

# 笠石高架橋の震災復旧工事

## — ジャッキアップによる多径間連続 PC 橋の主桁移動工事 —

栗田 幸治\*1・太田 雅巳\*2・合田 直樹\*3・須合 孝雄\*4

笠石高架橋は福島県の中央南部に位置する鏡石町の東西を横断する跨線橋であり、単純プレテンション T 桁橋による跨線部と 3 径間および 5 径間の PC 中空床版橋によるアプローチ部からなる橋梁である。本橋は東北地方太平洋沖地震により支承・アンカーバーが損傷し、主桁が橋軸直角方向に最大 90 mm、橋軸方向に最大 40 mm の水平移動が生じ、通行ができなくなった。この高架橋は鏡石町の東西を結ぶ主要交通路であり、一日も早い復旧が望まれた。

本報告は笠石高架橋の損傷状況を報告するとともに、ジャッキアップによる主桁位置復旧工・支承取替え工を中心とした復旧工事の報告を行うものである。

キーワード：東日本大震災、復旧工事、ジャッキアップ、支承交換

### 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震は福島県内陸部でも多くの被害をもたらした。福島県の中通り地区に位置する鏡石町は震度 6 強の大きな揺れに見舞われ、家屋の倒壊やのり面崩壊、地盤の沈下など多くの被害を受けた。

写真 - 1 に笠石高架橋の全景を示す。笠石高架橋は鏡石町を東西に横断する県道成田鏡田線を構成する主要交通路であったが、地震による損傷を受け、通行不能となった。本橋は町の東西を結ぶ主要交通路として、市民生活に重要な役割を果たしており、早期復旧がのぞまれた。

本報告は笠石高架橋の被災状況を報告するとともに、ジャッキアップによる主桁位置復旧工・支承取替え工を中心とした復旧工事の詳細を報告するものである。



写真 - 1 笠石高架橋全景

### 2. 復旧工事の概要

以下に復旧工事の概要を示す。

工事名：橋梁災害復旧工事（橋梁補修）

工事場所：福島県岩瀬郡鏡石町

橋長：193.7 m

工事内容：主桁位置復旧工	1 式
支承工（支承取替え）	13 箇所
主桁補修工（断面修復）	1 式
伸縮継手工	4 箇所
変位制限装置工（縦型緩衝ピン）	16 基
〃（横桁増設）	8 箇所
橋台躯体工（パラペット）	2 箇所
踏掛版工	2 箇所

### 3. 損傷の状況

笠石高架橋は単純プレテンション T 桁橋による跨線部と 3 径間および 5 径間の PC 中空床版橋によるアプローチ部からなる跨線橋であり、平成 5 年から平成 7 年にかけて竣工した橋梁である（図 - 1）。平成 2 年 2 月版の道路橋示方書に従って耐震設計がされていると考えられ、その後の耐震補強は行われていなかった。

