

Περιεχόμενα

Εισαγωγή
Σύμβολα

E1-E9
Σ1-Σ10

Κεφάλαιο 1 Βασικές αρχές μελέτης των κατασκευών

1

1. Εισαγωγή
 2. Σύμβαση πρόσημων
 - 2.1 Συστήματα αναφοράς
 - 2.2 Δυνάμεις και ροπές
 - 2.3 Τάσεις
 - 2.4 Τέμνουσες δυνάμεις και καμπτικές ροπές
 3. Μεθοδολογίες επίλυσης κατασκευών
 - 3.1 Γενική διατύπωση του προβλήματος. Οι διάφορες μεθοδολογίες.
 - 3.2 Η μέθοδος της ισορροπίας κατασκευών
 - 3.2.1 Εισαγωγή
 - 3.2.2 Συνθήκη ισορροπίας
 - 3.2.3 Συνθήκη συμβιβαστού
 - 3.2.4 Καταστατικές εξισώσεις
 - 3.3 Ενεργειακές μέθοδοι
 - 3.3.1 Ενέργεια παραμόρφωσης και συμπληρωματική ενέργεια
 - 3.3.2 Το πρώτο θεώρημα του Castigliano
 - 3.3.3 Μέθοδοι συμπληρωματικής ενέργειας
 - 3.3.4 Το δεύτερο θεώρημα του Castigliano
 - 3.3.5 Η αρχή των δυνατών έργων
Η αρχή της επαλληλίας
 - 3.3.6 Θεωρήματα αντιστροφής
 - Το θεώρημα αντιστροφής των μετατοπίσεων (Maxwell)*
 - Το θεώρημα αντιστροφής έργου (Betti-Rayleigh)*
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 2 Η μητρική μέθοδος μελέτης των κατασκευών

35

1. Διακριτοποίηση της κατασκευής
2. Το στοιχείο-ράβδος. Χρήση γενικού συστήματος αναφοράς.
3. Περιορισμένοι κόμβοι και συμμετρία

4. Το στοιχείο-δοκός
 - 4.1 Μετατοπίσεις λόγω διάτμησης. Η δοκός Timoshenko.
 5. Πλαίσια με κατανεμημένα φορτία
 6. Συγκρότηση του γενικού μητρώου ακαμψίας
 7. Η μέθοδος της στατικής συμπίκνωσης. Υπερστοιχεία
 8. Επίπεδα και χωρικά πλαίσια
 - 8.1 Το στοιχείο δοκός πλαισίου
 - 8.2 Συμμετρία και αντισυμμετρία σε επίπεδα πλαίσια
 9. Προγραμματισμός της μεθόδου της μητρικής ανάλυσης
 - 9.1 Το λογικό διάγραμμα της μητρικής ανάλυσης
 - 9.2 Υποπρόγραμμα σύνταξης γ.μ.α.
 10. Τεχνικές βελτίωσης της απόδοσης προγραμμάτων μητρικής ανάλυσης
 - 10.1 Αρίθμηση των κόμβων της διακριτοποιημένης κατασκευής
 - 10.2 Αυτόματη αρίθμηση των κόμβων
 - 10.3 Οριακές συνθήκες μετατοπίσεων
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 3 Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Βασικές έννοιες.

89

1. Γενικά
 2. Βασικές έννοιες της μεθόδου
 3. Θεμελίωση της ΜΠΣ με τη μέθοδο των μετατοπίσεων
 - 3.1 Γενικά
 - 3.2 Εξισώσεις ισορροπίας κατά την ΜΠΣ
 - 3.3 Ισορροπία δυνάμεων στη ΜΠΣ
 - 3.4 Μετασχηματισμός συστημάτων αναφοράς
 - 3.5 Επιβολή οριακών συνθηκών
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 4 Πεπερασμένα στοιχεία για τη μελέτη λεπτότοιχων κατασκευών

