



ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΤΕΡΥΓΑΣ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

Ζάραγκας Θωμάς, AM: 1054555

Σπουδαστική Εργασία

Επιβλέπων Καθηγητής: Βασίλης Κωστόπουλος

Επιβλέπων Ερευνητής: Αθανάσιος Κοτζακολιός

Περίληψη-Σκοπός:

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται μελέτη στα διάφορα δομικά στοιχεία της πτέρυγας του αεροπλάνου, έτσι ώστε να αντληθούν πληροφορίες για τις μηχανικές ιδιότητές και τις μορφές αστοχίας τους. Με βάση αυτά θα είμαστε σε θέση να προβούμε σε υπολογιστικές αναλύσεις υπό στατικά φορτία. Οι αναλύσεις αυτές απλοποιούνται μέσω της μεθόδου "smeared properties", όπου ευρίσκονται νέες ισοδύναμες ιδιότητες καθώς ο σχεδιασμός με σύνθετα υλικά εμπεριέχει μεγάλη πολυπλοκότητα. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε για την μείωση του υπολογιστικού όγκου και του κόστους των αναλύσεων.

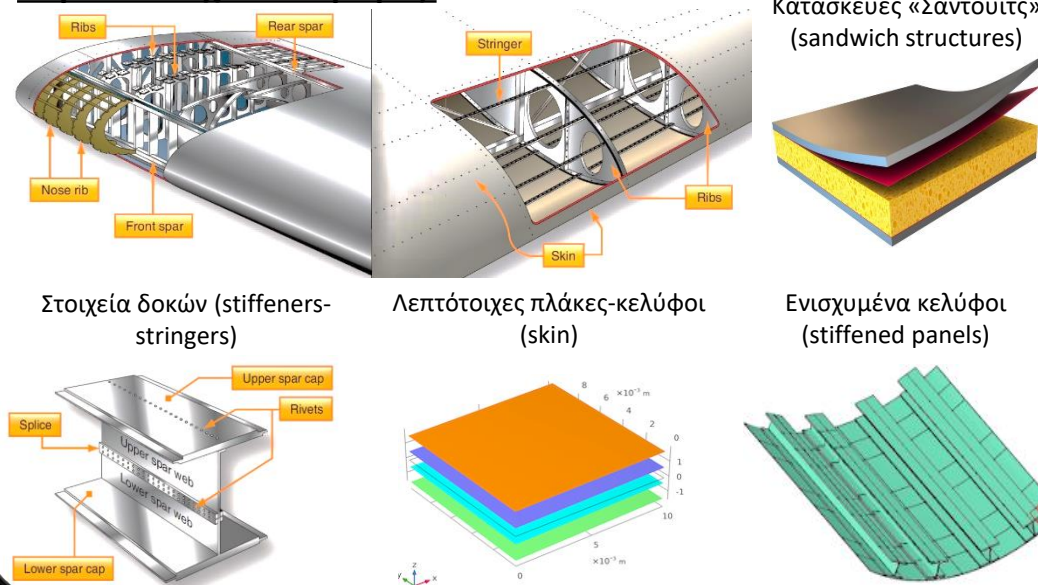
Περιεχόμενα-Διαδικασία:

- Μελέτη των συνθέτων υλικών, των πλεονεκτημάτων τους, και των μεθόδων σχεδιασμού.
- Ταξινόμηση αυτών, μέθοδοι μορφοποίησης και εφαρμογές στην αεροναυπηγική.
- Κανόνες και συμβουλές για την πορεία σχεδιασμού κατασκευών.
- Διερεύνηση των δομικών στοιχείων της πτέρυγας με έμφαση στα ενισχυμένα κελύφη και τις κατασκευές σάντουιτς.
- Εκμάθηση της κλασικής θεωρίας πολύστρωτων πλακών (CLPT) η οποία περιγράφει ένα μεγάλο σύνολο δομικών στοιχείων
- Παρουσίαση των μορφών αστοχίας και επεξήγηση.
- Μέθοδος "smearing properties" με παραδείγματα στα δομικά στοιχεία.

Συμπεράσματα:

Με το πέρας της συγκεκριμένης εργασίας, γίνεται κατανοητό ότι ο σχεδιασμός με σύνθετα υλικά είναι πολύπλοκος απ' τη φύση του και γι' αυτό επιβάλλεται η χρήση απλοποιημένων ιδιοτήτων για την ανάλυση των δομικών στοιχείων. Ωστόσο, η απλοποίηση αυτή μπορεί να επιφέρει μεγάλο σφάλμα και αδυναμία πρόβλεψης συμπεριφορών των στοιχείων και έτσι επιβάλλεται να εφαρμόζεται με προσοχή και μόνο όταν είναι απαραίτητο.

