

R C固定アーチ橋のウォータージェット工法および吹付け工法による補修工事

三井住友建設 (株) 正会員 ○桑山 智行  
 青森県 石澤 徹  
 新構造技術 (株) 正会員 今泉 敏郎  
 三井住友建設 (株) 正会員 伊藤 公彦

1. はじめに

安方橋は、主要地方道十和田三戸線、青森県三戸郡三戸町大字文治屋敷地内に位置する、橋長 32.08m、有効幅員 5.5m のRC固定アーチ橋である。写真-1に補修前の全景を図-1に橋梁一般図を示す。

竣功は昭和13年であり、現在まで約66年間供用されているが、平成16年度に実施した点検の結果、コンクリート部の保護塗装に全体的な浮き・はく離がみられ、一部に断面欠損が発生していた。表-1に橋梁諸元を示す。

本橋は、当時としてはめずらしいRC固定アーチ橋で、戦前の橋の技術を伝える近代化遺産として、保存する意義が非常に高い構造物であることから、青森県橋梁アセットマネジメント長寿命化補修モデル工事第1号に選定された。

本橋の補修工法は、プレーカーを使用する従来のはつり工法と比較して長寿命化とライフサイクルコスト (以下LCCと呼ぶ) の縮減が期待できる、ウォータージェット工法と吹付け工法による断面修復工法が採用されている。本報告は、本橋の補修工法選定の経緯とウォータージェット工法と吹付け工法による安方橋の断面修復工について紹介するものである。

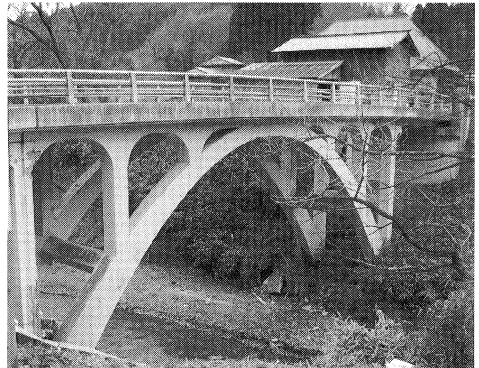


写真-1 安方橋補修前全景

表-1 橋梁諸元

橋梁名	安方橋
所在地	青森県三戸郡三戸町大字文治屋敷地内
距離表	自)4.3+15~至)4.3+45
橋長	32.080m
桁長	6.000m+20.000m+6.000m
全幅員	6.100m
有効幅員	5.500m
設計 竣工時	8t (昭和14年)
荷重 現在	床版のみ14t (平成3年補強)
上部工形式	RC固定アーチ
下部工形式	重力式橋台
基礎工形式	直接基礎
供用年	昭和13年
適用示方書	道路構造に関する細則案 (大正15年6月)

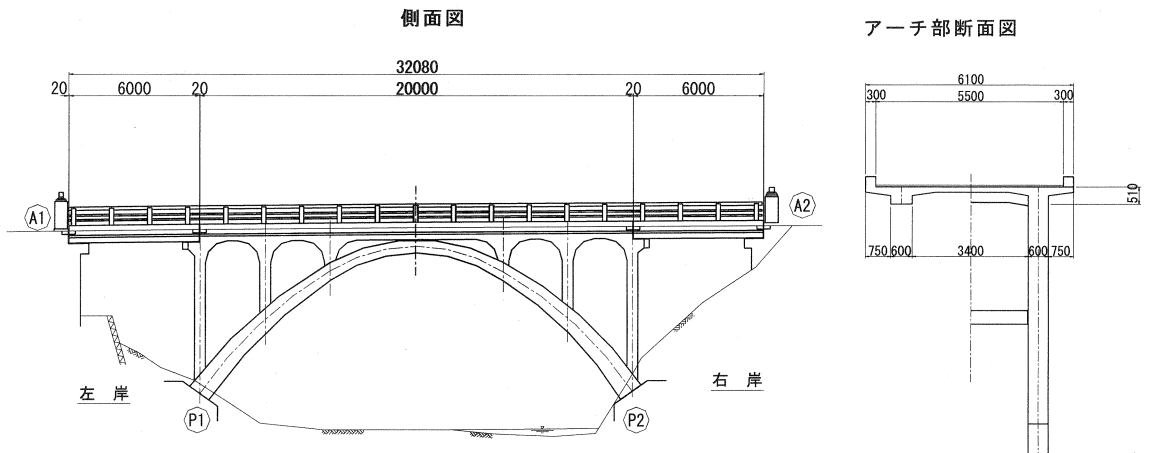


図-1 橋梁一般図

## 2. 青森県橋梁アセットマネジメント長寿命化補修モデル工事

青森県では、高度成長後期に建設された橋梁が近い将来大量更新時代を迎えるため、橋梁それぞれの劣化・損傷の状況や道路ネットワークにおける役割など、現状を十分に考慮のうえLCCを算定し、その最小化や平準化を図ることを目的として全国に先駆け橋梁アセットマネジメントシステムを構築している。

