

既設 RC 橋梁上部工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 ○押田 直之

大成建設株式会社 水吐 則行

芝浦工業大学 フェロー会員 魚本 健人

1.本研究における背景および目的

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。照査をする際には、構造物の設計計算書や設計図が必要になるが、古い構造物ではそれらが残されていないことも多い。そういった場合、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。そこで、本研究の目的として、計算書等が残されている実在の橋梁を復元設計し、実物と復元したものを比較・検討する。その上で、より正確な復元を行うための手法の提案を目指す。また、現在一般的に使われている評価方法を用いて、性能照査の中の一つである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、RC 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

今回対象とする橋梁は、形式が RC 単純中空床版橋、架設年が昭和 56 年、支間長が 16.02m の高速道路橋である。

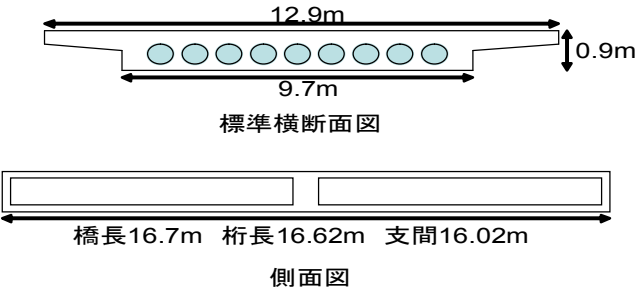


図-1 対象橋梁の断面図と側面図

2-3 復元設計計算

設計計算するに当たり、まず設計条件を決める。外観情報により支間長 16.02m、幅員 10.25m、橋歴版の情報より道路橋示方書昭和 53 年度版に準拠し、活荷重を TL - 20 又は TL - 43 とし、衝撃係数を $i = 7/(20+L)$ とする。材料強度は、

コンクリートを $\sigma_{ck} = 240\text{kg/cm}^2$ 、鉄筋 SD30 とした。これは、当時最も一般的に使われていた材料を想定した。また、対象橋梁の形式が中空床版橋であり、本来外観からでは中空部分の面積は分からないが、今回は既知な値であると仮定して計算を進める。以上の条件を用いて曲げモーメント、せん断力を求め、そこから必要鉄筋量を算出し配筋を行う。尚、版の異法性について、等方性の曲げモーメントの影響を与えるオルゼンの図表を使用して近似を行った。

表-1 復元による主鉄筋・スターラップの配筋量

主鉄筋の配筋					スターラップの配筋		
ブロック	配筋量				点	鉄筋間隔 (cm)	配筋量 (cm ²)
①	D-32 13本	103.25	D-29 16本	102.78	0	12.5	10×2-D13=25.3
②	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		12.5	10×2-D13=25.3
③	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		12.5	10×2-D13=25.3
④	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51	1	12.5	10×2-D13=25.3
⑤	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		12.5	10×2-D13=25.3
⑥	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		12.5	10×2-D13=25.3
⑦	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51	2	25	10×2-D13=25.3
⑧	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		25	10×2-D13=25.3
⑨	D-32 11本	87.36	D-29 13本	83.51		25	10×2-D13=25.3
⑩	D-32 13本	103.25	D-29 16本	102.78	3	25	10×2-D13=25.3
⑪	D-32 13本	103.25	D-29 16本	102.78		25	10×2-D13=25.3
⑫	D-32 13本	103.25	D-29 16本	102.78		25	10×2-D13=25.3
計	D-32 106本	905.38	D-29 135本	873.64	5	25	10×2-D13=25.3

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についてどのような項目について比較するかについては、構造性能照査を行う際に必要とされる項目に沿う。その項目は主に、適用基準類、構造緒元、使用材料と材料強度、鉄筋配置の 4 つだが、今回は鉄筋配置に重点を置いて比較・考察する。

表-2 設計計算書・構造図から確認する調査項目

調査項目	確認項目
1) 適用基準類	規準の種類
	制定年度
2) 構造緒元	支間長
	断面寸法
3) 使用材料と材料強度	コンクリートの設計基準強度
	鉄筋の種類・強度
4) 鉄筋位置	鉄筋径
	配置位置

鉄筋位置を比較する上で、まず必要鉄筋量を算出する際に必要となる曲げモーメント、せん断力についての比較を示す。

キーワード 復元設計, 構造性能照査, 鉄筋配置, 復元精度

連絡先 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL 03-5859-8358 E-mail h04025@sic.shibaura-it.ac.jp

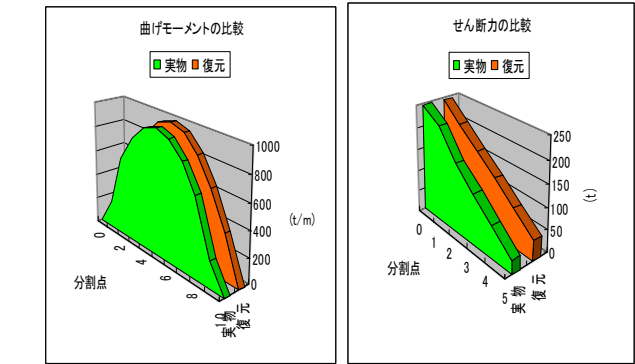


図-2 断面力比較

図-2 から分かるように、多少の誤差はあったものの、概ね近い値を復元することができた。応力状態が精度良く復元できれば必要鉄筋量もそれに準じて近い値を算出することができるが、そのためには鉄筋かぶりの値が重要になる。また、必要鉄筋量が算出されても、鉄筋径の大きさによって最終的に配置される鉄筋位置は大きく変わってしまう。

