

## 旅客階段桁の固有振動数の照査方法

JR 東日本 東京工事事務所 正会員 ○坂本 賢二  
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 網谷 岳夫  
 JR 東日本 東京工事事務所 正会員 吉田 一

## 1. はじめに

旅客階段の階段桁は、立体横断施設技術基準・同解説<sup>1)</sup>(以下立体横断)の照査式を適用し、たわみ振動の固有振動数を計算し、歩行者の歩調である1.5Hz～2.3Hzの範囲に入らないように照査している。しかし、照査を満足する階段桁が供用開始前に共振する事例があり、中間支柱を建てる等の対応を行っている。これは、単純支持桁に対するものである立体横断の照査式を、通りが折れた形状の階段桁(図-1)に対して適用していることが原因の一つであると考えられる。

そこで本稿では、階段形状を考慮した適切な照査を実施するため、固有値解析を行うことにより固有振動数を明らかにし、旅客階段桁の固有振動数の照査方法について検証したので報告する。

## 2. 解析概要

階段桁は、供用時には壁や階段ステップ等により剛性が高くなることで固有振動数が高くなると考えられる。よって、照査の際に1.5Hz以下となる場合、完成形では1.5Hz～2.3Hzの範囲に入ることが懸念されるため、歩行者の歩調である2.3Hz以上となるように設計することが多い。なお、照査に用いる立体横断の照査式は式(1)で表される。

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

$f$ :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/mm<sup>2</sup>),  $I$ :断面2次モーメント,  
 $g$ :重力加速度(9.8m/s<sup>2</sup>),  $W_d$ :単位長さ当たりの重量(kN/m)

本研究では、

表-1に示すように、2つの駅(A駅およびB駅)で供用されている階段桁と同様の部材、寸法等を用いて検討することとした。照査式より、固有振動数 $f$ には支間長 $L$ が影響することから、支間長 $L$ の違いによる影響を分析する。なお、解析には、汎用解析ソフトであるRESP-T ver.5.1(静的・動的非線形解析プログラム)を用いた。

## 2. 1 単純支持桁による照査式と解析値の比較

図-2のようなモデルに対し、立体横断の照査式による計算値と、固有値解析を行った解析値の比較を行い、立体横断の照査式の精度を確認する。解析に用いた支間長を表-2に示す。

2. 2 照査式を階段桁に適用する場合の支間長 $L$ の取り方の検討

単純支持桁に対して適用される立体横断の照査式を階段桁に対して適用する場合に、支間長 $L$ をどのように取れば最も解析値と近似するかを検証する。なお、支間長 $L$ の取り方については、図-3に示すように、支点間の水平距離 $L_1$ 、斜距離 $L_2$ 、総距離 $L_3$ を支間長とした3ケースで比較を行い、その支間長は表-3に示す。また、固有値解析のモデルについては、図-4に示すように、総重量を質点数で割った値を各質点に均等に載荷するものとした。

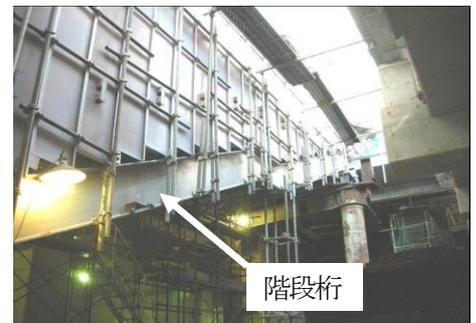


図-1 階段桁

表-1 試験体諸元

	部材断面	$I$ [m <sup>4</sup> ]	単位重量 $w$ [kN/m]
A 駅	H-300×300	0.000202	4.4
B 駅	H-488×300	0.000689	7.5

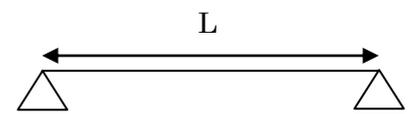


図-2 モデル

表-2 対象モデル支間長

	支間長 $L$ [m]
A 駅	12.79
B 駅	13.63

キーワード 階段桁, 固有振動数, 照査式, 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: kenji-sakamoto@jreast.co.jp