長寿命化補修モデル工事とは、橋梁アセットマネジメントの効果を検証することを目的としており、以下のスタンスに従い補修対象橋梁を選定した。

- ①青森県橋梁アセットマネジメント開発コンソーシアムの意見を参考に長寿命化補修工事の効果が大きいもの
- ②現在の橋梁を維持保存する意義が高いシンボリックなもの
- ③補修または架替えの必要性が高いもの

安方橋は、旧大間鉄道二枚橋などと並び、当時としてはめずらしいRC固定アーチ橋であり、保存する意義が高い橋であること、平成16年に行われた点検の結果、RCアーチ部の劣化が著しく補修が必要であることなどから長寿命化補修モデル工事に選定された。

表-2 補修履歴

平成3年	耐荷力向上を目的に床版部に鋼板接着工を実施 (鋼板接着・断面修復・橋面補修)
平成8年	耐震性向上を目的に側径間部に落橋防止工を実施 (桁連結装置・鋼製ブラケット)

## 3. 安方橋の現状と補修工法の選定

### 3. 1. 安方橋の現状

本橋は、大正15年の示方書(内務省道路橋構造細目)により、第2種(設計荷重8t)として設計・施工された橋梁で、平成3年に耐荷力向上を目的とした鋼板接着工法と部分的な断面修復工および保護塗装が施された。また、平成8年には、耐震性向上を目的に側径間部に落橋防止装置が取り付けられた。本橋の補修履歴を表-2に示す。

その後、平成16年度に実施した点検の結果、コンクリート部の保護塗装に全体的な浮き・はく離がみられ、一部コンクリート部材に断面欠損が発生していた。写真-2にアーチリブ側面の状況を写真-3に鉛直材の損傷状況を示す。また、損傷状況と主な劣化機構を表-3に示す。

安方橋は、建設当時の形状を維持し、将来にわたって保存することを目的に、今回根本的な補修を行い、その後は予防保全的な維持管理方針を適用することを前提として、対策工法は以下を実施することとした。

- ①床版、主桁、鉛直材、アーチリブは、建設当時以上の状態に回復させることを目的として全断面について断面修復を行う。
- ②劣化を進行させる原因となる水を除去することを目的に、伸縮装置取替、排水装置設置、橋面防水工を実施する。

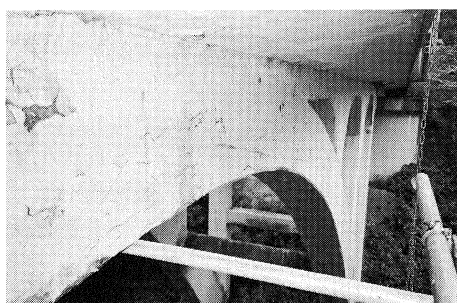


写真-2 アーチリブ側面状況

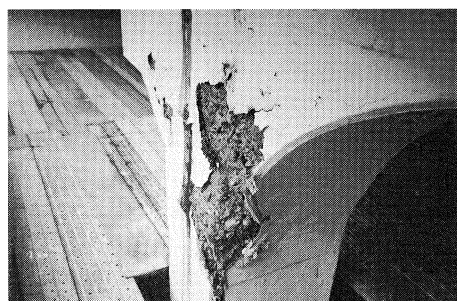


写真-3 鉛直材損傷状況

表-3 損傷状況と主な劣化機構

部 位	損 傷 状 況	主 な 劣 化 機 構
床 版	・部分的に塗膜の浮き、剥離	・劣化機構として中性化、漏水による凍害、凍結防止剤による塩害が部分的にみられるが、主たる劣化機構として経年による中性化が推定される。
	・コンクリートコア中に豆板	
主 桁	・外桁の広範囲に浮き、剥離	
	・ヒンジ部周辺に著しい断面欠損、剥離	
鉛直材	・ヒンジ部周辺に著しい断面欠損、剥離	
アーチリブ	・頂部付近に広範囲の浮き、剥離	
下部工	・部分的に塗膜の浮き、剥離	
地 覆	・地覆打ち換え済み	・なし
防護柵	・変状はなし	・なし
伸縮装置	・シール材の剥離、破断	・漏水が劣化原因となっている。