今回の震災により生じた損傷は以下のとおりである。

#### 3.1 支承の損傷

本橋の支承は中空床版橋部はリングプレートタイプのゴム支承、T 桁部はパッド型ゴム支承であった。図 - 2 に中空床版部の支承の概要図を示す。

中空床版橋のゴム支承はとくに端支点部において激しい支承の損傷がみられた。写真 - 2 はゴム支承がせん断力により切断され、内部鋼板が突出した箇所である。また写

\*1 Koji KURITA：ドービー建設工業(株) 工事部

\*2 Masami OOTA：ドービー建設工業(株) 工事部

\*3 Naoki GODA：ドービー建設工業(株) 工事部

\*4 Takao SUGO：ドービー建設工業(株) 工事統括部

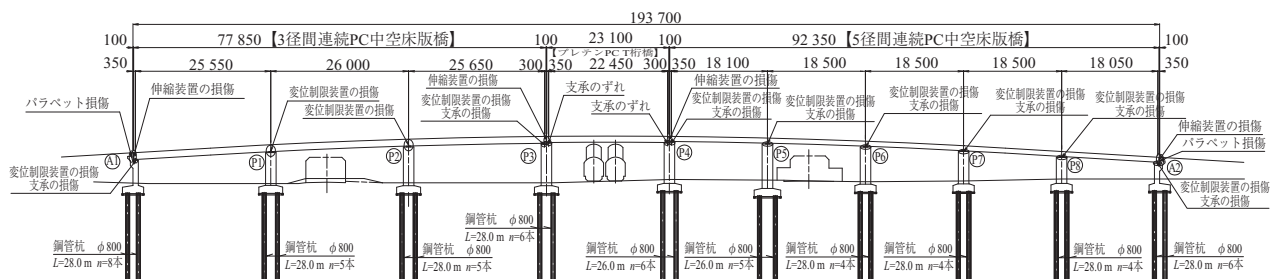


図 - 1 笠石高架橋損傷状態図

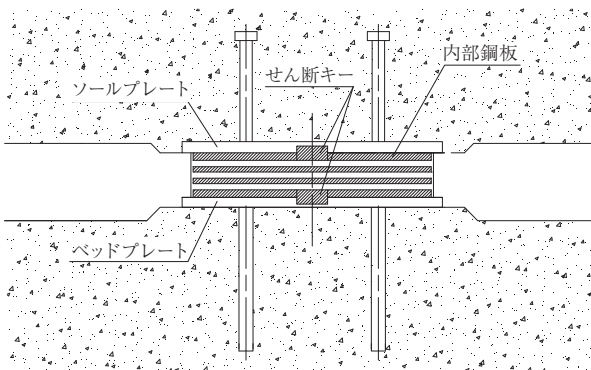


図 - 2 支承概要図 (中空床版部)

真 - 3 の支承はせん断キーがソールプレートから外れ、せん断キー部分に主桁の重量がかかったことにより、ゴム支承の内部にせん断キーがめり込んだ事例である。中間支点部では6割程度の支承にせん断による亀裂がみられたが、破壊に至るほどの損傷は見られなかった。

また、T桁部のパッド型ゴム支承ではいくつかの支承でずれがみられた。

### 3.2 変位制限装置 (アンカーバー) の損傷

中空床版橋部の各支점에設置されたアンカーバーはその多くが破断や変形などの損傷を受けており、とくに連続桁の桁端部に近いほど損傷が激しい。写真 - 4 はアンカーバーが激しく変形し破断した状況である。周囲のコンクリート塊はアンカーバーの台座部分が破壊されたものと思われる。

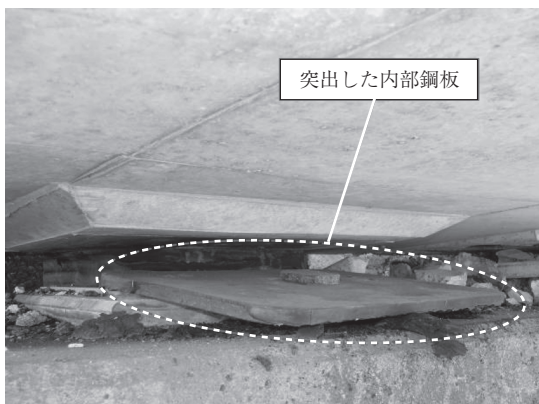


写真 - 2 内部鋼板が突出した支承

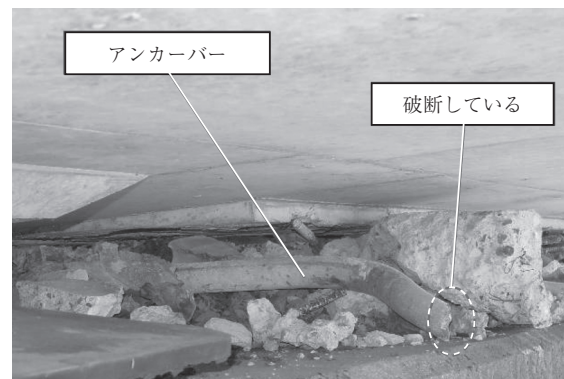


写真 - 4 変形したアンカーバー



写真 - 3 支承せん断キーの陥没

### 3.3 橋軸方向・直角方向への主桁の移動

前述の変位制限装置が機能しなくなり、上部工を拘束する機能が果たせなくなったため、地震動により中空床版橋部は橋軸方向・橋軸直角方向にそれぞれ移動していた。主桁の中心付近を軸として回転しており、伸縮装置部での直角方向のずれは最大で約 90 mm となっていた。また、橋軸方向には A1 ~ P3 径間で 10 mm, P4 ~ A2 径間で 40 mm 程度の移動があったと見られる。

