



Quaderno Tecnico Scheda 8

MARZO 2014



NUOVA COSTRUZIONE → **APPLICAZIONI A PAVIMENTO**

LA RIGIDITA' DINAMICA

CHE COS'E'

La rigidità dinamica è una delle caratteristiche fondamentali per la valutazione previsionale dell'isolamento acustico al calpestio fornito dal massetto flottante (ΔL_w).

La rigidità dinamica esprime la capacità di deformazione elastica di un prodotto isolante anticalpestio soggetto ad una sollecitazione di tipo dinamico. È un parametro che include le proprietà elastiche e di smorzamento del materiale, compresa l'aria che racchiude nella sua struttura, e può essere correlato alle vibrazioni trasmesse al solaio sottostante e quindi all'energia acustica irradiata nell'ambiente.

Nel caso di pavimenti galleggianti viene utilizzata la rigidità dinamica per unità di superficie, espressa in MN/m^3 . Essa rappresenta il **rapporto tra la pressione dinamica esercitata sul materiale e la variazione dinamica di spessore del materiale**, dovuta alla pressione stessa:

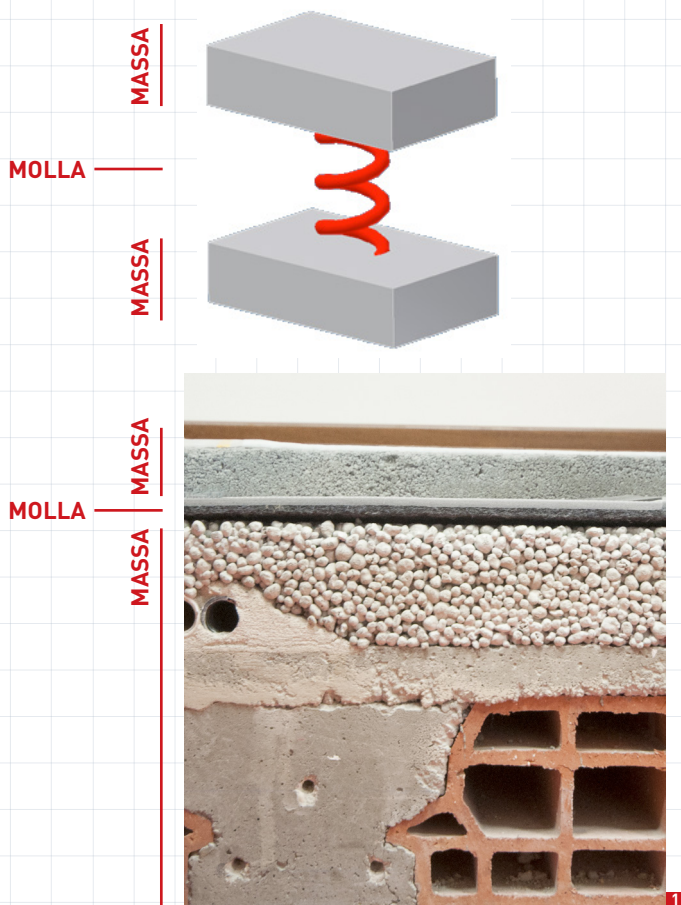
$$s' = \frac{(F/S)}{\Delta d} \quad [\text{MN/m}^3]$$

dove F è la forza dinamica applicata sul campione, S l'area del campione e Δd la variazione di spessore subita dal campione a seguito dell'applicazione della forza.



In altre parole, la rigidità dinamica descrive **la capacità del materiale resiliente di smorzare le vibrazioni di una struttura sollecitata da rumori impattivi**, come, ad esempio, dal calpestio.

Un sistema a massetto galleggiante può essere rappresentato come un sistema "massa-molla-massa" dove il solaio strutturale e l'eventuale sottofondo impiantistico rappresentano la massa di base, il materiale anticalpestio equivale alla molla e il massetto di supporto e la pavimentazione costituiscono la seconda massa.



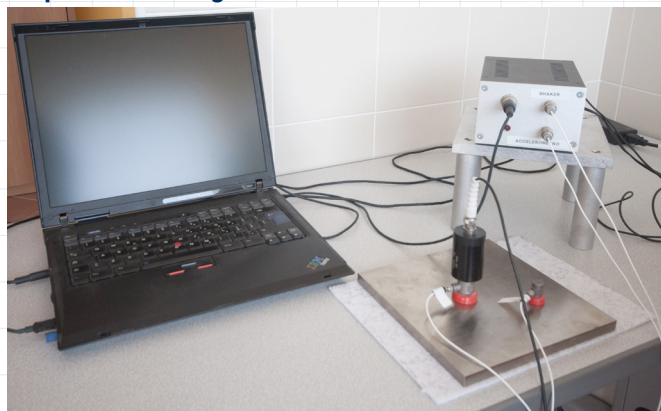
■ FIG 1

Sistema massa - molla - massa

La rigidità dinamica può essere quindi paragonata alla costante elastica della molla.

