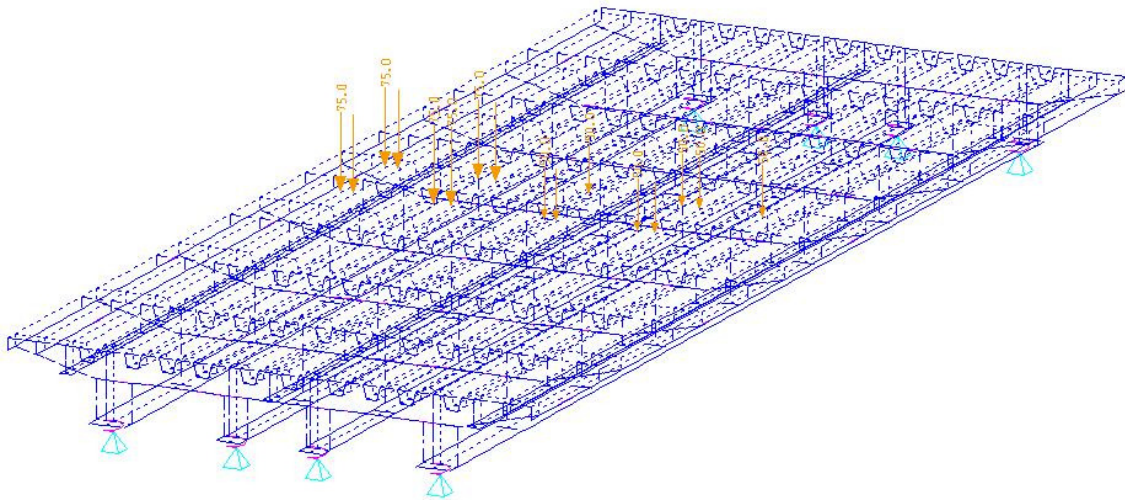
Loadcasenumber Title
 4 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

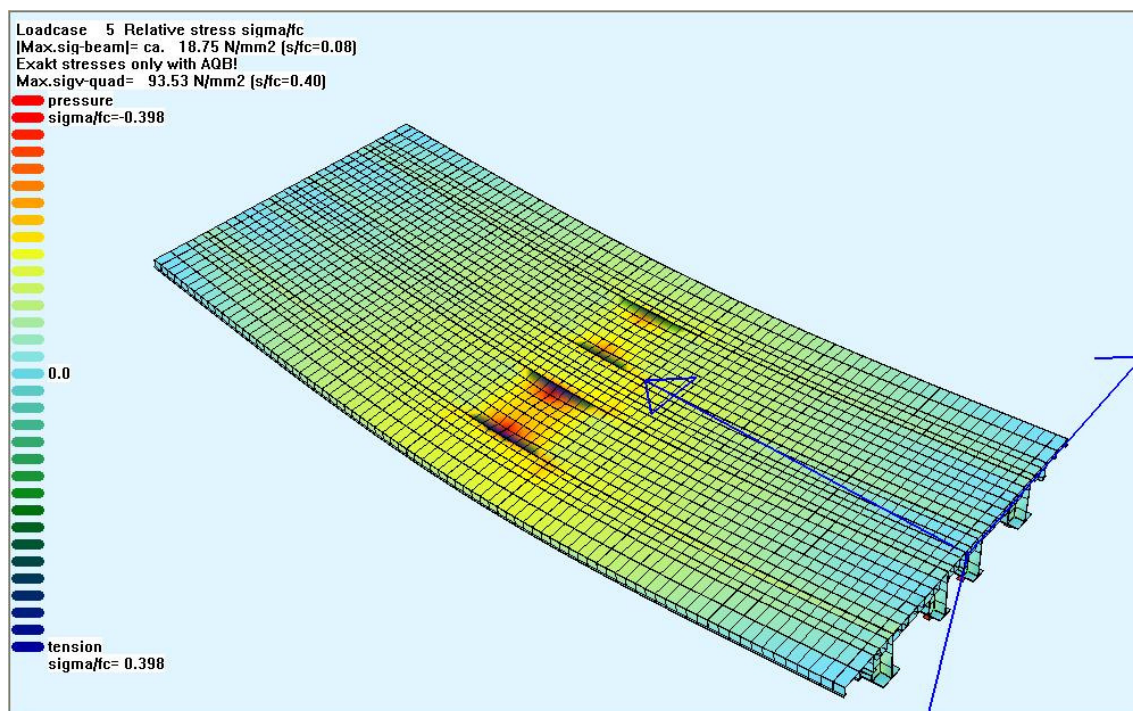
Loadcases : 4
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes							
	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]							
0.00	9011	4 MINZ-PX	-9.0	-0.0	-227.4	0.00	0.00
0.00	9001	4 MAXZ-PX	9.0	-0.0	-228.3	0.00	0.00
0.00	9012	4 MINZ-PY	-6.3	-0.0	-127.6	0.00	0.00
0.00	9003	4 MAXZ-PY	4.7	0.1	-91.4	0.00	0.00
0.00	9001	4 MINZ-PZ	9.0	-0.0	-228.3	0.00	0.00
0.00	9004	4 MAXZ-PZ	2.6	0.0	-51.3	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β3 (φόρτιση 5)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 5

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 5

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

5 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 5

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.129	43	5 MINZ-VX	-1.595	-0.025	-0.395	-0.022	-2.054
-0.132	7323	5 MAXZ-VX	1.589	-0.025	-0.388	-0.020	1.949
0.078	30	5 MINZ-VY	0.506	-0.079	-0.339	-0.036	-1.356
0.002	3605	5 MAXZ-VY	0.034	1.193	12.779	-0.429	0.037
-0.035	1	5 MINZ-VZ	0.759	0.052	-0.585	0.191	-2.340
0.002	3581	5 MAXZ-VZ	0.043	0.190	15.574	-0.917	-0.016

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 5

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

5 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values

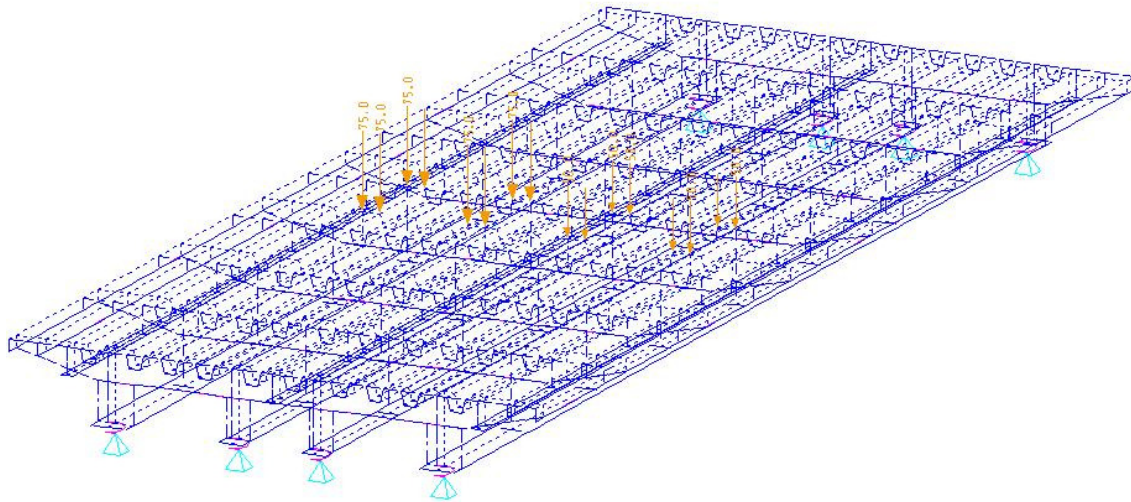
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 5

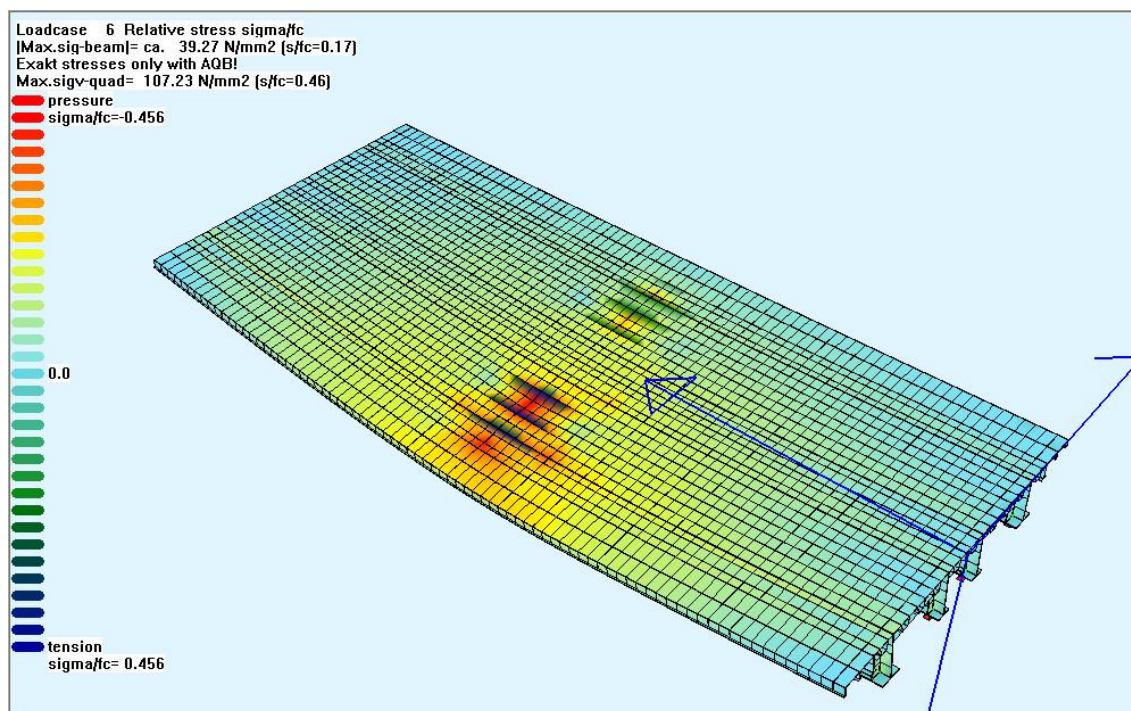
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]								
0.00	9011	5	MINZ-PX	-6.7	-0.0	-158.4	0.00	0.00
0.00	9001	5	MAXZ-PX	6.7	-0.0	-183.9	0.00	0.00
0.00	9012	5	MINZ-PY	-5.9	-0.0	-104.6	0.00	0.00
0.00	9003	5	MAXZ-PY	5.3	0.1	-112.5	0.00	0.00
0.00	9001	5	MINZ-PZ	6.7	-0.0	-183.9	0.00	0.00
0.00	9013	5	MAXZ-PZ	-5.3	0.1	-95.6	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β4 (φόρτιση 6)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 6