125

1. Εισαγωγή
2. Θεωρία Kirchhoff λεπτών ορθογώνιων ελασμάτων
3. Διατύπωση ιδιοτήτων πεπερασμένων στοιχείων
 - 3.1 Τριγωνικό στοιχείο σταθερών παραμορφώσεων (τάσεων)
Ισορροπία και συμβατότητα

- 3.2 Ορθογώνιο στοιχείο γραμμικών παραμορφώσεων
 - 3.3 Ορθογώνιο στοιχείο σταθερής διατμητικής τάσης
Χρήση και σχετική ακρίβεια του στοιχείου CSSR
 - 3.4 Ορθογώνιο στοιχείο κάμψης
 - 3.5 Ορθογώνιο επίπεδο στοιχείο-κέλυφος
 - 4. Θεωρία Mindlin ορθογώνιων ελασμάτων
 - 4.1 Εισαγωγή
 - 4.2 Στοιχεία-ελάσματα θεωρίας Mindlin
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 5 Ισοπαραμετρικά πεπερασμένα στοιχεία

163

- 1. Εισαγωγή
 - 2. Οι φυσικές συντεταγμένες και η χρήση τους
 - 3. Τα ισοπαραμετρικά στοιχεία. Γενικά.
 - 3.1 Μητρώο ακαμψίας ισοπαραμετρικού στοιχείου-ράβδου
 - 3.2 Ορθογωνικά στοιχεία
 - 4. Υπολογισμός μητρώου ακαμψίας διδιάστατων ισοπαραμετρικών στοιχείων
 - 5. Μητρώα στοιχείων στο γενικό σύστημα αναφοράς
 - 6. Αριθμητική ολοκλήρωση κατά Gauss
 - 7. Η πρακτική χρήση των ισοπαραμετρικών στοιχείων
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 6 Θεωρητικό υπόβαθρο της ΜΠΣ. Η μέθοδος Rayleigh-Ritz.

193

- 1. Εισαγωγή
- 2. Η μέθοδος του λογισμού των μεταβολών
 - 2.1 Η αρχή του στάσιμου της δυναμικής ενέργειας και η αρχή των δυνατών έργων
 - 2.2 Ιδιότητες του μητρώου ακαμψίας της κατασκευής
- 3. Η μέθοδος Rayleigh-Ritz
- 4. Συναρτησιακά, εξισώσεις Euler και πεπερασμένα στοιχεία
- 5. Πολυωνυμικά πεδία με συνέχεια κατά τμήματα
 - 5.1 Μητρώο συνάρτησης μορφής
- 6. Η ΜΠΣ βασιζόμενη στη μέθοδο Rayleigh-Ritz
- 7. Διατύπωση της ΜΠΣ από συναρτησιακό
- 8. Παρεμβολή
- 9. Συναρτήσεις μορφής στοιχείων με συνέχεια C^0

Παρεμβολή κατά Lagrange

Δύο διαστάσεις

10. Συναρτήσεις μορφής στοιχείων με συνέχεια C^1

Δύο διαστάσεις

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 7 Η χρήση της ΜΠΣ στη μελέτη κατασκευών

229

1. Επιλογή υπολογιστικού εργαλείου
 2. Κώδικες για τη γραμμική ελαστική μελέτη των κατασκευών
 3. Καθορισμός του προβλήματος
 4. Ανάπτυξη και διάταξη του πλέγματος
 - 4.1 Καθορισμός γεωμετρίας, φορτίων, και στηρίξεων
 - 4.2 Επιλογή κατάλληλων πεπερασμένων στοιχείων
 - 4.3 Κόμβοι και στοιχεία
 - 4.4 Ιδιότητες γεωμετρίας και υλικού
 - 4.5 Εξωτερικές φορτίσεις
 - 4.6 Συνοριακές συνθήκες
 - 4.6.1 Άκαμπτοι σύνδεσμοι και εξισώσεις περιορισμού
 - 4.6.2 Η Μέθοδος των πολλαπλασιαστών Lagrange
 5. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων
 - 5.1 Γραφικά και αριθμητικά αποτελέσματα
 - 5.2 Ακρίβεια και μελέτες σύγκλισης
 6. Τεχνικές βελτίωσης της ακρίβειας
 - 6.1 Συγκεντρώσεις τάσεων
 - 6.2 Χρήση υπομοντέλου
 - 6.3 Σύγκλιση με σταδιακή πύκνωση του πλέγματος
 7. Καταγραφή και παρουσίαση αποτελεσμάτων
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 8 Η μελέτη της κατασκευής του πλοίου με τη ΜΠΣ

