

既設 RC 橋梁橋脚における復元設計と安全性評価に関する基礎研究

芝浦工業大学 学生会員 ○梶田 侑吾
芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1. はしがき

近年、コンクリート構造物の劣化が深刻な問題になっている。これらの構造物を効率良く維持管理していくための第一歩として、構造物の性能を照査する必要がある。実際に維持管理を行う場合、各種検査が必要になるが、現在の劣化度を求める際、対象となる構造物の初期状態を知る必要がある。しかし、建設後数十年を超える道路橋の初期状態を知る上で必要な橋梁の図面、計算書はほとんど残っていない場合が多い。そうした場合、復元設計と呼ばれる手法を用いるが、その手法はまだ完全に確立されているわけではない。また、既往の研究では主として上部工に関する復元設計を実施されている状況にある。

そこで、本研究では計算書等が残されている実在の橋梁の橋脚を復元設計し、実物と復元したものを比較・検討し、橋脚における復元設計の問題点を抽出する。また、示方書等の改定を考慮し、現在一般的に使われている地震時保有水平耐力法を用いて、安全性評価を対象橋梁において行った。

2. 対象橋梁における復元設計

2-1 復元設計とは

復元設計手法とは、橋梁において、外観の情報（橋長、幅員、桁等の寸法）に基づき、その橋梁が設計された当時の設計基準を用いることによって、構造物内部の配筋、応力状態を復元する手法を指す。

2-2 対象橋梁の紹介

対象とする橋梁は、形式が 5 径間連続箱桁橋（中央径間ヒンジ付）で架設年が昭和 46 年、橋長 600m のプレストレストコンクリート道路橋である。今回は P2、P3 橋脚のラーメン橋脚の復元設計を行う（図-1）。

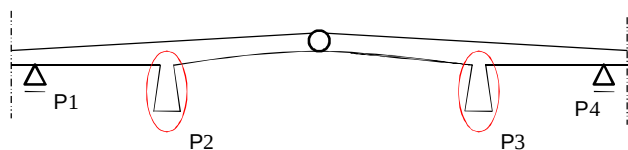


図-1 対象橋梁の概略図

2-3 復元設計計算方法

本研究では、荷重条件等から必要断面力を求め、必要な鉄筋量を配筋の段数、ピッチ、鉄筋径の組み合わせで求める。材料強度は、コンクリートを $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 、鉄筋 SD30 とした（表-1）。これは、当時最も一般的に使われていた材料を想定した。許容応力度は想定した材料強度と道路橋示方書から形式的に求めた。また、対象橋脚の形式が中空であり、本来外観からでは中空部分の体積はわからないが、今回は既知な値であると仮定した。必要となる断面力は表-1 に示すとおりである。

表-1 橋脚下端断面力

橋脚下端 断面力	P2	橋軸	M(kN × m)	735019
			N(kN)	114936
			S(kN)	28560
		直角	M(kN × m)	744834
			N(kN)	109293
			S(kN)	25660
	P3	橋軸	M(kN × m)	1371394
			N(kN)	134847
			S(kN)	53390
		直角	M(kN × m)	1431524
			N(kN)	133450
			S(kN)	44720

3. 復元設計図と実物の設計図との比較・考察

復元設計図と実物の設計図の比較のポイントは、構造性能照査を行う際に必要とされる適用基準類、構造諸元、使用材料と材料強度、鉄筋配置の4つであるが今回は鉄筋配置に重点を置いて比較・考察する。

鉄筋を配置するにあたって、軸方向鉄筋の芯かぶりを 150mm、鉄筋配置間隔を 125mm、上下 4 段配筋と 6 段配筋の 2 パターンに分けて設計する。芯かぶりは当時の設計基準である最小かぶりを満たしている。鉄筋配置間隔は上部工においては 125mm、橋脚においては 150mm か 125mm 間隔で配置するのが一般的であるが、今回はラーメン橋脚ということで上部工と下部工が一体化しており、それぞれの鉄筋の組み合わせを考慮した結果、上部工の鉄筋配置間隔と同様の 125mm で配置した。

表-1 の必要断面力を満たすために、必要な鉄筋量を配筋の段数、ピッチ、鉄筋径の組み合わせ（表-2）で決めて、かぶり設計条件を満たす組み合わせを求める。

キーワード 復元設計 鉄筋配置 地震時保有水平耐力法 安全性照査

連絡先 〒135 - 8548 東京都江東区豊洲 3 - 7 - 5 芝浦工業大学工学部土木工学科 魚本研究室

TEL: 03-5859-8358

E-Mail: h05026@sic.shibaura-it.ac.jp

表-2 必要断面力を満たすための組み合わせ

			必要鉄筋量(㎤)	配置本数(本)	鉄筋径(mm)	鉄筋量(㎤)
P2橋脚	橋軸方向	4段配筋	2342.913	316	32	2509.672
		6段配筋	2237.682	398	29	2556.752
	橋軸直角方向	4段配筋	2944.56	332	35	3175.912
		6段配筋	2808.325	418	32	3319.756
P3橋脚	橋軸方向	4段配筋	5584.559	396	51	8026.92
		6段配筋	5309.346	594	35	5682.204
	橋軸直角方向	4段配筋	5785.631	396	51	8026.92
		6段配筋	5648.428	594	35	5682.204