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 6

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title
 6 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 6

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.505	43	6 MINZ-VX	-2.244	-0.127	-0.520	-0.044	-2.699
-0.481	7323	6 MAXZ-VX	2.196	-0.114	-0.508	-0.038	2.546
0.471	68	6 MINZ-VY	-0.985	-0.141	-0.315	0.010	-1.486
0.004	3593	6 MAXZ-VY	0.027	3.389	19.326	-1.917	0.031
0.004	1	6 MINZ-VZ	1.049	0.031	-0.837	0.313	-3.428
-0.079	3490	6 MAXZ-VZ	0.077	0.890	24.330	-2.992	-0.049

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 6

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

6 sum_PZ=1000.0 kN

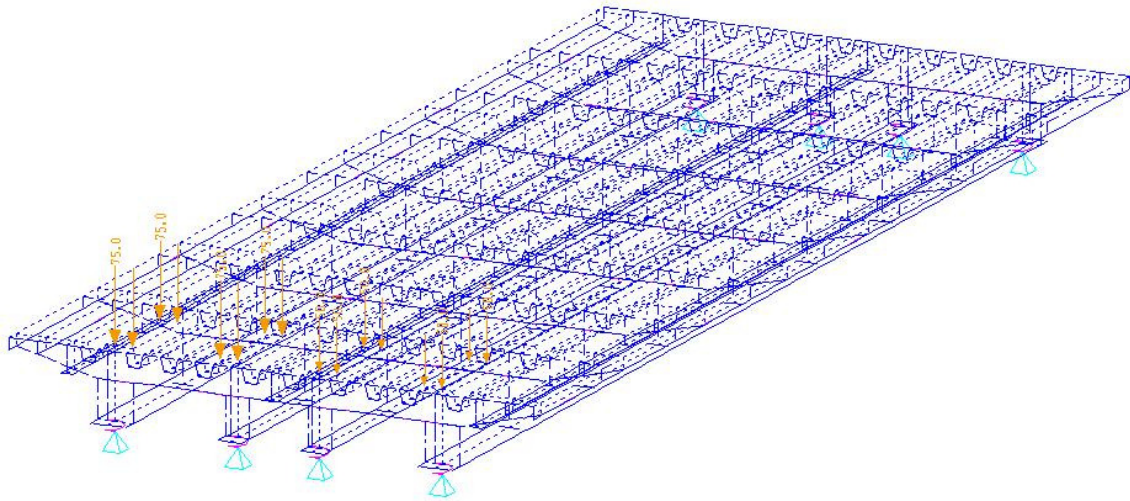
Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 6

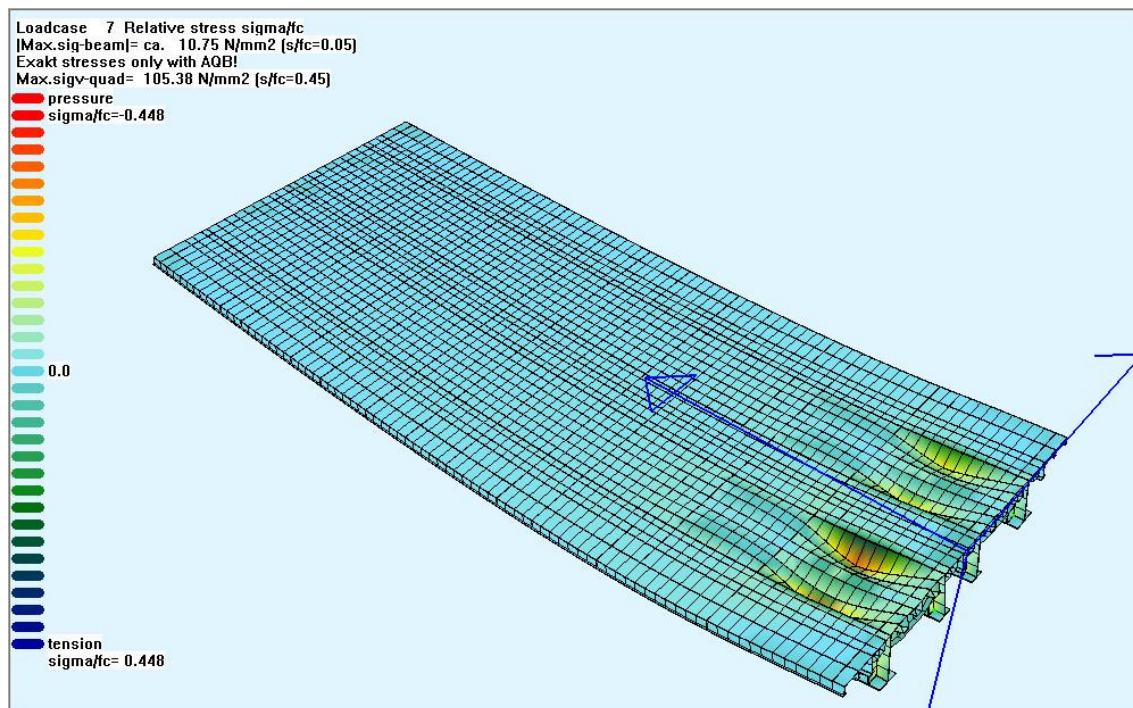
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
		Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ		Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]								
0.00		9011	6 MINZ-PX	-8.8	-0.0	-209.1	0.00	0.00
0.00		9001	6 MAXZ-PX	9.0	-0.0	-246.5	0.00	0.00
0.00		9012	6 MINZ-PY	-6.2	-0.1	-118.4	0.00	0.00
0.00		9003	6 MAXZ-PY	4.6	0.1	-97.7	0.00	0.00
0.00		9001	6 MINZ-PZ	9.0	-0.0	-246.5	0.00	0.00
0.00		9014	6 MAXZ-PZ	-2.6	0.0	-49.2	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β5 (φόρτιση 7)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 7

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 7

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

7 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 7

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.027	43	7 MINZ-VX	-0.230	-0.196	0.175	0.211	-0.435
-0.143	955	7 MAXZ-VX	0.269	-0.047	1.688	-0.790	0.745
0.068	677	7 MINZ-VY	0.017	-0.401	0.848	-0.157	-0.329
-0.045	689	7 MAXZ-VY	0.020	0.414	0.813	0.089	-0.307
-0.030	1	7 MINZ-VZ	0.143	0.023	-0.136	0.169	-0.404
-0.246	644	7 MAXZ-VZ	0.170	-0.026	2.195	2.372	-0.126

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 7

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

7 sum_PZ=1000.0 kN

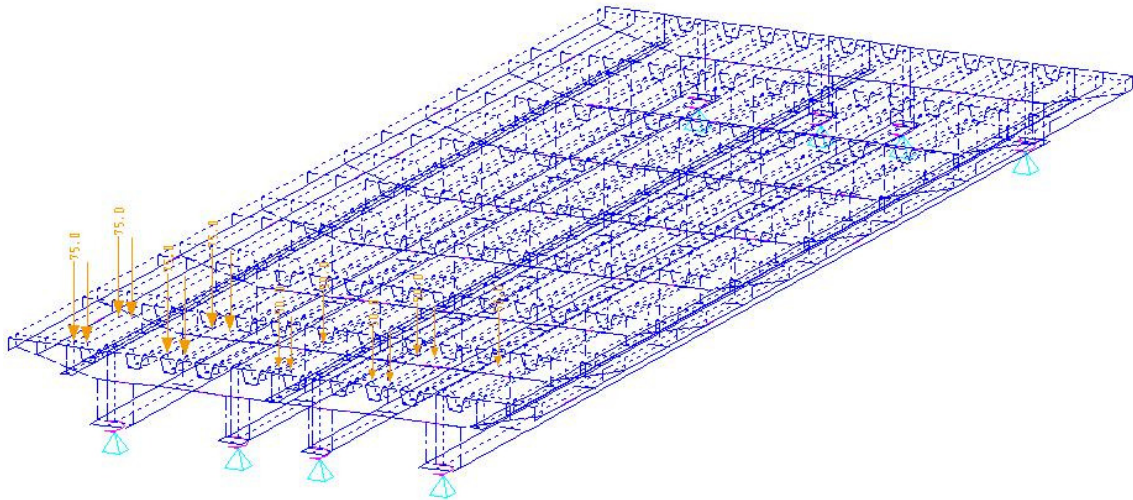
Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 7

