

老朽化したコンクリート水路橋の 補強対策工法について

旭川開発建設部 農業計画課

○南 恭子
佐藤 雅樹
大西 芳明

ストックマネジメント技術高度化事業で、老朽化したコンクリート水路橋の長寿命化対策を検証するにあたり、国営開墾建設事業美瑛地区で建設し、供用後40年以上経過したコンクリート水路橋で実証試験を行っている。本稿では、老朽化による上部工側壁縦断方向の曲げ引張性能の不足を補うことが期待される補強工法である、炭素繊維強化プラスチック板による補強対策工法の適用性を確認するために実施した試験施工及び1年目のモニタリング結果について報告する。

キーワード：長寿命化、ライフサイクルコスト、コンクリート水路橋、CFRP工法

1. まえがき

従来、老朽化した農業用コンクリート水路橋において、軽微な補修実績はあるが、本格的な長寿命化対策としての補修・補強工法の施工実績は少ない。特に応力不足な施設に対する補強工法についての施工事例は少ない。

そのため、ストックマネジメント技術高度化事業において、積雪寒冷地での凍害を考慮したコンクリート水路橋の長寿命化対策用の補修・補強工法を検証している。

今回、本稿ではコンクリート水路橋で行った対策工法のうち、上部工側壁縦断方向の曲げ引張性能の不足を補う試験施工として、炭素繊維強化プラスチック板による補強工法（以下「CFRP工法」とする）について報告する。

表-1 コンクリート水路橋概要

前歴事業	国営美瑛地区 開墾建設事業
名称	第1号幹線用水路 第1号水路橋
構造・形式	上部工：RC-U型断面一切梁方式 3径間連続梁 下部工：RC直接基礎
規模	上部工：Bl. 40m×H0. 70m×L40. 5m、t1=t2=t3=0. 20m 切梁 H0. 15m×B0. 30m@3. 4m 下部工：橋台2基、橋脚2基
完成年	昭和43年
供用年	昭和44年
経過	44年
使用条件	通水：4月末～9月中旬
施工区間	SP3997. 00～4043. 50(L=46. 50m=水路橋40. 5m +上下流取付水路3. 0m×2)

2. 試験施工施設

試験施工したコンクリート水路橋は、大雪山系に近い北海道美瑛町に位置し、国営開墾建設事業美瑛地区で建設し、昭和44年の供用開始後40年以上経過している3径間連続梁の水路橋である。3径間のうち1径間の下を道路が横断している。概要と写真をそれぞれ表-1 写真-1のとおり。

検証にあたり、調査及び対策工法の選定は平成22年度に試験施工は平成23年度に行い、施工後からモニタリングを行っている。



写真-1 コンクリート水路橋

3. 対策工法の選定

(1) 補強工法の選定

積雪寒冷地での凍害を考慮したコンクリート水路橋の長寿命化対策用の補修・補強工法を検討するにあたり、「農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル、農林水産省農村振興局 H19.3」に基づき、既存施設の構造能力を生かしながらか長寿命化を図ることが可能な補修・補強工法とする。

また、実証試験であることから、以下について適用性の検証が可能な補修・補強工法とする。

- ①たわみの構造特性に配慮した新工法・独自工法で、他の老朽化したコンクリート水路橋への適用に有効であること
- ②一体構造の部材部位で異なる劣化特性と劣化程度に対して、各々の構造特性と劣化特性に適していること
- ③施設全体として効果及び同一化で効率的であり、長寿命化対策として効果があること
- ④落水後から積雪前までと施工期間が限定されていること老朽施設特有の材料及び構造のバラツキに対して対応可能であり、施工途中で範囲、方法、工法の組み合わせ及び補助工法の導入等の変更が可能であること
- ⑤工事完成以降、モニタリング計画のもとに日常点検、定期点検を行い、調査、設計、工事記録、監視記録等を次回の点検時や他の類似施設の長寿命化対策に反映できること

