特集≫ 維持管理・延命化、リニューアル

既設橋梁の復元設計システム 写真と基本データから橋梁図面の復元

長崎富彦

橋梁の老朽化が急速に進むなか、古い橋梁においては管理や補修の際に基本情報となる設計図書が保存されていない現状がある。

本報告は、既設橋梁の設計図面を建設当時の基準により再設計し図面を復元する技術紹介であり、またこれをソフトウェアで実現したものである。設計条件が記載された一般図か、一般図が無い場合は橋の写真と竣工年・橋格・幅員・支間長・主桁本数・主桁高・構造形式・斜角の基本データがあれば、設計計算書と数量計算書および設計図面(構造詳細図)を復元できる。

キーワード:橋梁図面, 既設橋梁, 図面復元, 図面再現, 補修設計

1. はじめに

全国で 2 m 以上の橋梁は約 70 万橋存在し、このうち建設後 50 年を超えた橋梁の割合は、平成 25 年では 18% であるが、その 10 年後には 43%、20 年後には 67%へと増加する 10。今から 10 50 年前の東京オリンピック前後から高度経済成長期に集中的に建設した橋梁の老朽化が進み、架け替えや修繕の時期にきている。

中央自動車道の笹子トンネルの事故は痛ましい記憶であるが、橋梁についても落橋や部分破損などの事故がいくつか聞かれるようになってきた。このような現状を受けて国土交通省は、昨年7月に全国70万橋について5年ごとの定期点検を義務化し、安全対策を進めている。

一方で、地方自治体が管理する橋梁の約半数は建設年度が不明で、「道路台帳(橋調書)の作成が不十分」「橋梁設計図書を保存・管理していない道路管理者も多数存在」とも指摘されている²⁾。また「補修する橋梁の図面がなく、必要以上の費用がかかった」ことについて、ある県議会で問題視されたとのニュースもあった。

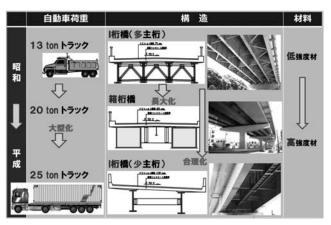
このように地方自治体を中心として図面等の設計資料が適切に保存・管理できていない場合が多く,橋梁の維持管理および補修・補強の際に問題が生じている。

今回紹介する報告は、このような図面が保存できて いない問題について、簡便に解決する技術である。

2. 本技術の概要

本技術は、設計資料が保存・管理されていない既設橋梁の設計図面を復元するものであり、またその手段としてソフトウェアで自動化を実現している。復元する方法は建設当時の基準で設計をし直して、その結果を用いて図面を作成するものである。実際に現橋を測量して計測するわけではないので、1 mm 単位まで正確に復元することは難しいが、管理用の図面や基本設計用の図面として、簡単に、安く、早く作成できる特徴がある。

わが国の橋梁建設は、昭和30年代以降、高度経済成長期にかけて急速に進んできた。それから現在に至るまで、自動車荷重の増大(トラックの大型化)、構造形式の合理化、使用材料の高強度化、設計手法の高度化などさまざまな変化を歩んできた(図—1)。



図─1 橋の歴史のイメージ

本技術である復元設計システムは、これらの歴史による変化を組み込んでいる点が大きな特徴であり、約60年間の橋梁設計のノウハウが組み込まれている。

建設年度からその当時の荷重や構造および材料を推 定して設計することにより、当時の設計を再現するも のである。そして再現した設計の各種寸法を自動で設 計図面(構造詳細図)を作成するシステムである。

3. 特徴と範囲

(1) 特徴

従来手法では、現地で橋梁を測量し、その結果を用いて図面を描き直すことになり、多くの手間と費用が必要であったが、本技術を使えば早く簡単に図面の復元が可能なだけでなく、コストの削減にもつながる。

