

循環型社会に対応した合理的橋梁の開発に関する研究

京都大学大学院	学生員	○竹内 啓	京都大学大学院	フェロー	松本 勝
京都大学大学院	正会員	白土 博通	京都大学大学院	正会員	八木 知己
パシフィックコンサルタンツ	正会員	吉岡 利樹	日本車輛製造	正会員	北村 猛哲

1. はじめに

現在、我が国には架け替えを余儀なくされている老朽化橋梁が数多く存在し、今後も増え続けることが予想される。この問題に対しての抜本的対策として、経済的であり、また環境負荷の少ない橋梁、Assemble Bridge を提案し、その合理性の評価を行う。

2. Assemble Bridge の概要

部材の大量生産

橋梁を構成する部材に標準化部材を用い、これら標準化部材を大量生産することによって工場製作費の大幅な削減を図る。

リプレイス（部材単位での部材の交換）による維持管理

Assemble Bridge の維持補修は、損傷した部材を部材単位で新規の部材と取り替えること（以後リプレイスと呼ぶ）によって行う。このリプレイスを可能とするために工場及び現場の組立において基本的に高力ボルトにより部材同士を接合することとする。また、従来は疲労、腐食など劣化に応じて異なる補修方法が取られるが、Assemble Bridge ではリプレイスという共通の方法が用いられ、合理的な維持管理が可能となると考えられる。リプレイスを繰り返すことにより、半永久的に健全度を確保することができる構造物となる。

（図1）

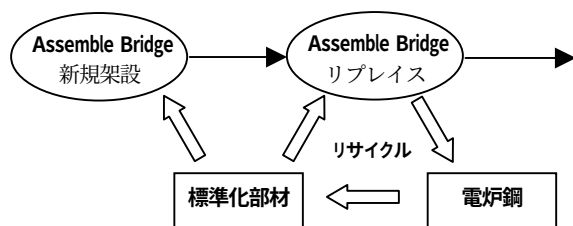


図1 Assemble Bridge の維持補修のイメージ

鋼の使用

鋼はリサイクルし新規の標準化部材として再生することが可能であり、消費資源が抑制され、循環型社会への対応が可能となる。

3. Assemble Bridge の概念を適用した桁橋

本研究では、比較的短い支間長が経済支間長となる桁橋に Assemble Bridge のコンセプトを適用する。桁橋の数多くある特長の中でも、I 桁橋の構造が単純であり製作しやすいという点、箱桁橋の桁高を低く抑えても I 桁橋と同等の剛性が確保できるという点の二点に着目し、桁端部を I 型断面、桁中央部を箱型断面とする I 桁箱桁複合形式（以後 AB 桁橋と呼ぶ）に Assemble Bridge のコンセプトを適用することとし、以下では、その力学的合理性・経済性を確認する。

AB 桁橋では、I 桁下フランジに横板を渡し高力ボルトで接合することによって、スパン中央部での剛性確保のための閉断面を形成する。また、橋梁の腐食劣化に関して、雨の当たる部分と当たらない部分とでは、腐食の進行が大きく異なる。そこで、合理的なリプレイスによる維持管理を可能とするために、チャンネル断面を並列配置し接合することで、I 断面を形成する。また、従来は溶接により行われていた I 桁と鋼床版の接合においても高力ボルトを用いることにより、分解可能な構造となり、また別個に標準化することも可能となる。また、材料にはリサイクル鋼材である SS490 材を使用する。（図2）

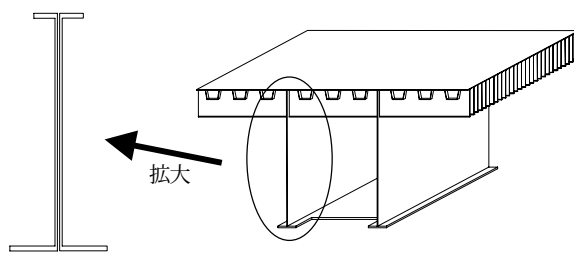


図2 AB 桁橋の概略図

この AB 桁橋と従来の I 桁橋、従来の箱桁橋について試設計・コスト積算を行った。

積算は基本的に積算基準に準拠することとし¹⁾、材料費に関しては、Assemble Bridge ではあらかじめ標準化された部材を大量生産するため、材料費に加工し

ろ等を含めるための割増係数であるロス率を通常の10%ではなく形鋼並みの5%とすることとした。また、製作費に関しては、同一の橋梁が重連する場合、重連による補正率として連数に応じて最大7%の割引がなされる。しかし、少品種大量生産を行えば、7%に留まらず、30%、50%のコストダウンも不可能ではないと考えられる。そこで、AB桁橋の製作費の積算においては、この3種類のコスト削減率を適用した製作費を算出する。輸送費は箱桁を想定した積算を用いることとし、架設費はある実橋の例を参考にし、架設費が対象とする直接工事費の合計に対して26%となるようにした。以上の条件に基づき積算をした結果を表1に示す。

