

動的解析による連続桁橋脚耐震補強の経済化

千葉県道路公社 簾 壽志 千葉県道路公社 萩原 成典 千葉県道路公社 直井 憲尚
 ヤマト設計(株) 正 大田 孝二 ヤマト設計(株) 正 馬越 一也

はじめに

兵庫県南部地震以後、橋脚の耐震補強が多くの橋脚で実施されてきたが、橋梁の数がきわめて多いことや予算上の問題もあり、補強が未だなされていない脚も存在している。今回、対象とした松戸橋はすでに脚のほとんどが補強されているが、対象とした3径間連続橋2連の7脚中3脚はその水深が大きく、栈橋や水中締め切りなどの予算措置上、施工が遅れていた。そのため現状では、補強済と未補強の橋脚が混在する橋梁となっており、その剛性差による「振動特性が複雑な橋」と区別することができる。

1. 松戸橋の概要

松戸橋の動的解析の対象とした部分を図-1に示す。橋脚はRCであり、図のP5、P6、P7橋脚が補強未施工である。3径間連続の2橋(P3-P6、P6-P9)が隣接しており、支間割は3@66.0m、2@66m+58.6mである。固定支承はP4とP8に設けられており、その他は可動支承である。固定支承のある橋脚は耐震補強されており、未施工橋脚に地震力があまり作用しないことが考えられ、動的解析でその応答を確認した。

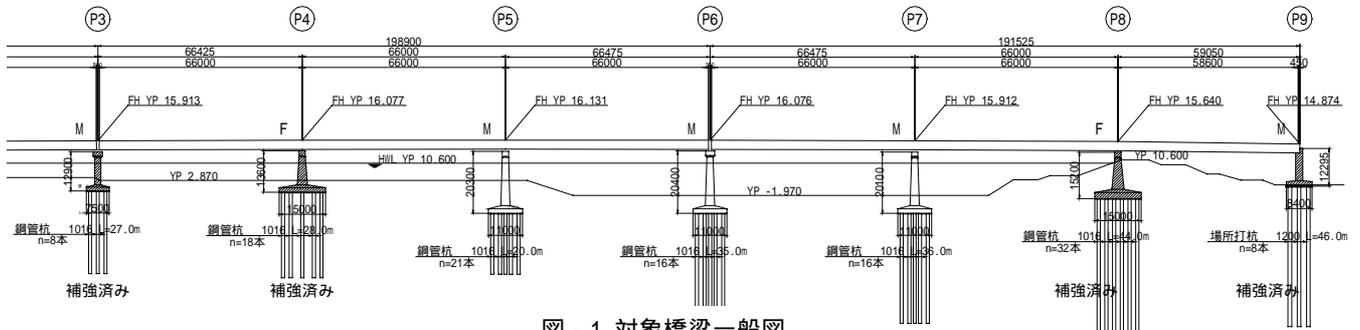


図-1 対象橋梁一般図

2. 動的解析

対象としたP3からP9までをファイバースhell¹⁾でモデル化した。ファイバースhellは、骨組み解析の一種で、各骨組み（今回は桁は棒shell）を断面寸法でinputし、各部材のA（断面積）、I（断面二次モーメント）は自動計算される。骨組み解析で計算された軸力と曲げモーメントを基に平面保持の仮定からひずみ分布が計算でき、ひずみと応力の関係（一般には非線形）を定義することで、応力と断面力が計算できる。したがって、変位だけでなく、各部材の各断面位置における応力やひずみを出力するのが特徴である。

図-2に脚のshellの例を示す。また、コンクリートの応力とひずみの関係、ならびに、桁の材料である鋼材、鉄筋の各々の応力とひずみ関係を図-3、4に示す。可動支承は死荷重の10%の摩擦を受け持つものとし、図-5のように非線形特性を与えた。固定支承は変位を拘束している。入力地震波は、タイプ 1 の地震動に対し、種地盤の標準波形3波とした。

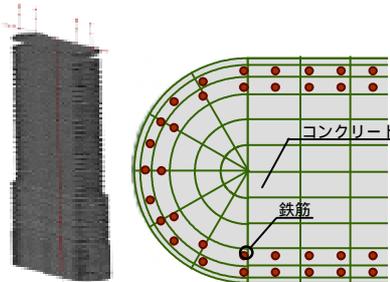


図-2 橋脚のshell化

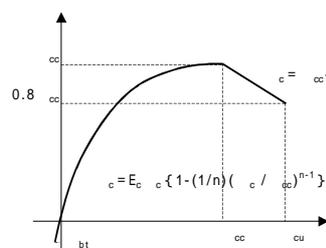


図-3 コンクリート材料shell

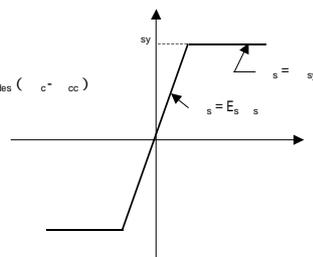


図-4 鉄筋材料shell

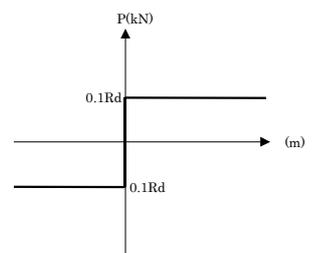


図-5 可動支承の摩擦

キーワード 耐震設計，動的解析，ファイバースhell，材料非線形shell

連絡先 〒135-0031 東京都江東区佐賀 1-1-3 ヤマト設計株式会社 TEL03-3820-1741

3. 解析結果

解析結果を以下に示す。(表 - 1 参照)

(1) 橋軸方向 コンクリートのひずみはタイ[°]地震, P4 脚で最大で cc (コンクリート最大圧縮応力時ひずみ) の 66% であり, 問題ない. せん断力はタイ[°]地震, P6 で最大で, 許容耐力の 99%が生じたが許容値以内に収まっている. 残留変位はタイ[°]地震, P3 脚で最大で許容値の 47%であり, 問題ない. P6 での桁衝突の照査では, 桁の応答変位による遊間値の計算により, 衝突の恐れはない。(図 - 6 参照)

(2) 橋軸直角方向 コンクリートのひずみはタイ[°]地震, P6 脚で最大で cc の 63%であり, 問題ない. せん断力はタイ[°]地震, P7 で最大で, 許容の 96%が生じたが許容値以内である. 残留変位はタイ[°]地震, P6 脚で最大で許容値の 45%であり, 問題ない.