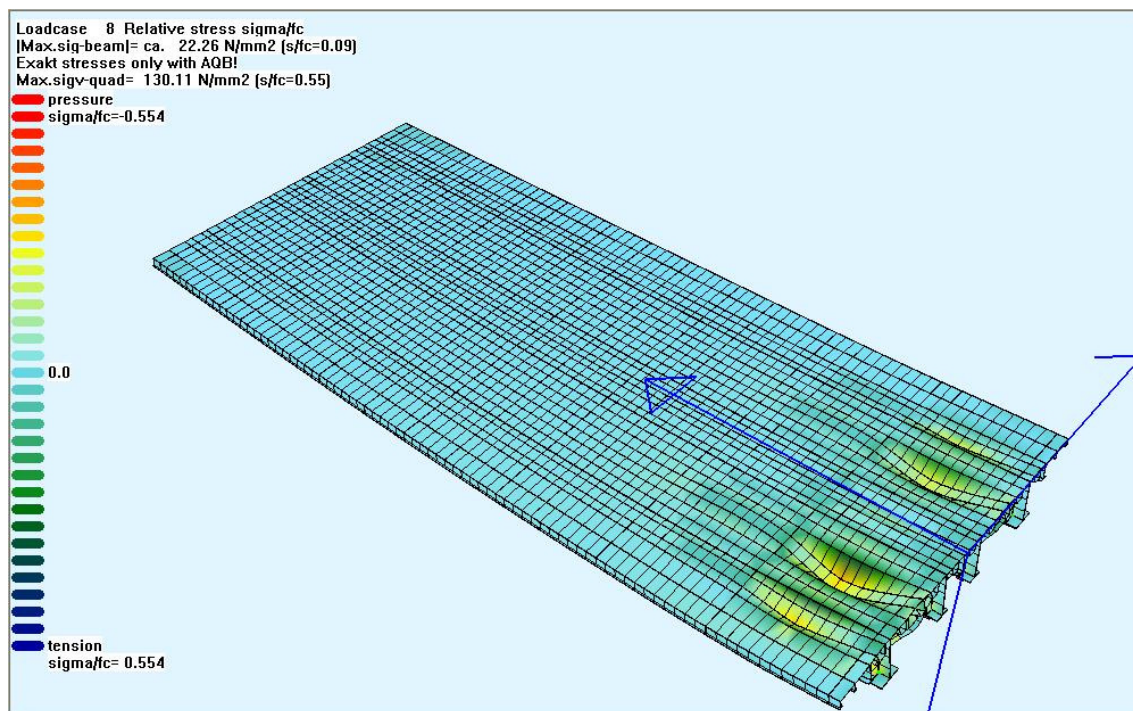
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9011	7	MINZ-PX	-0.9	0.0	-13.3	0.00	0.00
0.00	9001	7	MAXZ-PX	1.0	0.8	-288.3	0.00	0.00
0.00	9002	7	MINZ-PY	0.9	-0.5	-280.5	0.00	0.00
0.00	9001	7	MAXZ-PY	1.0	0.8	-288.3	0.00	0.00
0.00	9001	7	MINZ-PZ	1.0	0.8	-288.3	0.00	0.00
0.00	9013	7	MAXZ-PZ	-0.8	0.0	-7.8	0.00	0.00



Φορτία τροχών στη θέση β6 (φόρτιση 8)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 8

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 8

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
 8 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 8
Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
	Nr Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
PHIZ							
[mrad]							
-0.543	8007 8 MINZ-VX	-0.681	-0.111	0.392	-0.137	-1.175	
0.333	8107 8 MAXZ-VX	0.480	0.028	1.459	-0.322	0.331	
0.061	726 8 MINZ-VY	0.135	-0.366	2.039	-0.569	-0.385	
-0.001	2592 8 MAXZ-VY	0.031	0.313	2.374	-0.321	-0.034	
0.036	31 8 MINZ-VZ	0.033	-0.195	-0.247	-0.082	-0.172	
-0.185	646 8 MAXZ-VZ	0.179	-0.178	3.323	4.309	0.042	

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 8

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title
 8 sum_PZ=1000.0 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
 for all selected columns of results with
 corresponding values of selected load cases
 and elements.

Loadcases : 8

Elements : All

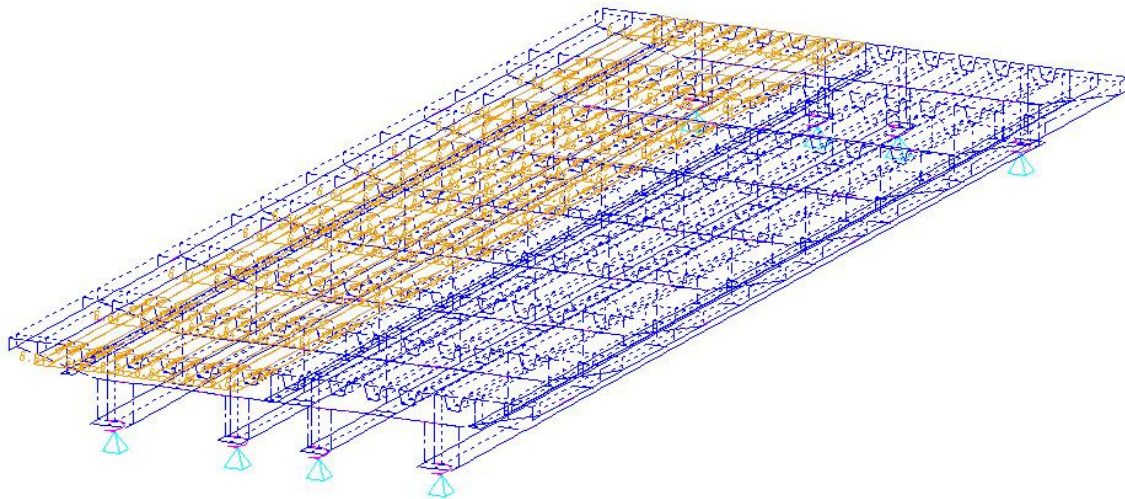
Nodes

Supporting Forces in Nodes							
	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]							
0.00	9011	8 MINZ-PX	-1.2	0.0	-16.0	0.00	0.00
0.00	9001	8 MAXZ-PX	1.2	-0.8	-472.9	0.00	0.00
0.00	9001	8 MINZ-PY	1.2	-0.8	-472.9	0.00	0.00
0.00	9003	8 MAXZ-PY	0.6	0.8	-177.3	0.00	0.00
0.00	9001	8 MINZ-PZ	1.2	-0.8	-472.9	0.00	0.00
0.00	9014	8 MAXZ-PZ	-0.4	0.0	-4.1	0.00	0.00

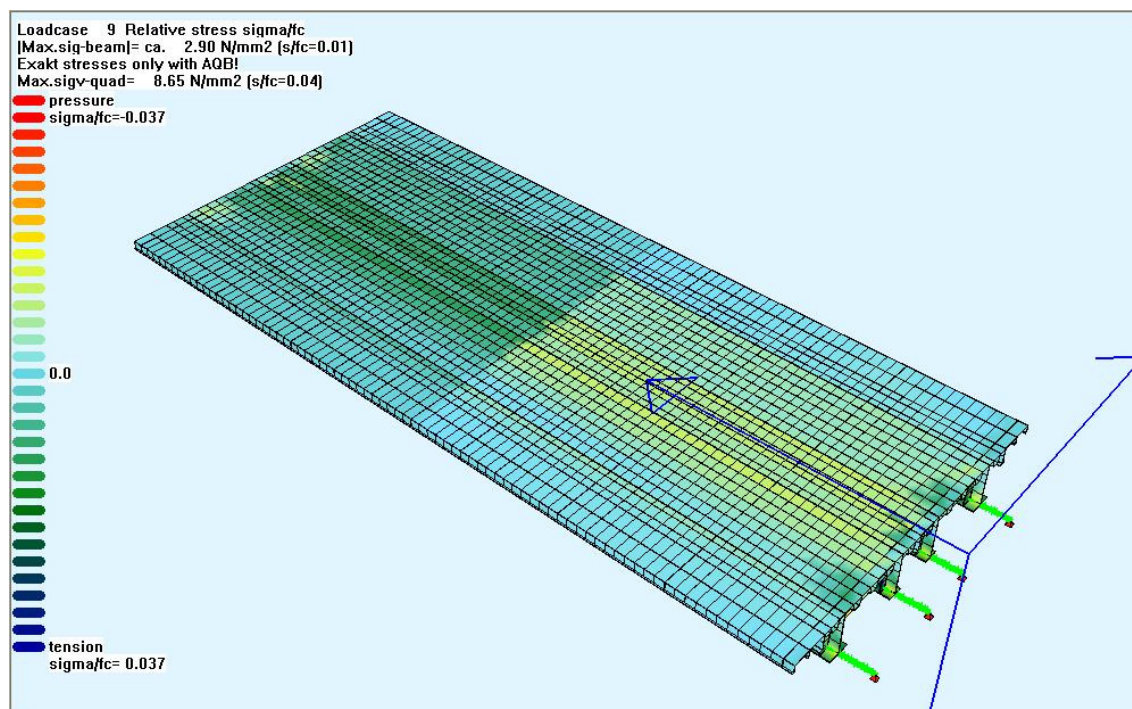
Τροχοπέδηση και εκκίνηση (LC-9)

Λαμβάνεται φορτίο που δρα καταμεμημένο κατά μήκος της κύριας λωρίδας κυκλοφορίας

$$Q_{fk} = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10 f_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 0,6 \times (600) + 0,10 \times 9,0 \times 3,0 \times 20,9 = 416,43$$



Φορτία τροχοπέδησης (φόρτιση 9)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 9

Δεδομένα Φόρτισης 9

CTRL QTY

HEAD Troxopedisi (416.43 kN total)

LC 9

ELLO	3	8000	100	PX	6.642
	4	8000	100	PX	6.642
	5	8000	100	PX	6.642
	6	8000	100	PX	6.642
	7	8000	100	PX	6.642
	8	8000	100	PX	6.642
	9	8000	100	PX	6.642
	10	8000	100	PX	6.642
	11	8000	100	PX	6.642
	12	8000	100	PX	6.642
	13	8000	100	PX	6.642
	14	8000	100	PX	6.642
	15	8000	100	PX	6.642

END

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 9

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
9 sum_PX=485.86 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 9
Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.000	9001	9 MINZ-VX	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.236	7281	9 MAXZ-VX	15.265	2.472	-0.066	0.050	-0.008
0.257	16	9 MINZ-VY	14.186	-2.473	-0.014	0.006	-0.037
0.257	7296	9 MAXZ-VY	14.186	2.473	0.014	-0.005	-0.037
0.227	5959	9 MINZ-VZ	14.917	1.511	-0.098	0.054	0.000
0.227	1409	9 MAXZ-VZ	14.917	-1.512	0.098	-0.052	0.000