263

1. Εισαγωγή
 - 1.1 Οι πρώτες μελέτες
 - 1.2 Η χρήση προγραμμάτων ΠΣ
 - 1.2.1 Μελέτη συμπεριφοράς όλης της κατασκευής
 - 1.2.2 Μελέτη τμήματος της μεταλλικής κατασκευής
 - 1.3 *MAESTRO* και *GODDESS*. Δύο διαφορετικές όψεις του προβλήματος.
2. Πεπερασμένα στοιχεία για ναυπηγικές κατασκευές

- 2.1 Τα συνήθη στοιχεία
- 2.2 Η χρήση των διαφόρων στοιχείων
 - 2.2.1 Στοιχεία-δοκοί
 - 2.2.2 Μεμβρανικά στοιχεία-ελάσματα
- 2.3 Η συνδυασμένη χρήση διαφόρων στοιχείων
- 3. Η αριθμητική αναπαράσταση των ναυπηγικών κατασκευών
 - 3.1 Αναπαράσταση της κατασκευής σε δύο διαστάσεις
 - 3.1.1 Στοιχεία-δοκοί
 - 3.1.2 Μεμβρανικά στοιχεία-ελάσματα
 - 3.1.3 Επιβολή οριακών συνθηκών σε διδιάστατα μοντέλα
 - 3.2 Διακριτοποίηση της κατασκευής σε τρεις διαστάσεις
- 4. Οι απαιτήσεις των νηογνομόνων
 - 4.1 Η μελέτη των bulk carriers και containerships με βάση τις απαιτήσεις των νηογνομόνων
 - 4.2. Καταστάσεις φόρτισης
 - 4.3 Διακριτοποίηση της μεταλλικής κατασκευής
 - 4.4 Κριτήρια αποδοχής της κατασκευής
- 5. Μελέτες ναυπηγικών κατασκευών με προγράμματα ΠΣ
 - 5.1 Διακριτοποίηση σε δύο διαστάσεις
 - 5.1.1 Ενισχυμένος νομέας δεξαμενόπλοιου (στοιχεία-δοκοί)
 - 5.1.2 Ενισχυμένος νομέας δεξαμενόπλοιου με διαφορετικά στοιχεία
 - 5.1.3 Μελέτη διαμήκους φρακτής και σταθμίδας bulk carrier
 - 5.1.4 Μελέτη στρεπτικής συμπεριφοράς containership
 - 5.1.5 Μελέτη διατμητικών τάσεων σε διαμήκη φρακτή
 - 5.1.6 Μελέτη μπρακέτων ενισχυμένων νομέων
 - 5.2 Διακριτοποίηση σε τρεις διαστάσεις
 - 5.2.1 Μελέτη του Α/Φ *Invincible*
 - 5.2.2 Μελέτη του Δ/Ξ *Esso Norway*
 - 5.2.2.1 Διακριτοποίηση με πεπερασμένα στοιχεία
 - 5.2.2.2 Διακριτοποίηση με υπερστοιχεία
 - 5.2.2.3 Επιλεγμένα αποτελέσματα
 - 5.2.2.4 Μελέτη κατασκευής υπό δυναμική φόρτιση