以上を踏まえ、コンクリート水路橋の起点側であるS1スパンの側壁下部でCFRP工法を選定している。S1スパンの位置は図-1のコンクリート水路橋側面図のとおり。

S1スパンでCFRP工法を選定した理由は以下の3点からである。

- ①施工性
落水後から積雪前までと施工期間が限定されていることや下が道路であり一般車両の通行があることから、仮設を含めた施工期間が短いため
- ②点検の容易性
補強工法の変形や剥離等の有無等の点検を容易に出来るため
- ③構造特性
補強工法の適用による新たな荷重増を軽減し、既存コンクリート水路橋への負担をなくすことが可能であるため

(2) 対象施設の劣化状況調査

平成22年度にコンクリート水路橋の詳細調査を行い、上部工及び下部工の劣化の程度、劣化原因の特定、対策工(補修・補強)、モニタリング項目等の検討を行っている。

詳細調査の結果、施設の経過年数の割に老朽化が進んでいない部材が多いが、一部で老朽化している部材も見られる。また、凍害、流水による摩耗、中性化等の複合的な影響を受ける中で、部材部位で材料劣化の程度が異なっている。コンクリート水路橋の剛性が比較的高く、死荷重である自重が大きいものの変動荷重である水荷重が小さいことから、変動性が小さく、老朽化の進行も緩慢との結果である。

CFRP工法を選定したS1スパンでは、局所的に腐食が進行し、鉄筋径が約12%減少している箇所が見られる。

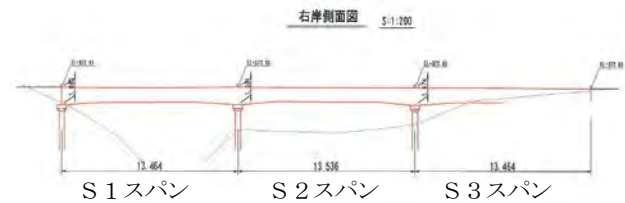


図-1 コンクリート水路橋側面図

4. CFRP工法

CFRP工法とは、炭素繊維を板状に加工した炭素繊維プラスチック板(以下「CFRPプレート」とする)をエポキシ系接着剤で既存構造物に接着固定する補強工法である。

CFRPプレートは軽くて扱いやすい板状の部材であり、貼付作業に重機が必要ないため、作業時の安全性が向上するとともに、工期短縮、施工性の向上、職人による施工品質の差が生じにくい工法である。そのため、時間的な制約や交通制限がある場所だけではなく補修スペースが限られている場所でも効率良く作業が出来る。

CFRPプレートの必要量であるが、側壁下部のアーチ部に貼付可能な厚さ1.2mm、幅50mmのものを使用し、対策工を行うS1スパンL=13.5mに対して、貼付可能な側壁下部L=12.5mに貼り付けている。一般的には、構造計算により算出した補強長に必要な定着長を両側に確保した長さが貼り付け長となるが、今回は側壁下部全てに貼り付けている。また、劣化状況調査結果を踏まえ、S1スパン側壁縦断方向の鉄筋断面不足分(鉄筋径で12%)を補うために必要な剛性換算値68,400kNを算出し、CFRPプレートを片側3列に貼り付けている。

(補強剛性値=450×1.2×50×3列=81,000kN)

今回使用したCFRPプレートは厚さ1.2mm、幅50mm、重量109g/m、直径1.8mのリング状になった50mのものを1列L=12.5mに切断して使用している。1列あたりの重量は約1.4kg、両端計6列でも約8kgと軽量である。

また、CFRPプレートとコンクリート水路橋の接着

性能を長期間サポートするため、側壁下部外面に「水切り」を設置している。これは、降雨や積雪による水分の付着が要因となっている、乾湿変化や凍結融解の繰り返しによる接着性能の低下を低減させることが目的である。

CFRPプレートの材料規格、性能は表-2、CFRP工法の詳細図は図-2、図-3、工事費は表-3のとおり。

表-2 CFRPプレート材料規格・性能

品番	HM512	HM520	HM1020	HM1040	HM1440
ヤング係数	kN/mm ² 450				
引張強度	N/mm ² 1,200				
厚さ	mm 1.2	2.0	2.0	4.0	4.0
幅	mm 50	50	100	100	140
CFRP断面積	mm ² 60	100	200	400	560
重量	g/m 109	182	364	728	1,014
荷姿	50m/リグ状・ベルト掛け(直径1.8m) 長尺品 (L=2.5~5.0m) 特注品(別途ご相談下さい)				