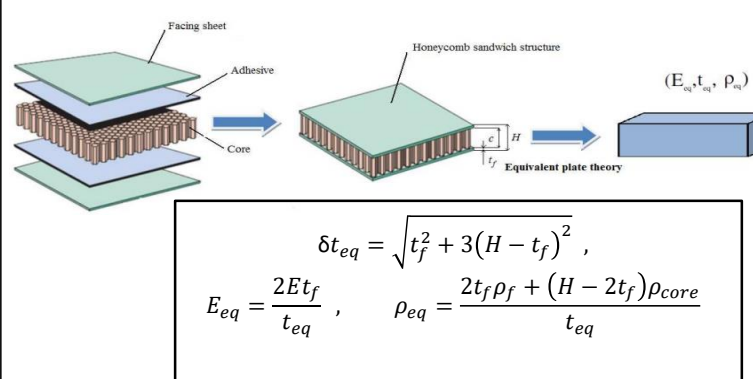
Δομικά στοιχεία πτέρυγας:



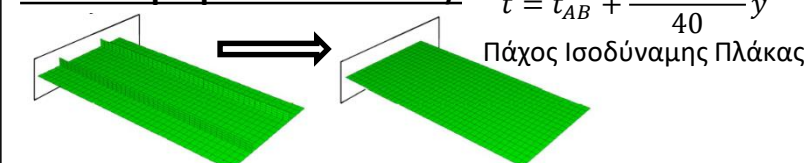
Smeared properties:

- Ομογενοποίηση σε μικρομηχανική κλίμακα
- Ομογενοποίηση σε κλίμακα λάμινας
- Ο συνδυασμός ίνας μήτρας μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν ομογενές υλικό με "smeared properties".
 - Κατά την παραμόρφωση τα κάθετα επίπεδα παραμένουν κάθετα.
 - Υπάρχει τέλεια επαφή μεταξύ ίνας μήτρας (διεπιφάνεια-πρόσφυση).
 - Υπάρχει τέλεια επαφή μεταξύ των στρώσεων.
 - Συνήθως οι πολύστρωτες πλάκες έχουν πολύ μικρότερο πάχος από τις άλλες διαστάσεις και γι' αυτό θεωρούμε κατάσταση επίπεδης παραμόρφωσης (plane stress), στην οποία ισχύει:
$$\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{xz} = 0$$

Ισοδύναμες ιδιότητες σε κατασκευή σάντουιτς:

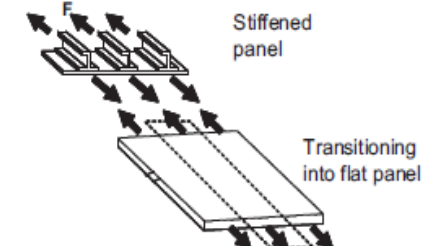


Ισοδύναμο μοντέλο πλάκας:



Ισοδύναμες ιδιότητες σε ενισχυμένο κέλυφος:

- $(A_{ij})_{eq} = (A_{ij})_{skin} + (A_{ij})_{stiffeners}$
(Πίνακας Μembrάνης)
- $(D_{ij})_{eq} = (D_{ij})_{skin} + (D_{ij})_{stiffeners}$
(Πίνακας Καμπτικής Δυσκαμψίας)
- $[B] = 0$ για συμμετρία
(Πίνακας Συσχέτισης Κάμψης και Μembrάνης)



Υποθέσεις του smearing:

- Δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των ενισχυτικών δοκών (Διάστημα μεγαλύτερο των 6cm)
- Το μήκος των πάνελ να είναι αρκετά μεγάλο έτσι ώστε η φόρτιση στο ένα άκρο να μην επηρεάζει το άλλο
- Η ισοδύναμη πλάκα είναι ομογενής και ορθότροπη
- Οι στρώσεις είναι συμμετρικές και ισορροπημένες ($[B] = 0, A_{12} = A_{26} = 0$)
- Δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ κάμψης και στρέψης ($D_{16} = D_{26} = 0$)

Αναφορές:

- 1) C. Kassapoglou, Design and Analysis of Composite Structures with Applications to Aerospace Structures, Delft, The Netherlands: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2013.
- 2) G. Papanicolaou and D. Mouzakis, Composite Materials, Patras, Greece: Klidarithmos, 2007.
- 3) P. D. Mangalgi, "Composite materials for aerospace applications," Bulletin of Materials Science, vol. 22, no. 3, pp. 657-664, 1999.
- 4) F. Rammerstorfer, D. Pahr, T. Daxner and W. Vonach, "Buckling in Thin Walled Micro and Meso Structures of Lightweight Materials and Material Compounds," Computational Mechanics, vol. 37, no. 6, pp. 470-478, 2006.
- 5) N. Liu and W. Yu, "Evaluation of Smeared Properties Approaches and Mechanics of Structure Genome for Analyzing Composite Beams," Mechanics of Advanced Materials and Structures, vol. 25, no. 14, pp. 1171-1185, 2017.
- 6) T. Krishnamurthy and H. B. Mason, "Equivalent Plate Analysis of Aircraft Wing with Discrete Source Damage," NASA, Hampton, USA, 2006.
- 7) Aborehab, M. Kassem, A. F. Nemnem and M. Kamel, "Miscellaneous Modeling Approaches and Testing of a Satellite," Journal of Applied and Computational Mechanics, vol. 7, no. 1, pp. (2021), xx-xx, 2020.
- 8) N. Liu, "Loss of Accuracy Using Smeared Properties in Composite Beam Modeling," Open Access Theses, 2015.