

R C ラーメン高架橋被災後判定手法の検討

東海旅客鉄道（株）正会員 若森 吉邦
 村上 喜英
 正会員 下村 勝

1. はじめに

R C ラーメン高架橋にひび割れ等の変状が生じると、構造物の固有振動数が低下することが知られている。そこで固有振動数に着目して、現場において衝撃振動試験から固有振動数を把握することにより、構造物の損傷レベルを推定することは可能である。^{1),2)}

これまでに R C 構造物の損傷レベル評価に関する研究は多く研究されている。その中でも関ら¹⁾により、衝撃振動試験による全体系 1 次と柱部分系 2 次の固有振動数により R C ラーメン高架橋柱の剛性が簡易に評価できるノモグラムが作成されている。さらに、丹間ら²⁾により固有振動数の低下率から部材応答塑性率を算出することにより部材損傷レベルを推定できることが解っている。

しかしながら、地震時には部材の損傷レベルを現場において簡易に判断することが求められる。本研究では、関らのノモグラムに部材損傷レベルの限界値を設定することで固有振動数の測定により部材の損傷レベルを簡易に判断することができる被災後評価図を作成したので報告する。

2. 研究概要

2-1. 研究方針

本研究の検討フローを図 2-1 に示す。

2-2. 研究内容

(1) 対象高架橋の抽出

本検討では、東海道新幹線標準ラーメン高架橋(直線用)の1層構造を対象とし、柱高さ・地中梁の有無・鋼板巻の有無毎に検討した。

(2) 固有値解析によるパラメータ解析

初期値の設定

本検討では、品川高架橋の撤去部材を用いた測定結果より、ヤング係数を 20KN/mm^2 と 25KN/mm^2 の 2 パターンを設定した。

Pushover 解析による高架橋の応答塑性率と損傷レベルの関係の把握

Pushover 解析には、上層梁・柱・フーチングを含めた骨組みモデルを使用した。解析モデルの概要図を図 2-2 に示す。

また、高架橋において柱の上下端に地震時の応力が集中するため、耐震標準に規定された部材端の M 関係により非線形特性を設定した。(図 2-3) この解析モデルに対して Pushover 解析を行い得られた荷重 変位曲線より各損傷レベルにおける高架橋の応答塑性率を求めた。地震時の損傷レベルについては、鉄道構造物設計標準・耐震標準による。(表 2-1)

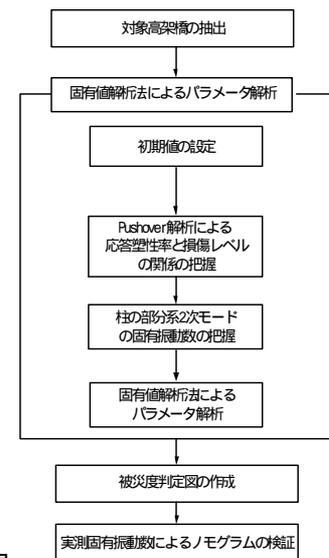


図 2-1 検討フロー

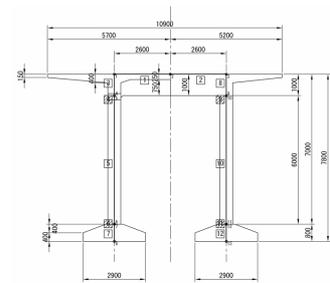


図 2-2 解析モデル概要図

キーワード：衝撃振動試験 固有振動数 ノモグラム 部材応答塑性率

連絡先 東京都千代田区丸の内 1-9-1 東海旅客鉄道株式会社 TEL 03-5218-6274

柱の部分系 2 次モードの固有振動数の把握

部材応答塑性率の推定式²⁾(式 2-1) を用いて、前項で得られた各損傷レベルにおける応答塑性率毎の固有振動数(全体系 1 次)を把握し、固有値解析を行い振動モード図より柱の部分系 2 次の固有振動数を整理した。(表 2 - 1)

推定式 $\mu_{fi} = 1.31 \times (1/Rf^2) - 1.04$ …式 2-1

ここに μ_{fi} : 応答塑性率 Rf : 低下固有振動数比

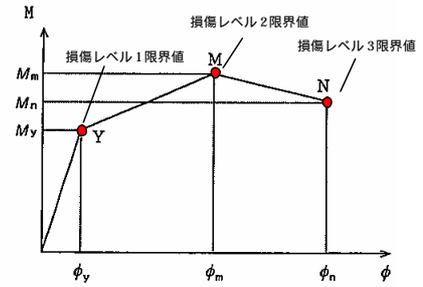


図 2 - 3 M モデル

表 2 - 1 地震時の損傷レベル

部材の損傷レベル	損傷状況の例
損傷レベル1 無損傷	曲げひび割れ
損傷レベル2 場合によっては補修が必要な損傷	曲げひび割れまたは曲げひび割れとせん断ひび割れ、ひび割れの拡大、被りコンクリートの剥離
損傷レベル3 補修が必要な損傷	被りコンクリートの剥落、内部コンクリートの損傷、軸方向鋼材の局部座屈、帯鉄筋の変形
損傷レベル4 補修が必要で、場合によっては部材の取り替えが必要な損傷	被りコンクリートの剥落、内部コンクリートの損傷、軸方向鋼材の局部座屈や場合により軸方向鉄筋の破断、帯鉄筋の変形や場合により破断