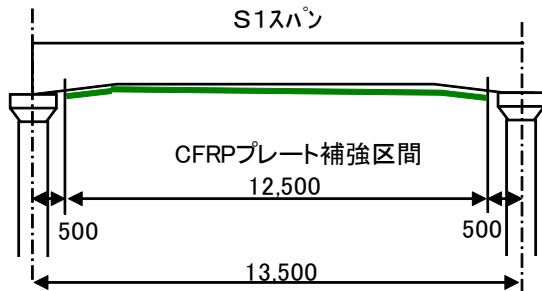


図-2 CFRP工法側面図

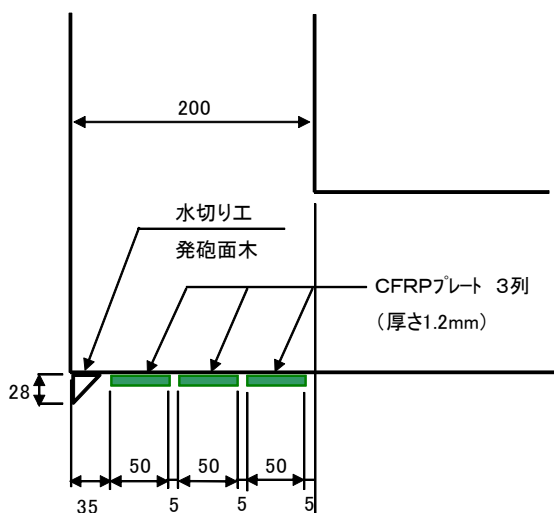


図-3 CFRP工法詳細図

表-3 CFRP工法工事費

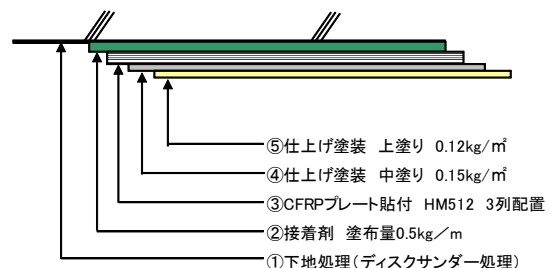
(単位:円)

作業項目	単位	数量	単価	金額
CFRP工法工事費				
下地処理工	m	75.0	2,330	174,750
墨出し・切断等	m ²	5.00	10,190	50,950
CFRPプレート貼り付け	m	75.00	12,270	920,250
(CFRPプレート材料費)			(7,980)	(598,500)
(接着剤材料費)			(1,800)	(135,000)
(労務費・機械経費等)			(2,490)	(186,750)
塗装仕上げ工	m ²	3.75	58,000	217,500
合計				1,363,450

5. 施工

施工に必要な工程は図-4 の①から⑤の順番のとおり。まず、①下地処理として金ブラシやディスクサンダーでコンクリート表面の汚れ、レタンスを除去し、コンクリート表面にCFRPプレートの貼り付け位置を墨だしするとともにCFRPプレートをL=12.5mの長さに切断する。その後、②コンクリート表面、保護布をはがしたCFRPプレート表面に接着剤を塗布し、③CFRPプレートを貼り付ける。さらに④仕上げとして中塗り塗装、⑤上塗り塗装を行い、最後に接着剤が硬化するまで養生する。

②の接着剤はCFRP用エポキシ系接着剤で主剤と硬化剤の配合比を3:1(重量比)でコンクリート表面に0.1kg/mをCFRPプレート表面に0.4kg/mを塗布している。また、コンクリート構造物の保護を目的に塗布した中塗り塗料は、エポキシ樹脂系塗料を主剤と硬化剤の配合比2:1(重量比)で0.15kg/m²塗布し、上塗り塗料はポリウレタン樹脂系塗料を主剤と硬化剤の配合比4:1(重量比)で0.12kg/m²塗布している。



