LA TECNICA BEAMFOMING APPLICATA ALLO STUDIO DELLE BARRIERE STRADALI

Andrea Cerniglia Euroacoustic srl, via Gandhi 13, 10051 Avigliana, a.cerniglia@euroacoustic.com

1. Introduzione

La rapida individuazione di eventuali anomalie presenti nelle barriere acustiche in opera, è un aspetto di fondamentale importanza ai fini della loro correzione, e conseguentemente del corretto funzionamento delle barriere stesse.

Il settore delle barriere antirumore per infrastrutture di trasporto è regolamentato da un assetto normativo definito, che prevede prove di laboratorio e prove *in situ* per la determinazione delle caratteristiche di isolamento ed assorbimento acustico dei prodotti (serie UNI EN 1793). Le metodologie descritte da tali norme sono correntemente applicate per la qualificazione preventiva dei prodotti, per la verifica in opera del rispetto dei requisiti di capitolato, e per il monitoraggio nel tempo delle caratteristiche garantite.

Il tutto rientra nel sistema di marcatura CE obbligatorio dal 2007 con la pubblicazione della "norma prodotto" UNI EN 14388 ai sensi della Direttiva Europea Prodotti da Costruzione.

Questo punto di arrivo non esclude tuttavia evoluzioni future dei metodi di misura; potrebbero infatti affermarsi metodi di indagine rapida *in situ*, che consentano un primo scanning di superfici estese di barriere, per individuare le aree più ristrette sulle quali effettuare una accurata misurazione puntuale.

Tra queste metodologie le tecnica beamforming sembra essere particolarmente promettente in quanto consente sia una verifica su aree limitate dei prodotti (misure in campo vicino in prossimità della barriera), sia indagini sulla prestazione globale dei sistemi antirumore (misure in campo lontano in prossimità dei recettori).

Per mezzo della tecnica beamforming è infatti possibile identificare, per un determinato recettore, le direzioni di provenienza del rumore, in modo rapido ed efficace.

Di seguito vengono presentati i risultati relativi ad alcune misure finalizzate alla valutazione dell'applicabilità della tecnica beamforming, effettuate in un campo prova appositamente realizzato, ed in opera. La metodologia impiegata consente l'individuazione di possibili anomalie nelle barriere acustiche stradali e/o ferroviarie, ad esempio dovute a problemi connessi con la posa in opera delle barriere stesse. Dalle misure effettuate emergono alcune interessanti applicazioni della tecnica sia in fase progettuale, sia come ausilio ai metodi di collaudo classici.

2. La Tecnica Beamforming

La tecnica beamforming prevede l'impiego di un array microfonico collegato ad un front-end di acquisizione, a cui è associato un computer dotato di uno specifico software di calcolo; il sistema così realizzato consente di eseguire un filtraggio spaziale per separare segnali che, pur sovrapponendosi spettralmente, provengono da direzioni diverse dello spazio. Nella sua essenza la tecnica si basa sulla composizione digitale dei segnali provenienti dai diversi microfoni, eseguita previo inserimento

di opportuni ritardi di fase che consentono la realizzazione di un *microfono virtuale* (inteso come combinazione dei microfoni dell'array) direttivo e orientabile analiticamente nelle diverse direzioni dello spazio (tecnica *delay and sum*): la griglia dei livelli sonori così ottenuti, relativi alle diverse direzioni considerate, viene quindi interpolata per ottenere una mappa acustica, la quale viene infine sovrapposta all'immagine di una telecamera, per referenziare in modo immediato la mappa all'ambiente in cui è stata effettuata la prova. Il sistema impiegato per le misure di cui all'oggetto, estremamente compatto e di rapido impiego, è realizzato per mezzo di 31 microfoni disposti sulla superficie di una sfera di circa 25 centimetri di diametro, sulla quale sono inoltre presenti 12 telecamere diversamente orientate nello spazio: con questo tipo di sistema risulta possibile analizzare ogni possibile direzione intorno al trasduttore. A seguito della elaborazione dei segnali acquisiti, è visualizzabile sullo schermo del computer preposto al calcolo, la sovrapposizione delle mappe acustiche ottenute per mezzo dell'algoritmo beamforming, con le immagini catturate delle diverse telecamere.