表 2 - 2 各損傷レベルにおける固有振動数(H = 7m地中梁無)

変位の想定	基礎形式	回転バネ定数 (kN m/rad)	固有振動数(Hz)							
			E1=100%		損傷レベル1		損傷レベル2		損傷レベル3	
			F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
上下端の局所的な剛性の低下	杭基礎	4.088E+05 (0.5倍)	1.65	10.04	1.34	9.81	1.07	10.21	0.94	9.20
		8.176E+05 (1倍)	1.86	13.60	1.46	14.22	1.12	13.80	0.97	13.68
		4.088E+06 (5倍)	2.13	30.13	1.58	29.59	1.20	28.98	1.04	28.54
		8.176E+06 (10倍)	2.18	40.66	1.62	38.20	1.23	35.22	1.08	33.56
		1.226E+07 (15倍)	2.21	45.96	1.65	40.88	1.26	36.77	1.11	34.83
	直接基礎	1.635E+07 (20倍)	2.22	48.14	1.67	41.94	1.29	37.56	1.13	35.57
		2.044E+07 (25倍)	2.24	49.18	1.69	42.58	1.31	38.13	1.16	36.14
		2.453E+07 (30倍)	2.25	49.83	1.70	43.07	1.33	38.61	1.18	36.63
		1.349E+06 (0.5倍)	2.01	26.77	1.53	26.26	1.16	25.80	1.01	25.52
		2.697E+06 (1倍)	2.11	36.28	1.58	34.82	1.19	32.89	1.03	31.63
	直接基礎	2.697E+07 (10倍)	2.29	51.32	1.76	44.49	1.40	40.12	1.25	38.19
		5.394E+07 (20倍)	2.37	53.30	1.86	46.84	1.50	42.63	1.34	40.67
		8.091E+07 (30倍)	2.42	54.74	1.92	48.53	1.56	44.27	1.39	42.19
		1.079E+08 (40倍)	2.46	55.91	1.97	49.83	1.59	45.43	1.42	43.21
		1.349E+08 (50倍)	2.50	56.89	2.00	50.85	1.62	46.29	1.45	43.94

(3) 被災後判定図の作成

(2) で求めた各損傷レベル毎の全体系 1 次固有震動数と柱の部分系 2 次の固有振動数をノモグラムに反映させて被災後判定図を作成した。(図 2 - 4 参照)

(4) 実測固有振動数による被災後判定図の検証

(3) で作成した被災後判定図に高架橋の実測固有振動数をプロットしたものの一例を示す。

固有振動数の実測値は E=25KN/mm² の場合、概ね柱剛性 100%以内に分布している。(図 2 - 4)また、E=20KN/mm² の場合は柱剛性 100%以上の帯域に分布する実測値が多い。(図 2 - 5)このことから、前者の方が整合性がよいといえる。

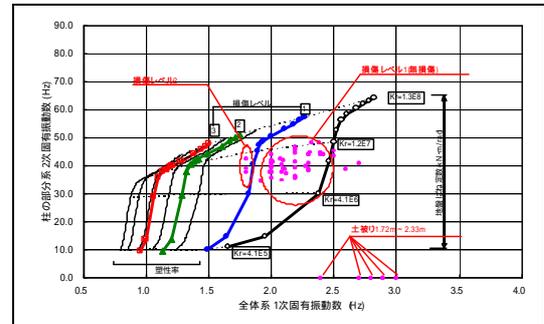


図 2 - 4 被災後判定図の検証(H = 7m地中梁無 E= 25KN/mm²)

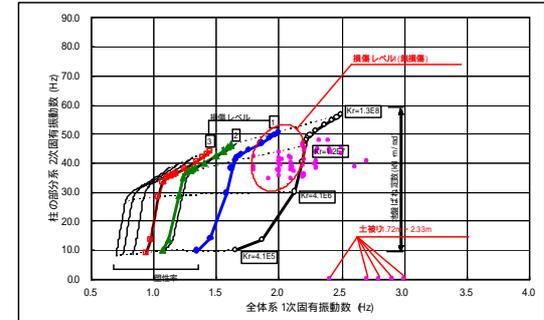


図 2 - 5 被災後判定図の検証(H = 7m地中梁無 E= 20KN/mm²)

3. まとめ

本研究では、地震によって生じるラーメン高架橋の損傷程度と柱の剛性低下率の関係を把握した上で固有値解析法によるパラメータ解析を行なうことで被災後判定図を作成した。本研究で用いた実測の固有振動数は 233 セット分と少ないものの、実測値との検証から、E=25KN/mm² の場合について作成した判定図の整合性がよいことが確認出来た。

今後は、被災後判定図と実測値との検証を進め更に精度の向上することと今回の検討外の標準ラーメン高架橋(曲線用)についての同様の検討を行い、被災後判定の適用範囲を広げることで地震後の迅速な損傷レベルの判定に適用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 関ほか : RC ラーメン高架橋の地震時損傷レベルの評価に関する研究 : 土木学会論文集 731 P51-64
- 2) 丹間ほか : RC ラーメン高架橋の地震時損傷度評価法に関する実験的研究 : 土木学会地震工学論文集