

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Disseny i assaig d'estructures reticulars

Document: Resum

Alumne: Marc Casanova Guillamet

Tutor: Norbert Blanco

Departament: Enginyeria Mecànica i Construcció Industrial

Àrea: Enginyeria Mecànica

Convocatòria (mes/any): Setembre 2018

1. Introducció

Un dels principals aspectes a tenir en compte a l'hora de fabricar és l'aprofitament dels materials. Es volen fabricar peces mitjançant la tècnica FDM emparant una impressora 3D. Aquestes peces en comptes de ser massisses es vol que estiguin formades per barres per tal d'estalviar material d'impressió (ABS). Aquestes peces han de mantenir una bona resistència a compressió tot hi reduir el material utilitzat a la fabricació.

L'objecte és dissenyar, fabricar i assajar a compressió, peces iguals exteriorment, però formades per diferents configuracions d'estructures reticulars. Trobar paràmetres d'impressió que permetin la fabricació d'aquest tipus de peces. Establir paràmetres de disseny que permetin la fabricació d'estructures reticulades de forma més eficient a l'hora d'aguantar càrrega a compressió. Comparar els resultats de l'assaig amb els que s'obtidran numèricament.

2. Anàlisi

2.1 Coneixement d'estructures reticulades

Una estructura reticulada està formada per elements lineals de poca secció denominades barres les quals creen superfícies estructurals planes (encavallada) o tridimensionals mitjançant la repetició de formes generalment triangulars. El nus és el punt on concorren els eixos de dos o més barres. Aquest tipus d'unió és molt típica en les estructures triangulars i, malgrat proporcionar una petita rigidesa, es considera el nus com una articulació.

La principal característica d'aquest tipus d'estructures és l'elevada relació entre les seves propietats mecàniques i el seu pes.

2.2 Impressió 3D

La impressió 3D permet reproduir objectes físics mitjançant la superposició de capes una sobre l'altre d'un material termoplàstic fos. Una de les tècniques més comunes és la FDM la qual parteix d'un sistema amb capacitat per moure's en les 3 dimensions de l'espai mitjançant motors pas a pas.

2.3 Entorn

Per la realització d'aquest treball disposem d'una impressora 3D i una màquina que ens permetrà dur a terme l'assaig a compressió (MTS model Insight).

3. Metodologia

Per la realització d'aquest treball es seguiran els passos següents.

Primerament es faran proves d'impressió 3D de peces senzilles formades amb barres per determinar si és possible la impressió d'aquestes. Un cop feta aquesta comprovació es buscarà la manera d'enquibir diferents tipus d'estructures reticulars dins un model de peça de mateixa forma i dimensions exteriors.

S'imprimiran aquest tipus de peça tot variant els paràmetres d'impressió fins aconseguir una impressió de qualitat. Seguidament es buscarà una manera eficient de generar les peces en 3D, mitjançant el programa SolidWorks®, per les diferents estructures reticulades. Dins de les possibilitats d'impressió, es triarà un rang d'estructures reticulades les quals entraran dins de l'assaig. S'imprimiran les diferents peces (provetes) i s'assajaran tot obtenint dades força - deformació. Aquestes dades seran analitzades per trobar mètodes de disseny eficients a l'hora d'imprimir peces formades per aquest tipus d'estructures. Finalment es compararan els valors obtinguts de l'assaig amb els que s'obtindran de simular les peces amb l'ANSYS Workbench®.

4. Proves d'impressió 3D

Un dels primers passos seguits va ser dissenyar algunes peces simples formades per barres i imprimir-les amb ABS. Durant aquestes proves es va veure que era possible imprimir barres inclinades sempre que aquestes tinguessin un gruix de secció més gran de 2mm.

Seguidament es comencen a fer proves per tal de trobar la forma exterior de la proveta que encabirà els diferents tipus d'estructures reticulades. La forma exterior escollida després de les proves és la del perímetre d'un cilindre.

A continuació es realitzen diferents proves per trobar els paràmetres d'impressió que permetin obtenir una bona impressió de peces formades per barres.

Un dels principals problemes a l'hora d'imprimir aquest tipus d'estructures triangulars és que al moment d'imprimir la base del triangle s'està imprimint a l'aire. La màxima distància de la base (distància del pont) per garantir una bona impressió és de 20 mm.

5. Disseny d'estructures reticulars

Les diferents estructures reticulars es dissenyen amb el programa SolidWorks®. Es crea una peça parametritzada que permetrà obtenir tots els fitxers de les provetes a imprimir més ràpidament. Alguns d'aquests paràmetres són fixes per totes les provetes (paràmetres que defineixen la forma exterior) i d'altres varien ja que defineixen l'estructura reticular (aquests últims es calculen mitjançant una fulla d'Excel).

Per distingir les diferents combinacions d'estructures reticulars es crea una nomenclatura. P-X-YY-ZZ, on "X" és el número de pisos, "YY" el número de triangles de cada pis i "ZZ" el gruix de barra multiplicat per 10.

S'estudiaran provetes que van de les 10 a les 21 barres, obtenint així provetes de 2 a 5 pisos. Per tal de poder comparar el comportament d'estructures d'un mateix número de barres però diferent número de pisos, es canvia l'angle òptim per obtenir així provetes de 11 barres però una amb 2 pisos i una altre amb 3 pisos. El mateix es fa amb provetes de 18 barres però ara per 3, 4 i 5 pisos. Això suma un total de 15 provetes. Es repetirà aquests tipus de provetes per diferents gruixos de barres, concretament per 2, 2,5 i 3mm. D'aquesta manera es completa la mostra amb un total de 45 combinacions diferents amb dues provetes per combinació. És a dir, 90 provetes en total.