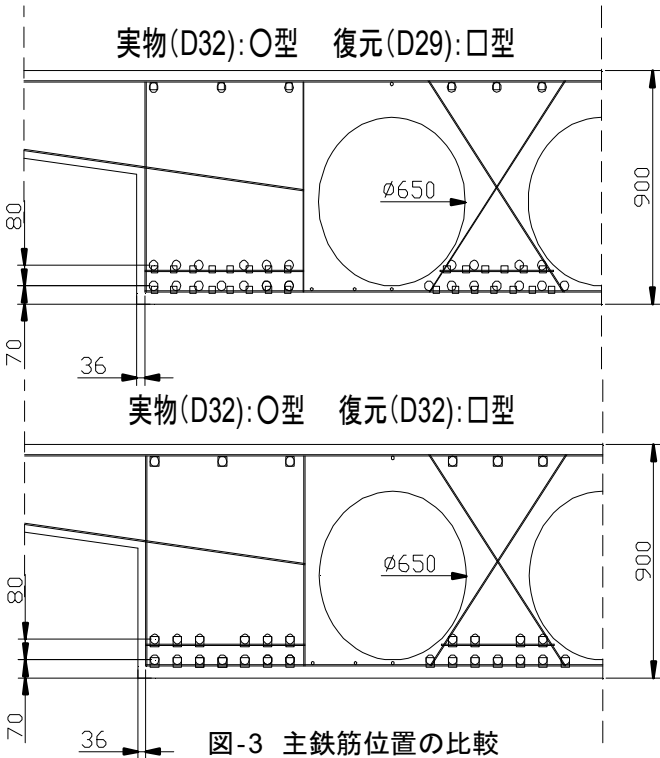


図-3 主鉄筋位置の比較

図-3 は主鉄筋位置についての比較を表したものである。この図からも言えるように、鉄筋のかぶり、鉄筋径が分かれば、信頼性のある鉄筋位置を推定することができる。これは、他の鉄筋でも同じ様なことが言え、スターラップでは使用する鉄筋径と鉄筋間隔が分かれば、鉄筋位置を推定することができる。つまり、示方書通りに計算が進む過程において復元することは可能だが、設計者の意図により左右される箇所においては、外観からの情報だけを頼りにする設計で復元することは困難である。

4.対象橋梁の安全性評価

安全性の評価をするにあたり、限界状態設計法を用いて評価を行う。限界状態設計法とは、その構造物に生じてはならないいくつかの限界状態を設定し、その状態の発生に対して安全性を個々に検討する設計法である。今回は終局限界状態、疲労限界状態における曲げモーメントとせん断力に対する評価を行う。平成 6 年の道路示方書の改定により、活荷重の自動車荷重の想定が従来の 20 t から 25 t になったため、この改定によって対象橋梁の安全性が保たれているかを調べる。

表-3 終局限界状態に対する安全率

設計曲げモーメント(Md)	設計曲げ耐力(Mud)	安全係数(γi)	安全率	判定
13205(KN・m)	17764(KN・m)	1.15	1.17	可

設計せん断力(Vd)	設計せん断耐力(Vcd)	安全係数(γi)	安全率	判定
3297(KN)	7149(KN)	1.15	1.89	可

表-4 疲労限界状態に対する安全率

コンクリートの軸圧縮疲労強度(f _{crd})	矩形応力分布の応力度(σ' _{crd})	部材係数(γ _b)	構造物係数(γ _i)	安全率	判定
6.916(N/mm ²)	3.606(N/mm ²)	1.1	1.1	1.59	可

鉄筋の疲労強度(f _{srd})	設計疲労荷重による鉄筋応力度(σ _{srd})	部材係数(γ _b)	構造物係数(γ _i)	安全率	判定
125.54(N/mm ²)	75.21(N/mm ²)	1.1	1.1	1.38	可

鉛直スターラップ疲労強度(f _{wrd})	鉛直スターラップの応力度(σ _{wrd})	部材係数(γ _b)	構造物係数(γ _i)	安全率	判定
90.82(N/mm ²)	20.79(N/mm ²)	1.1	1.1	3.61	可

折曲げ鉄筋の疲労強度(f _{brd})	折曲げ鉄筋の応力度(f _{brd})	部材係数(γ _b)	構造物係数(γ _i)	安全率	判定
69.61(N/mm ²)	41.59(N/mm ²)	1.1	1.1	1.38	可

表-3、4 に示す通り、終局・疲労限界状態に対する曲げモーメントとせん断力の、それぞれの安全率は共に 1.0 以上となる。よって、現在の示方書における活荷重が作用しても充分な耐力を有していることが分かる。

5.結論

外観からの情報だけを用いて設計図・計算書を完全に復元することは極めて困難である。しかし、一部分の鉄筋径や鉄筋かぶりなど特定の情報が分かれば、信頼性の高い復元をすることができる。よって、電磁波法や電磁誘導法・X線透過法などの非破壊検査と併用することで、この手法も有用であると考えられる。

対象橋梁における安全性評価を行った結果、この橋梁の上部工において終局限界状態、疲労限界状態における曲げモーメント・せん断力に対して充分な耐力を保持し、対象橋梁の安全性を確認することができた。

謝辞—本研究を行うにあたり、研究に関するご指導を頂いた大成建設株式会社土木本部土木設計部橋梁設計室の皆様、並びに魚本研究室、勝木研究室の皆様に深く感謝いたします。