

Treball final de màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Assaig virtual d'un panell rigiditzat de material compòsit per una ala d'avió comercial sotmès a càrregues de fatiga.

Document: Resum

Alumne: Sergi Coll Castañer

Tutor: Albert Turon Travesa/ Laura Carreras Blasco

Departament: EMCI

Àrea: MMCTE

Convocatòria (mes/any): Setembre 2016

RESUM

Els costos de disseny i desenvolupament d'elements estructurals en materials compòsits per aplicacions comercials és actualment molt elevat. Això es deu, en part, a la manca d'eines d'anàlisi i/o simulació comercials que permetin reduir el nombre i complexitat d'assajos experimentals a realitzar.

En canvi, a nivell de recerca, existeixen diferents eines que poden permetre l'assaig virtual d'aquests elements i anticipar els diferents mecanismes de dany que poden aparèixer i comprometre la seva integritat estructural. Un dels mecanismes de dany més crític és la delaminació. En els darrers anys s'han desenvolupat diversos mètodes d'anàlisi de la delaminació que són capaços de preveure la seva aparició i propagació. Tot i això, la utilització d'aquestes eines en aplicacions reals són encara molt limitades i no es troben, ni de bon tros, integrades durant el procés de disseny i desenvolupament de nous components estructurals.

En aquest context, el grup de recerca AMADE dissenya i incorpora els seus propis procediments de càlcul que permetin fer una predicció de l'aparició i creixement d'esquerdes i la delaminació emprant mètodes numèrics.

L'objecte del projecte és fer un assaig virtual sobre un panell de material compòsit rigiditzat corresponent a una zona de l'ala d'un avió comercial, sotmès a càrregues a fatiga, amb la finalitat de predir la càrrega a la qual apareixeran delaminacions, la superfície afectada i el nombre de cicles que pot aguantar el panell abans no es propaguin les delaminacions. Els resultats obtinguts es mostraran en forma de vídeo on s'hi vegi l'evolució de la delaminació a mesura que s'incrementen els cicles de fatiga. El treball es realitzarà en el marc d'un projecte de col·laboració entre el grup de recerca AMADE i una empresa líder especialitzada en el disseny i fabricació d'aeroestructures.

Utilitzant el mètode d'elements finits es farà l'assaig virtual d'un panell definit per Aeronnova i representatiu de l'ala d'un avió comercial. Per a fer-ho, s'utilitzarà el programa d'elements finits ABAQUS i s'implementarà una metodologia d'anàlisi proposada pel grup de recerca AMADE. L'estudi també incorporarà modificacions del disseny original per tal d'optimitzar el procés de càlcul seguint els criteris proposats per AMADE.

Una configuració típicament utilitzada en estructures aeronàutiques i aeroespacials són els rigiditzadors en forma de T units a panells de material compòsit. La unió entre la pell i el rigiditzador esdevé una regió crítica pel que fa a la delaminació, ja que la diferència de rigideses dels dos elements i les vores lliures la fan propensa a desunir-se.

En condicions normals de servei per a un material sense defectes la desunió entre el panell i el rigiditzador no hauria d'ocórrer, no obstant això sovint es produeixen danys en les plaques dels avions per culpa de col·lisions amb ocells o altres incidents que puguin ocórrer durant el vol.

En els assajos aeronàutics se simulen els impactes que poden sofrir els avions a través d'un assaig d'impacte vertical, que provoca una deformació visible en la proveta. Els assajos de fatiga es fan llavors sobre les provetes amb el dany provocat per l'assaig d'impacte. La zona on ha succeït l'impacte és el lloc on es comença a produir la delaminació, que s'anirà propagant al llarg de la proveta.

Una placa sencera presenta unes dimensions massa grans per tal de poder realitzar un assaig de fatiga al laboratori i la seva fabricació suposaria un cost massa elevat. Per aquesta raó s'haurà de dissenyar un demostrador representatiu d'aquesta placa per tal de poder realitzar l'assaig de fatiga que permeti observar la propagació de la delaminació. Aquest demostrador representatiu a dissenyar ha de ser equivalent a una part o submodel de manera que tingui unes dimensions més petites que la placa original i una geometria més simple.

La proveta que s'ha de sotmetre a l'assaig de fatiga ha de permetre que es pugui observar la delaminació entre les dues capes que es volen separar en qualsevol moment de l'assaig. Com que la delaminació es produeix en una de les capes internes de la proveta, és necessari utilitzar un mètode d'inspecció que permeti veure la proveta per dintre sense malmetre-la. Actualment es disposen de 2 tècniques no destructives diferents que permetrien observar la delaminació mitjançant aparells de raigs X.

L'objectiu de l'assaig a fatiga és veure l'evolució de la delaminació en funció del nombre de cicles. L'assaig complet es divideix en dues parts. Primer es realitzarà un assaig estàtic en el qual s'aplicarà un desplaçament constant per tal de generar l'obertura dels primers elements cohesius més pròxims a la delaminació inicial. A partir d'aquest punt es realitzarà l'assaig de fatiga prenent com a desplaçament màxim de cicle aquest valor de desplaçament assolit en l'assaig estàtic per tal de fer créixer el front de delaminació.

S'han dissenyat dos tipus de demostradors diferents amb l'objectiu d'aconseguir un demostrador el màxim de senzill que permeti visualitzar com es va generant un front de delaminació entre les interfícies del material. Per tal de facilitar l'obertura del demostrador pel punt desitjat i també per assimilar el demostrador a un panell de material compòsit que ha estat sotmès a un assaig d'impacte es col·locarà un insert de tefló entre una de les capes de material compòsit.

Dels dos demostradors dissenyats s'ha rebutjat el primer demostrador degut a problemes que han succeït durant el desenvolupament del projecte. El problema principal que ha sorgit amb el primer demostrador és que el dany produït no es genera entre les capes de compòsit desitjades, sinó que varia segons la configuració de l'assaig.

El segon demostrador dissenyat ha sigut el que ha produït millors resultats. Aquest demostrador està compostat de setze làmines de material compòsit unidireccional amb l'insert de tefló col·locat en el centre del gruix del demostrador. Es col·locaran dos rigiditzadors adherits a la superfície del compòsit de gruix de 0.8 mil·límetres fets amb el mateix material que les plaques.

L'assaig de fatiga es realitzarà seguint el procediment d'una de les dues configuracions calculades pel segon demostrador. Segons el mode d'obertura que es cregui convenient a utilitzar s'aplicarà el desplaçament inicial a la placa descrit en el projecte abans de sotmetre-la a una càrrega cíclica de $R=0.1$.

Seguint aquestes recomanacions es podrà observar com el demostrador s'obre mentre el front de delaminació pren una curvatura a causa de la rigidesa addicional dels rigiditzadors. A partir de l'assaig pràctic es podran determinar la relació entre nombre de cicles al que s'ha sotmès el demostrador i l'avanç del front de delaminació, tanmateix com els esforços que aguanta la placa. La superfície afectada es determinarà a través de radiografies convencionals o una tomografia segons es vegi convenient.

Tots els resultats generats es mostren en forma de vídeo on s'hi pot veure l'evolució de la variable de dany i el seu mode d'obertura al llarg de tot l'assaig de fatiga, incloent-hi la primera part de càrrega estàtica.