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 9 Το πρόγραμμα MAESTRO και η εφαρμογή του στο σχεδιασμό μιας νέας κατασκευής

331

Εισαγωγή

- 1. Διακριτοποίηση της κατασκευής
 - 1.1 Διακριτοποίηση ενισχυμένου ελάσματος

- 1.2 Μελέτη ελάσματος υπό κάθετη φόρτιση
 - 1.3 Διάταξη και διαστάσεις πλέγματος
 2. Συμμετρία κατασκευής και φορτίου
 3. Διακριτοποίηση των πρισματικών διατομών (δοκών και ενισχυτικών) της κατασκευής
 - 3.1 Αλληλεπίδραση ενισχυτικών και ελασμάτων
 - 3.2 Η επίδραση της κάμψης του ενισχυτικού στην ομοεπίπεδη συμπεριφορά του ελάσματος
 - 3.3 Η επίδραση των αξονικών φορτίσεων στην κάμψη των ενισχυτικών
 - 3.4 Υβριδικό στοιχείο-δοκός
 4. Διακριτοποίηση ενισχυμένου ελάσματος
 - 4.1 Στοιχείο-ενισχυτικό
 5. Διακριτοποίηση της γάστρας του πλοίου
 - 5.1 Πλέγματα
 - 5.2 Πλέγμα αναφοράς
 - 5.3 Πλέγμα ουδετέρων αξόνων
 - 5.4 Θέσεις των κόμβων
 - 5.5 Θέσεις των κόμβων στο πλέγμα αναφοράς
 - 5.6 Θέσεις των κόμβων σε σημεία του πλέγματος ουδετέρων αξόνων
 - 5.7 Επιλογή μεθόδου
 - 5.8 Γραφική απεικόνιση της διακριτοποιημένης κατασκευής
 6. Χρήση ενισχυτικών για τον υπολογισμό της ακαμψίας
 7. Ορισμός και χρήση των υπερστοιχείων
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 10 Ανάλυση της κατασκευής οχηματαγωγού ανοικτού τύπου με πρόγραμμα ΠΣ

375

1. Εισαγωγή
2. Το Ε/Γ-Ο/Γ *Κέρκυρα*
 - 2.1 Κύρια χαρακτηριστικά
 - 2.2 Υδροστατικά στοιχεία και καμπύλη φόρτισης
3. Διακριτοποίηση της κατασκευής του Ε/Γ-Ο/Γ *Κέρκυρα*
 - 3.1 Γενικές παρατηρήσεις
 - 3.2 Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ανάλυσης μεγάλων μεταλλικών κατασκευών με προγράμματα ΠΣ
 - 3.3 Διακριτοποίηση της κατασκευής με το πρόγραμμα *ALGOR*
 - 3.4 Ανάπτυξη πλέγματος με το *ALGOR*. Γενικές παρατηρήσεις
 - 3.4.1 Ανάπτυξη του πλέγματος της γάστρας
 - 3.4.2 Ανάπτυξη του πλέγματος του καταστρώματος αντοχής

- 3.4.3 Ανάπτυξη πλέγματος διαδρόμου επιβατών
 - 3.4.4 Ανάπτυξη πλέγματος των εγκαρσίων και διαμήκων φρακτών
 - 3.4.5 Ανάπτυξη πλέγματος των υπερκατασκευών
 - 3.4.6 Ενισχυτικά
 - 3.4.7 Ιδιότητες των ενισχυτικών
 - 3.4.8 Ελάσματα
 - 3.5 Αποκωδικοποίηση. Συνδυασμός ελασμάτων με ενισχυτικά
 - 4. Στήριξη της κατασκευής και επιβολή εξωτερικών φορτίσεων
 - 4.1 Συνοριακές συνθήκες
 - 4.2 Φόρτιση
 - 5. Προκαταρκτικός έλεγχος του μοντέλου
 - 5.1 Γενικά
 - 5.2 Έλεγχος γεωμετρίας
 - 5.3 Έλεγχος των ιδιοτήτων των στοιχείων
 - 5.4 Έλεγχος του βάρους της μεταλλικής κατασκευής
 - 5.5 Λοιποί έλεγχοι
 - 6. Έλεγχοι των αποτελεσμάτων
 - 6.1 Εισαγωγή
 - 6.2 Ποιοτικές παρατηρήσεις
 - 6.3 Ακρίβεια των αποτελεσμάτων
 - 6.4 Αξιολόγηση και σύγκριση των αποτελεσμάτων
- Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 11 Η μέθοδος των πεπερασμένων διαφορών. Δυναμική χαλάρωση