Tutte le scale cromatiche relative alle mappe acustiche di seguito presentate, sono state scelte in modo da evidenziare i diversi fenomeni acustici analizzati e, se non espressamente indicato, sono diverse per ogni singola mappa.

3. Misure in campo prova

Al fine di valutare l'applicabilità del metodo per l'identificazione dei fenomeni connessi con le barriere acustiche, è stata realizzata una barriera in un campo prova, dove il campione di barriera installato poteva essere modificato al fine di evidenziare i fenomeni oggetto di indagine. Di seguito vengono presentati alcuni risultati relativi ad un campione di barriera antirumore misto, realizzato con carpenteria metallica portante, pannelli in alluminio e lana minerale, lastre trasparenti in polimetilmetacrilato ed elemento antidiffrattivo di sommità. Tale barriera, mostrata in figura 1, è di lunghezza pari a 18 metri, ed altezza pari a 4 metri. La prima parte della barriera è dotata di diffrattore, mentre la restante parte ne è sprovvista. Sempre nella stessa figura, a destra, è schematizzato il layout delle prove effettuate; in blu è indicata la posizione dell'array microfonico, mentre in rosso (S1, S2, S3) sono indicate le diverse posizioni della sorgente sonora utilizzata



Figura 1 – Barriera mista e trasduttore beamforming, layout di prova

La figura 2 mostra il confronto tra la misura effettuata con la sorgente in posizione S1 (posizione che prevede l'attraversameneto della zona con diffrattore) e con la sorgente in posizione S3 (posizione senza diffrattore). La misura è relativa alla banda di ottava di 1000 Hz. La scala cromatica nelle due immagini è la medesima, e mostra un intervallo di 3 dB; dal confronto è possibile vedere l'effetto della presenza del diffrattore.

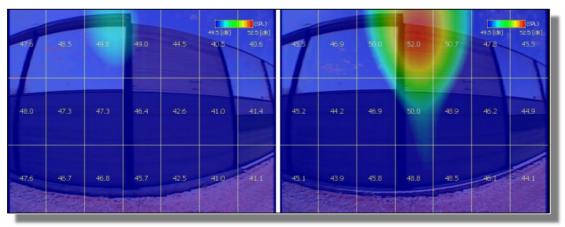


Figura 2: Effetto del diffrattore (banda di ottava 1000 Hz)

La figura 3, realizzata con sorgente in posizione S2 (vedi figura 1), mostra l'effetto della rimozione della guarnizione sul lato destro della lastra in polimetilmetacrilato, che si evidenzia molto bene nella banda di ottava di 500 Hz.

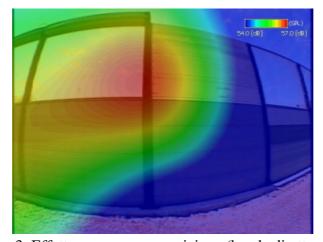


Figura 3: Effetto mancanza guarnizione (banda di ottava 500 Hz)

La figura 4, sempre con sorgente in posizione S2, mostra invece un difetto alla base della barriera, dovuto ad un danneggiamento appositamente realizzato sulla guarnizione di tenuta. L'analisi è relativa alla banda di ottava di 2 kHz. Nella stessa immagine è anche chiaramente evidenziato l'effetto diffrattivo all'estremità del riduttore installato sulla sommità della barriera.