## 4. 主桁位置復旧工

主桁の橋軸方向・橋軸直角方向への位置の修正は、各橋脚もしくはベント上に設置した鉛直ジャッキおよびスライド装置によって行った。施工フローを図 - 3 に示す。

○ 工事報告 ○

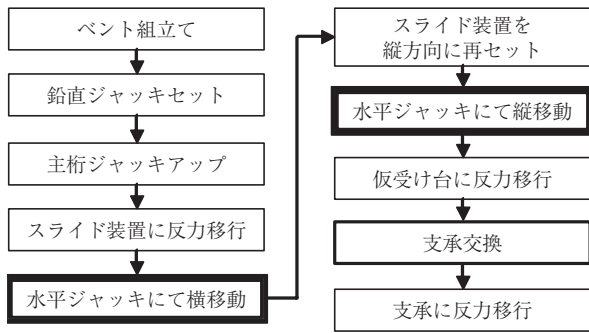


図 - 3 主桁位置復旧工 施工フロー

4.1 事前検討

主桁のジャッキアップにあたり、主桁に損傷を与えないよう、事前に応力検討を十分に行い、ジャッキアップ時の安全性を確認した。検討項目は以下のとおりである。

- ① 各ジャッキごとの変位量に対する主桁の応力度の影響値の算出および各ジャッキの許容ジャッキアップ量の検討
- ② 横桁の曲げ応力の計算によるジャッキアップ支点位置の検討
- ③ 横方向の偏載荷による主桁のねじり応力に対する検討
- ④ 横移動時のジャッキ水平力の載荷位置の検討
- ⑤ ジャッキアップ部のコンクリートの支圧応力の検討

4.2 準備工

主桁のジャッキアップに先立ち、ジャッキアップ・移動の際に支障とならないよう、桁端部の伸縮装置および各橋脚のアンカーバーおよびその周囲の台座コンクリートを撤

去した。アンカーバーの撤去は、台座コンクリートをウォータージェットにてはつり、撤去したのち、アンカーバーを切断・撤去した。

4.3 主桁のジャッキアップ

主桁のジャッキアップは橋脚前後に組み立てたベント上に配置された鉛直ジャッキによって行った。鉛直ジャッキは端支点部は左右に2台、中間支点は橋脚の両側左右に4台を配置した。ジャッキの能力は設計反力の150%以上として、A1～P3径間では2000kN型ジャッキを12台、P4～A2径間では1000kN型を20台使用した（写真-5、6）。