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 9

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

9 sum_PX=485.86 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 9

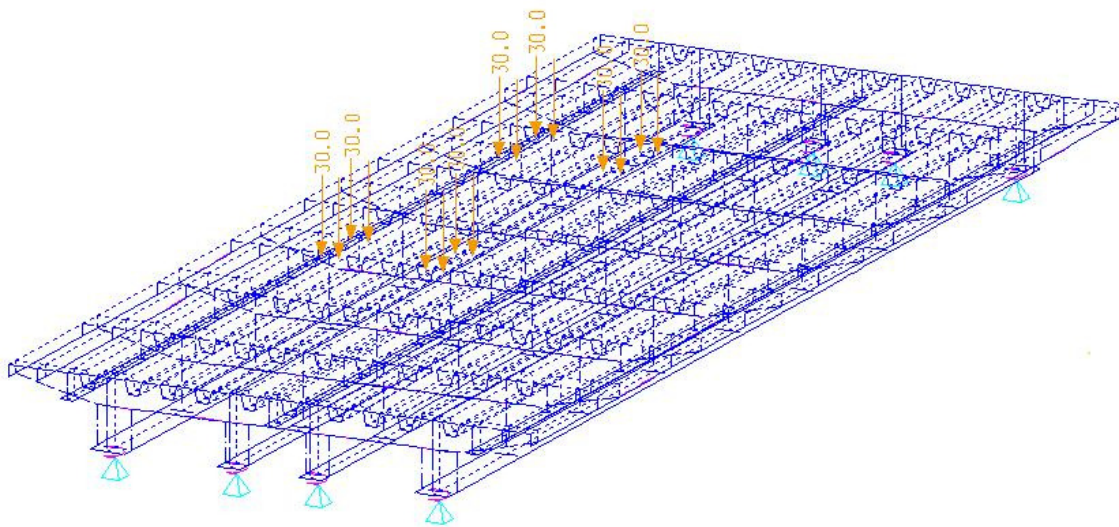
Elements : All

Nodes

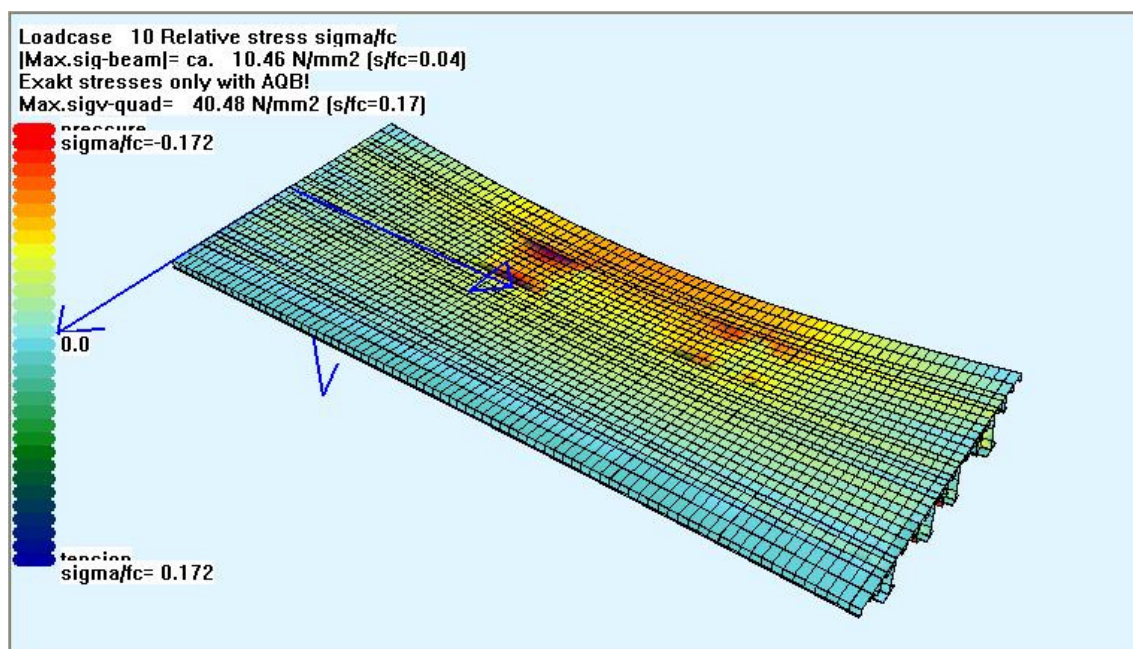
Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9011	9	MINZ-PX	-63.7	-10.0	1.2	0.00	0.00
0.00	9014	9	MAXZ-PX	-57.8	-10.1	-14.3	0.00	0.00
0.00	9014	9	MINZ-PY	-57.8	-10.1	-14.3	0.00	0.00
0.00	9004	9	MAXZ-PY	-57.8	10.1	14.3	0.00	0.00
0.00	9014	9	MINZ-PZ	-57.8	-10.1	-14.3	0.00	0.00
0.00	9004	9	MAXZ-PZ	-57.8	10.1	14.3	0.00	0.00

Οχήματα μοντέλου κόπωσης 3 (LC-10)

Λαμβάνονται δύο 4-τροχα οχήματα σε σειρά με φορτία αξόνων 120 kN, τα οποία απέχουν μεταξύ τους 6,00 m όπως προβλέπεται στο μοντέλο κόπωσης 3 του EC3. Η κατανομή των φορτίων κάθε τροχού γίνεται βάσει του κανονισμού σε μία επιφάνεια διαστάσεων 0,40x0,40m..



Φορτία οχημάτων μοντέλου κόπωσης 3 (φόρτιση 10)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 10

Δεδομένα Φόρτισης 10

```
CTRL QYYP
HEAD Montelo kopwsis 3
LC 10
NL 29*91+6 PZ 60/2
    29*91+7 PZ 60/2
    29*91+12 PZ 60/2
    29*91+13 PZ 60/2
    33*91+6 PZ 60/2
    33*91+7 PZ 60/2
    33*91+12 PZ 60/2
    33*91+13 PZ 60/2
    53*91+6 PZ 60/2
    53*91+7 PZ 60/2
    53*91+12 PZ 60/2
    53*91+13 PZ 60/2
    58*91+6 PZ 60/2
    58*91+7 PZ 60/2
    58*91+12 PZ 60/2
    58*91+13 PZ 60/2
END
```


Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 10

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

10 sum_PZ=480.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 10

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements								
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
0.297	43	10 MINZ-VX	-1.184	-0.070	-0.264	-0.034	-1.363	
-0.300	7323	10 MAXZ-VX	1.202	-0.072	-0.265	-0.042	1.429	
-0.355	7348	10 MINZ-VY	0.346	-0.103	-0.118	-0.004	0.580	
0.002	3696	10 MAXZ-VY	-0.020	2.320	6.524	-1.620	-0.001	
0.001	3728	10 MINZ-VZ	-0.010	0.733	-2.227	-1.584	0.006	
0.000	3763	10 MAXZ-VZ	-0.021	0.659	12.412	-1.783	0.039	

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 10

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title
10 sum_PZ=480.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 10

Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes							
	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]							
0.00	9011	10 MINZ-PX	-4.8	-0.0	-149.8	0.00	0.00
0.00	9001	10 MAXZ-PX	4.7	-0.0	-127.7	0.00	0.00
0.00	9001	10 MINZ-PY	4.7	-0.0	-127.7	0.00	0.00
0.00	9013	10 MAXZ-PY	-1.8	0.0	-43.1	0.00	0.00
0.00	9011	10 MINZ-PZ	-4.8	-0.0	-149.8	0.00	0.00
0.00	9014	10 MAXZ-PZ	-0.0	0.0	5.4	0.00	0.00

Ανεμοπίεση – εγκάρσια δράση (LC-11)

Λαμβάνεται ανεμοπίεση $w=1,51 \text{ kN/m}^2$ που δρα εγκάρσια στη γέφυρα με ζώνη επιρροής την προβολή της προσβαλλόμενης επιφάνειας συν το ύψος των φορτηγών θεωρουμένου $2,0 \text{ m}$, ήτοι συνολικά $3,20 \text{ m}$. Η ανεμοπίεση υπολογίζεται αναλυτικά ως εξής:

$$w=q_{\text{ref}} \cdot c_e(z) \cdot c_d \cdot \psi_\lambda \cdot c_{fx,0}$$

$$q_{\text{ref}} = 0,81 \text{ kN/m}^2$$

$$c_e(z) = 2,8 \text{ (περιοχή II)}$$

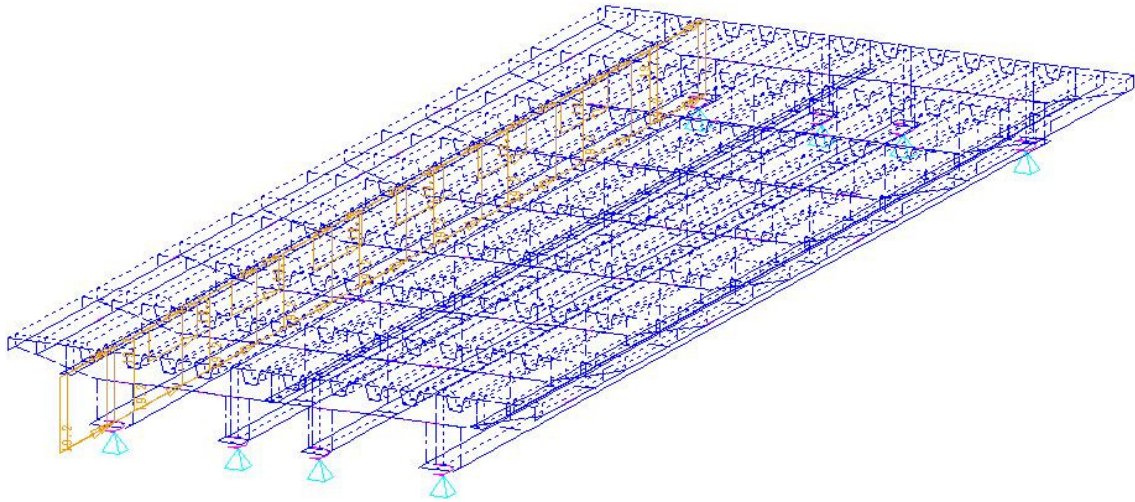
$$c_d = 0,95$$

$$\psi_\lambda = 0,70$$

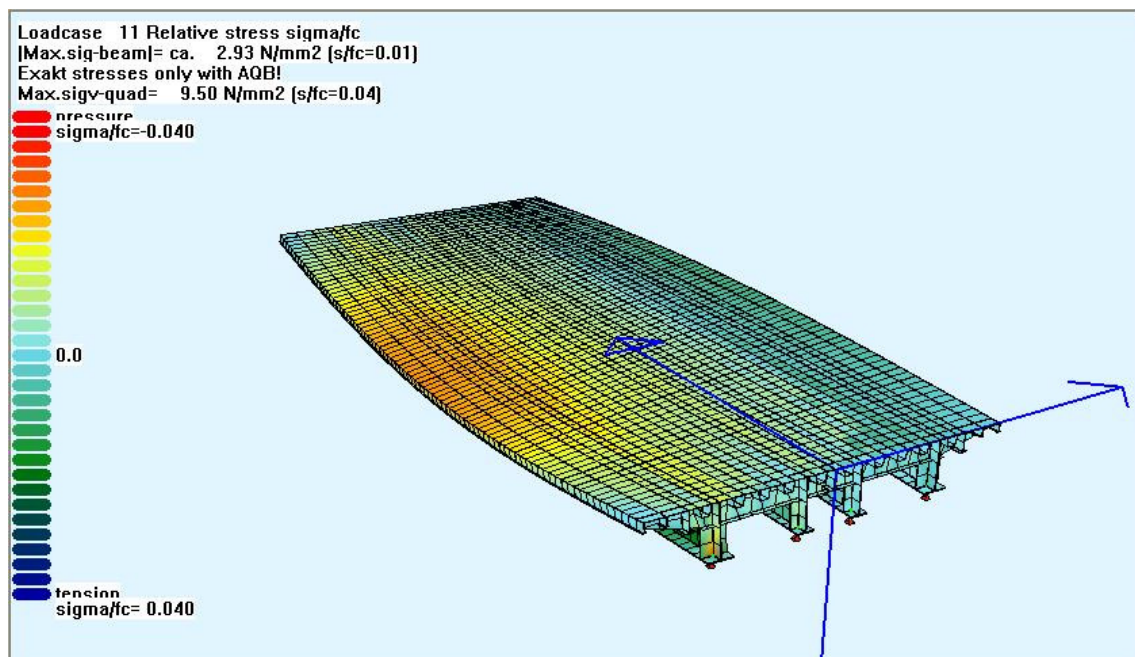
$$c_{fx,0} = 1,0$$

$$\text{και άρα, } w = 0,81 \cdot 2,8 \cdot 0,95 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,51 \text{ kN/m}^2$$

```
CTRL Q TYP
HEAD Anemos
LC 11
ELLO 40 8000 100 PY 1.51*3.2
ELLO 41 8000 100 PY 1.51*3.2
ELLO 42 8000 100 PY 1.51*3.2
ELLO 43 8000 100 PY 1.51*3.2
END
```



Φορτία ανεμοπίεσης (φόρτιση 11)



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 11

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 11

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

11 sum_PZ=121.19 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 11

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.101	43	11 MINZ-VX	-0.303	-0.020	-0.056	-0.020	-0.347
-0.101	7323	11 MAXZ-VX	0.303	-0.020	-0.056	-0.020	0.347
-0.095	7348	11 MINZ-VY	0.034	-0.029	-0.016	-0.003	0.078
0.000	3684	11 MAXZ-VY	0.000	0.670	2.399	-0.427	0.001
0.000	3728	11 MINZ-VZ	0.000	0.200	-1.055	-0.421	0.000
0.000	3672	11 MAXZ-VZ	0.000	0.199	3.212	-0.569	0.000

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 11

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

11 sum_PZ=121.19 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 11

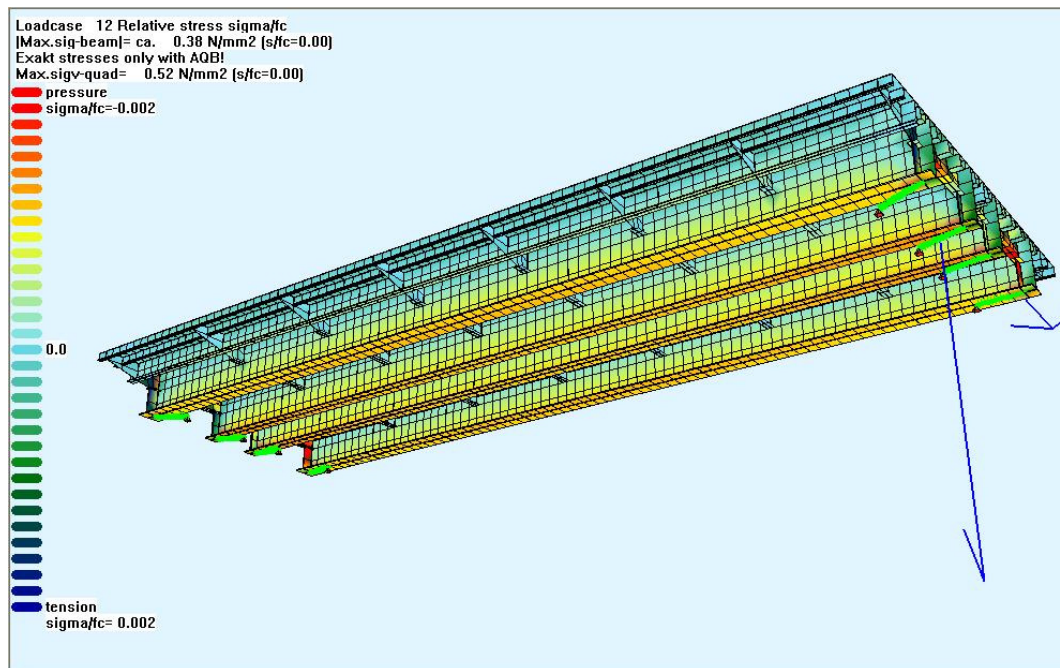
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]								
0.00	9011	11	MINZ-PX	-1.2	-0.0	-50.1	0.00	0.00
0.00	9001	11	MAXZ-PX	1.2	-0.0	-50.0	0.00	0.00
0.00	9001	11	MINZ-PY	1.2	-0.0	-50.0	0.00	0.00
0.00	9013	11	MAXZ-PY	-0.2	0.0	-4.4	0.00	0.00
0.00	9011	11	MINZ-PZ	-1.2	-0.0	-50.1	0.00	0.00
0.00	9004	11	MAXZ-PZ	-0.2	0.0	8.1	0.00	0.00

Θερμοκρασιακή μεταβολή - ομοιόμορφη (LC-12)

Λαμβάνεται ομοιόμορφη θερμοκρασιακή μεταβολή $\Delta T = \pm 35 \text{ }^\circ\text{C}$.



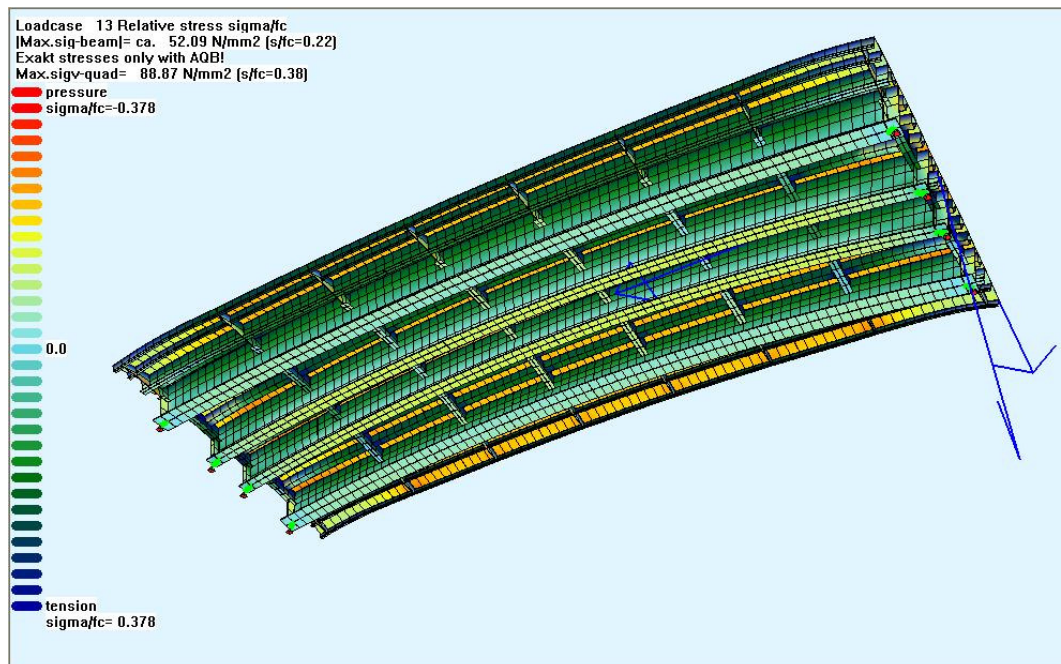
Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 12

Δεδομένα Φόρτισης 12

```
CTRL Q TYP
HEAD Thermokrasiaki metaboli omoiomorfi (+/-35 C)
LC 12
ELLO      1 8000 1  TEMP 35
ELLO  8001 8070 1  TEMP 35
ELLO  8101 8154 1  TEMP 35
ELLO  8201 8254 1  TEMP 35
ELLO  8301 8354 1  TEMP 35
ELLO  8401 8454 1  TEMP 35
ELLO  8501 8554 1  TEMP 35
ELLO  8601 8654 1  TEMP 35
ELLO  8701 8770 1  TEMP 35
ELLO 10001 10026 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10101 10126 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10201 10226 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10301 10326 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10401 10426 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10501 10526 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10601 10626 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 10701 10726 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 11001 11080 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 11101 11180 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 11201 11280 1  TEMP 35 ETYP TRUS
ELLO 11301 11380 1  TEMP 35 ETYP TRUS
END
```


Θερμοκρασιακή διαφορά - γραμμική (LC-13)

Λαμβάνεται θερμοκρασιακή διαφορά $\Delta T = +18 \text{ }^\circ\text{C} / -13 \text{ }^\circ\text{C}$, που αντιστοιχεί σε ομάδα καταστρώματος 1. Ο συντελεστής επιφανείας k_{sur} ελήφθη ίσος με 1,0.



