

PC 5 径間有ヒンジラーメン橋の耐震補強設計に関する考察

中央コンサルタンツ(株)福岡支店 正会員 ○今福 祥隆 正会員 荒毛 徹
永田 涼二 正会員 愛敬 圭二

1. はじめに

図-1,2 に示す橋梁は、上部構造はPC 5 径間有ヒンジラーメン構造、下部構造は鉄筋コンクリートの小判形壁式橋脚、基礎構造はオープンケーソン基礎である。支承条件は端部橋脚が可動支承であり、昭和 47 年道路橋示方書に準拠し設計・施工されている。

今回、静的照査法（地震時保有水平耐力法）と動的照査法（動的解析）の両方で耐震補強検討を行った。その結果、静的照査法に比べ、動的照査法による補強は、その補強鉄筋量を大きく減少させることができた。

本論文は、その耐震補強検討について概要報告するものである。

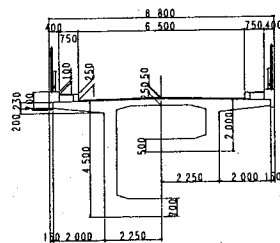


図-1 断面図

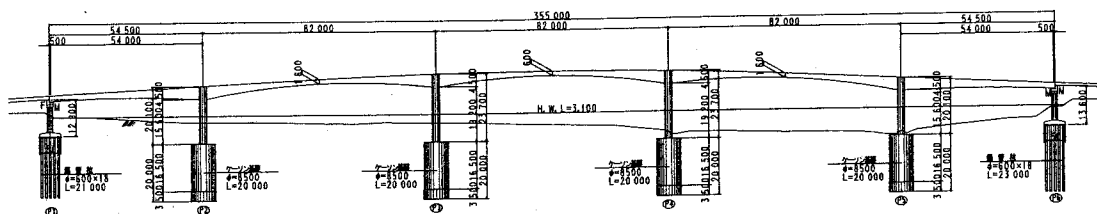


図-2 側面図

2. 解析手法

対象橋梁はPC 5 径間有ヒンジラーメン橋であり、設計振動単位は「耐震設計上複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなると見なす場合」に相当する。ゆえに、解析方法としては上部及び下部構造部分を平面骨組構造にモデル化して荷重増分解析（プッシュオーバー解析）による地震時保有水平耐力法および動的解析の両照査を行う。

各解析に用いる全体系モデル図-3 には、各橋脚の上下端に塑性ヒンジ発生点を想定し、上部工は弾性剛性として照査を行う。

まず、地震時保有水平耐力法による下部工の耐震性照査はラーメン橋全体で行う。塑性ヒンジ点の1箇所が終局に達した時点での震度を橋全体の終局震度と定義し、設計水平震度が終局震度以内であることを確認する。

次に、動的解析法による照査は同様の全体系モデルに道路橋示方書に示される地震波を与え、塑性ヒンジ点での最大応答塑性率が許容塑性率内にあることを各橋脚にて確認する。

上部構造の安全性照査として、次の項目について照査を行う。

①曲げモーメントに対しては、発生曲げモーメントが初降伏曲げモーメント以下である。ただし、ひび割れ曲げモーメント>初降伏曲げモーメントとなる場合、発生曲げモーメントがひび割れ曲げモーメント以下であることを確認する。

②せん断力に対しては、発生するせん断力がせん断耐力以下である。

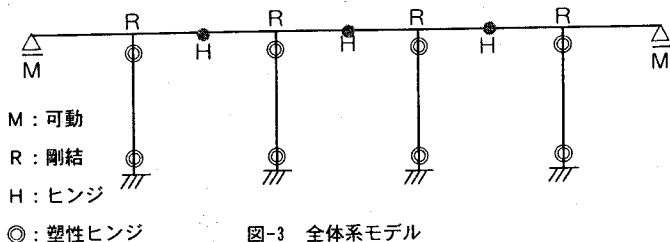


図-3 全体系モデル

3. 解析結果

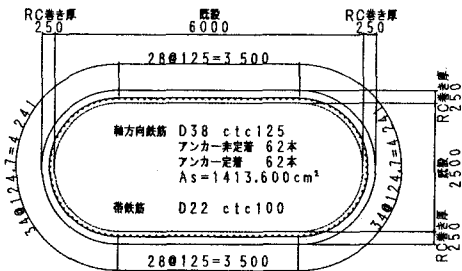
まず、各解析法にて既設橋脚の耐震性照査を行った結果、表-1 に示すようにいずれの場合も許容値を満足できなかったため補強工法の比較検討を行った。その結果、鋼板巻立て工法、炭素繊維シート巻立て工法に比べ、経済性、維持管理で優れるRC巻立て工法を採用した。

既設橋脚の耐震性照査においては、動的照査結果の方が、静的照査結果と比較して曲げ耐力（応答塑性率）および残留変位ともに余裕がある。さらに、橋脚補強時の鉄筋量を比較すると、図-4 に示すように動的照査法による補強がじん性向上だけ（主鉄筋：D16 非定着）で許容値を満足できるのに対し、静的照査法による補強はじん性向上に加え、アンカー定着および鉄筋量（主鉄筋：D38 定着）により曲げ耐力を増加させる必要がある。また、アンカー定着により柱基部の耐力を過剰に増加させた場合、基礎への影響も懸念される。

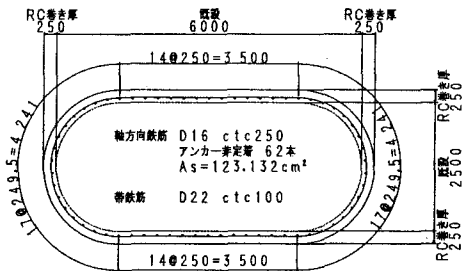
なお、上部構造に関しては補強前、補強後を問わず、応答値が初降伏以内に収まることを確認している。

表-1 既設橋脚の耐震性照査

静的照査法（地震時保有水平耐力法）			動的照査法（動的解析）		
照査項目	タイプⅠ	タイプⅡ	照査項目	タイプⅠ	タイプⅡ
Khc	0.60	1.22	μ_R	3.035	8.416
Khu	0.28	0.28	μ_a	2.699	4.398
$Khc \leq Khu$	NG (0.47)	NG (0.23)	$\mu_R \leq \mu_a$	NG (0.89)	NG (0.52)
$\delta R(m)$	0.0934	0.4644	$\delta R(m)$	0.0132	0.0652
$\delta Ra(m)$	0.1785		$\delta Ra(m)$	0.1785	
$\delta R \leq \delta Ra$	OK (1.91)	NG (0.38)	$\delta R \leq \delta Ra$	OK (13.52)	OK (2.74)



静的照査法による補強



動的照査法による補強

図-4 橋脚補強断面図

4. 考察

本橋は、ラーメン橋に分類され、平成14年3月の道路橋示方書ではレベル2地震動に対し動的照査法を適用できるとの明記が追加された。本橋梁形式の特性として、卓越モードが1次0.1%、3次50.5%となり高次モードが影響を及ぼすことや、複数の塑性ヒンジが発生するなどの理由から、静的照査法に比べ、実際の地震時挙動を把握できる動的照査法を適用する方が、より解析精度が良く、現実的な補強対策が示せると考えられる。

今回、動的照査法による耐震補強検討を行った結果、静的照査法と比較して、補強レベルを低減させる効果を得ることができ、本橋梁に対する動的照査法適用の有用性を確認することができた。

【参考文献】

日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編,2002.3
日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する参考資料,1998.1
日本道路協会：既設道路橋の耐震補強に関する参考資料,1997.8