また設計計算から復元するため、単に図面の再現だけではなく、建設当時の耐荷力確認や、建設年度を再設定すれば現行荷重である B 活荷重や A 活荷重での耐荷力照査などにも使用することが可能である。

なお本技術の復元設計を実施するためには、基本的なデータが必要であり、次の2つのケースがある(図 -2)。

- a) 一般図がある場合は、これから設計に必要な基本データを読み取る。
- b) 一般図がない場合でも、幅員・支間長・主桁高 などの基本データと、橋全体および橋歴板の写 真があればよい。橋歴板からは竣工年・橋格・ 使用材質などを読み取る。

通常 a) の一般図がある方が、橋全体の形状が把握できるので、より精度よく復元することができる。

本技術の復元精度をあげるため、「道路橋示方書」などの設計基準だけでなく、建設年度によって異なる慣習(鋼材の使用板厚、応力度の余裕、解析方法の違い、板継ぎ溶接の有無など)も盛り込んでいる点が特徴である(表—1)。

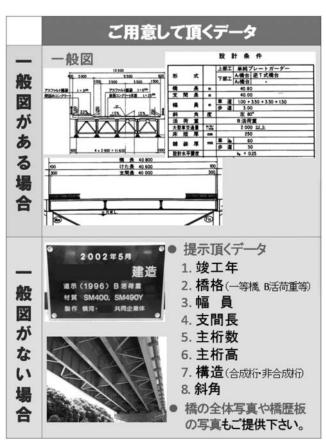
これら設計基準および設計慣習は,各年代の「道路 橋示方書」の他に「鋼道路橋設計便覧」「建設省標準 設計」や日本橋梁建設協会出版の「デザインデータブック」「ガイドライン設計」などを参考にしている。

復元設計を実施した成果品としては、設計計算書と 数量計算書および設計図面(構造詳細図)となる(図 -3)。

(2) 適用範囲

本技術である復元設計システムの適用範囲は,以下 のとおりである。

- ①構造形式……鋼橋上部工の鈑桁橋と箱桁橋
 - ・合成桁と非合成桁に対応
 - ・鋼床版およびH形橋梁は対象外
- ②適用年代……昭和 31 年以降の「道路橋示方書」に 対応



図一2 復元設計に必要なデータ

	昭和 30 年代	40 年代	50 年代	60 年代	平成1けた	平成 10 年代
	1955 ~	1965 ~	1975 \sim	1985 \sim	1989 ~	1998 ~
鋼材の使用板厚	マーケットサイズ	(·· 12,13,14,16		1 mm 単位		
構造解析の手法	1-0 法					
設計応力度の余裕	余裕 50 ~ 100 kg/	cm ²				余裕無し
板継ぎ溶接の有無	板継ぎ有り					板継ぎ無し
部材の共通化	なるべく共通化す	る			あ	まり共通化しない

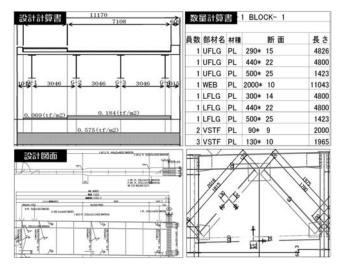


図-3 復元設計の成果品

③その他……床版および支承や伸縮装置などの付属 物は除く

4. 用途例

本技術は道路管理者および建設コンサルタントでの利用を想定している。道路管理者には管理用図面または積算用図面を目的として想定している。また建設コンサルタントには、以下に示すような目的で利用されている(図—4)。

- ①床版取替え工事の応力照査
- ②水道管などの添架物設置による応力照査
- ③現行荷重の B 活荷重による応力照査
- ④単純桁を連続化する工事の応力照査
- ⑤ 支承取替え工事の反力算出
- ⑥塗装塗替え工事の面積集計 など

①の床版取替え工事の応力照査では、床版をはつった状態で主桁等の応力が許容値に入るかどうか検討することになるが、その際に設計図面がないと板幅・板厚等の寸法がわからないので検討ができない。その場合に本技術である復元設計を行い、寸法を算出することで応力の検討ができるようになる。