Εντατική κατάσταση και παραμορφωμένη εικόνα λόγω φόρτισης 13

Δεδομένα Φόρτισης 13

```
CTRL QTY
HEAD Thermokrasiaki metaboli grammiki (+18 -13 C)
LC 13
ELLO 1 8000 100 TEMP 18
ELLO 2 8000 100 TEMP 18
ELLO 3 8000 100 TEMP 18
ELLO 4 8000 100 TEMP 18
ELLO 5 8000 100 TEMP 18
ELLO 6 8000 100 TEMP 18
ELLO 7 8000 100 TEMP 18
ELLO 8 8000 100 TEMP 18
ELLO 9 8000 100 TEMP 18
ELLO 10 8000 100 TEMP 18
ELLO 11 8000 100 TEMP 18
ELLO 12 8000 100 TEMP 18
ELLO 13 8000 100 TEMP 18
```

ELLO	14	8000	100	TEMP	18
ELLO	15	8000	100	TEMP	18
ELLO	16	8000	100	TEMP	18
ELLO	17	8000	100	TEMP	18
ELLO	18	8000	100	TEMP	18
ELLO	19	8000	100	TEMP	18
ELLO	20	8000	100	TEMP	18
ELLO	21	8000	100	TEMP	18
ELLO	22	8000	100	TEMP	18
ELLO	23	8000	100	TEMP	18
ELLO	24	8000	100	TEMP	18
ELLO	25	8000	100	TEMP	18
ELLO	26	8000	100	TEMP	18
ELLO	27	8000	100	TEMP	18
ELLO	28	8000	100	TEMP	18
ELLO	29	8000	100	TEMP	18
ELLO	30	8000	100	TEMP	18
ELLO	31	8000	100	TEMP	-13
ELLO	32	8000	100	TEMP	-13
ELLO	33	8000	100	TEMP	-13
ELLO	34	8000	100	TEMP	-13
ELLO	35	8000	100	TEMP	-13
ELLO	36	8000	100	TEMP	-13
ELLO	37	8000	100	TEMP	-13
ELLO	38	8000	100	TEMP	-13
ELLO	39	8000	100	TEMP	-13
ELLO	40	8000	100	TEMP	-13
ELLO	41	8000	100	TEMP	-13
ELLO	42	8000	100	TEMP	-13
ELLO	43	8000	100	TEMP	-13
ELLO	44	8000	100	TEMP	-13
ELLO	45	8000	100	TEMP	-13
ELLO	46	8000	100	TEMP	-13
ELLO	47	8000	100	TEMP	-13
ELLO	48	8000	100	TEMP	-13
ELLO	49	8000	100	TEMP	-13
ELLO	50	8000	100	TEMP	-13
ELLO	51	8000	100	TEMP	-13
ELLO	52	8000	100	TEMP	-13
ELLO	53	8000	100	TEMP	-13
ELLO	54	8000	100	TEMP	-13
ELLO	55	8000	100	TEMP	-13
ELLO	56	8000	100	TEMP	-13
ELLO	57	8000	100	TEMP	-13
ELLO	58	8000	100	TEMP	-13
ELLO	59	8000	100	TEMP	-13
ELLO	60	8000	100	TEMP	-13
ELLO	61	8000	100	TEMP	-13
ELLO	62	8000	100	TEMP	-13

ELLO	63	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	64	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	65	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	66	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	67	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	68	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	69	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	70	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	71	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	72	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	73	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	74	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	75	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	76	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	77	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	78	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	79	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	80	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	81	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	82	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	83	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	84	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	85	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	86	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	87	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	88	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	89	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	90	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	91	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	92	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	93	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	94	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	95	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	96	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	97	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	98	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	99	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	100	8000	100	TEMP	-13		
ELLO	8001	8070	1	TEMP	-13		
ELLO	8101	8154	1	TEMP	-13		
ELLO	8201	8254	1	TEMP	-13		
ELLO	8301	8354	1	TEMP	-13		
ELLO	8401	8454	1	TEMP	-13		
ELLO	8501	8554	1	TEMP	-13		
ELLO	8601	8654	1	TEMP	-13		
ELLO	8701	8770	1	TEMP	-13		
ELLO	10001	10026	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10101	10126	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10201	10226	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS

ELLO	10301	10326	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10401	10426	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10501	10526	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10601	10626	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	10701	10726	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	11001	11080	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	11101	11180	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	11201	11280	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS
ELLO	11301	11380	1	TEMP	-13	ETYP	TRUS

END

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 12

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

12 sum_PX= 0.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 12

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
-0.003	6	12 MINZ-VX	-4.395	-1.176	-0.494	-0.021	0.035
0.003	7286	12 MAXZ-VX	4.395	-1.176	-0.494	-0.021	-0.035
0.000	7281	12 MINZ-VY	4.394	-1.890	-0.460	-0.020	-0.042
0.000	7311	12 MAXZ-VY	4.394	1.890	-0.460	0.020	-0.042
0.000	3656	12 MINZ-VZ	0.000	0.000	-0.700	0.000	0.000
0.009	7324	12 MAXZ-VZ	4.352	-1.262	0.025	-0.042	-0.042

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 12

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
12 sum_PX= 0.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 12
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes							
	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]	9011	12 MINZ-PX	-18.2	4.9	-2.1	0.00	0.00
0.00	9001	12 MAXZ-PX	18.2	4.9	-2.1	0.00	0.00
0.00	9004	12 MINZ-PY	18.2	-4.9	-2.1	0.00	0.00
0.00	9001	12 MAXZ-PY	18.2	4.9	-2.1	0.00	0.00
0.00	9011	12 MINZ-PZ	-18.2	4.9	-2.1	0.00	0.00
0.00	9012	12 MAXZ-PZ	-18.2	1.2	2.1	0.00	0.00

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 13

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

13 sum_PZ= 0.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 13

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements								
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
-0.101	7336	13 MINZ-VX	-2.547	-0.124	0.486	0.051	-2.410	
0.104	56	13 MAXZ-VX	2.551	-0.123	0.486	0.049	2.416	
0.001	3721	13 MINZ-VY	0.000	-2.139	-9.355	2.186	0.004	
-0.001	3684	13 MAXZ-VY	0.000	2.139	-9.355	-2.186	0.004	
0.000	3695	13 MINZ-VZ	-0.002	0.535	-13.426	-0.611	-0.001	
0.008	1	13 MAXZ-VZ	-0.711	-0.851	5.097	-3.091	3.893	

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 13

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
13 sum_PZ= 0.00 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 13
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9002	13	MINZ-PX	-10.7	0.5	170.1	0.00	0.00
0.00	9012	13	MAXZ-PX	10.7	0.6	166.4	0.00	0.00
0.00	9001	13	MINZ-PY	-8.2	-3.2	-170.1	0.00	0.00
0.00	9004	13	MAXZ-PY	-8.2	3.2	-170.1	0.00	0.00
0.00	9001	13	MINZ-PZ	-8.2	-3.2	-170.1	0.00	0.00
0.00	9002	13	MAXZ-PZ	-10.7	0.5	170.1	0.00	0.00

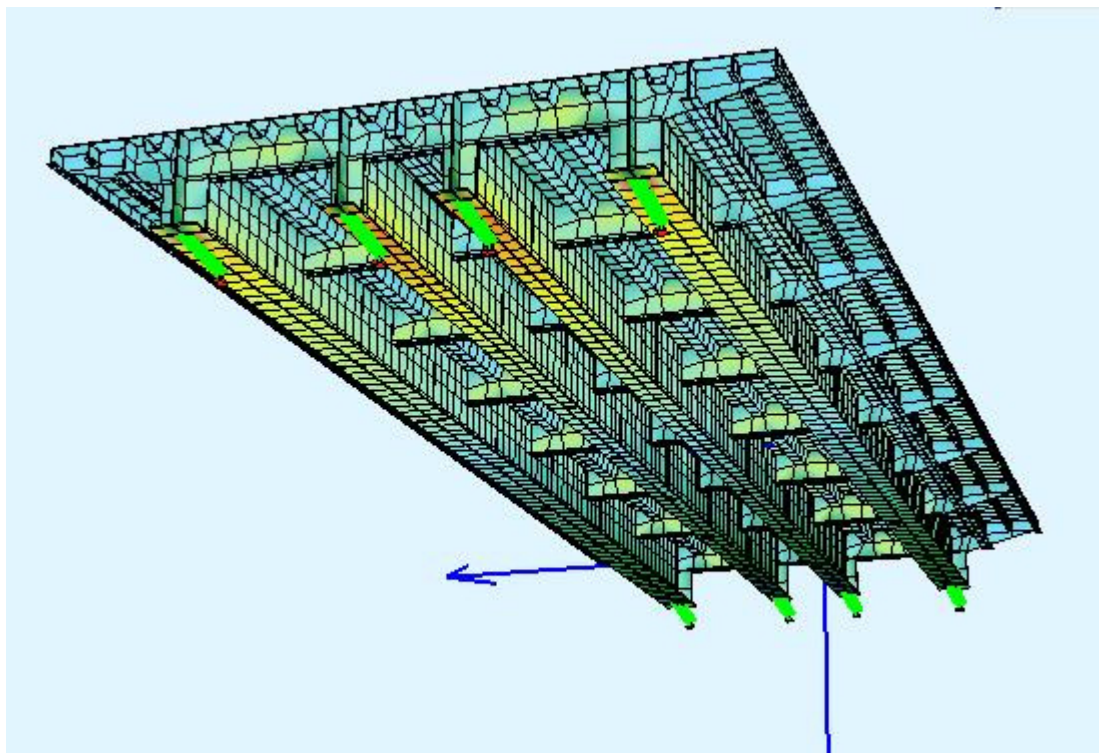
Σεισμικά φορτία (LC-17, LC-18, LC-19)

Σεισμική ζώνη I ($\alpha=0,16$), συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma=1,0$, συντελεστής απόσβεσης $\eta=1,08$, συντελεστής μεγέθυνσης $\beta_0=2,5$ και συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς $q=1$.