表1 AB桁橋および従来橋の初期建設コスト

橋梁形式	AB桁橋			I桁橋	箱桁橋
使用鋼種	SS490			SM490Y	
制作費削減率	7%	30%	50%		
材料費	1936	1936	1936	1948	1841
工場制作費	1615	1255	942	1510	1640
輸送費	158	158	158	116	145
塗装費	288	288	288	294	257
架設費	1404	1278	1168	1359	1364
初期建設コスト	5401	4915	4492	5227	5247
コスト削減率	-3%	6%	14%		

単位：万円

4. 腐食劣化モデルによるAB桁橋のライフサイクル評価

鋼橋の架け替え理由とされるもののうち、主構造に関するものは腐食がその多くを占めるため、劣化要因として腐食を対象とし、そのモデル化を行う。

過去の研究²⁾では、全面腐食に関するモデル化がされており、腐食量は部位係数、環境因子によるパラメータを用い、暴露年数に関する指数関数で表されている。また同研究では、腐食形態が全面腐食から孔食へと移行する腐食量として0.7mmが採用されている他、フタル酸に関する部位毎の塗装寿命予測も行われている。

本研究では、従来橋の維持管理コストを算出する際に、塗装メーカーが示す推奨された塗装塗り替え周期で、塗装の塗り替えが行われる、また供用後50年を経過するごとに更新が行われるとし、上部工の主構のみを積算の対象とした。

AB桁橋においては、部位ごとのフッ素樹脂系塗装の劣化および腐食の進行を推定し、またリプレイスの判断基準を腐食量0.7mmとすることで、新規の標準化部材がリプレイスされるまでの年数を表2のように算出した。また、AB桁橋においてはすべての部位がリプレイスされるまでに供用後200年かかることから、

200年間の維持管理コストを直線近似し経年50年をとることで供用後50年間にかかる維持管理コストとすることとした。リプレイスに必要な架設費の算出にあたっては、橋面積あたりの架設単価を新規架設の架設単価と等倍としたものを積算1、3倍としたものを積算2とした。

経年50年間の腐食に対する維持管理コストを算出し、先の初期建設コストと合わせた結果を表3に示す。トータルコストについて見てみると、最低でも9%最大27%のコスト削減が見込めるという結果となった。この結果により Assemble Bridge のリプレイスという維持管理方法の優位性が示されたと言える。

また、積算1と積算2とで、トータルコストに大きな格差がある。つまり、Assemble Bridge のリプレイスにおいては、部材の標準化による架設のシステム化に伴うコスト削減がいかに重要であることを意味している。

表2 標準化部材の各部位の架け替えまでの年数

		フッ素樹脂系塗装塗布後、鋼材が0.7mm腐食するのにかかる年数
端部	内側チャンネル	59.3
	外側チャンネル	192.5
中央部	内側チャンネル	94.25
	外側チャンネル	194.55
	横板	109.65

表3 AB桁橋および従来橋のトータルコスト

橋梁形式	AB桁橋						I桁橋	箱桁橋
使用鋼種	SS490						SM490Y	
制作費削減率	7%		30%		50%			
架設費積算方法	積算1	積算2	積算1	積算2	積算1	積算2	積算1	積算2
塗装費	5401	5401	4915	4915	4492	4492	5227	5247
維持管理費	2156	3961	2054	3727	1965	3523	4933	4284
トータルコスト	7557	9362	6969	8642	6457	8015	10160	9531
コスト削減率	21%	2%	27%	9%	32%	16%		

単位：万円

5. まとめ

本研究では、初期建設コストおよびトータルコストに関して、AB桁橋が従来橋と比較して経済的であることを示した。AB桁橋では、リプレイスをすることにより基本的にいかなる劣化現象にも対応できることに対して、従来橋では腐食に対する塗装管理に限らず様々な維持修繕を行う必要がある。今後、部材の使用に関して合理性をさらに追求し、他の劣化要因を考慮することで、Assemble Bridge の経済的優位性はますます顕著なものになると考えられる。

参考文献

- 1)土木工事積算研究所,鋼道路橋数量集計マニュアル(案),2003
- 2)岡田信一郎,鋼橋の腐食劣化予測システムに関する研究,1996