417

- 1. Εισαγωγή
- 2. Χρήση πεπερασμένων διαφορών
 - 2.1 Προηγούμενες διαφορές
 - 2.2 Μέσες και επόμενες διαφορές
- 3. Επίλυση συστημάτων γραμμικών εξισώσεων
- 4. Διακριτοποίηση κατασκευών με πεπερασμένες διαφορές
 - 4.1 Μονοδιάστατα προβλήματα
 - 4.2 Πεπερασμένες διαφορές σε δύο διαστάσεις
 - 4.3 Βελτίωση της απόδοσης λύσεων με πεπερασμένες διαφορές
- 5. Η μέθοδος της δυναμικής χαλάρωσης Γενικές παρατηρήσεις
 - 5.1 Περιγραφή της μεθόδου
 - 5.2 Μαθηματική διατύπωση της μεθόδου
 - 5.3 Αριθμητική ευστάθεια και σύγκλιση
 - 5.4 Επιλογή πλέγματος
 - 5.5 Υπολογισμός της πλασματικής πυκνότητας της εξίσωσης

ορθογωνίων ελασμάτων

5.6 Εφαρμογή της μεθόδου στη μελέτη απλών δοκών (δυναμική απόκριση)

5.7 Το πρόγραμμα dybeam2f

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 12 Σφάλματα αριθμητικών λύσεων

457

1. Εισαγωγή
 2. Σφάλματα αποκοπής και στρογγύλευσης
 - 2.1 Μητρική ανάλυση
 - 2.2 Πεπερασμένες διαφορές
 3. Σφάλματα διακριτοποίησης
 4. Η έννοια του μέτρου διανύσματος και του μέτρου μητρώου
 5. Εξέλιξη πλέγματος κατά διάστημα (h) και κατά βαθμό πολωνύμου (p)
 6. Σύγκλιση λύσεων ΜΠΣ
 7. Σύγκλιση ισοπαραμετρικών στοιχείων
 8. Κριτήρια συμπεριφοράς αλγορίθμων πεπερασμένων διαφορών
 - 8.1 Η έννοια της αριθμητικής ευστάθειας
 - 8.2 Ευστάθεια αριθμητικών αλγορίθμων
 - 8.3 Σύγκλιση αριθμητικών λύσεων. Το θεώρημα ισοδυναμίας του Lax.
 - 8.4 Ευστάθεια και σύγκλιση επαναληπτικών λύσεων
 - 8.5 Ο αλγόριθμος της δυναμικής χαλάρωσης
- Βιβλιογραφία

Παραρτήματα

Π1

- A Το θεώρημα απόκλισης του Gauss
- B Υπολογισμός των υδροστατικών δυνάμεων που ασκούνται στη γάστρα του πλοίου
- Γ Το Πρόγραμμα *ALGOR* και εφαρμογές σε ναυπηγικές κατασκευές
- Δ Το Πρόγραμμα *MAESTRO*. Οδηγίες χρήσης.
- E Λύση της εξίσωσης δοκού-κολόνας με τη μέθοδο της δυναμικής χαλάρωσης

ΣΤ Πρόγραμμα μητρικής μελέτης κατασκευής *gril3d*

Z Αποτελέσματα προγράμματος *gril3d*