表-4 はつり工法の比較

	①ブレーカーによるはつり+左官仕上げ 【従来工法】	②ウォータージェット工法+吹付け工法 【ウォータージェット工法】	③橋梁架替案(参考)
工法概要	圧縮空気の切削ハンマー(小型ブレーカー)を使用し、コンクリート表面を削り取った後、左官工により左官仕上げを行う工法	高水圧を劣化したコンクリート表面に噴射し、コンクリート表面を削り取った後、吹付け機械により断面修復を行う工法	現橋位置に新設橋を架替する案
長所	①最も一般的な工法である。 ②施工が容易であり特殊技術を必要としない。	①コンクリートにマイクロクラックが生じにくい。 ②新旧コンクリートの付着性が良好である。 ③補修後の劣化進行を遅らせることができる。	①今後100年間の維持管理費は低く抑えられる。 ②道路幅員を広げ、狭幅員問題の解消が図れる。
短所	①マイクロクラックが生じる。 ②コンクリートおよび鉄筋を損傷させる。 ③大断面施工には適さない。	①従来工法に比べ初期コストが高い。 ②水処理対策が必要となる。	①初期コストは非常に高価となる。 ②橋梁部のみ拡張しても効果は少ない。 ③現橋の安方橋を保存することができない。
打継ぎ面のコンクリート付着強度	約0.9N/mm <sup>2</sup>	約2.0N/mm <sup>2</sup>	
総合	既設の橋梁に与えるダメージが大きく、付着強度が低いため、再補修が必要可能性が高い。	現橋への影響を最小に抑えた施工であり、新旧コンクリートの付着性が向上するため耐久性は向上する。	架け替えコストが高く、貴重な戦前の橋梁の保存の観点からは有効な工法とは言えない。
評価	△	○	△

3. 2. 補修工法の選定

断面修復工法については、青森県において比較的实施例の多い、ブレーカーによるはつりおよび左官仕上げによる断面修復工法(従来工法)と、長寿命化効果が期待される工法としてウォータージェット工法および吹付け工法を併用した工法についてLCCによる比較を行った。また、参考として架替案も比較した。はつり工法の比較表を表-4に、LCCの比較を図-2示す。

本橋は、66年間供用された橋であり既設の構造物へのダメージが少なく、今後50年後におけるLCCが最も安価となるウォータージェット工法および吹付け工法を用いた断面修復工法を適用することとした。

4. ウォータージェット工法および吹付け工法の施工

平成16年度の詳細調査の結果、橋梁本体の断面修復、伸縮装置の取替え、排水装置の設置および橋面防水工などが必要と判断されたが、平成16年度は、1期工事として平成16年12月から平成17年3月にかけて橋梁本体の断面修復のみ行った。

ここでは、平成16年度に行ったウォータージェット工法および吹付け工法による断面修復について述べる。

4. 1. ウォータージェット工法によるはつり

橋梁の詳細調査の結果、各部材の中性化深さが約30mmであることから、断面修復深さは30mmとした。表-5に各部材のコア抜き試験結果を示す。

ウォータージェット工法によるはつりは、部材断面形状や足場条件を考慮してハンドガンを用いて行った。はつり数量は538m<sup>2</sup>である。はつり状況を写真-4に示す。

ウォータージェットの水圧は、180~220MPa、水量は、ハンドガン1基当たり約10L/minであり、橋梁本体のコ

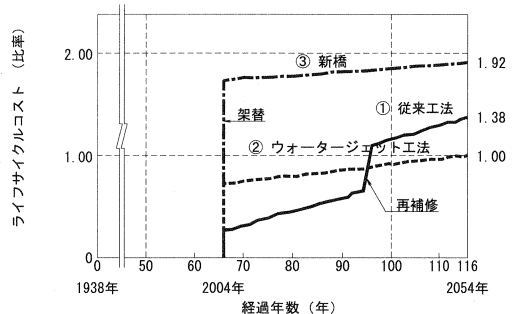


図-2 ライフサイクルコストの比較

表-5 コア抜き試験結果

部 位	試験結果	劣化機構
床 版	圧縮強度 20.4 N/mm <sup>2</sup>	・ 全体的に中性化が進行しており、中性化が鉄筋位置に達している状況にある。 ・ 融雪剤散布による塩害の進行が進み、一部の部材で腐食発生限界濃度(1.2kg/m <sup>3</sup> )に達している。
	平均中性化深さ 30 mm	
	塩分含有量 1.28 kg/m <sup>3</sup>	
鉛直材	圧縮強度 15.2 N/mm <sup>2</sup>	・ 竣工が昭和14年であり、アーチリブクラウン部でのコンクリート圧縮強度が小さい。
	平均中性化深さ 29 mm	
	塩分含有量 0.21 kg/m <sup>3</sup>	
アーチリブ	圧縮強度 8.4 N/mm <sup>2</sup>	
	平均中性化深さ 19 mm	
	塩分含有量 0.27 kg/m <sup>3</sup>	