表 - 1 解析結果

橋軸方向	ひずみ照査	P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9									
		最大圧縮ひずみ c	0.00134	0.00269	0.00066	0.00068	0.00070	0.00140	0.00048		
タイ [°]	許容ひずみ cc	0.00296	0.00406	0.00230	0.00211	0.00210	0.00342	0.00208			
	c / cc	45%	66%	29%	32%	33%	41%	23%			
せん断照査	最大せん断力 P(kN)	4395	19278	5325	6229	6432	18337	5764			
	せん断耐力 Ps(kN)	9116	22750	5395	6445	7169	18658	7228			
残留変位	P / Ps	48%	85%	99%	97%	90%	98%	80%			
	残留変位 R(m)	0.0516	0.0273	0.0274	0.0469	0.0445	0.0380	0.0116			
タイ [°]	許容残留変位 Ra(m)	0.1090	0.1110	0.1780	0.1790	0.1760	0.1220	0.0910			
	R / Ra	47%	25%	15%	26%	25%	31%	13%			
橋軸直角方向	ひずみ照査	最大圧縮ひずみ c	0.00158	0.00038	0.00085	0.00139	0.00086	0.00034	0.00030		
	許容ひずみ cc	0.00375	0.00349	0.00213	0.00220	0.00220	0.00347	0.00227			
タイ [°]	c / cc	42%	11%	40%	63%	39%	10%	13%			
	最大せん断力 P(kN)	9047	10657	11837	10883	12397	10009	8530			
せん断照査	せん断耐力 Ps(kN)	22151	25876	13169	11193	12969	24080	14121			
	P / Ps	41%	41%	90%	97%	96%	42%	60%			
残留変位	残留変位 R(m)	0.0376	0.0039	0.0257	0.0799	0.0380	0.0000	0.0080			
	許容残留変位 Ra(m)	0.1090	0.1110	0.1780	0.1790	0.1760	0.1220	0.0910			
タイ [°]	R / Ra	34%	4%	14%	45%	22%	0%	9%			

以上のように, 解析結果は, 構造解析と同様にひずみや応力, また耐荷力で表されるため, 耐震評価が明確であることも, ファイ[®]-モデルによる解析の特徴である. 参考までに, ひずみの最大値が生じた P4 橋脚の段落し部の応力 - ひずみ履歴 (波形 - - 1 橋軸方向) を図 - 7 (a)コンクリート, (b)鉄筋) に示す.

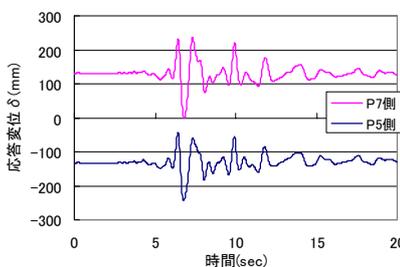
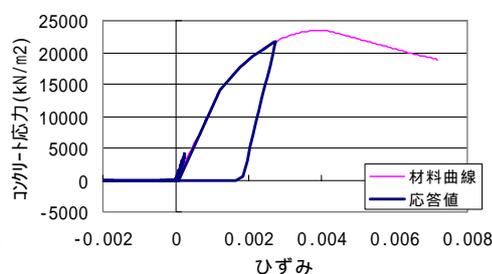


図 - 6 変位応答図



(a) コンクリート

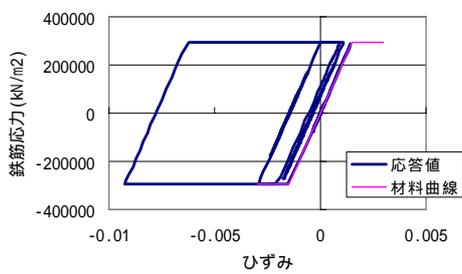


図 - 7 応答履歴(P4 段落し部)

(b) 鉄筋

4. 結論

各脚の最大ひずみ, せん断耐力, 残留変位, また, 橋軸方向の桁遊間の各照査をタイ[°]地震, タイ[°]地震に対して実施した結果, 各橋脚は地震時の耐力を有することが確認できた.

おわりに

耐震補強の検討では, 施工順序や施工途中の橋梁に対して検討を行うことは一般には行われていない. したがって今回のように, 施工の途中段階での検討を行うことは, ごく希なケースと考えられる. しかし, 結果的には, 施工費用がかかることで後回しになっていた水深が深い 3 脚の橋脚補強が, 動的解析を行うことで, 大規模な施工の必要性がなくなり, 大幅な工費削減につなげることができた. 現在, アセットマネジメントの観点から支承の取替えによる橋梁メンテナンスが行われる予定である.

参考文献

1) Park, R., Kent, D. C., and Sampson, R. A.: R/C Column Earthquake Response in Two Dimensions, J. Struct. Div., ASCE, Vol.100, No. ST10, pp.1999-2015, 1974