6. Impressió de les provetes

Cada proveta impresa se l'etiquetava i es guardava fins al moment de l'assaig. El temps total d'impressió de les provetes ha estat de 123 hores i 58 minuts.

En aquest apartat s'expliquen quins han estat els ajustaments de paràmetres d'impressió que s'han realitzat a mesura que s'anaven imprimint les provetes i els problemes d'impressió que han anat sortint amb la solució trobada per cada un d'ells.

7. Simulació per elements finits

L'ABS imprès en 3D es comporta com un material ortotròpic. Les propietats d'aquest varien segons si es tracta de l'eix X, Y o Z. Les propietats utilitzades per la simulació per elements finits a l'Ansys s'han obtingut del treball de final de màster ("Investigation and optimization of 3D printers setting and surface treatment") d'en Bence Pál Gávay, antic estudiant de la UdG.

S'ha generat un model per cada tipus de proveta on s'aplica un desplaçament de 1mm que la comprimeix. Els resultats que s'han demanat que es mostrin són la força necessària per arribar al desplaçament entrat (reacció) i les tensions normals i deformacions en els diferents eixos. A l'hora de recopilar els resultats només s'han agafat els donats per la reacció ja que són els que es podran comparar amb els resultats obtinguts a l'assaig experimental. Mitjançant el volum de cada proveta i la densitat de l'ABS s'ha calculat el pes teòric de cada una.

8. Assaig experimental a compressió

L'assaig s'ha realitzat amb una MTS Insight (Electromechanical 50KN – Extended Length). S'han assajat les 90 provetes amb control per desplaçament. La velocitat d'assaig ha estat de 0,5 mm/min. S'ha obtingut dades cada 0,05s referents a la deformació obtinguda (mm) i la força necessària per arribar-hi (N). Abans de realitzar l'assaig s'han pesat totes les provetes.

L'estructura col·lapsa en el moment que trenquen les barres. El 75,5% de les provetes assajades han trencat per la part de les barres del pis superior. Les provetes que no han trencat per les barres del pis superior ho han fet per les barres d'algun altre pis o han deixat d'aguantar càrrega degut a una gran deformació.

9. Anàlisi de resultats

En aquest apartat es representen els resultats obtinguts en diferents gràfics per tal de poder analitzar-los.

Primerament s'analitzen els resultats referents a la rigidesa i del ràtio rigidesa – pes obtinguts mitjançant la simulació per elements finits.

Seguidament s'analitzen els resultats de l'assaig experimental. Aquests fan referència a la càrrega màxima, a la rigidesa i als ràtios càrrega – pes i rigidesa – pes.

Finalment es comparen els resultats obtinguts numèricament i els obtinguts a l'assaig experimental.

10. Conclusions

Amb la configuració adequada dels paràmetres de la impressora és possible imprimir estructures reticulades en 3D.

No és possible imprimir barres de gruix inferior als 2 mm.

L'estructura, a diferència del que s'esperava, col·lapsa en el moment que trenquen les barres en comptes de per la part dels nusos.

El 75,5% de les provetes assajades han trencat per la part de les barres del pis superior. El pis superior és la part de la impressió on hi ha més diferència tèrmica ja que els pisos inferiors estan més a prop del llit i aquest està calent per garantir l'adhesió de les peces.

L'estructura assajada amb valors de càrrega màxima, de rigidesa i de ràtio més alts ha estat la P-5-21-30 (estructura de 5 pisos i 21 barres de gruix 3mm cada una).

Per un mateix tipus d'estructura, augmentar el gruix de barra 0.5 mm implica un augment de la rigidesa de 1,5 vegades, un augment de 2 vegades pel que fa a la càrrega màxima i un augment de 1.3 vegades del ràtio càrrega – pes.

El ràtio rigidesa – pes no varia gaire al augmentar el gruix de barra per un mateix tipus d'estructura. Això significa que per augmentar la rigidesa a la vegada que s'està aprofitant el material utilitzat és millor buscar diferents tipus d'estructura. Generalment cal augmentar el número de barres tot mantenint el número de pisos.

Al augmentar el número de barres també ho fa l'angle que aquestes formen amb la base, per tant, la llargada de les barres disminueixen.

A l'hora d'escollir tipus d'estructura, cal buscar la que per un mateix numero de pisos tingui el màxim número de barres. A mesura que s'augmenta el número de barres també ho fa l'angle que formen les barres amb la base. L'augment d'aquests dos factors implica augmentar la càrrega màxima, la rigidesa i el ràtio càrrega – pes de l'estructura. Ara bé, arriba un punt que per seguir augmentant el número de barres i mantenir la forma triangular, cal augmentar el número de pisos. Això implica una disminució notable de l'angle i conseqüentment disminueix la càrrega màxima, la rigidesa i el ràtio de l'estructura.

Sempre que es tingui en compte el comentat en el paràgraf anterior és favorable augmentar el número de pisos.

Fer els càlculs teòrics és útil per conèixer les tendències de les estructures, és a dir, saber que un tipus aguantarà més o menys que un altre però no per obtenir valors acurats. Això és degut a que el mètode de fabricació utilitzat genera factors molt complicats de tenir en compte a l'hora de realitzar aquests càlculs.