また②水道管などの添架物設置の際の応力照査においても同様で、既設橋に後付けで添架物を付ける際に、主桁等の応力が許容値に入るかどうか検討する必要があるが、その際に設計図面がないと検討ができない。この場合も復元設計を行い、建設当時の応力を算出したうえで添架物設置後の応力検討ができるようになる。

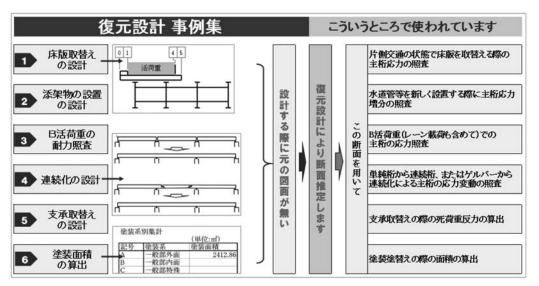
さらに⑥塗装塗替え工事の面積集計においては、設計図面がなければ面積を出すことはできないが、復元設計することにより塗装面積をすぐに算出することができる。

これらの工事の設計検討においては、必ずしも正確な寸法を必要とするわけではないので、本技術の簡便な手法が役立つものと考える。

5. 復元設計の例と精度検証

本技術である復元設計の精度を検証するために、平成6年建設省標準設計(単純非合成鈑桁)³)の主要諸元を基本データとして設定し、復元結果との比較検証を実施した。この標準設計の橋梁形状は図一3の一般図のものであり、検証結果を表一2に示す。

主桁断面の比較では、一部の部材の板幅や板厚で5%程度の差が生じているが、全体の鋼重としては1%レベルでほぼ一致している。



図─4 復元設計の用途例

		単位	断面 -1 (端部)		断面 -2		断面 -3(支間中央)	
			板幅	板厚	板幅	板厚	板幅	板厚
主桁 -1 フランジ	元の設計	mm	350	19	580	28	660	36
	復元設計	mm	370	19	600	28	690	36
	比率(復元 / 元)		106%	100%	103%	100%	105%	100%
主桁 -1 ウェブ	元の設計	mm	2200	11	2200	11	2200	11
	復元設計	mm	2200	11	2200	11	2200	11
	比率(復元/元)		100%	100%	100%	100%	100%	100%
主桁 -1 断面積	元の設計	cm ²	375.0		566.8		717.2	
	復元設計	cm ²	382.6		578.0		738.8	
	比率(復元 / 元)		102%		102%		103%	
全主桁	元の設計	ton	89.3					
(1 桁~ 5 桁) 鋼重	復元設計	ton	90.2					
	比率(復元/元)		101%					

表-2 復元設計の精度検証

6. おわりに

橋梁の定期点検をする際に、図面が保管されていないケースでは、本技術で設計図面を復元していけば、維持管理の高度化および補強設計のコスト縮減につながるものであり、道路管理者には、定期点検の際に合せて図面の復元を実施することを、是非ご検討していただければと思っている。

また昨今,橋梁の大規模更新や修繕が具体化してきた。床版の取替えや桁補強など,設計に必要とされる当時の計算書や設計図面の元図として,是非活用していただきたいと考える。

最後に、橋梁も含めた社会インフラの老朽化が進み、維持管理の必要性が高まっている。痛ましい事故をなくすために本技術が少しでも貢献できたら幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省、「道路構造物の現状(橋梁)」、国土交通省ホームページ
- 2) 社会資本整備審議会,「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」 国土交通省ホームページ, 平成 26 年 4 月 14 日
- 3) (社全日本建設技術協会,「建設省制定土木構造物標準設計第23~27巻(単純プレートガーダー橋)の手引き」、平成6年9月



[筆者紹介] 長崎 富彦(ながさき とみひこ) (株横河技術情報 システム部 部長