

旅客階段桁における共振対策

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○網谷 岳夫
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 坂本 賢二
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 吉田 一

1. はじめに

階段桁（図-1）は立体横断施設技術基準¹⁾（以下立体施設基準）で示されている照査式（1）によって、階段桁の固有振動数が歩行者の歩調である1.5～2.3Hzの範囲に入らないように照査を実施している。しかし、照査を満足する階段桁においても仮設中に歩行すると共振する事例が発生しており、中間支柱を設置することによって確実に共振を抑える対策を実施してきた。

今回報告する駅においては、階段下空間を機器室として有効活用するため、中間支柱の設置により固有振動数を改善するのではなく、建築壁を階段桁に固定することにより桁の固有振動数を改善することとした。本稿においては、建築壁を階段桁に固定することによる固有振動数の改善効果について報告する。

$$f = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2 \sqrt{\frac{EIg}{W_d}} \quad (1)$$

f :固有振動数(Hz), L :支間長(m), n :固有モードの次数,
 E :ヤング係数(200kN/mm²), I :断面2次モーメント,
 g :重力加速度(9.8m/s²), W_d :単位長さ当たりの重量(kN/m)

2. 実験概要

まず、実際の桁の固有振動数を確認するために、表-1に示す階段桁試験体にて衝撃加振試験を行うこととした。表-1の階段桁のスパンは図-2に示す、支点間斜距離 L_2 で示している。また、速度計の設置箇所は図-3に示すとおり1/2点、1/4点とし、1/2点付近である踊り場中央部を硬性ゴムハンマーにて打撃して衝撃加振試験を実施した。それぞれの試験体で5回の衝撃加振試験を実施し、測定した応答波形を重ね合わせる。固有振動数は、重ね合わせた応答波形をフーリエ変換し、フーリエスペクトルと位相差スペクトルを基に決定することとした。階段桁試験体の設置状況を図-4に示す。



図-1 階段桁

表-1 階段桁試験体諸元

	部材断面	$I[m^4]$	単位重量 w [kN/m]	スパン $L[m]$
桁1	H-200×200	0.0000472	0.840	8.0
桁2	H-200×200	0.0000472	0.821	9.0
桁3	H-200×200	0.0000472	0.794	11.0

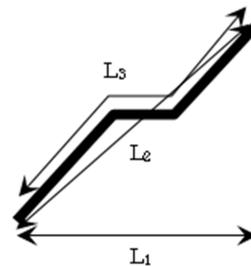


図-2 スパンの取り方

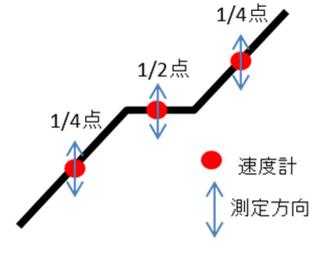


図-3 測定箇所



図-4 階段桁試験体

キーワード 階段桁, 固有振動数, 固有値解析

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR新宿ビル TEL. 03-3379-4353 E-mail: amitani@jreast.co.jp

3. 解析概要

3.1 解析① (階段桁試験体の固有値解析)

図-5 に示す解析モデルにおける解析値の妥当性を検証するため、解析値と実験値との比較を行うこととした。解析は、表-1 に示す諸元の階段桁試験体モデルとし質点荷重とした。また、解析には汎用解析ソフトである RESP-T ver5.1 (静的・動的非線形解析プログラム)を用いた。

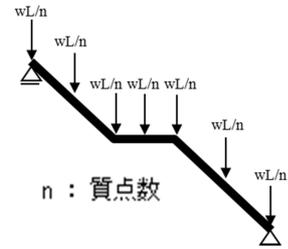


図-5 解析モデル

表-2 階段桁諸元

部材断面	I[m ⁴]	単位重量 w [kN/m]	スパン L[m]
H-440×300	0.000547	7.30	14.00

3.2 解析② (供用開始前階段桁の固有値解析)

解析①にて解析モデルの妥当性を検証した上で、図-1 に示す供用開始前の階段桁に対して中間支柱および建築壁を解析モデルに反映し、固有振動数の改善効果を確認することとした。当該駅の階段桁諸元を表-2 に示す。図-6 に示す中間支柱を反映したモデルは、踊り場中央部の接点を鉛直方向に拘束することで中間支柱を考慮する。また、図-7 に示す建築壁を反映したモデルは、階段桁と建築壁部材の接点をピン結合とした。

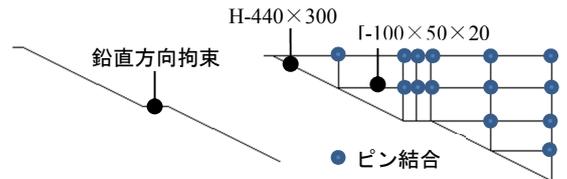


図-6 中間支柱モデル

図-7 建築壁モデル

表-3 解析値との比較

	固有振動数(Hz)		比率
	解析値	実験値	
桁1	7.69	8.30	1.08
	8.30	7.69	
桁2	6.10	7.50	1.23
	7.50	6.10	
桁3	4.17	4.85	1.16
	4.85	4.17	

4. 実験結果および解析結果①

実験値と解析値および解析値に対する比率について表-3 に示す。実験および解析①の結果、解析値に対して実験値が 1 ~2 割程度高い値となった。理由として、固有値解析では考慮していない階段ステップの剛性が付加されたことにより実験値のほうが高い固有振動数となったと考えられる。以上より、解析モデルは妥当であり、かつ解析値は実験値より 2.3Hz に近い値となることから、安全側に照査できていることがわかる。

5. 解析結果②

上記により、解析モデルの妥当性が確認できたので、固有値解析により当該駅の固有振動数改善効果について確認した。固有値解析によるモード図を図 8~10 に示す。また、それぞれのケースにおける固有振動数について表-4 に示す。解析結果から、中間支柱有り と建築壁のケースではほぼ同じ固有振動数となり、中間支柱無しのケースと比較して固有振動数の改善効果が得られることがわかる。

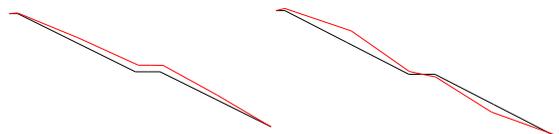


図-8 中間支柱無

図-9 中間支柱有

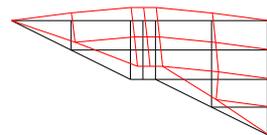


図-10 建築壁

表-4 解析結果

ケース	固有振動数(Hz)
中間支柱無し	3.07
中間支柱有り	16.39
建築壁	15.38



図-11 供用開始後

6. まとめ

以上の検討により、建築壁による固有振動数の改善効果が確認できたため、当該駅においては建築壁を階段桁に固定することで固有振動数の改善を図った。供用開始後の状況を図-11 に示す。仮設中は共振が感じられたが、建築壁設置後は共振しないことを確認した。中間支柱を不要とすることで、階段下空間を有効に活用できるだけでなく、コストダウンも可能となる。本検討結果を今後の計画に反映していきたい。

参考文献

- 1) 立体横断施設技術基準・同解説, 昭和 54 年 1 月, 社団法人 日本道路協会
- 2) 坂本賢二, 網谷岳夫, 吉田一: 旅客階段桁の固有振動数の照査方法, 第 41 回土木学会関東支部技術研究発表会, I-20, 2014