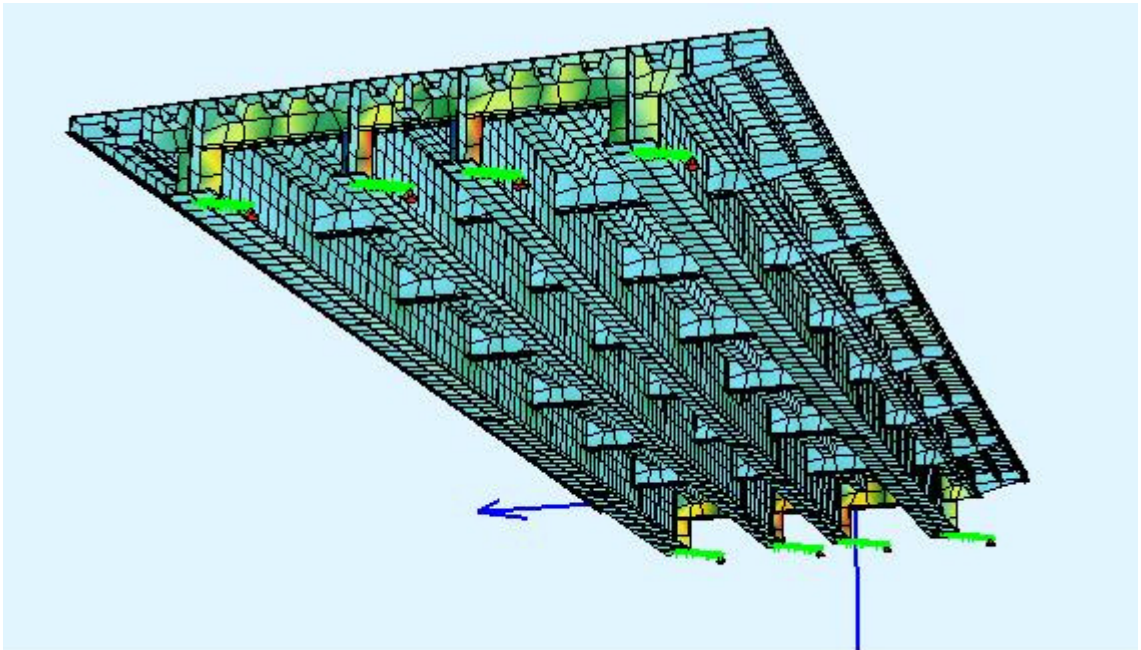
Επειδή ο εξεταζόμενος φορέας είναι αμφιέρειστος επί εφεδράνων υιοθετείται ισοδύναμη στατική ανάλυση για τις σεισμικές φορτίσεις με συντελεστή

$$\varepsilon = \gamma \frac{\eta \beta_0}{q} \alpha = 1,0 \frac{1,08 \times 1,0 \times 2,5}{1,0} 0,16 = 0,432$$

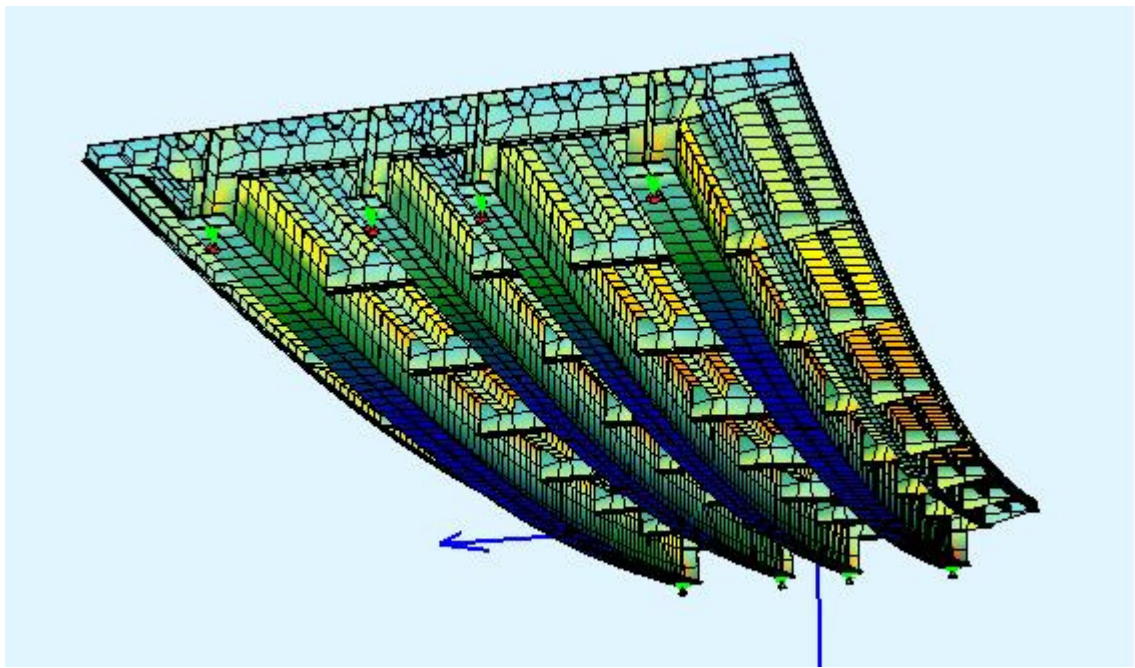
Εξετάζονται σεισμός κατά $-X$, κατά $-Y$ και κατά $-Z$.



Σεισμός κατά $-X$ (φόρτιση 17)



Σεισμός κατά - Y (φόρτιση 18)



Σεισμός κατά - Z (φόρτιση 19)

CTRL Q TYP

HEAD Seismos - X

LC 17 1.08*2.5*0.16 DLX 1.0
ELLO 1 8000 100 PX .20*25.0
ELLO 2 8000 100 PX .20*25.0
ELLO 3 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 4 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 5 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 6 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 7 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 8 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 9 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 10 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 11 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 12 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 13 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 14 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 15 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 16 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 17 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 18 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 19 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 20 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 21 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 22 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 23 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 24 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 25 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 26 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 27 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 28 8000 100 PX .08*22.5
ELLO 29 8000 100 PX .20*25.0
ELLO 30 8000 100 PX .20*25.0
ELLO 1 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 2 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 3 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 4 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 5 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 6 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 7 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 8 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 9 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 10 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 11 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 12 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 13 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 14 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 15 8000 100 PX 9.0*0.5+3.42
ELLO 16 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42

ELLO 17 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 18 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 19 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 20 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 21 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 22 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 23 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 24 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 25 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 26 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 27 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 28 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 29 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
ELLO 30 8000 100 PX 2.5*0.5+3.42
END

CTRL Q TYP
HEAD Seismos - Y
LC 18 1.08*2.5*0.16 DLY 1.0
ELLO 1 8000 100 PY .20*25.0
ELLO 2 8000 100 PY .20*25.0
ELLO 3 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 4 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 5 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 6 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 7 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 8 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 9 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 10 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 11 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 12 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 13 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 14 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 15 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 16 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 17 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 18 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 19 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 20 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 21 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 22 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 23 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 24 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 25 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 26 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 27 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 28 8000 100 PY .08*22.5
ELLO 29 8000 100 PY .20*25.0
ELLO 30 8000 100 PY .20*25.0
ELLO 1 8000 100 PY 2.5*0.5+3.42
ELLO 2 8000 100 PY 2.5*0.5+3.42
ELLO 3 8000 100 PY 9.5*0.5+3.42
ELLO 4 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 5 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 6 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 7 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 8 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 9 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 10 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 11 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 12 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 13 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 14 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 15 8000 100 PY 9.0*0.5+3.42
ELLO 16 8000 100 PY 2.5*0.5+3.42

ELLO 17 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 18 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 19 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 20 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 21 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 22 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 23 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 24 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 25 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 26 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 27 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 28 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 29 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
ELLO 30 8000 100 PY $2.5*0.5+3.42$
END

CTRL Q TYP
HEAD Seismos - Z
LC 19 1.08*2.5*0.16*0.70 DLZ 1.0
ELLO 1 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 2 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 3 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 4 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 5 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 6 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 7 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 8 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 9 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 10 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 11 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 12 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 13 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 14 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 15 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 16 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 17 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 18 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 19 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 20 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 21 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 22 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 23 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 24 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 25 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 26 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 27 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 28 8000 100 PZ .08*22.5
ELLO 29 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 30 8000 100 PZ .20*25.0
ELLO 1 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 2 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 3 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 4 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 5 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 6 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 7 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 8 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 9 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 10 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 11 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 12 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 13 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 14 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 15 8000 100 PZ 9.0*0.5+3.42
ELLO 16 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42

ELLO 17 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 18 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 19 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 20 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 21 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 22 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 23 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 24 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 25 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 26 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 27 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 28 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 29 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
ELLO 30 8000 100 PZ 2.5*0.5+3.42
END

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 17

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

17 DLX= 2.315 sum_PX=1313.6 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 17

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements							
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]
0.000	9001	17 MINZ-VX	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.078	8406	17 MAXZ-VX	38.685	0.067	-0.073	-0.004	1.042
0.052	2	17 MINZ-VY	38.561	-0.532	0.003	-0.006	-0.065
0.052	7282	17 MAXZ-VY	38.561	0.532	-0.003	0.006	-0.064
0.050	5732	17 MINZ-VZ	38.330	0.287	-0.241	0.000	0.002
0.051	1562	17 MAXZ-VZ	38.340	-0.300	0.241	0.000	-0.003

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 17

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

17 DLX= 2.315 sum_PX=1313.6 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 17

Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9001	17	MINZ-PX	-164.9	2.1	11.9	0.00	0.00
0.00	9014	17	MAXZ-PX	-163.7	-2.1	-15.2	0.00	0.00
0.00	9014	17	MINZ-PY	-163.7	-2.1	-15.2	0.00	0.00
0.00	9004	17	MAXZ-PY	-163.7	2.1	15.2	0.00	0.00
0.00	9013	17	MINZ-PZ	-164.0	-2.1	-19.0	0.00	0.00
0.00	9003	17	MAXZ-PZ	-164.0	2.1	19.1	0.00	0.00

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 18

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

18 DLY= 2.315 sum_PY=1314.1 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 18

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements								
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
1.132	225	18 MINZ-VX	-0.483	38.655	0.363	1.200	-0.073	
1.133	262	18 MAXZ-VX	0.484	38.655	-0.363	1.199	0.074	
0.000	9001	18 MINZ-VY	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.002	3721	18 MAXZ-VY	0.004	44.916	-3.685	-5.432	0.055	
-0.136	4085	18 MINZ-VZ	0.020	44.842	-3.847	-5.955	0.068	
-0.136	4048	18 MAXZ-VZ	-0.021	44.838	3.834	-5.949	-0.069	

