



COMMITTENTE



PARCO OGLIO NORD
ENTE DI DIRITTO PUBBLICO
Piazza Garibaldi 15 - 25034 Orzinuovi (Bs)

PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione di una passerella ciclopedonale sul ponte che attraversa il fiume Oglio (come da progetto denominato "Greenway dell'Oglio - lotto 8) tra i comuni di Calcio e Urago d'Oglio

ELABORATO

08

RELAZIONE VALUTAZIONE DELLE VIBRAZIONI DA TRAFFICO CICLO - PEDONALE E LIVELLO DI CONFORT

REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:
00	18/05/2023	Prima emissione elaborato - Progetto Definitivo

PROGETTISTI

MV Project srl
Via Europa 17 - 24030 Medolago (Bg)
Tel. +39 0356016841
email: Info@mv-project.it
PEC: mvprojectsr1@pec.it
Ing. Nicola Marcandelli



SOMMARIO:

1) INTRODUZIONE	3
2) PROCEDURA DI CALCOLO	4
3) CALCOLO DELLE FREQUENZE NATURALI	6
4) CONTROLLO DEL RANGE CRITICO	8
5) VERIFICA RISCHIO DI RISONANZA	9



1) INTRODUZIONE

Le vibrazioni sono un tema fondamentale nella progettazione di ponti pedonali, strutture oggi sempre più snelle e leggere in cui il rapporto tra carico dinamico e carico statico è sempre più elevato. Il carico dinamico più significativo per una passerella pedonale è l'azione della camminata indotta dai pedoni.

Questo tipo di strutture leggere con forma a "nastro" hanno tendenzialmente delle frequenze naturali più basse e quindi sono più suscettibili al fenomeno della "risonanza", rendendo questo tipo di verifica, un passaggio fondamentale nella procedura di progettazione di queste opere.

Inoltre, il problema delle vibrazioni influenza anche l'utilizzo quotidiano della passerella avendo degli effetti sul grado di confort della camminata e sulle reazioni emotive che possono insorgere nei pedoni.

Le vibrazioni della struttura possono verificarsi in direzione verticale e orizzontale, possono essere causate dalla camminata, dalla corsa, dal salto e sebbene non rappresentino un rischio elevato per quanto riguarda la resistenza della struttura, sono determinanti per il suo grado di utilizzo.

La normativa accenna alla necessità di controllare tali effetti ma non fornisce specifiche indicazioni su come condurre la verifica, se non riportando un range di frequenze critiche. Per un controllo più approfondito si è fatto riferimento a due documenti dall'altro contenuto tecnico-scientifico, che offrono delle linee guida sulla progettazione dei ponti pedonali, gettando le basi per la successiva implementazione negli Eurocodici:

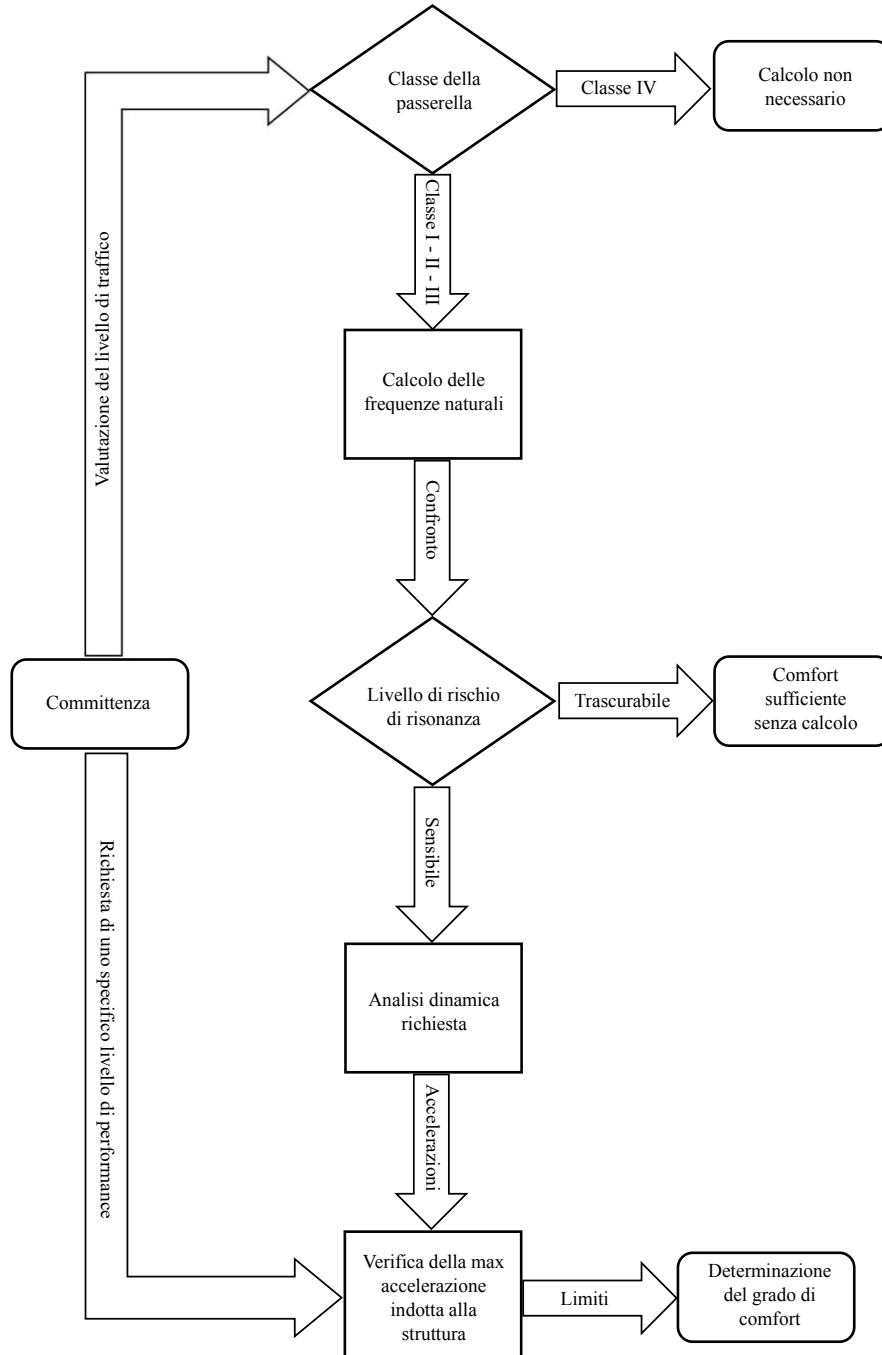
- JRC - Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations
- Sétra - Assessment of vibrational behaviour of footbridges under pedestrian loading

