

既設方杖ラーメン橋の耐震性能に関する一考察

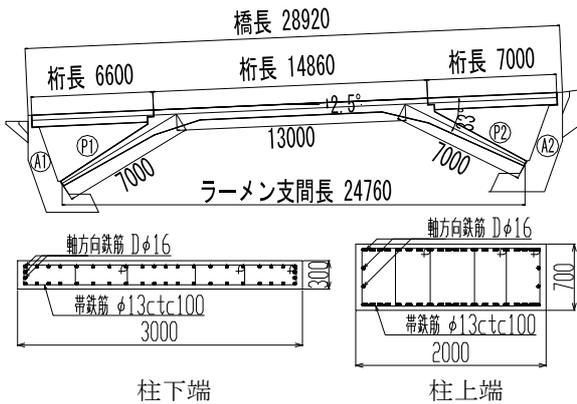
ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 ○森瀬真琴  
 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 今枝潤志  
 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 澤田一三

1. はじめに

約 50 年前に設計・建設された方杖ラーメン橋の耐震性能を照査する機会があり、所定の耐震性能を有していることがわかった。その過程で明らかとなった塑性化領域の分布状況等を踏まえて耐震性能について考察した。

2. 対象橋梁の構造概要

照査の対象とした橋梁は、橋長 28.92m、桁長 6.6m+14.86m+7.0m、全幅員 3.0m、桁高 0.65m の RC 方杖ラーメン橋で、両側径間に単純 RC 桁がゲルバー形式で架橋されている。ラーメン部の支承はメナーゼヒンジ形式である。図一1に概要図を示す。



図一1 方杖ラーメン橋概要図

3. 耐震性能照査

3.1 照査方法

ラーメン橋の耐震性能照査は、道路橋示方書（耐震設計編 H14.3）に従って動的照査法とし、非線形時刻歴応答解析により行った。

道路橋示方書に示される標準加速度波形（1 種地盤用のレベル 2 地震動に対して 3 波）を入力地震動に用いて、タイプ 2 地震動を橋軸方向に対して作用させて照査を行った。照査結果の値は、3 波から得られた最大応答値の平均値とした。

まず、M-φ要素による照査を行いその結果を踏ま

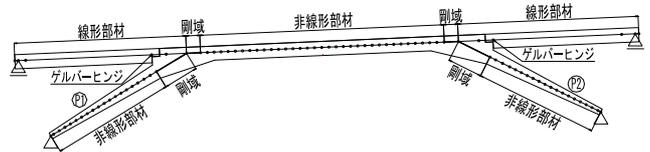
えてファイバー要素による照査を行った。

3.2 M-φ要素による照査結果

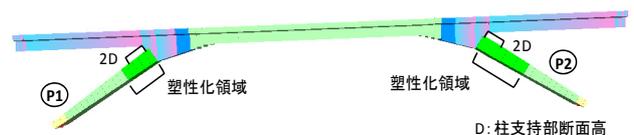
照査のモデルは、図一2に示す 2次元骨組みモデルとし、側径間の単純 RC 桁を線形はり要素、ラーメン部の柱および梁については非線形はり要素とした。部材非線形性のモデル化には、以下の理由により、M-φ要素を用いた。

- ・柱が断面変化を有していることで、塑性ヒンジの生じる箇所が限定されない。
- ・道路橋示方書に示される塑性化を考慮する範囲(以下 2D 領域という。D=柱支持部材断面高とする。)を超えて塑性化することが懸念される。

表一1にタイプ 2 地震動に対する橋軸方向の照査結果を示す。柱上端部の曲率に関する照査は最大



図一2 照査モデル図 (M-φ要素)



図一3 ラーメン部の損傷結果図 (M-φ要素)

表一1 照査結果 (M-φ要素)

		柱上端部		塑性化(2D)領域外		
		P1	P2	P1	P2	
最大曲率	φ max	μ・1/m	26416	12992	4265	8566
初降伏曲率	φ y0	μ・1/m	3237	3227	3817	3642
許容曲率	φ a	μ・1/m	89787	92480	81757	81631
照査	φ max/φ y0		8.16	4.03	1.12	2.35
	φ max/φ a		0.29	0.14	0.05	0.10
応答せん断力	Smax	(kN)	208	207	219	207
せん断耐力	Ps	(kN)	1398	1398	944	972
照査	Smax/Ps		0.15	0.15	0.23	0.21

キーワード 動的解析,ファイバーモデル, 方杖ラーメン橋

連絡先 〒450-0002 名古屋市千区名駅五丁目 33 番 10 号アクアタウン納屋橋 ジェイアール東海コンサルタンツ (株) TEL052-746-7130

曲率が許容曲率の14%~29%, せん断力に関する照査は応答せん断力がせん断耐力の15%であり, 耐震性能を十分満足した。しかし, 2D領域を超えた範囲での曲率に関する照査では, 最大曲率が初降伏曲率の1.12倍~2.35倍となり, 塑性化する範囲は4D程度と広範囲に及んだ。

