

**INSTABILITA' DEI GRIDSHELL  
DALLE CUPOLE ALLE STRUTTURE A FORMA LIBERA**

di Sabrina Pugnale

Relatore: Mario Sassone

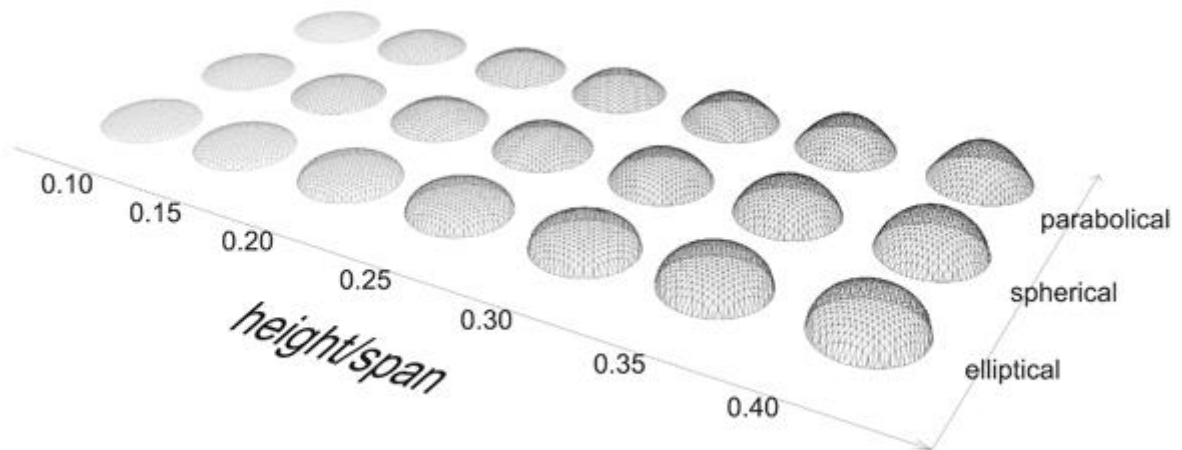
L'instabilità è un fenomeno che rappresenta uno dei maggiori problemi nella progettazione dei *gridshell*, strutture che resistono principalmente a compressione e sono costituite da elementi snelli. La verifica della stabilità strutturale è quindi fondamentale nel processo progettuale. Dal momento che l'instabilità può potenzialmente presentarsi in diversi modi e che i carichi critici sono di fatto influenzati da vari parametri, la necessità di una ricerca a riguardo è fondamentale. Questo lavoro di tesi indaga sulla dipendenza tra forma e risposta strutturale dei *gridshell*, tramite l'osservazione dell'influenza di parametri variabili sul carico critico mediante Analisi agli Elementi Finiti (FEA) al primo e al secondo ordine. Vengono eseguite analisi di stabilità di varie cupole a pianta circolare, di diversa forma, curvatura e rapporto altezza/diametro. La scelta di alcuni dati geometrici analoghi a quelli di recenti lavori di ricerca nell'ambito permette un parziale confronto dei risultati ottenuti.

Il rapporto che lega forma e stabilità strutturale è poi analizzato ulteriormente in due casi studio reali a forma libera in acciaio e vetro: la copertura del British Museum di Londra e la House for Hippopotamus dello zoo di Berlino.

Vengono inizialmente sviluppati una serie di casi studio della tipologia a cupola per indagare sull'influenza di vari parametri sui carichi critici e il comportamento a instabilità dei *gridshell*. Questo serve anche a sviluppare un metodo per modellare e analizzare le strutture agevolmente e che possa essere adattato anche ai casi studio a forma libera. Il processo di definizione dei modelli geometrici parametrici e dei modelli per l'analisi agli elementi finiti è principalmente volto all'automazione della procedura di modellazione e analisi strutturale.

Si eseguono quindi analisi numeriche per le diverse tipologie di cupola ottenute (Fig.1), in modo da determinare l'influenza dei parametri sul comportamento a instabilità. I parametri variabili sono, insieme alla tipologia di cupola (ottenuta da curve paraboliche, sferiche o ellittiche): rapporto altezza su diametro, distribuzione del carico, ampiezza del vettore imperfezione iniziale.