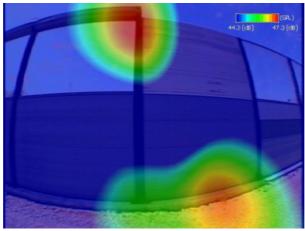


Figura 4: Difetto della guarnizione di base alla base della barriera, e diffrazione (banda di ottava 2000 Hz)

4. Misure in opera

Oltre alle misure in campo prova, sono state eseguiti alcuni rilievi su barriere antirumore in opera. Per queste misure è stata utilizzata come sorgente sonora il normale traffico veicolare, eseguendo misure sufficientemente protratte nel tempo al fine di rendere il più possibile omogeneo il rumore generato dalle quattro corsie dell'autostrada. Di seguito vengono mostrate alcune situazioni ritenute interessanti.

La figura 5 mostra l'analisi di una barriera installata in un tratto autostradale, il cui punto di misura è collocato in corrispondenza di un sottopasso. La mappa è relativa alla banda di ottava di 1250Hz. Dall'immagine è possibile rilevare la sorgente di rumore connessa al traffico veicolare transitante sul giunto dell'impalcato, ed una ulteriore emissione sulla destra dell'immagine.

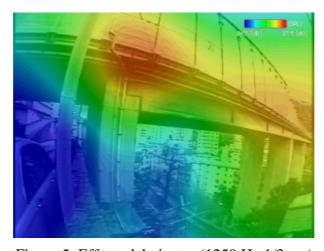


Figura 5: Effetto del giunto (1250 Hz 1/3 oct)

La figura 6, sempre relativa alla medesima barriera ma afferente alla banda del terzo di ottava di 4000 Hz, mostra invece l'effetto dovuto al tubo di scolo delle acque.

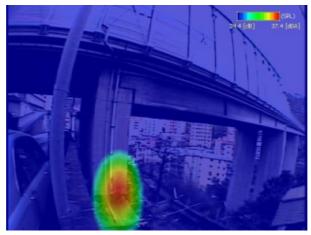


Figura 6: Effetto del tubo di scolo delle acque (4000 Hz 1/3 oct)

La figura 7, realizzata con un'analisi in banda di 1/3 di ottava a 5000Hz mostra ancora l'effetto del giunto (la scala cromatica è spostata verso valori decisamente più bassi), ed evidenzia una sorgente secondaria posta sotto il viadotto autostradale.

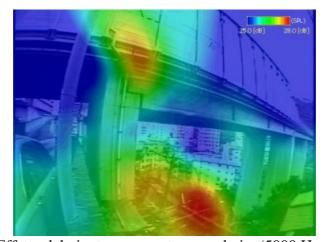


Figura 7: Effetto del giunto e sorgente secondaria (5000 Hz 1/3 oct)

5. Conclusioni

Dalle misure effettuate emerge chiaramente come la tecnica possa essere un valido ausilio sia per l'identificazione dei possibili problemi legati alla posa in opera o al deterioramento delle barriere acustiche, sia per la comprensione delle possibili concorsualità delle sorgenti al clima acustico, in fase progettuale, consentendo quindi una razionale ottimizzazione delle opere mirate alla mitigazione del rumore.

La rapidità con cui è stato possibile eseguire le misure ed ottenere i risultati mostrati, apre certamente la prospettiva per un futuro impiego sistematico della tecnica anche in una fase di pre-collaudo, mirata all'identificazione delle possibili non conformità delle barriere acustiche.

Bibliografia

- [1] G. Brambilla, F. Lo Castro, A. Cerniglia, P. Verardi, "Visualizzazione 3D del campo acustico mediante sistema ad array microfonico sferico", Atti 34° Convegno AIA, Firenze Giugno 2007
- [2] A. Cerniglia, M. Lenti, "Noise sources investigation by beamforming method", Elpit 2007 proceedings, Togliatti (Russia) September 2007
- [3] A. Cerniglia, G. Brero, M. Darò, "Impiego della tecnica beamforming per lo studio delle barriere stradali", Atti 35° Convegno AIA, Milano, Giugno 2008
- [4] A. Cerniglia, Application examples of beamforming method, Acoustic '08 Proceedings, Paris, France, July 2008