3.3 ファイバー要素による照査結果

M-φ要素による照査結果では, 一概に所定の耐震性能を十分満足しているとは言い難いため, 材料レベルでの損傷状態を推定できるファイバー要素による照査を行った。

ファイバー要素による照査は, 地震動の正負交番作用による軸力変動を精度よく考慮でき, 鉄筋, かぶり, およびコアコンクリートの材料要素ごとに応力-ひずみ関係を与え(図-4), メッシュ状に分割した要素(図-5)それぞれの損傷状態を推定できるものである。

ファイバー要素によるモデルは, 図-6に示すように M-φ要素での照査時に塑性化した領域を非線形はり要素とし, その他の部材を線形はり要素とした。

断面の損傷状態から, 以下3点の結果が得られた。  
 ①鉄筋が降伏すること。  
 ②かぶりコンクリートに軽微な損傷がみられること。  
 ③コアコンクリートにひび割れ程度の損傷がみられること。  
 また, 各材料における断面内の最大応答値を示した表-2の結果から, 軸方向鉄筋に発生する引張応力度は, 引張降伏強度を5%超過するのみである。コンクリート要素は, 応答値が許容値まで達しておらず, 特にコアコンクリートは最大応答ひずみがピークひずみ  $\epsilon'_{cc}$  (最大圧縮応力時のひずみ) の13%とわずかである。

塑性化した領域は, M-φ要素の照査と同様に4D程度と広範囲に及んだが, わずかに損傷するのみであることが得られた。

4. 考察

- 1) ファイバー要素による照査結果から, かぶりコンクリートに損傷がみられ, 鉄筋がわずかに降伏することが得られたが, ひび割れ程度の損傷がみられるコアコンクリートで軸力を保持することで, 橋梁全体としての機能が損なわれないと考えられる。
- 2) 広範囲に塑性化が及ぶわりに, 塑性化の程度がわ

ずかな損傷のみという結果となったのは, 帯鉄筋が柱中央部から柱両端部にかけて密に配置され, さらに, 半円形フックを用いて軸方向鉄筋に定着されたことにより, コアコンクリートを効果的に拘束できるためと考えられる。

5. おわりに

M-φ要素による照査から広範囲に塑性化が及ぶことは確認できたが, 材料ごとの損傷状態までは確認できないため, さらにファイバー要素による照査を行った。その結果, 対象橋梁は耐震性能を満たしており, 架け替え等は必要ない。

対象橋梁は約50年前の基準で, 高度な解析技術のない時代に設計された橋梁であったが, 現行の道路橋示方書の基準に照らしても十分な耐震性能を有している構造であることに感心させられた。

このような先人の知恵を適切に評価するためには, 適切なモデルを用いた照査を行うことが重要であると考えられる。

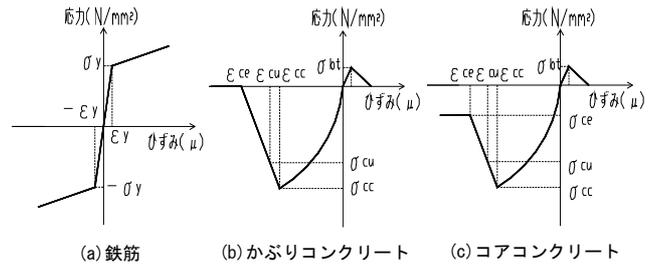


図-4 各材料の応力-ひずみ関係

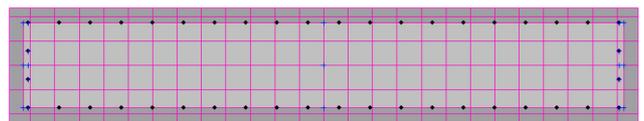


図-5 照査断面のモデル図

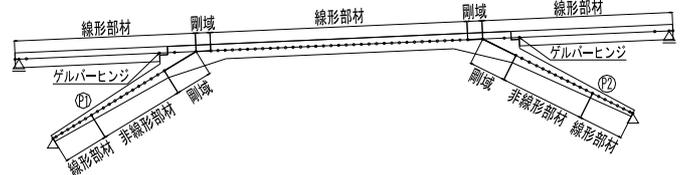


図-6 照査モデル図 (ファイバー要素)

表-2 断面内の最大応答値 (ファイバー要素)

位置	材料	基準値	最大応答値	最大応答値 / 基準値
柱上端部	コアコンクリート	-2902.9 μ (ピークひずみ)	-311.0 μ	0.11
	かぶりコンクリート	-2000.0 μ (ピークひずみ)	-1083.3 μ	0.54
	鉄筋	295N/mm <sup>2</sup> (降伏強度)	309N/mm <sup>2</sup>	1.05
塑性化(2D)領域外	コアコンクリート	-2661.1 μ (ピークひずみ)	-358.3 μ	0.13
	かぶりコンクリート	-2000.0 μ (ピークひずみ)	-761.2 μ	0.38
	鉄筋	295N/mm <sup>2</sup> (降伏強度)	300N/mm <sup>2</sup>	1.02