Entrambe si basano sullo studio delle frequenze naturali della struttura e sulla risposta della stessa all'eccitazione del carico dinamico indotto dai pedoni. Il grado di approfondimento delle analisi è maggiore, quanto più ci si avvicina ad un certo range di frequenza critica.



2) PROCEDURA DI CALCOLO

Di seguito si riporta il diagramma del flusso di lavoro atto a determinare il livello di analisi necessario, in funzione della classe della struttura:

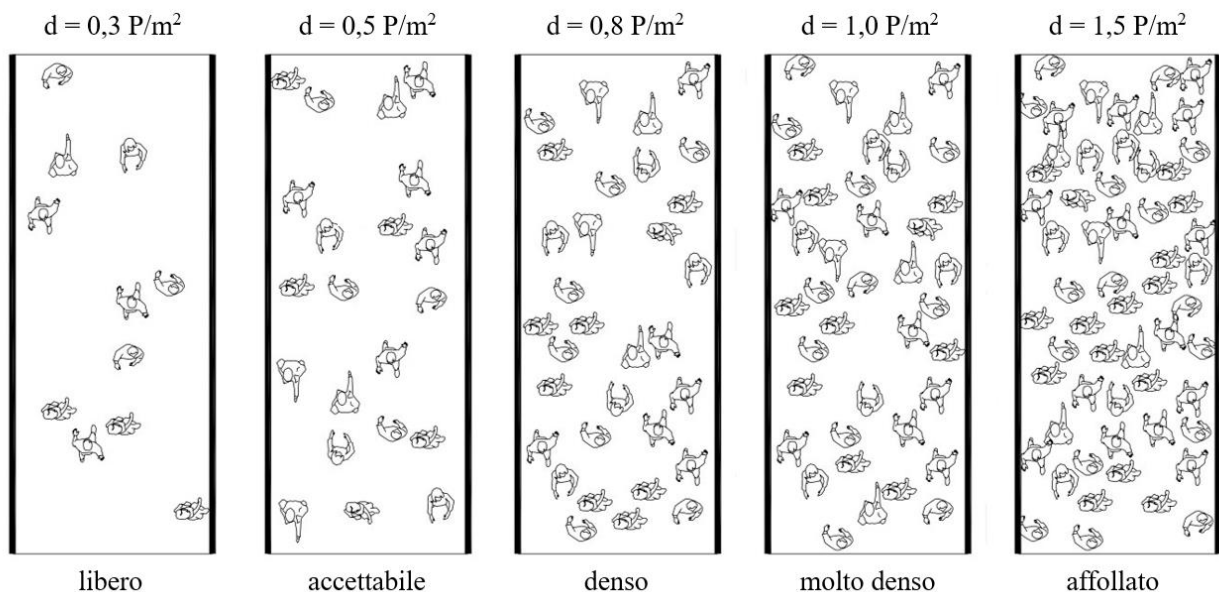




Si considera la seguente classificazione in base al traffico pedonale:

- I: ponte urbano a servizio di aree ad elevata densità pedonale, quali accessi a stazioni, stadi, ecc., frequentemente utilizzato da una folla molto densa
- II: ponte urbano a servizio di aree popolate, soggetto a carico frequente (es. nelle vicinanze di uffici, scuole, ecc.), ma occasionalmente caricato su tutta la superficie calpestabile
- III: ponte suburbano, occasionalmente attraversato da folla e ma mai caricato lungo tutta la propria lunghezza
- IV: ponte rurale, utilizzato di rado o situato in zone scarsamente popolate

Si definisce quindi la densità del carico pedonale come numero di persone al metro quadrato, assumendo il peso P di una persona pari a $0,7 \text{ kN}$:



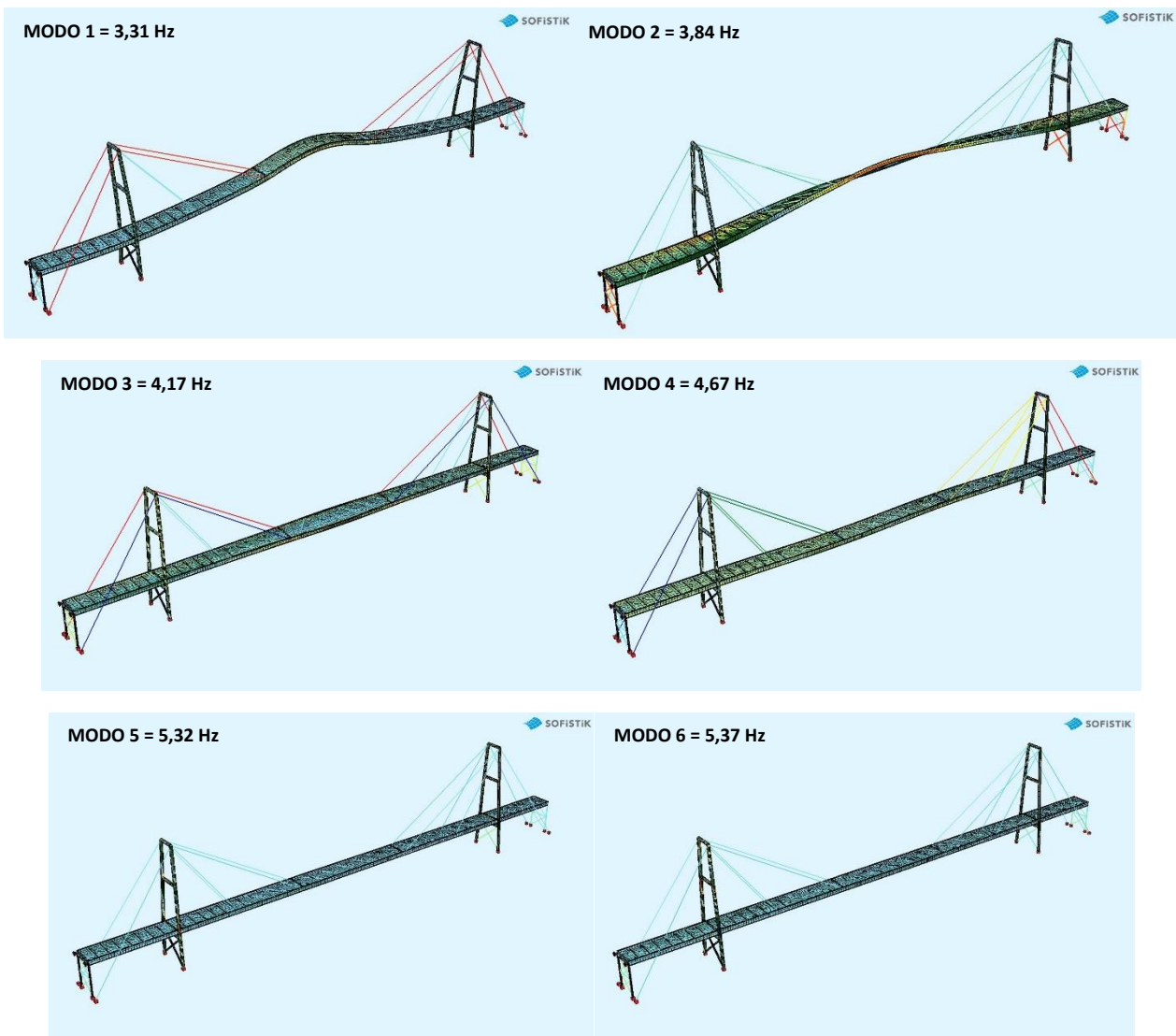
Si determina infine il grado di comfort sulla base delle sensazioni dei passanti:

- Massimo comfort: le accelerazioni della struttura sono impercettibili
- Medio comfort: le accelerazioni della struttura sono appena percettibili
- Minimo comfort: le accelerazioni della struttura sono percettibili ma tollerabili

3) CALCOLO DELLE FREQUENZE NATURALI

Di seguito si riporta il plot delle deformate modali e le relative frequenze:

PONTE SCARICO (SOLO PESI PROPRI + G_2)





PONTE CARICO (SOLO PESI PROPRI + G₂ + CARICO PEDONALE)

La struttura in oggetto ricade nella classe III e viene pertanto presa in considerazione una densità dei pedoni pari a 0,5 P/m² ovvero 0,35 kN/m².

Le frequenze rimangono vicine a quelle del caso a ponte scarico:

f ponte scarico			f ponte carico			direzione	
no	LC	frequency [Hertz]	no	LC	frequency [Hertz]		
1	2001	3.311	1	3001	3.049	1	Verticale (1 ^a)
2	2002	3.841	2	3002	3.546	2	Laterale orizzontale
3	2003	4.172	3	3003	4.016	3	Torsionale
4	2004	4.668	4	3004	4.325	4	Verticale (2 ^a)
5	2005	5.323	5	3005	5.317		
6	2006	5.374	6	3006	5.366		
7	2007	6.028	7	3007	5.839		
8	2008	7.223	8	3008	6.633		
9	2009	8.301	9	3009	8.142		



4) CONTROLLO DEL RANGE CRITICO

Gli intervalli critici delle frequenze naturali f_i delle passerelle pedonali sono:

- per vibrazioni verticali

$$1,25 \text{ Hz} \leq f_i \leq 2,3 \text{ Hz}$$

- per vibrazioni laterali

$$0,5 \text{ Hz} \leq f_i \leq 1,2 \text{ Hz}$$

Si ha:

VIBRAZIONE VERTICALE: la struttura carica (con carico pedonale) ha come prima frequenza un valore pari a 3,05 Hz e quindi **fuori da range critico**.

Anche se non sono mai state registrate vibrazioni significative legate alla 2^a armonica, si considera in questo specifico caso un range più ampio, ovvero pari a:

$$1,25 \text{ Hz} \leq f_i \leq 4,6 \text{ Hz}$$

In questo caso la struttura è di poco dentro il range critico, avendo come frequenza relativa alla 2^a armonica un valore pari a 4,33 Hz.

VIBRAZIONE ORIZZONTALE: la struttura ha come prima frequenza un valore pari a 3,54 Hz e quindi **fuori da range critico**.

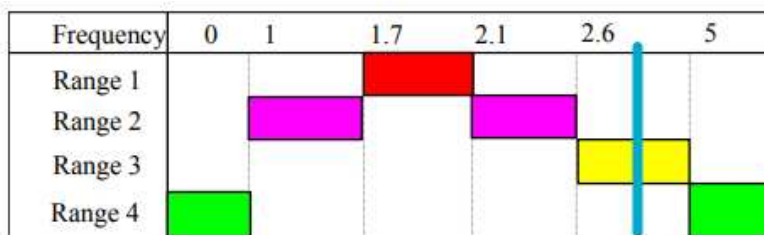


5) VERIFICA RISCHIO DI RISONANZA

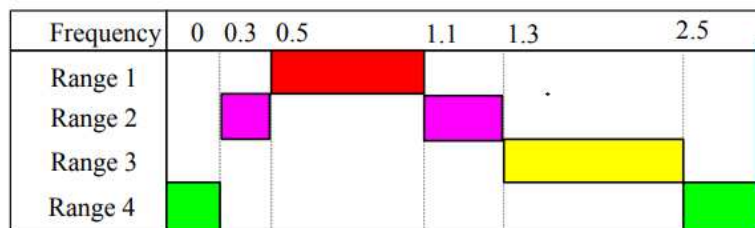
In entrambe le direzioni, verticale e orizzontale, i range di frequenza definiscono il rischio di risonanza:

- Range 1: massimo rischio
- Range 2: medio rischio
- Range 3: basso rischio
- Range 4: rischio trascurabile

VERTICALE: la frequenza di 3,05 Hz ricade nel Range 3 ovvero la struttura ha un **basso rischio di risonanza**.



ORIZZONTALE: la frequenza di 3,54 Hz ricade nel Range 4 ovvero la struttura ha un rischio di risonanza trascurabile.



Pertanto, il grado di comfort è garantito dal basso rischio di risonanza della struttura in classe III e pertanto non è necessario condurre una analisi dinamica (calcolo delle accelerazioni).