### 3. 解析結果

#### 3.1 単純支持桁による照査式と解析値の比較

照査式と解析値の比較を行った結果を表-4に示す。A 駅のモデルでは、立体横断の照査式による計算値が 2.88Hz だったのに対し、固有値解析を行った場合は 3.22Hz であり、照査式のほうが低い値となった。B 駅のモデルでも、照査式では 3.60Hz であったのに対し、解析値は 4.02Hz となり、A 駅のモデル同様、照査式のほうが低い値となった。このことから、固有振動数 2.3Hz 以上の階段桁においては、照査式を用いた計算値が解析値よりも 10%程度歩行者の歩調の上限値 2.3Hz に近づくことが分かった。

#### 3.2 支間長Lの取り方に関する比較

支間長Lの取り方について比較した結果を表-5に示す。A 駅のモデルでは、解析値 2.98Hz に対し、支点間の水平距離、斜距離、総距離で支間長をとって計算した  $L_1, L_2, L_3$  はそれぞれ、3.42Hz, 2.98Hz, 2.88Hz となり、支点間の斜距離で支間長をとった  $L_2$  のケースが最も解析値に近い値となった。また同様に B 駅のモデルの場合でも、解析値 3.72Hz に対し、 $L_1, L_2, L_3$  はそれぞれ 4.36Hz, 3.70Hz, 3.60Hz となり、 $L_2$  のケースが最も近い値となった。これらの結果から、照査式を用いて固有振動数を算出する場合、支間長を支点間の斜距離でとる場合が最も解析値と近似した値となることが分かった。

### 4. まとめ

本研究では、単純桁に対して適用される立体横断の照査式を階段桁に対して適用させる場合の固有振動数の照査方法について検証した。立体横断の照査式による計算値と固有値解析による解析値を比較し、固有振動数 2.3Hz 以上の階段桁においては、照査式による計算値は解析値よりも低くなることから、照査としては厳しくなるため安全側の結果となることを確認した。また、単純支持桁に対して適用しているこの照査式を階段桁に適用する場合の支間長の取り方については、解析値と近似した値となることから、支点間斜距離を用いて評価するのが妥当だと考えられる。今後は、階段桁の衝撃試験等を実施し、実験値と照査値や解析値との整合性についても検討を行っていく。

### 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

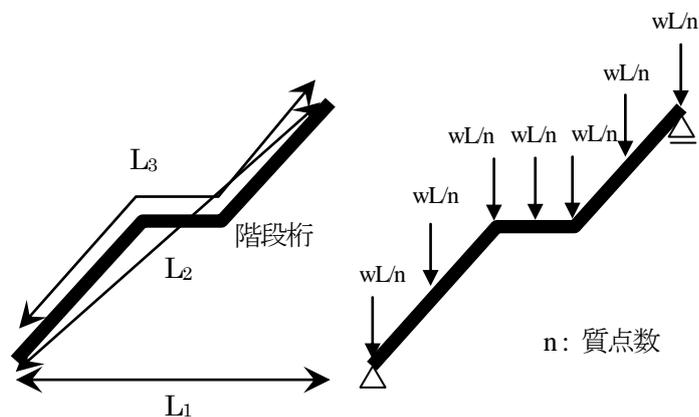


図-3 支間長の取り方

図-4 固有値解析モデル

表-3 支間長Lの取り方の比較

	ケース	支間長[m]
A 駅	$L_1$	11.73
	$L_2$	12.57
	$L_3$	12.79
B 駅	$L_1$	12.38
	$L_2$	13.44
	$L_3$	13.63

表-4 解析結果①

	照査方法	固有振動数(Hz)	解析値との比率
A 駅	照査式	2.88	0.894
	固有値解析	3.22	—
B 駅	照査式	3.60	0.895
	固有値解析	4.02	—

表-5 解析結果②

	ケース	固有振動数(Hz)	解析値との比率
A 駅	$L_1$	3.42	1.148
	$L_2$	<b>2.98</b>	<b>1.000</b>
	$L_3$	2.88	0.966
	固有値解析	2.98	—
B 駅	$L_1$	4.36	1.172
	$L_2$	<b>3.70</b>	<b>0.995</b>
	$L_3$	3.60	0.968
	固有値解析	3.72	—