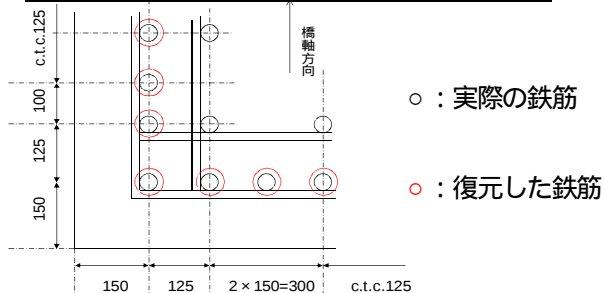


図-2 P2橋脚 上下4段配筋

図-2 に示すように、P2 橋脚上下 4 段配筋の復元設計においては鉄筋配置間隔を固定しているため、必要鉄筋量を満たすために鉄筋径が実際の設計図よりも大きくなってしまった。また実際には上下 6 段配筋だったため、実際にある鉄筋が復元設計では存在しない結果となってしまった。

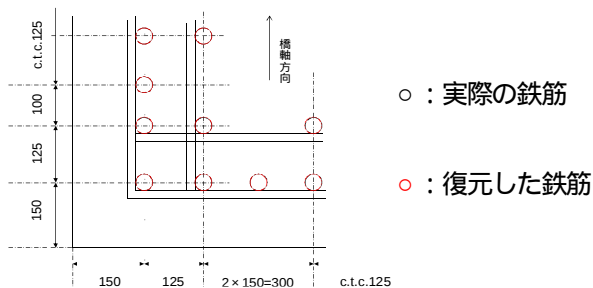


図-3 P2橋脚 上下6段配筋

図-3 より、上下 6 段配筋においてはかぶり、配置間隔が一致した。

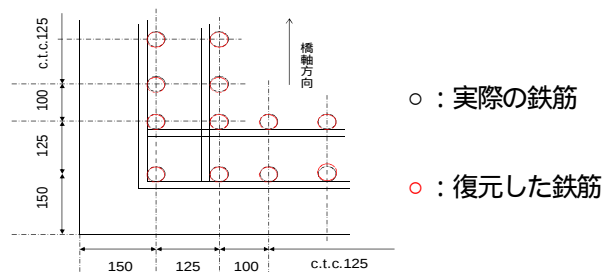


図-4 P3橋脚 上下6段配筋

図-4 より、P3 橋脚上下 4 段配筋においては、鉄筋配置間隔 125mm で必要鉄筋量を満たすためには、D51 の鉄筋を配置することになるが、D51 を配筋すると当時の設計基準の最小かぶりを満たせなくなるので、上下 4 段配筋はできない。上下 6 段配筋においてはかぶり、鉄筋配置が一致した。

以上の結果から、上下 6 段においては P2, P3 橋脚ともに鉄筋配置が全て一致する結果となった。これは鉄筋かぶり、鉄筋配置間隔がたまたま一致したからでもあるが、それは設計者のセンスによるところもある。しかし、非破壊検査手法等を使用して、鉄筋配置や鉄筋径を算出することができれば、それらを必然的に一致させることは可能である。

4. 対象橋梁の安全性評価

橋脚において地震時保有水平耐力法で安全性照査を行う。下部工では地震荷重の取り扱いについて、平成 2 年に地震時保有水平耐力法の照査の導入、平成 8 年、14 年の示方書の改定でこの照査法の見直しが行われたが、この橋梁の架設年は昭和 46 年であり、震時保有水平耐力法による安全性は考慮されていない。そこで、この改定によっても対象橋梁の安全性が保たれているかを調べる。

表-3 タイプ の地震動の地震時保有水平耐力法による安全性照査

	P2橋脚		P3橋脚	
	橋軸方向	橋軸直角方向	橋軸方向	橋軸直角方向
終局水平耐力(kN)	35996.6	35310.5	37662.77	41002.7
せん断耐力(kN)	46399.2	44682	132313.2	132312.4
破壊形態	曲げ破壊型	曲げ破壊型	曲げ破壊型	曲げ破壊型
許容塑性率	2.59	2.6	2.59	2.6
設計水平震度	0.7	0.7	0.7	0.7
等価水平震度	0.4	0.4	0.4	0.4
安全性の判定	1.17	1.565	1.001	1.389
応答塑性率	1.61	1.13	2.028	1.293
残留変位	0.034	0.0075	0.165	0.041
残留変位の照査	8.53	39.1	2.922	11.761

表-4 タイプ の地震動の地震時保有水平耐力法による安全性照査

	P2橋脚		P3橋脚	
	橋軸方向	橋軸直角方向	橋軸方向	橋軸直角方向
終局水平耐力(kN)	36170.4	35431.5	38003	41744.4
せん断耐力(kN)	47503.6	45730.4	133803.5	133802.5
破壊形態	曲げ破壊型	曲げ破壊型	曲げ破壊型	曲げ破壊型
許容塑性率	4.18	4	4.22	4.19
設計水平震度	1.01	1.11	0.902	0.902
等価水平震度	0.4	0.42	0.4	0.4
安全性の判定	1.17	1.49	1.01	1.414
応答塑性率	2.79	2.06	2.992	1.3134
残留変位	0.114	0.084	0.39	0.063
残留変位の照査	2.54	3.45	1.23	7.65

表-3, 4 に示すとおり、タイプ の地震動、タイプ の地震動共に、安全性の判定、残留変位の照査において、安全率 1.0 以上となり、今回の対象橋梁における解析結果の値による安全性照査は現在の示方書における地震動が作用しても十分な耐力を有していることが分かる。

5. 結論

橋脚下端における必要鉄筋量を精度良く復元することが出来た。但し、配置鉄筋については、使用する鉄筋の最大径、配置間隔および配置段数が当時の設計者の意向により決定される部分もあるので、実際の設計図書と一致させることは困難であることがわかった。よって、非破壊検査手法等と併用することで、より正確で効率の良い復元設計ができると考えられる。また、対象橋梁における安全性評価を行った結果、今回の解析結果において、現在の示方書における地震動が作用しても十分な耐力を保持し、対象橋梁の安全性を確認することができた。