

L'effetto di coincidenza

ONDE FLESSIONALI E FREQUENZA CRITICA

È noto come nei solidi, diversamente dai fluidi, esistano differenti tipologie di onde, oltre a quelle longitudinali: onde estensionali, onde di taglio, di torsione e di flessione. Le onde di flessione sono quelle che hanno maggiore importanza nella irradiazione acustica delle strutture. Principalmente ciò è dovuto al fatto che la deflessione laterale degli elementi su cui si propagano (ossia normale al piano di propoagazione) rispetto alla lunghezza dell'onda è rilevante ed è in grado di perturbare il fluido adiacente. Secondariamente, l'impedenza trasversale delle strutture che trasportano l'onda è dello stesso ordine di grandezza di quella dell' aria, fattore che facilita l'accoppiamento con il fluido, creando un campo sonoro che si irradia. Le onde flessionali devono essere dunque considerate una classe a parte: infatti, nonostante gli spostamenti siano rilevanti in direzione trasversale anziché in quella di propagazione dell'onda, lo sforzo e la deformazione che dominano l'energia potenziale agiscono proprio in direzione di quest'ultima. Inoltre le equazioni differenziali che governano il comportamento delle onde flessionali sono di quarto ordine.

Nel caso di un pannello sottile (ossia di spessore molto inferiore alle lunghezze d'onda del suono alle frequenze in studio) su cui si abbia propagazione in entrambe le direzioni x e y di giacitura della lastra, l'equazione di propagazione delle onde flessionali, trascurati gli effetti inerziali di rotazione e la deformazione di taglio, dipende da: ρ la densità, S l'area della sezione, ν il rapporto di Poisson, h spessore della piastra, ed E modulo di Young. La velocità di propagazione delle onde flessionali per un pannello sottile è:

$$(1) \quad c_f = \sqrt{2\pi h f} \sqrt{\frac{E}{12\rho(1-\nu^2)}} .$$

Dalla relazione (1) appare che chiaramente come le onde flessionali siano dispersive, ossia la loro velocità di propagazione varia con la frequenza. Ciò le differenzia da tutte le altre tipologie di onde nei solidi e nei liquidi viste finora, che Sono invece non dispersive, ed è questa la causa dell'effetto coincidenza. Esiste, infatti, una sola frequenza per la quale coincidono le velocità di propagazione del suono in aria c e delle onde longitudinali c_f , sul pannello (Fig. 1). detta "frequenza critica" ed indicata con f_c . Essa si ottiene risolvendo la (1) rispetto alla frequenza:

$$(2) \quad f_c = \frac{c^2}{2\pi h \sqrt{\frac{E}{12\rho(1-\nu^2)}} .$$

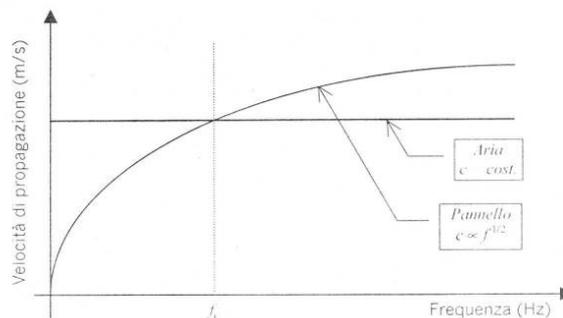


Figura 1

EFFETTO COINCIDENZA

Per un pannello infinito le onde di flessione possono esistere ad ogni frequenza. Se sul pannello vengono generate onde meccaniche flessionali libere, esso irradia nell'aria circostante onde acustiche piane, con un angolo θ rispetto alla normale, in modo tale che la lunghezza d'onda delle onde flessionali λ_f uguagli la proiezione sul pannello $\lambda_p = \lambda / \sin \theta$ delle onde acustiche in aria.

Questa situazione può esistere solo per $f > f_c$, poiché $\sin \theta < 1$: al di sotto della frequenza critica le onde flessionali non irradiano alcun suono. Si definisce "effetto coincidenza" il fenomeno per cui un'onda acustica piana, incidente su un pannello con un angolo θ abbia la traccia della lunghezza d'onda sul pannello $\lambda_p = \lambda / \sin \theta$ uguale a quella delle onde flessionali λ_f . In questo caso si è visto che il pannello irradia: ciò significa che la trasmissione del suono è elevata alle frequenze di coincidenza, causando conseguentemente una sensibile riduzione del potere fonoisolante.

Le frequenze di coincidenza possono essere calcolate mediante la formula seguente:

$$(3) \quad c_f = \frac{c}{\sin \theta} \rightarrow f_{co} = \frac{c^2}{2\pi h \sin^2 \theta \cdot \sqrt{\frac{E}{12\rho(1-\nu^2)}}}$$

Si osservi, analizzando la (3), come la frequenza critica può quindi essere considerata la più bassa frequenza possibile alla quale si verifica l'effetto coincidenza; essa è relativa ad onde che hanno direzione di propagazione parallela al pannello ($\theta = 90^\circ$), che possono cioè essere considerate tangenti ad esso. Per frequenze superiori alla f_{co} vi sarà sempre un valore di θ per il quale si verifica la coincidenza, ragion per cui il potere fonoisolante della parete non può più raggiungere il valore teorico predetto con la legge della massa. Tuttavia, è stato dimostrato che per pannelli reali (aventi cioè dimensioni finite), chiusi su una cavità (ad es. una stanza), l'effetto coincidenza è indipendente dall'angolo di incidenza θ , e l'unica frequenza di coincidenza possibile è la frequenza critica stessa.

L'effetto coincidenza è una delle principali cause di riduzione dell'isolamento di una parete, in quanto nella banda di frequenza in cui cade la frequenza di coincidenza la trasmissione, come si è detto è piuttosto elevata e quindi il potere fonoisolante basso. Agendo sulle grandezze presenti nella (3) è possibile ottimizzare il progetto e la scelta dei materiali, facendo cadere la coincidenza dove sia meno dannosa (fig. 2). Un aumento di smorzamento della struttura contribuisce ad attenuare la caduta di isolamento alla coincidenza. Per frequenze superiori alla coincidenza, la trasmissione è completamente risonante e dunque lo smorzamento continua a giocare un ruolo determinante.

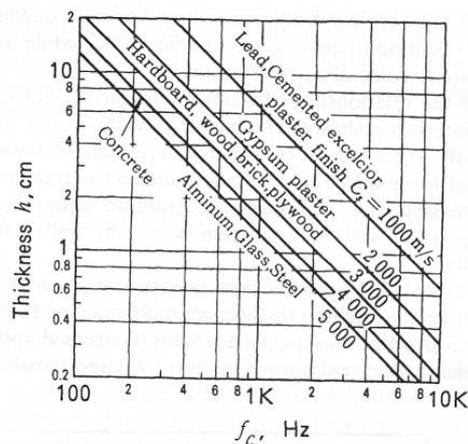


Figura 2