Inizialmente si esegue un'analisi lineare statica per capire l'effetto del peso proprio sulla struttura. Il passo successivo è l'analisi di buckling lineare agli autovalori, che permette di osservare il comportamento generale delle cupole nei confronti dell'instabilità, dal momento che fornisce delle deformate e dei carichi critici. I carichi critici sono ottenuti sottoforma di moltiplicatori di carico e in questo caso corrispondono ai carichi critici teorici euleriani poichè vengono applicati carichi unitari alla struttura.



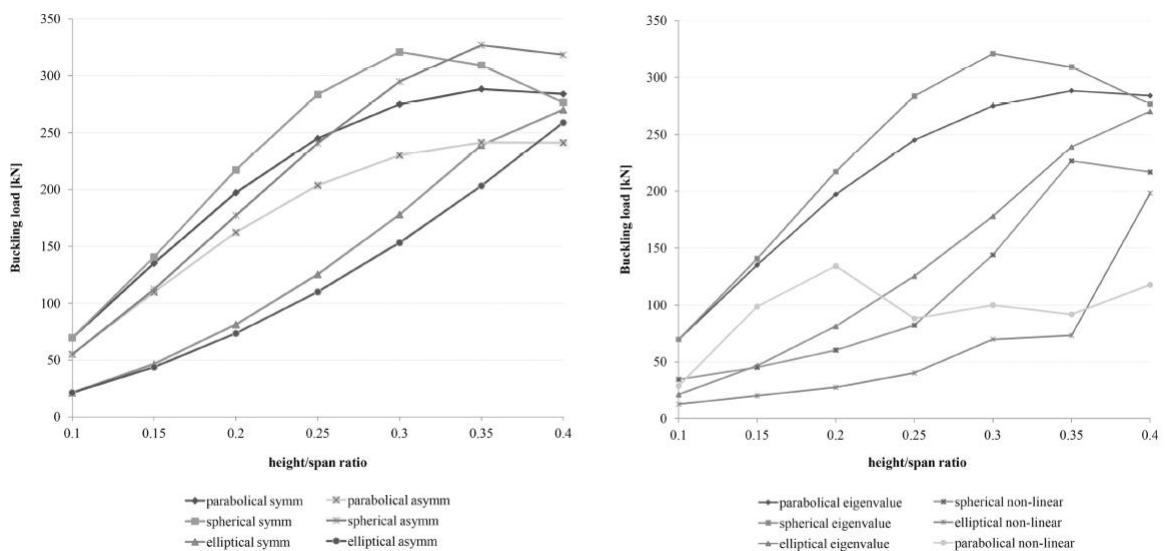
### I diversi tipi di cupole

I carichi critici ottenuti da analisi agli autovalori non sono attendibili per strutture reali, dal momento che il vero carico critico è spesso molto inferiore. Comunque, sono utili per computare i vettori imperfezione delle successive analisi non lineari e per capire dove e come si può verificare instabilità nella struttura.

Dopo le analisi lineari agli autovalori, quindi, vengono prese in considerazione le non linearità geometriche e vengono eseguite analisi statiche non lineari.

Lo stesso procedimento è seguito per l'analisi di stabilità dei due casi studio a forma libera. Le analisi per la copertura del British Museum sono inoltre eseguite sia per la struttura con il reticolo di partenza, non ottimizzato, sia per il reticolo rilassato.

In questo modo si può osservare il differente comportamento della struttura al cambiare della configurazione strutturale e l'effettivo apporto dell'ottimizzazione.



Carichi critici di cupole caricate in modo simmetrico e asimmetrico (sinistra), carichi critici delle cupole ottenuti da analisi lineari e non lineari (destra)

Dai risultati delle analisi sulle cupole si delineano le principali tendenze di comportamento nei confronti dell'instabilità (Fig.2). Si può osservare che i parametri che più influenzano la stabilità delle cupole sono la forma e l'ampiezza dell'imperfezione iniziale. Per quanto riguarda i due casi studio a forma libera si possono fare alcune osservazioni.

Nel primo caso studio, la House for Hippopotamus, la variazione di curvatura influenza direttamente il comportamento instabile della struttura. Sono infatti presenti instabilità locali in aree di transizione tra diverse curvature. Anche la sensibilità all'imperfezione iniziale è piuttosto alta. Il secondo caso studio, la copertura del British Museum, mostra diverse curve carico/spostamento per la configurazione con la griglia rilassata e quella non rilassata.

Per ulteriori informazioni, e-mail:

Sabrina Pugnale: [sabrina.pugnale@gmail.com](mailto:sabrina.pugnale@gmail.com)