

硬質ウレタン添加が鋼板の振動に与える影響に関する実験的研究

高松工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○仙波 文裕
徳島大学 大江 浩一
高松工業高等専門学校 正会員 太田 貞次

1. はじめに

近年、輸送効率や地球温暖化対策の観点から鉄道利用が見直されてきている。しかし、鋼鉄道橋においては列車走行時に発生する構造音等の騒音が問題となる。この騒音発生源の1つである鋼桁ウェブの振動を低減する方法として、硬質ウレタンを鋼板に添加することが挙げられる。

本研究では、鋼板の振動に及ぼす硬質ウレタンの影響について実験的に調べた。

2. 衝撃荷重による振動実験

2・1 鋼板の振動解析

FEM 解析により試験体の1つである鋼板の固有振動数と振動モードを調べた。鋼板はシェル要素とし、四辺単純支持、要素分割数は縦・横ともに50分割して計算した。解析に用いた材料定数は、密度 $7850(\text{kg/m}^3)$ 、ヤング係数 $2.1 \times 10^{10}(\text{kg/m}^2)$ 、ポアソン比 0.3 とした。解析結果を表-1に示す。

表-1 解析結果

	固有振動数(Hz)	振動モード
1次	81	長軸・短軸に関して対称モード
2次	175	短軸に関して逆対称モード
3次	228	長軸に関して逆対称モード
4次	322	対角線上において逆対象モード

2・2 衝撃荷重による振動実験

(1) 実験概要

四辺単純支持とした試験体の真上80cmの高さから3種類のボール（ゴルフボール、テニスボール、ソフトボール）を自由落下させ、衝撃荷重により起振させた。試験体を写真-1に、試験体の形状寸法を以下に示す。

鋼板 : 500mm × 400mm × 3.2mm

ウレタン厚 : なし, 50mm, 100mm, 150mm

データは試験体中央に取り付けた小型加速度ピックアップを通して入力し、振動計を介して振動加速度としてデータレコーダに収録した。振動加速度波形を

高速フーリエ変換し、得られたスペクトル図の卓越周波数を固有振動数とした。

減衰定数 h は、振動加速度波形において隣り合う振幅を利用して次式より求めた。

$$h = \frac{1}{2\pi} \cdot \ln \left| \frac{y_m}{y_{m+1}} \right|$$

ここで、 y_m 及び y_{m+1} は m 番目と $m+1$ 番目の振動加速度波形の振幅を示す。



写真-1 試験体

(2) 実験結果及び考察

) 固有振動数

衝撃荷重による振動実験で得られた固有振動数及びパワースペクトルの結果を表-2に示す。表より、鋼板のみの試験体に3種類のボールによる衝撃荷重を加えた場合の結果を解析結果と比較すると、1次振動と4次振動が卓越していることが確認できる。

また、ウレタン厚を増加させることにより固有振動数も増加するという傾向が見られた。これは、ウレタンを添加することで試験体の剛性が大きくなったためと考えられる。ゴルフボール、テニスボールを使用したケースでは、ウレタンを添加した試験体において鋼板だけの時に卓越していた4次振動が現れなくなった。これは、ウレタン厚が厚くなるに伴って高次のパワースペクトルがウレタンにより吸収されたためと考えられる。また、ゴルフボール、テニスボール、ソフトボールの荷重の種類に関係なくどれもウレタン厚が厚くなるほど極端に卓越した固有振動数は見られなくなった。

キーワード 硬質ウレタン, 固有振動数, 減衰定数, 応答周波数

連絡先 〒761-8058 香川県高松市勅使町355 高松工業高等専門学校 TEL 087-869-3925

）減衰定数

振動加速度波形の一例として ,ゴルフボールを衝突させた時の波形を図 - 1 に ,また 3 種類の衝撃荷重別のウレタン厚と減衰定数の関係を表 - 3 にそれぞれ示す。表より ,ウレタン厚が増加するに伴って減衰定数が増加していくことが確認できる。

特に ,ゴルフボールを衝突させたケースでは ,ウレタンを添加することにより減衰定数が大きく増加している。これは ,ウレタンを添加することにより ,鋼板のみの場合に卓越していた 4 次の振動が硬質ウレタンに吸収されたことによると思われる。逆に ,ソフトボールによる衝撃では低次の振動が発生しやすいため ,ウレタンを添加してもゴルフボールに比べて減衰定数が増加していない。

振動加速度波形から ,鋼板のみの場合の振動は規則的に減衰するが ,ウレタン厚が厚くなるにつれて不規則で急激な減衰となることが確認できる。

3. 加振機による振動実験

(1) 実験概要

振動台上に四辺単純支持した試験体をセットし ,加振機を用いて振動を与えて ,周波数の変化に伴う試験体の加速度応答の変化を調べた。得られたピーク値の小さい値からそれぞれ 1 次 , 2 次 , 3 次の応答と定義した。実験では 2.2 と同じ試験体を使用した。

