

フーチングの無い円形断面橋脚の健全度評価 (その2：円型断面橋脚用の標準値算定式の開発)

北海道旅客鉄道(株) 正会員 ○鳴井 聡
山口 勝宗
正会員 小西 康人
鉄道総合技術研究所 正会員 峯岸 邦行
正会員 羽矢 洋

1. 問平陸橋・錦川橋りょうの現状

問平陸橋、錦川橋りょうは、宗谷本線の糠南・雄信内間に架設されており開業後約80年経過している。問平陸橋は17連16橋脚(延長174.96m)、錦川橋りょうは11連10橋脚(延長112.78m)で構成され、天塩山地の急峻な斜面を沿うように立地している。また、線路と近接して流れている天塩川は、毎年、融凍期や台風等の大雨により桁下近くまで増水しているが、河川改修等で橋りょう周辺部の洗くつが進行しつつあり、環境条件が厳しさを増している状況にある。



図1 天塩川増水時の問平陸橋

2. 研究の目的

旭川構造物検査センターでは、洗くつや地震災害後に橋脚の健全度が評価できるように、管内の全橋脚を対象に衝撃振動試験を実施し、各橋脚の固有振動数の初期値を把握してきた。問平陸橋、錦川橋りょうにおいても衝撃振動試験による健全度判定を行ったが、進行性の把握を必要とする等の処置を取らなければならないA判定の橋脚が、全26橋脚中21橋脚も該当する結果になった。

問平陸橋、錦川橋りょうの橋脚は、フーチングの無い円型断面の直接基礎形式の橋脚である。この形式の橋脚は、一般的な小判型断面の橋脚と異なり、1次の振動モードでは、曲げ振動モードが発現する構造のため健全な橋脚であっても固有振動数が小さい値を示す。しかし、従来使われている固有振動数の標準値算定式は、断面形状で区別されておらず、直接基礎形式全般を対象とした式になっているため、円型断面の橋脚の健全度判定は、A判定になりやすいことが以前から指摘されていた。

A判定の橋脚についてはボーリング調査等を実施し、橋脚の健全度・進行性の検証を行ってきた。調査の結果、運転に支障するような問題は無いことから、今回、円型橋脚用の標準値算定式を新たに作成することにした。さらに、新たに作成した標準値算定式を用いて、問平陸橋、錦川橋りょうの橋脚の健全度判定を再度行った。

3. 円型断面橋脚用の標準値算定式の作成

橋脚の固有振動数に影響を与える要因は、橋脚高さや剛性、く体の変状、地盤状態、桁の重量等が挙げられる。今回、新たに作成する円型断面橋脚用の標準値算定式は、橋脚高さ、橋脚底直径、桁重量を説明変数とした。また、標準値算定式は、鉄道総研が考案し実際に運用されている直接基礎(複線橋脚)形式をベースとして(1)式で検討を行った。

$$F = a \times \frac{D^b}{H^c \times W_h^d} \quad (1)$$

キーワード 基礎, 維持管理, 衝撃振動試験

連絡先 〒070-0030 北海道旭川市宮下通り6丁目 JR北海道 旭川構造物検査センター TEL 0166-25-7089
〒060-8644 北海道札幌市中央区北11条西15丁目1-1 JR北海道 工務部工事課 TEL 011-700-5794
〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL 042-573-7261

F ：橋脚の固有振動数の標準値(Hz) D ：橋脚底直径(m) H ：橋脚高さ(m) Wh ：桁重(kN)

(1)式の各係数の算出にあたっては、動的変位の大きい橋脚、固有振動数が不明確な橋脚は解析から除外した。また、標準値算定式の信頼性を増すために、問平陸橋、錦川橋りょうのほか、旭川支社、函館支社の同形式の橋脚11橋脚を追加した。

解析の結果、説明変数として考えられていた桁重量は、 $d=0.0$ となり標準値算定式の固有振動数の決定には寄与しないことが判明した。また、橋脚高さと橋脚底面積の各係数は、橋脚を片持ち梁モデルと仮定したとき、理論上の固有振動数算出式は、(2)式のように橋脚高さと直径で決定される式で表される。

$$F = Q \times \frac{B^{2.0}}{H^{1.5}} \quad (2)$$

F ：橋脚の固有振動数の標準値(Hz) B ：橋脚直径(m) H ：橋脚高さ(m)