COME SI MISURA

La prova della rigidità dinamica



■ FIG 2

Strumentazione per la prova della rigidità dinamica

La definizione e i metodi di prova della rigidità dinamica sono espressi nella norma UNI EN 29052-1: essa viene misurata ponendo un provino di dimensioni 200 x 200 mm al di sotto di una piastra di carico in acciaio del peso di 8 kg. Il sistema viene sollecitato con una forza dinamica nella gamma di frequenze di interesse (tipicamente 20-500 Hz), provocando oscillazioni unicamente verticali senza componenti rotazionali. Mediante rilievo con accelerometro viene quindi misurata la **frequenza di risonanza** del sistema, necessaria a calcolare la **rigidità dinamica apparente** s'_t dello stesso:

$$s'_t = 4 \pi^2 m'_t (f_r)^2 \quad [\text{MN/m}^3]$$

dove:

m'_t è la massa per unità di area del carico totale applicato al campione, in kg/m^2 ;

f_r è la frequenza di risonanza, in Hz.

A partire dal dato di rigidità dinamica apparente è necessario effettuare le considerazioni previste dalla norma per valutare la **rigidità dinamica reale del materiale**. È importante sottolineare infatti che il valore ricavato dalla prova **non sempre coincide con il valore di rigidità dinamica richiesto dalla norma UNI EN 12354-2 per il calcolo dell'abbattimento acustico al calpestio ΔL_w** .

La rigidità dinamica reale dei prodotti viene infatti influenzata sia dalle caratteristiche intrinseche dei materiali che lo compongono, che dal gas contenuto al suo interno (tipicamente l'aria). Per questo motivo, è necessario caratterizzare il contributo alla rigidità dinamica fornito dall'aria, attraverso la **prova di resistenza al flusso d'aria r**. Tale prova, descritta nella norma UNI EN 29053, prevede la misura della caduta di pressione tra due facce libere di un provino attraversato da un flusso d'aria unidirezionale.

Nel caso di prodotti con resistenza al flusso d'aria molto elevata ($r \geq 100 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$) o molto bassa ($r < 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$), la rigidità dinamica dell'aria viene trascurata e, conseguentemente, la rigidità dinamica effettiva coincide con la rigidità dinamica apparente. Per tali prodotti quindi:

$$s' = s'_t \quad [\text{MN}/\text{m}^3]$$

I prodotti in **polietilene reticolato espanso a celle chiuse** rientrano in questa categoria: le celle chiuse rendono il polietilene impermeabile all'aria, e quindi con una resistenza al flusso molto elevata.

Al contrario i materiali fibrosi, come le lane naturali e le fibre sintetiche, e i materiali a celle aperte, come il poliuretano, per loro conformazione consentono il passaggio dell'aria trasversalmente al loro spessore e quindi **la rigidità dinamica reale deve essere corredata dalla prova di resistenza al flusso d'aria**.

Per i prodotti con resistenza al flusso dell'aria compresa tra 10 e 100 $\text{kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$; la rigidità dinamica reale si ottiene infatti come:

$$s' = s'_t + s'_a \quad [\text{MN}/\text{m}^3]$$

dove s'_a è la rigidità dinamica per unità di superficie del gas contenuto all'interno del materiale.

Il valore di rigidità dinamica reale in questo caso viene **peggiorato** dalla presenza di aria non ferma nella sua struttura: il progettista deve quindi valutare criticamente il valore di rigidità dinamica dichiarato in scheda tecnica, chiarendo se sia reale (s') o apparente (s'_t) e richiedendo il certificato di resistenza al flusso d'aria al produttore di materiali anticalpestio.

La rigidità dinamica dei prodotti Isolmant

Prodotto	Spessore	Rigidità dinamica apparente	Rigidità dinamica reale
Special	3	80	80
	5	60	60
	10	32	32
FR	3	80	80
	5	60	60
UnderSlim	5	21	21
UnderSpecial	8	11	11
	13	9	9
MasterSpecial	10	16	16
UnderLivell	5	29	29
MonoPlus	6	19	19
BiPlus	9	11	11
	14	9	9
Radiante	5	21	21
	8	15	15
D311	22	37	37
Fibra HD	10	17	28
	20	5	10

I prodotti Isolmant sono corredati da certificato di resistenza al flusso d'aria disponibile alle rispettive pagine prodotto sul sito www.isolmant.it

Per tutti i prodotti in polietilene e per gli accoppiati polietilene+fibra la prova in laboratorio ha rivelato una resistenza al flusso molto elevata, per cui **la rigidità dinamica apparente coincide con la rigidità dinamica reale**. Il prodotto Isolmant Fibra HD, al contrario, essendo costituito da FIBTEC PHD, fibra in poliestere ad alta densità, è un materiale che presenta una resistenza al flusso pari a 25,3 kPa s/m², perciò al dato di rigidità dinamica apparente deve essere aggiunta la rigidità dinamica dell'aria, pari a 11 MN/m³ per lo spessore 10 mm e 5 MN/m³ per lo spessore 20 mm, per un valore di rigidità dinamica reale pari a 28 MN/m³ per lo spessore 10 mm e 10 MN/m³ per lo spessore 20 mm.