ジャッキの制御は、6～8台のジャッキが接続された3台のポンプユニットを1箇所の集中制御盤にて制御した。ジャッキおよびポンプのシステム図を図-4に示す。



写真 - 5 復旧作業状況

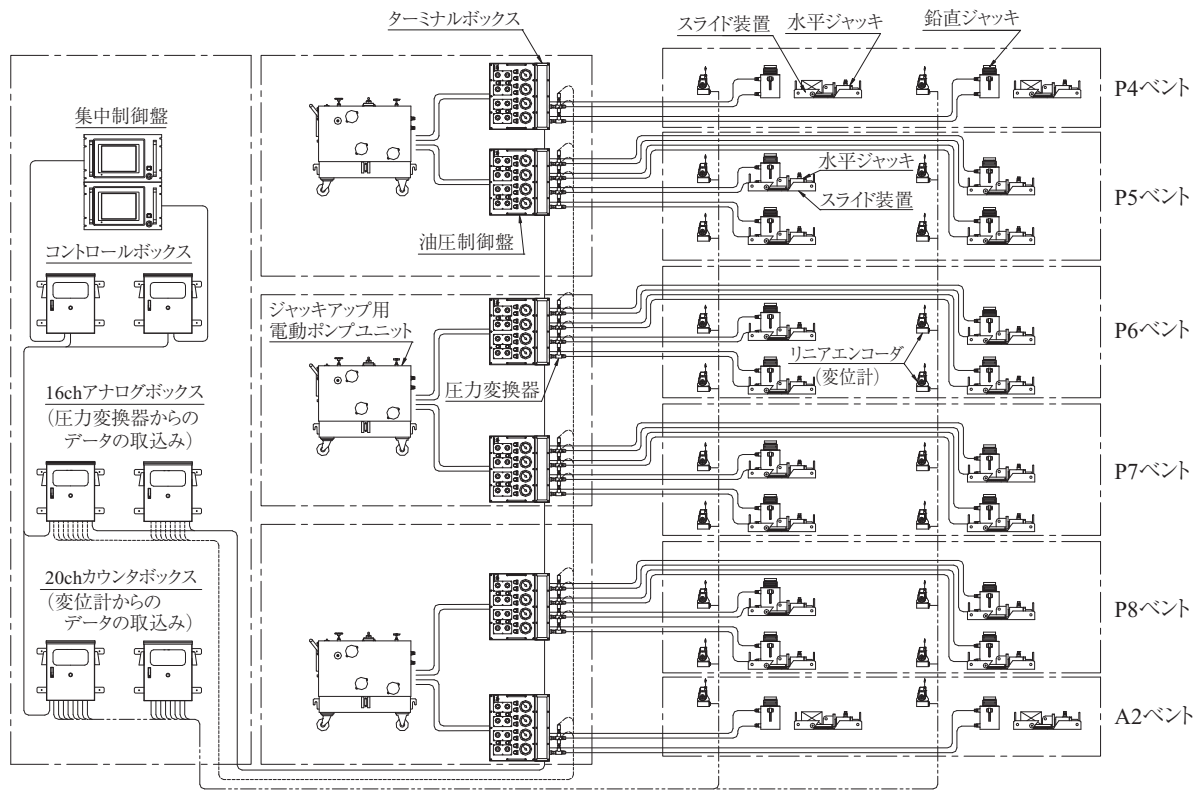


図 - 4 ポンプユニット システム図 (P4～A2)





写真 - 6 鉛直ジャッキ

ジャッキアップ量の計測は、各橋脚の両側に設置したリニアエンコーダ（変位計）により、リアルタイムに計測し、集中制御室で随時モニタリングできるシステムとした（写真 - 7）。

ジャッキアップにあたっては、基本的にジャッキアップ



写真 - 7 ジャッキ・ポンプの集中制御

量による管理を主とし、鉛直ジャッキ反力を同時に確認しながら、最大で 10 mm ずつのジャッキアップを行った。鉛直ジャッキ反力の管理はベントによる支点バネの変動の影響を大きく受けること等を考慮し、各橋脚ごとに設計反力の  $\pm 20\%$  を管理値とした。実測した反力の設計値とのずれは最大で約 14 %であった。

最終的なジャッキアップ量は支承のせん断キーが外れて、破損した支承が取り出せる高さとして 50 mm に設定した。

#### 4.4 主桁の横移動

主桁の横移動にあたっては、中間橋脚では橋脚上に水平ジャッキを設置するスペースがなく、十分な水平力を得ることが難しいと判断し、橋台上の主桁端支点部にのみ水平力を与える計画とした（図 - 5）。事前に端支点部にのみ水平力を与えた場合の主桁の安全性を確認したうえで、移動するのに必要な水平力を算出し、水平ジャッキを選定した。

端支点部では外ウェブの下側にスライド装置を設置し、その上に主桁を仮置きすることで、反力を移行し水平ジャッキ（500 kN 型）によって水平力を加えた（写真 - 8）。

