

Ⅲ - A318

衝撃振動試験における基礎の健全度判定値についての検討（その1：直接基礎）

鉄道総合技術研究所 正会員 長縄 卓夫
 同 上 正会員 西村 昭彦
 同 上 正会員 棚村 史郎
 同 上 正会員 羽矢 洋

1. はじめに

現在、鉄道等において、重錘打撃により固有振動数を把握することにより橋梁下部工の健全度を判定する衝撃振動試験が一般的に用いられており、既に多くの実績がある。

この衝撃振動試験では、基礎の健全度を判定するに当たり健全度判定指標が用いられている¹⁾。

$$\text{健全度判定指標}(\kappa) = \frac{\text{実測固有振動数}}{\text{固有振動数の標準値}}$$

ここで用いられる固有振動数の標準値は、統計解析結果により作成されたものであるが、使用した構造物の固有振動数データにはばらつきがあり、また、構造形式によっては多くの実測データの収集を望めないものもある。

更に、健全度判定指標は、災害を受け補強した構造物の固有振動数の低下率から決定しているが、すべての基礎形式の災害例があるわけではなく、データ数も十分では無い。

このことから、直接基礎について限界状態設計法の考え方をうい、安定の検討より定まる固有振動数を算出することにより、健全度判定指標の工学的意味を明確にするとともに、計算により健全度判定指標を算出できるようにするための検討を行った。

2. 地盤ばね係数の補正倍率についての検討

衝撃振動試験を行った場合に得られる固有振動数から算出される地盤反力係数は、基礎標準²⁾により算出される設計地盤反力係数より大きな値となる。これは、基礎標準で想定している土のひずみレベルより衝撃振動試験時のひずみレベルが小さいことによって生じていると考えられる。このことから、衝撃振動試験から

得られる地盤反力係数の設計地盤反力係数に対する倍率について検討を行った。ここで、検討に使用するデータは、健全な橋脚でかつ精度の高い衝撃振動試験結果である必要があることから、波形及び解析のチェックを行った上でデータを採用することとした。直接基礎に関する解析倍率の統計値を表2に示す。このことから、衝撃振動試験についての検討を行う場合、地盤ばねの補正倍率nを基礎標準により算出される設計地盤反力係数に乗じて検討すれば良いと考えられる。

3. 橋脚の振動モデルについての検討

質点-ばね系の振動モデルを用いた固有値解析により橋脚の固有振動数を算出する場合、解析モデルは橋脚の形状及び柱形式などそれぞれの振動性状を考慮した上で、簡単でしかも解析精度の良いモデルとする必要がある。本検討においては、橋脚躯体の質点分割数を3以上とすれば固有振動数に変化の無いことが確認できたことから、分割数を3として検討を行った。解析モデルの例を図1に示す。

キーワード 衝撃振動試験、健全度判定、直接基礎、固有振動数、限界状態設計法

住 所 〒185 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL (0425)73-7262 FAX (0425)73-7248

表1 基礎構造物の健全度判定基準

健全度判定指標	判定ランク	処 置
0.70 以下	A 1	異常時に外力に対して危険な変状がある。他の調査結果を参照し、補修、補強を考える。
0.85 以下	A 2	固有振動数の低下など進行性の把握を行う。
0.86 以上	B	現状では問題は少ない。

表2 直接基礎における解析倍率の統計値

最大値	最小値	平均値	標準偏差	データ数
5.0	0.9	1.64	0.893	34

表3 地盤ばねの補正倍率 n

平均値を用いた場合	1.6
(平均値+σ)を用いた場合	2.5

4. 検討条件

直接基礎の健全度判定値の設定にあたっては、荷重条件を設定し、洗掘等により基礎の安定を保てる限界の状態での固有振動数を基準とすることが合理的であると考えられる。このことから次に示す荷重ケースについて検討を行うこととした。

使用限界状態 死荷重＋列車荷重
 ＋衝撃荷重＋車両横荷重
 地震時使用限界状態 死荷重＋列車荷重
 ＋地震荷重（中地震）

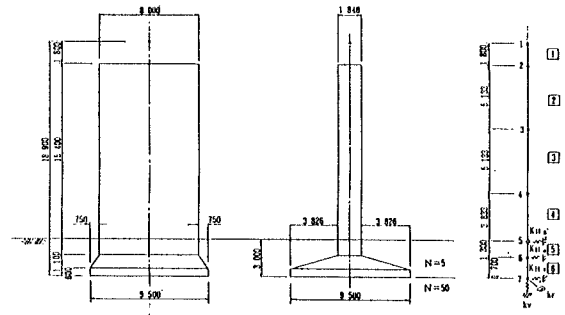


図1 解析モデルの例

これらのケースについて、洗掘による変状を想定

して、有効なフーチング幅を減少させた場合（支持面積の減少）及び支持地盤のN値を減少させた場合の限界値を算定し、これにより得られるばね定数を用い、先の振動モデルを用いて固有値解析を行い固有振動数を算出した。検討を行った橋脚の諸元を表4に示す。