FIG 3
Certificato Isolmant

Report di Prova no. 838-110000008 del 23/06/2010
Test Report no. 07

Prodotto - Parte del sistema sottoposta a prova	Spessore (mm)	Resistenza al flusso (kPa s/m ²)	Resistenza apparente (kPa s/m ²)	Umidità (g/m ³)	Temperatura (°C)	Velocità del vento (m/s)
Fibra HD polietilene accoppiata	4 mm	20 mm	200 (200) mm	27 (24) °C	17	10

FLUSSO D'ARIA PERPENDICOLARE AL PROFILO / AIR FLOW PERPENDICULAR TO THE PERIPHERY
VALORI DIFFERENZIALI DI PRESSIONE / PRESSURE DIFFERENTIALS

PROVA / TEST	Pa	Pa	Pa
PROVA 1 / TEST 1	Pa	-0,1 Pa	Pa
PROVA 2 / TEST 2	Pa	-0,1 Pa	Pa
PROVA 3 / TEST 3	Pa	-0,1 Pa	Pa
MEAN AVERAGE	Pa	-0,1 Pa	Pa

Le prove di isolamento del dispositivo di misura sono state di provenienza fra le due tecniche (vedi per esempio) il tipo di dispositivo di misura che ha permesso di ottenere il risultato ottenuto per questo tipo di apparecchiatura.

Prodotto - Parte del sistema sottoposta a prova	Spessore (mm)	Resistenza al flusso (kPa s/m ²)	Resistenza apparente (kPa s/m ²)	Umidità (g/m ³)	Temperatura (°C)	Velocità del vento (m/s)
Fibra HD polietilene accoppiata	0,2 mm	0,2 mm	200 (200) mm	27 (24) °C	17	10

FLUSSO D'ARIA PERPENDICOLARE AL PROFILO / AIR FLOW PERPENDICULAR TO THE PERIPHERY
VALORI DIFFERENZIALI DI PRESSIONE / PRESSURE DIFFERENTIALS

PROVA / TEST	Pa	Pa	Pa
PROVA 1 / TEST 1	Pa	0,00	Pa
PROVA 2 / TEST 2	Pa	0,00	Pa
PROVA 3 / TEST 3	Pa	0,00	Pa
MEAN AVERAGE	Pa	0,00	Pa

VALUTAZIONE

Dalle misurazioni eseguite in accordo alla UNI EN 29252: 1994 si può concludere che il risultato #1 non influenza sui valori della rigidità dinamica per cui la rigidità dinamica apparente #1 coincide con la rigidità dinamica reale #1 per il prodotto Isolmant Fibra HD. Per il risultato #2 il risultato #2 è inferiore al risultato #1 per cui la rigidità dinamica apparente #2 è inferiore al risultato #1 per il prodotto Isolmant Fibra HD. Per il risultato #3 il risultato #3 è inferiore al risultato #1 per cui la rigidità dinamica apparente #3 è inferiore al risultato #1 per il prodotto Isolmant Fibra HD.

DATA PROVA: 11/06/2010
Test date:

Operatore: [Firma]

A CHE COSA SERVE

Il legame tra s' e ΔL_w

La rigidità dinamica è il parametro fondamentale per il calcolo teorico dell'abbattimento acustico fornito dal sistema con massetto flottante. La norma UNI EN 12354-2 permette di ottenere il valore di ΔL_w per massetti in calcestruzzo con la seguente formula:

$$\Delta L_w = 30 \log (f/f_0) + 3 \quad [\text{dB}]$$

Dove:

f è la frequenza di riferimento, pari a 500 Hz

f_0 è la frequenza di risonanza del sistema materiale anticalpestio + massetto, di massa m' , funzione della rigidità dinamica:

$$f_0 = 160 \sqrt{(s'/m')} \quad [\text{Hz}]$$

Da tale formula si può osservare che l'**attenuazione acustica è tanto maggiore quanto più bassa è la rigidità dinamica**: la scelta del materiale resiliente da parte del progettista è quindi da effettuarsi in funzione dalle prestazioni acustiche attese. Il dato di rigidità dinamica è infatti l'**ipotesi alla base della progettazione del pacchetto isolante**: una volta determinato il valore di rigidità dinamica del materiale anticalpestio, è possibile stabilire il carico ideale che mette in elasticità il sistema ad una frequenza di risonanza vantaggiosa; in altri termini è possibile determinare il peso del pacchetto "massetto+pavimento" che fornisca l'abbattimento acustico richiesto in funzione della rigidità dinamica del prodotto. Per tipologie costruttive tradizionalmente utilizzate in Italia, come solai in laterocemento o in calcestruzzo armato e massetto di supporto in sabbia e cemento o autolivellante, i valori di rigidità dinamica del materiale anticalpestio adatti a fornire un isolamento adeguato sono compresi tra 10 MN/m³ e 60 MN/m³: materiali con rigidità dinamica maggiore di 60 MN/m³ possono essere utilizzati in presenza di massetti molto pesanti; valori di rigidità dinamica inferiori a 10 MN/m³ contraddistinguono materiali molto soffici, il cui utilizzo implica la realizzazione di massetti armati o fibrorinforzati al fine di evitare problemi meccanici legati al massetto stesso e alle finiture.