※上塗り塗料: ポリウレタン塗料
※中塗り塗料: エポキシ樹脂塗料

図-4 CFRP工法施工図

施工時の写真を作業手順に沿って写真-2から写真-7に示している。作業は全て手作業で行っている。実作業日数は3日であり、1日目に下地処理とCFR

Pプレートの貼り付け、2日目に中塗り塗装、3日目に上塗り塗装を行っている。

現場の施工にあたり、メーカーの施工要領を参考に特記仕様書を作成して施工管理、品質管理等を示している。

施工上の留意点として、CFRPプレートとコンクリート表面の接着性がある。気温及びコンクリート躯体温度が5℃以下、湿度が85%以上、雨天または結露の可能性のある場合には接着性が低下するため施工を中止するか別途対策を講じる必要がある。



写真2 下地処理作業

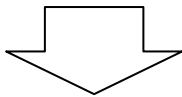


写真3 CFRPプレート貼り付け作業

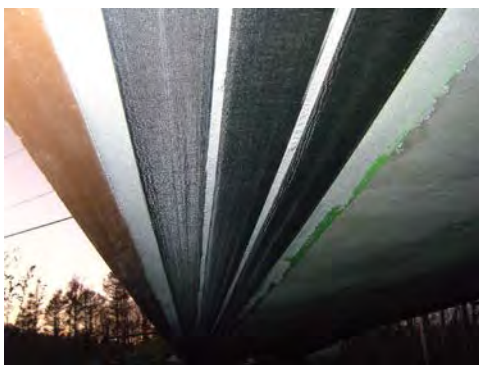
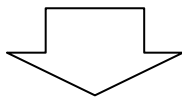


写真4 CFRPプレート貼り付け終了

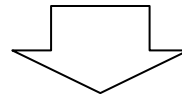


写真5 中塗り塗装作業

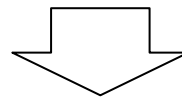


写真6 上塗り塗装作業

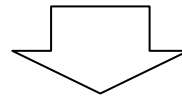


写真7 仕上がり

6. モニタリング

施工後にCFRP工法のモニタリング項目として、近接目視と縦断測量を行っている。

モニタリングは、施工後翌年の1年目、2年目、3年

目、5年目、10年目に行う計画であり、近接目視は1年目に通水前、落水後の計2回、2年目以降は落水後に1回行い、縦断測量は1年目に通水前、通水中、落水後の計3回、2年目以降は通水中、落水後の計2回行う計画である。

近接目視は、CFRP工法の適用性を確認するためにCFRPプレートを貼り付けた側壁下部を含むS1スパン全体で目視により行っている。側壁下部では接着状況を確認するために浮きの有無に留意し、S1スパン全体では、ひび割れ(長さ・深さ)・浮き等の劣化・変形・歪み・欠損等の変状の有無に留意して行っているが、特に変状は確認されていない。

縦断測量は、施工後の相対的な変状(沈下・たわみ等)を数値で把握することを目的に行っている。第1号水路橋全体で13断面測定しているが、CFRP工法を行ったS1スパンでは5断面で行っている。各断面の測量点数は左右の天端2測線、底版上面部3測線、底版下面部5測線の計10測線としている。測定位置は図-5の測線位置は図-6のとおり。計測の結果、コンクリート表面に凹凸があるため3回の計測値に多少ばらつきは見られるが、変位量は5断面10測線全てで数mmと測量誤差程度であり、相対的な変状(沈下・たわみ等)は確認されていない。ただし、7~8mmと若干値の大きいものがあるため、今後のモニタリング時には留意したい。縦断測量結果を表-4に示す。

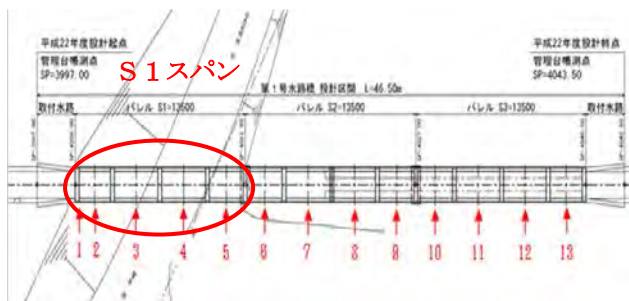


図-5 縦断測量測定位置

測線位置
(10測線)

