

(株) 建設技術研究所	正会員	○スマヤ アラン
(株) 建設技術研究所	正会員	廣田 武聖
(株) 建設技術研究所	正会員	松永 昭吾
(株) 大進	非会員	瀧田 貴光

道路橋示方書の性能規定型の基準への改定により、PC ラーメン橋に生じる副次的な塑性化を考慮することができるようになった。本論文では、PC 斜材付 π 型ラーメン橋を対象として、上部構造の副次的な塑性化を考慮した非線形動的解析結果と従来設計の地震時保有水平耐力法による結果を比較し評価を行う。

ここでは、図1に示すPC斜材付 π 型ラーメン橋を対象に、レベル2地震動による上下部構造の断面を検討する。検討の流れを図2に示す。

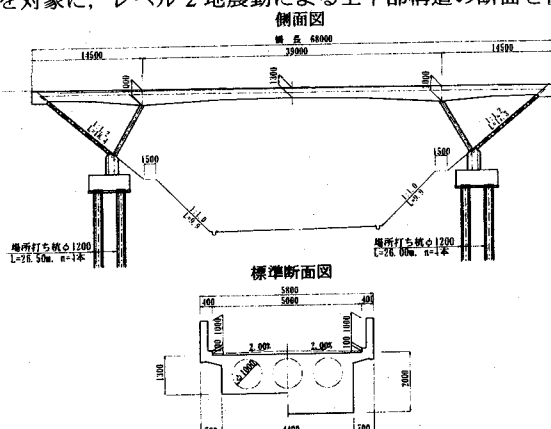


图 1 对象桥梁

本検討では、静的解析としてプッシュオーバー解析、動的解析として非線形時刻歴応答解析を採用する。また、上部構造の部材に対し、前者は部分的に降伏剛性、後者は直接非線形性を考慮する。

本橋の骨組みモデルを図3に示す。その概要は次のとおりである。ここで、() 内に、動的解析に用いる各種部材の減衰定数 h を示す。

-
- (a) 橋軸方向
- (b) 橋軸直角方向

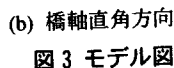
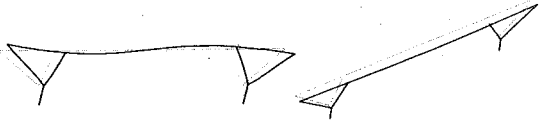


図4 非対称最大点指向トリリニアモデルの概念図

4. 固有値解析

固有値解析で、本橋の耐震性能照査に静的解析が適用できることを検証する。橋軸方向および直角方向に対する有効質量はそれぞれ76%、83%で1次モードが卓越する。図5に示すそのモード図は、静的解析で想定した変形図と同形である。



(a) 橋軸方向 (b) 橋軸直角方向

図5 卓越振動モード図(1次モード)

表1 固有値解析結果

モード 次数	橋軸方向		橋軸直角方向	
	固有周期 (秒)	有効質量 (%)	固有周期 (秒)	有効質量 (%)
1	0.778	76	0.730	83
2	0.488	0	0.593	0
3	0.240	12	0.310	2
4	0.172	0	0.111	0
5	0.126	0	0.077	14

5. 解析結果による部材断面

レベル1とレベル2地震動に対し、脚柱・垂直材・斜材の部材断面諸元と主桁の配筋要領をそれぞれ表2、表3に示す。

表2 脚柱・垂直材・斜材の部材断面諸元

			レベル1 地震動	レベル2地震動	
				静的解析 (部分的に上部構造 の降伏剛性を考慮)	動的解析 (上部構造の 非線形性を考慮)
脚柱 1.30m x 4.40m	軸方向鉄筋	橋軸	D29ctc125	レベル1と同じ	レベル1と同じ
	直角	橋軸	D29ctc250	レベル1と同じ	レベル1と同じ
	帯鉄筋(橋軸方向 中間帯鉄筋本数)	橋軸	D16ctc150(-)	D22ctc150(5本)	D22ctc150(4本)
垂直材 0.50m x 4.40m	軸方向鉄筋	橋軸	D16ctc250	D22ctc125	D22ctc125
	直角	橋軸	D16ctc172	2段 - D32ctc83.5	2段 - D22ctc83.5
	帯鉄筋(橋軸方向 中間帯鉄筋本数)	橋軸	-	D16ctc125(6本)	D13ctc125(6本)
斜材 0.40m x 4.40m	軸方向鉄筋	橋軸	D19ctc125	レベル1と同じ	レベル1と同じ
	直角	橋軸	D19ctc258	D22ctc86	D19ctc86
	PC鋼材	橋軸	φ32-4本	φ32-6本	レベル1と同じ
	帯鉄筋(橋軸方向 中間帯鉄筋本数)	橋軸	D13ctc125(-)	レベル1と同じ(6本)	レベル1と同じ(6本)

表3 主桁の配筋要領

側面図											
レベル1地震動	(1)	D13 n=30(ctc200)									
	(2)	D13 n=42(ctc100)									
	(3)	D13ctc125									
	(4)	D13ctc250									
	(5)	D13ctc250	D13ctc125	D13ctc250				D13ctc125	D13ctc250		
レベル2地震動	(1)	D22 n=30(ctc200)	D22 n=48(ctc100)	D22 n=30(ctc200)				D22 n=48(ctc100)	D22 n=30(ctc200)		
	(2)	D22 n=42 (ctc100)	D22 n=42 (ctc100)-2段	D22 n=42 (ctc100)-3段	D22 n=42 (ctc100)-2段	D22 n=42(ctc100)	D22 n=42 (ctc100)-2段	D22 n=42 (ctc100)-3段	D22 n=42 (ctc100)-2段	D22 n=42 (ctc100)	
	(3)	レベル1地震動と同じ									
	(4)	レベル1地震動と同じ									
	(5)	D16ctc250	D16ctc125	D16ctc250				D16ctc250	D16ctc250		
動的解析(上部構造の非線形性を考慮):レベル1地震動と同じ											

※ (1):上フランジ軸方向鉄筋, (2):下フランジ軸方向鉄筋, (3):上フランジ床版主鉄筋, (4):下フランジ床版主鉄筋, (5):橋軸方向せん断補強鉄筋。

6. 考察

本橋は1次モードが卓越するため、脚柱・垂直材・斜材に対し、静的解析と動的解析による部材断面に大きな変化はない。また、垂直材は、レベル2地震動で橋軸直角方向に対し斜材より大きい地震力が作用し塑性化を許容しないため、レベル1に比べ軸方向鉄筋量が約4倍増加した。

橋軸方向に対し、上部構造に副次的な塑性化を許容する動的解析では、レベル2のタイプII地震動において、脚柱が主たる塑性化し、上部構造断面がレベル1に対し変更はない。一方、上部構造に副次的な塑性化を許容しない静的解析では、レベル2地震動による軸方向鉄筋量がレベル1に対し約3.1~4.9倍大きくなる。

7. 結論

本橋の上部構造は副次的な塑性化の有無で断面が大きく異なる。下部構造が主たる塑性化することを確実に確保できれば、上部構造の副次的な塑性化を考慮した方が合理的である。なお、今後の課題として、非線形性を直接考慮した静的解析を実施し、動的解析による鉄筋降伏限界内の上部構造断面を求め、解析手法による影響検討を行うとする。

参考文献

・道路橋示方書・同解説V耐震設計編 社団法人日本道路協会 2002年3月 pp399-405.