写真-4 はつり状況

ンクリート強度や劣化状況に応じて水圧を調整しながらは  
つり作業を行った。

また、はつり作業で発生した濁水は、橋梁全体をシート  
で覆いアーチリブ下端に集め、ポンプで汲み上げ全て産廃  
処理を行った。橋梁のシート養生状況を写真-5に示す。

今回の工事では、復元設計において全ての部材を 30mm  
はつりとなった状態で供用可能であるという結果を得ていた  
が、主桁および鉛直材に凍害による 30mm 以上の断面欠損が  
みられたこと、コア抜き試験の圧縮強度が一部の供試体で  
8.4N/mm<sup>2</sup>と小さいものがあつたことなどを考慮し、上下に  
2分割して施工を行うこととした。

#### 4. 2. 吹付け工法による断面修復

断面修復は、湿式吹付け工法により行った。吹付けを行  
うにあたり、はつりが完了した時点で鉄筋が露出したもの  
については、防錆処理を行った。また、平成3年に床版補  
強を行った鋼板については、ウォータージェットによるは  
つり作業により塗装をすべて除去し、新たに塗装を行った。

吹付けコンクリート厚は 30mm であるため 15mm ずつ 2 回  
に分けて行った。写真-6に吹付け状況を示す。また、損傷  
の激しい部分については、吹付けコンクリートを行う前に  
注入および断面修復を行った。隅角部については、形状を  
原形に復元するため、型枠を設置して施工を行った。

また、今回の工事は冬季施工となるため、養生温度が 5℃  
を下回らないようコンクリートファーンズを用いて 24 時  
間給熱養生を行った。写真-7に養生状況を示す。

また、養生日数の妥当性を検討するため、現地と同条件  
の供試体を製作し、試験施工を行った。

試験施工では、吹付け完了から 3 日間養生を行い 4 日目  
に圧縮強度試験を行った。圧縮強度試験結果を表-6に示す。

この試験結果から、平均圧縮強度が 37.2N/mm<sup>2</sup>であるこ  
とから、吹付け完了から 4 日目に足場解体を行うこととし  
た。また、28 日目における付着強度は、平均で 2.8N/mm<sup>2</sup>  
であることから、ウォータージェット工法と吹付け工法  
による断面修復は、十分な付着強度が得られることが確  
認された。

#### 5. おわりに

平成 17 年 3 月 28 日に 1 期工事は無事竣工を迎えるこ  
とができた。写真-8に橋梁本体補修完了状況を示す。

今後、平成 17 年 6 月より 2 期工事として伸縮装置の取  
替え、排水装置の設置、橋面防水、舗装工事が行われる  
予定である。

最後に、本橋の本体補修では LCC の比較によりウォ  
ータージェット工法を採用したが、この工法が一般的に  
普及するためには、ウォータージェット工法のさらなる  
工費低減が望まれる。

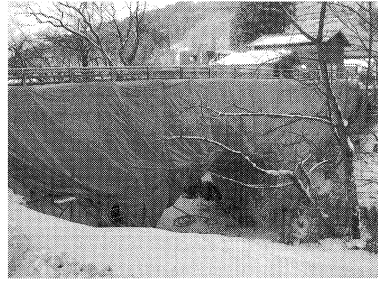


写真-5 シート養生状況

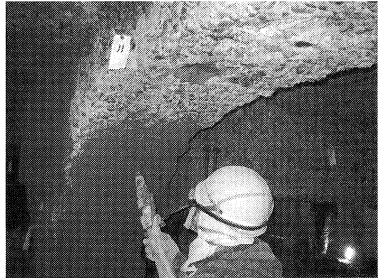


写真-6 吹付け状況

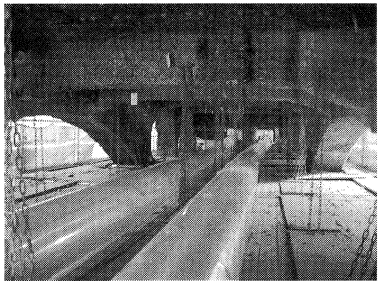


写真-7 養生状況

表-6 圧縮強度試験結果

		1回目	2回目	3回目
材令 4日	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	36.3	36.1	39.1
	平均圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	37.2		



写真-8 橋梁本体補修完了状況