このことから求める標準値算定式は、 $b=2.0$ 、 $c=1.5$ と設定し最適解となる係数 a を算出したところ次の(3)式が得られた。なお、この式の決定係数は0.441である。

$$F = 26.196 \frac{B^{2.0}}{H^{1.5}} \quad (3)$$

4. 新しい標準値算定式による健全度判定

得られた(3)式をもとに、再度、円型断面の橋脚の健全度を判定を行った(表1)。

新算定式では、問平・錦川橋りょうの全28橋脚のすべてがA2判定以上となった。また、動的変位測定で変位量が大きかった問平6P、7P、15Pの3橋脚については、新算定式後の判定で、いずれもA2判定となった。

なお、新判定において健全度指標が0.70と一番低い問平12P橋りょうについては、平成2年と平成16年の衝撃振動試験のデータと比較して、波形の変化や固有振動数の低下は見られず、変状の進行は無いことが確認されている。他のA2判定の橋脚も変状の進行は見られなかった。

今後についても、衝撃振動試験を橋脚の健全度を把握する管理手法の1つとして実施し、橋脚の健全度に変化が無い監視を続けていく方針である。

5. 結論

本研究では、フーチングの無い直接基礎形式(円型断面)橋脚用の標準値算定式を作成した。標準値算定式は、橋脚高さと橋脚底直径の2変数で構成されているが、この式を用いた橋脚の健全度判定を行ったところ、動的変位等の橋脚の健全度を反映した、より実態に近い判定ができるようになった。

6. 今後の課題

今回、標準値算定式を作成するにあたってはデータ数が少ないために、橋脚の固有振動数に影響を与えるべく桁重量のパラメータが反映されない式となった。今後は同形式の橋脚のデータを取りそろえて式の信頼性をさらに向上させていきたい。

表1 従来式と新式における健全度判定の比較

橋脚名	A 実測 固有 振動数	B (従来) 振動数 標準値	A/B (従来) 健全度 指標	従 来 判 定	B' (新) 振動数 標準値	A/B' (新) 健全度 指標	新 判 定	
問 平 陸 橋	1p	7.8	13.08	0.60	A1	9.35	0.83	A2
	2p	7.1	11.66	0.61	A1	7.74	0.92	B
	3p	9.4	12.55	0.75	A2	8.76	1.07	B
	4p	14.3	13.37	1.07	B	9.71	1.47	B
	5p	16.4	13.69	1.20	B	10.14	1.62	B
	6p	7.6	14.02	0.54	A1	10.58	0.72	A2
	7p	7.3	13.37	0.55	A1	9.71	0.75	A2
	8p	7.6	11.66	0.65	A1	7.74	0.98	B
	9p	15.4	14.02	1.10	B	10.58	1.46	B
	10p	15.1	13.69	1.10	B	10.14	1.49	B
	11p	8.3	13.69	0.61	A1	10.14	0.82	A2
	12p	6.8	13.37	0.51	A1	9.71	0.70	A2
	13p	7.8	10.64	0.73	A2	6.64	1.17	B
	14p	6.8	10.64	0.64	A1	6.64	1.02	B
	15p	5.9	11.66	0.51	A1	7.74	0.76	A2
	16p	12.9	12.31	1.05	B	8.42	1.53	B
錦 川 橋 り ょう	1p	5.9	10.95	0.54	A1	6.76	0.87	B
	2p	6.8	10.49	0.65	A1	6.47	1.05	B
	3p	8.8	14.03	0.63	A1	7.24	1.22	B
	4p	7.1	13.86	0.51	A1	8.04	0.88	B
	5p	7.1	12.31	0.58	A1	8.30	0.86	B
	6p	9.5	12.55	0.76	A2	8.57	1.11	B
	7p	6.6	11.87	0.56	A1	7.81	0.85	A2
	8p	8.3	11.87	0.70	A1	7.81	1.06	B
	9p	7.6	11.66	0.65	A1	7.74	0.98	B
	10p	8.1	10.22	0.79	A2	6.22	1.30	B

※ 健全度指標と判定について

健全度指標	判 定	処 置
$\kappa \leq 0.70$	A1	異常時外力に対して危険な変状がある。他の調査結果を参照し、必要に応じて補修・補強を考慮する。
$0.70 < \kappa \leq 0.85$	A2	
$0.85 < \kappa$	B	現状では問題が少ない。

$$\text{健全度指標 } \kappa = \frac{\text{実測固有振動数}}{\text{固有振動数の標準値}}$$