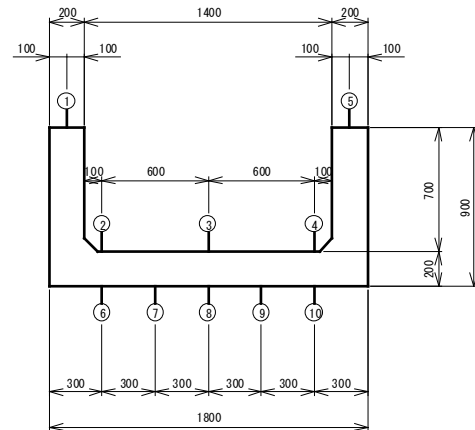


図-6 縦断測量測線位置

表-4 縦断測量結果

計測地点	測量時期	測線									
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
1	通水前	100.196	99.498	99.483	99.484	100.157					
	通水中	100.195	99.497	99.480	99.482	100.157					
	落水後	100.196	99.494	99.476	99.482	100.157					
2	通水前	100.192	99.500	99.486	99.487	100.153	99.271	99.265	99.260	99.253	99.250
	通水中	100.191	99.501	99.483	99.486	100.153	99.272	99.266	99.260	99.253	99.251
	落水後	100.192	99.498	99.481	99.483	100.152	99.268	99.263	99.257	99.252	99.248
3	通水前	100.166	99.479	99.466	99.470	100.139	99.263	99.258	99.256	99.250	99.247
	通水中	100.164	99.478	99.465	99.469	100.139	99.262	99.258	99.255	99.249	99.246
	落水後	100.163	99.477	99.463	99.468	100.139	99.265	99.266	99.256	99.249	99.245
4	通水前	100.152	99.488	99.474	99.482	100.143	99.260	99.260	99.256	99.252	99.244
	通水中	100.151	99.484	99.474	99.481	100.143	99.259	99.259	99.255	99.251	99.243
	落水後	100.150	99.483	99.471	99.480	100.143	99.260	99.260	99.257	99.252	99.244
5	通水前	100.166	99.523	99.506	99.513	100.161	99.296	99.293	99.290	99.284	99.332
	通水中	100.167	99.523	99.506	99.512	100.162	99.296	99.291	99.288	99.282	99.281
	落水後	100.166	99.521	99.504	99.510	100.161	99.297	99.292	99.288	99.283	99.283
計測地点	測量時期	変位量									
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
1	通水前					0.000					
	通水中	-0.001	-0.001	-0.003	-0.002	0.000					
	落水後	0.000	-0.004	-0.007	-0.002	0.000					
2	通水前					0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
	通水中	-0.001	0.001	-0.003	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
	落水後	0.000	-0.002	-0.005	-0.004	-0.001	-0.002	-0.002	-0.003	-0.001	-0.002
3	通水前					0.000	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.001
	通水中	-0.002	-0.001	-0.001	-0.001	0.000	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.001
	落水後	-0.003	-0.002	-0.003	-0.002	0.000	0.002	0.008	0.000	-0.001	-0.002
4	通水前					0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	通水中	-0.001	-0.004	0.000	-0.001	0.000	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
	落水後	-0.002	-0.005	-0.003	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
5	通水前					0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	通水中	0.001	0.000	0.000	-0.001	0.001	0.000	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003
	落水後	0.000	-0.002	-0.002	-0.003	0.000	0.001	-0.001	-0.002	-0.001	-0.001

7. まとめ

本稿では、老朽化したコンクリート水路橋で行った補修・補強工法のうち、CFRP工法について取り上げ、工法の選定方法、工法の説明、施工状況、施工後1年目のモニタリング調査結果を報告している。

現時点では特に変状等が確認されていないが、引き続きモニタリングを行い、老朽化により応力不足となっているコンクリート水路橋の長寿命化対策用の補強工法について検証していく。