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 18

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

18 DLY= 2.315 sum_PY=1314.1 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 18

Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes							
	Node.	LC Name	PX	PY	PZ	MX	MY
MZ	Nr	Nr	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
[kNm]	9004	18 MINZ-PX	-0.6	-164.9	-117.1	0.00	0.00
0.00	9001	18 MAXZ-PX	0.6	-164.9	117.6	0.00	0.00
0.00	9001	18 MINZ-PY	0.6	-164.9	117.6	0.00	0.00
0.00	9013	18 MAXZ-PY	0.1	-163.6	-3.6	0.00	0.00
0.00	9014	18 MINZ-PZ	0.6	-164.8	-117.1	0.00	0.00
0.00	9011	18 MAXZ-PZ	-0.6	-164.8	117.6	0.00	0.00

Μέγιστες Μετατοπίσεις Φόρτισης 19

USER1

DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb

System : RAUM

Loadcasenumber Title

19 DLZ= 3.307 sum_PZ=1107.8 kN

Printvolume : Max. or/and min. values

for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 19

Elements : All

Nodes

Nodal Displacements								
PHIZ	Node.	LC Name	VX	VY	VZ	PHIX	PHIY	
[mrad]	Nr	Nr	[mm]	[mm]	[mm]	[mrad]	[mrad]	
0.070	43	19 MINZ-VX	-1.053	0.034	-0.229	-0.052	-1.345	
-0.070	7323	19 MAXZ-VX	1.053	0.037	-0.229	-0.054	1.344	
0.000	3903	19 MINZ-VY	0.070	-0.093	7.954	0.217	0.087	
0.000	3684	19 MAXZ-VY	0.000	0.535	9.024	-0.481	-0.001	
-0.002	7290	19 MINZ-VZ	-0.518	0.003	-0.270	0.100	1.433	
0.001	3672	19 MAXZ-VZ	0.001	0.063	10.074	-0.722	0.008	

Μέγιστα Αντιδράσεων Φόρτισης 19

USER1
DBVIEW - Datenbankabfrage (V10.57-99)

GEFYRA 20.90 M

S E L E C T E D R E S U L T S

Database : Gef209sN.cdb
System : RAUM

Loadcasenumber Title
19 DLZ= 3.307 sum_PZ=1107.8 kN

Printvolume : Max. or/and min. values
for all selected columns of results with
corresponding values of selected load cases
and elements.

Loadcases : 19
Elements : All

Nodes

Supporting Forces in Nodes								
MZ	Node.	LC	Name	PX	PY	PZ	MX	MY
[kNm]	Nr	Nr		[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
0.00	9011	19	MINZ-PX	-4.4	-0.2	-178.0	0.00	0.00
0.00	9001	19	MAXZ-PX	4.4	-0.2	-177.9	0.00	0.00
0.00	9011	19	MINZ-PY	-4.4	-0.2	-178.0	0.00	0.00
0.00	9014	19	MAXZ-PY	-3.9	0.2	-157.1	0.00	0.00
0.00	9011	19	MINZ-PZ	-4.4	-0.2	-178.0	0.00	0.00
0.00	9013	19	MAXZ-PZ	-3.8	0.0	-106.2	0.00	0.00

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

Στη συνέχεια, καταστρώνονται οι ακόλουθοι συνδυασμοί φορτίσεων τα αποτελέσματα των οποίων θα χρησιμοποιηθούν για τους ελέγχους επάρκειας και λειτουργικότητας των στοιχείων του φορέα.

A) Συνδυασμός για την Οριακή Κατάσταση Αστοχίας

HEAD Syndyasmos Oriakis Astoxias

PAGE LINE 65 LANO 1

ECHO FULL

LC 1 AG 1.35 ; 2 P 1.35 ; 3 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;
4 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;
5 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;
6 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;
7 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;
8 A1 1.35 ; 11 F 0.90 ;

1 AG 1.00 ;

QUAD

SUPE MAMI S

CTRL LCST 21

END

B) Συνδυασμός για την Οριακή Κατάσταση Λειτουργικότητας

HEAD Syndyasmos Leitourgikotitas

PAGE LINE 65 LANO 1

ECHO FULL

LC 1 AG 1.00 ; 2 P 1.00 ; 3 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 12 F 0.90 ;
4 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 12 F 0.90 ;
5 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 12 F 0.90 ;
6 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 12 F 0.90 ;
3 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 13 F 0.90 ;
4 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 13 F 0.90 ;
5 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 13 F 0.90 ;
6 A1 1.00 ; 9 F 0.90 ; 13 F 0.90 ;

1 AG 1.00 ;

QUAD

SUPE MAMI S

NODE

SUPE MAMI VX ; MAMI VY ; MAMI VZ

CTRL LCST 41

END

Γ) Σεισμικός Συνδυασμός

HEAD Seismikos Syndyasmos

PAGE LINE 65 LANO 1

ECHO FULL

```
LC 1 AG 1.00 ; 2 P 0.50 ; 3 F 0.50 ;  
17 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;  
17 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;  
17 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;  
17 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;  
17 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;  
17 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;  
17 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;  
17 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;  
18 A1 1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;  
18 A1 1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;  
18 A1 1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;  
18 A1 1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;  
18 A1 -1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;  
18 A1 -1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;  
18 A1 -1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;  
18 A1 -1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;  
19 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F 0.30 ;  
19 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F -0.30 ;  
19 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F 0.30 ;  
19 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F -0.30 ;  
19 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F 0.30 ;  
19 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F -0.30 ;  
19 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F 0.30 ;  
19 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F -0.30 ;
```

QUAD

SUPE MAMI S

NODE

SUPE MAMI VX ; MAMI VY ; MAMI VZ

CTRL LCST 61

END

Δ) Μετακινήσεις Εφεδρώνων

HEAD Efedrana

PAGE LINE 65 LANO 1

ECHO FULL

LC 1 AG 1.00 ; 2 P 1.00 ; 8 F 1.00 ; 9 F 1.00 ; 12 F 1.00 ;
17 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;
17 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;
17 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;
17 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;
17 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;
17 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;
17 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;
17 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;
18 A1 1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;
18 A1 1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;
18 A1 1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;
18 A1 1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;
18 A1 -1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F 0.30 ;
18 A1 -1.00 ; 17 F 0.30 ; 19 F -0.30 ;
18 A1 -1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F 0.30 ;
18 A1 -1.00 ; 17 F -0.30 ; 19 F -0.30 ;
19 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F 0.30 ;
19 A1 1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F -0.30 ;
19 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F 0.30 ;
19 A1 1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F -0.30 ;
19 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F 0.30 ;
19 A1 -1.00 ; 18 F 0.30 ; 17 F -0.30 ;
19 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F 0.30 ;
19 A1 -1.00 ; 18 F -0.30 ; 17 F -0.30 ;

SPRI

SUPE MAMI P

CTRL LCST 81

END

Ε) Συνδυασμός Κόπωσης

HEAD Syndyasmos kopwsis

PAGE LINE 65 LANO 1

ECHO FULL

LC 1 AG 1.00 ; 2 P 0.30 ;

3 A1 0.70 ;

4 A1 0.70 ;

5 A1 0.70 ;

6 A1 0.70 ;

7 A1 0.70 ;

8 A1 0.70 ;

1 AG 1.00 ;

QUAD

SUPE MAMI S

CTRL LCST 101

END

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Πλεονεκτήματα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των σιδηρών γεφυρών έναντι αυτών από οπλισμένο σκυρόδεμα, απορρέουν από τις ιδιότητες του χάλυβα και είναι τα ακόλουθα:

- Υψηλή αντοχή (λεπτές διατομές, μικρό ίδιο βάρος, οικονομία υλικού και χώρου).
- Ολκιμότητα (εκτεταμένη παραμόρφωση χωρίς αστοχία).
- Ομοιομορφία υλικού (επιστάμενοι έλεγχοι κατά την παραγωγή).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής (απεριόριστη για τακτική συντήρηση).
- Ταχύτητα ανέγερσης (προετοιμασία σε εργοστασιακούς χώρους).
- Τροποποίηση ή ενίσχυση υπαρχουσών γεφυρών (για αύξηση ωφέλιμου φορτίου).
- Επαναχρησιμοποίηση υλικού.
- Ευκολία προκατασκευής.
- Δυνατότητα ζεύξης μεγάλων ανοιγμάτων (άνω των 2000m).
- Άριστα αισθητικά αποτελέσματα.

Μειονεκτήματα

Ως κυριότερο μειονέκτημα αναφέρεται η σκωρίαση, η οποία αποτελεί την "Αχίλλειο πτέρνα" γενικά των σιδηρών κατασκευών. Αυτό συνεπάγεται αύξηση του κόστους συντήρησης έναντι άλλων υλικών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ερμόπουλος Ι., "Σιδηρές και σύμμικτες γέφυρες", Κλειδάριθμος 2000.
- Βάγιας Ι., "Σύμμικτες κατασκευές από χάλυβα και οπλισμένο σκυρόδεμα", Κλειδάριθμος, 2η έκδοση 2006.
- Βάγιας Ι., Ερμόπουλος Ι., Ιωαννίδης Γ., "Σιδηρές κατασκευές, Παραδείγματα εφαρμογής του ευρωκώδικα 3" Τόμος ΙΙ, Κλειδάριθμος.
- Παπαδρακάκης Μ., "Ανάλυση φορών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων" Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2001.
- The Steel Construction Institute, "Design Guide for Composite Box Gilder Bridges".
- Διπλωματική Εργασία "Στατική και Δυναμική Ανάλυση Σύμμικτης Γέφυρας με την Μέθοδο των Πεπερασμένων Στοιχείων".
- Ε39/99, Οδηγίες για την αντισεισμική μελέτη γεφυρών, Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ.
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 1 – EN 1990, Βάσεις σχεδιασμού.
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 3 – EN 1993, Σχεδιασμός κατασκευών από χάλυβα.
- ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑΣ 4 – EN 1994-2, Σχεδιασμός σύμμικτων κατασκευών από χάλυβα και σκυρόδεμα – Γέφυρες.
- ΕΑΑΚ 2003
- Sofistik manual Analysis Programs, Version 12.00