(2) 実験結果及び考察

加振機による振動実験の結果を表 - 4 に示す。表より ,振動台の周波数と鋼板の周波数がほぼ一致することが確認できた。次に ,鋼板のみとウレタンを添加した試験体の振動応答加速度比を比較すると ,ウレタンを添加した試験体の加速度比のほうが大きいという結果となった。これは ,ウレタンが鋼板の振動を増幅させる役割を果たしたためだと考えられる。

4. まとめ

）硬質ウレタンを添加することで ,振動は規則的収束にはならず不規則に早い段階で収束する。

）硬質ウレタンは高次の振動を吸収する。

）硬質ウレタンを添加することで衝撃などによる振動の減衰には効果があるが ,地震動のような応答振動の抑制に対してはあまり効果が期待できない。

本研究は科学研究費の助成を受けて実施された。また ,実験に際して山梨大学の岡村先生とイノアック特材(株)に協力いただいた。ここに感謝します。

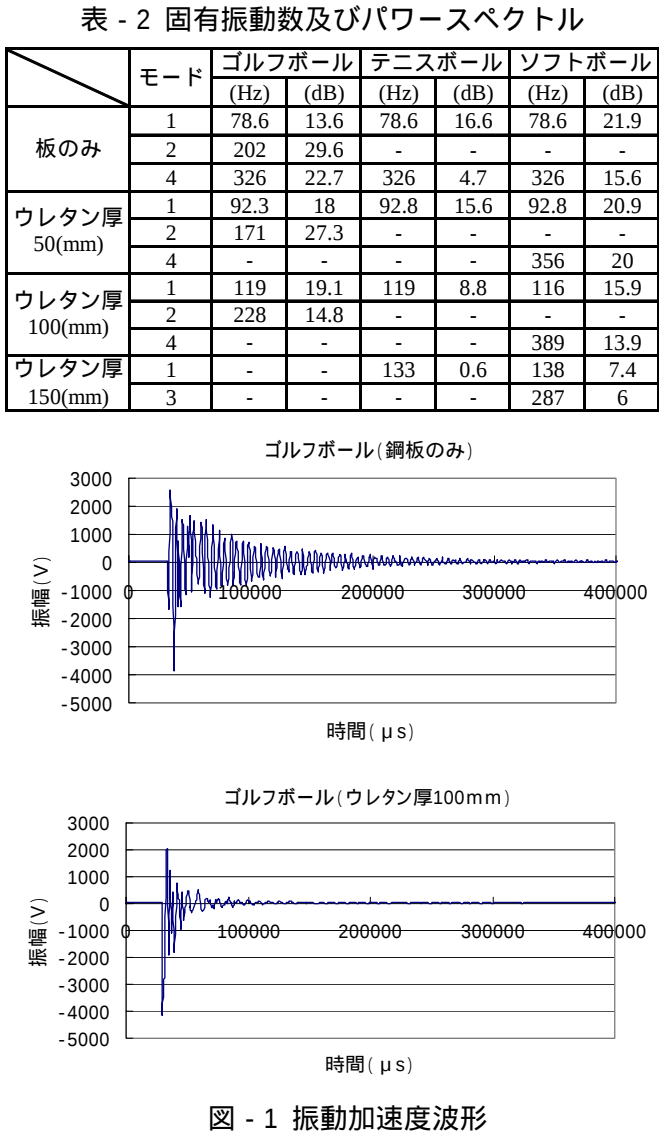


表 - 3 減衰定数

ウレタン厚(mm)	0	50	100	150
ゴルフボール	0.0189	0.0598	0.0665	0.0732
テニスボール	0.0226	0.0422	0.0603	0.0616
ソフトボール	0.0403	0.0463	0.0643	0.0813

表 - 4 応答周波数

		鋼板の振動		振動台の振動		振動台と鋼板の振動加速度比
		固有値	振動加速度	固有値	振動加速度	
板のみ	1次	63.1	1.75	63.7	0.14	12.5
	2次	111	0.29	111	0.04	6.39
	3次	230	0.22	227	0.03	8.03
ウレタン厚 50(mm)	1次	70.9	0.59	68.5	0.04	15.2
	2次	108	0.24	109	0.03	7.13
	3次	230	0.45	235	0.05	9.02
ウレタン厚 100(mm)	1次	69.7	1.00	70.2	0.04	24.1
	2次	108	0.77	109	0.08	9.11
	3次	238	0.62	244	0.07	8.85
ウレタン厚 150(mm)	1次	79.1	0.69	80.6	0.04	17.7
	2次	132	0.79	132	0.05	14.9
	3次	250	0.84	247	0.15	11.9

参考文献

太田貞次：硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成構造の開発に関する基礎的研究，1998 年．