5. 検討結果

検討結果を表5に示す。A～D橋梁とも、地盤ばねの補正係数nを統計解析結果の平均値である1.6として固有値解析を行った結果が実測固有振動数と良い一致を示しており、nについては平均値を使用すればよいと考えられる。

橋脚高さの影響については、高さの低いC橋脚の低減率が、他と同程度の低減率となっていることから、橋脚の高さは固有振動数の低減率に影響しないと考えられる。

また、土被り厚の大きいD橋脚については、N値を変化させる場合に水平ばね定数の低減も併せて行ったことにより、他の橋脚と同様の傾向となっている。

このD橋梁を除き、支持地盤のN値を変化させた場合の固有振動数の方が、有効なフーチング幅を変化させた場合に比べ2割程度小さくなる傾向にあるが、土被り厚が小さい場合には、安全側に考え有効なフーチング幅を変化させた場合の標準値により判定を行った方がよいと思われる。

全体として、使用限界状態における固有振動数の低減率が0.63、地震時使用限界状態における0.80程度となっており、使用限界状態における固有振動数以上であれば、列車走行が可能であると考えられる。

6. まとめ

今後は、更に各種条件における検討を行い、深度化を図りたいと考えている。

参考文献

- 1)西村,棚村:既設橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究,鉄道総研報告 第3巻 第8号,平成元年8月。
- 2)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物,丸善,平成9年3月。

表4 検討を行った橋脚の諸元

名 称	橋脚高 H	有効フーチング幅 B	土被り厚
A橋梁	13.30m	8.00m	3.20m
B橋梁	17.10m	9.50m	3.00m
C橋梁	8.25m	7.80m	2.85m
D橋梁	21.00m	8.00m	10.80m

表5 固有振動数の標準値および低下率

A 橋脚 実測		使用限界状態		地震時使用限界状態	
実測固有振動数		5.40 Hz	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化
有効なフーチング幅(m)		8.00	8.00 4.80	8.00 6.20	
支持地盤N値		5.0	1.0 5.0	1.8 5.0	
補正係数	n = 1.0	標準値(Hz)	4.8626	2.1997 2.6001	2.9943 3.5100
	n = 1.6	標準値(Hz)	5.7313	2.7673 3.2620	3.7420 4.3601
		低下率	1.061	0.512 0.604	0.693 0.807
B 橋脚 実測		使用限界状態		地震時使用限界状態	
実測固有振動数		4.50 Hz	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化
有効なフーチング幅(m)		9.50	9.50 5.60	9.50 7.30	
支持地盤N値		5.0	1.0 5.0	1.7 5.0	
補正係数	n = 1.0	標準値(Hz)	4.1028	2.0698 2.2976	2.6201 3.1267
	n = 1.6	標準値(Hz)	4.8711	2.5751 2.8457	3.2291 3.8085
		低下率	1.082	0.572 0.632	0.718 0.846
C 橋脚 実測		使用限界状態		地震時使用限界状態	
実測固有振動数		6.70 Hz	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化
有効なフーチング幅(m)		7.83	7.83 4.73	7.83 5.83	
支持地盤N値		5.0	1.0 5.0	1.7 5.0	
補正係数	n = 1.0	標準値(Hz)	5.8609	2.7685 3.3116	3.6154 4.2379
	n = 1.6	標準値(Hz)	7.2477	3.5112 4.1864	4.5228 5.2908
		低下率	1.082	0.524 0.624	0.675 0.790
D 橋脚 実測		使用限界状態		地震時使用限界状態	
実測固有振動数		5.00 Hz	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化	Nを変化 Bを変化
有効なフーチング幅(m)		8.00	8.00 4.60	8.00 6.00	
支持地盤N値		5.0	1.0 5.0	1.0 5.0	
補正係数	n = 1.0	標準値(Hz)			
	n = 1.6	標準値(Hz)	4.5849	3.1386 3.3273	3.8495 3.3273
		低下率	0.917	0.628 0.665	0.770 0.665

※) 低下率は：実測固有振動数に対する解析固有振動数の低下率。