中間支点部にはベント上の鉛直ジャッキの下にスライド

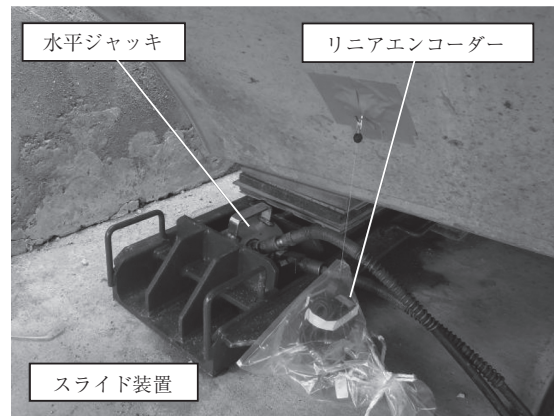


写真 - 8 水平ジャッキ付きスライド装置（端支点）

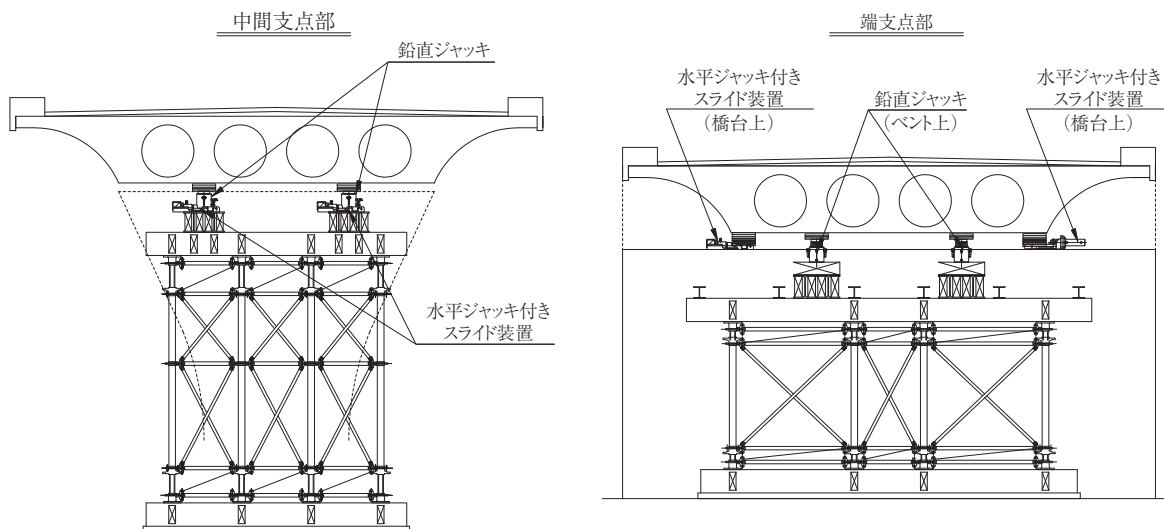


図 - 5 鉛直ジャッキおよびスライド装置配置図

## ○ 工事報告 ○

装置を設置し、端支点部の移動に追従するようにした。また必要に応じ、中間支点部でも水平ジャッキによる補助を行った（写真 - 9）。

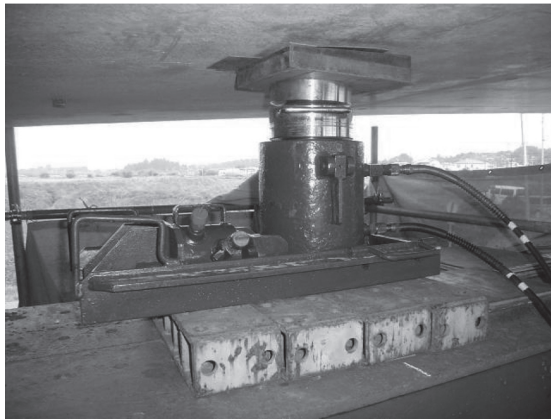


写真 - 9 スライド装置上に設置された鉛直ジャッキ

横移動時は各橋脚ごとに橋軸直角方向の移動量を測定し、主桁に橋軸直角方向のそりが生じていないことを確認しながら移動を行った。

### 4.5 主桁の縦移動

主桁の横移動後、一度主桁を橋脚上に仮置きしたうえで、スライド装置の向きを橋軸方向に再セットし、主桁の縦移動を行った。縦移動は各橋脚のスライド装置に設置した水平ジャッキにより行った。A1～P3径間は500kNジャッキを12台、P4～A2径間は20台使用し、各橋脚ごとに移動量を計測しながら、縦移動を行った。移動量はA1～P3径間は10mm、P4～A2径間は40mmであった。

水平反力を得るため、各橋脚のベント材の頂部を鋼材で橋脚とつなぎ、ベント材の頂部が反力によって動かないように固定した。

### 4.6 主桁のジャッキダウン

主桁の位置が所定の位置に修正されたことを確認したのち、主桁のジャッキダウンを行った。主桁が所定の高さになるよう橋脚上に仮置き台を設置し、仮置きした。

## 5. 支承取替え工・変位制限装置工

### 5.1 支承取替え工

当初の計画では損傷した支承はソールプレート（上沓）も含めて交換する予定であった。しかし支承撤去後に確認したところ、すべての支承についてソールプレートには損傷が見られなかったため、主桁に必要な以上の損傷を与えないよう、ソールプレートは取り外さずに、そのまま使用することとした。

支承はすべての支承が損傷しているわけではなく、損傷の見られない支承もあったが、ジャッキアップによってすべての支承のせん断キーが外れてしまうため、ジャッキダウン時にすべての支承のせん断キーを同時にはめ込むことは困難であった。そのため、損傷していない支承も含め、すべての支承のベッドプレート（新設）を撤去し、再度支承を取り付けることとした。

交換した支承はA1～P3径間で全8箇所中4箇所、P4～A2径間で全12箇所中9箇所である。残りの箇所の支承は取り外して点検し損傷が無いことを確認したうえで、再利用した。

支承の下側をウォータージェット工法にて約200mmは取り取り、アンカーボルトを切断した。そして、ゴム支承、ベッドプレートを取り付け、補強鉄筋を組み立てたのち、無収縮モルタルを打設した（図 - 6、写真 - 10）。

なお、アンカーボルトは一般的な長さのアンカーボルトの配置が不可能なため、スタッドジベルを必要本数、配置している。

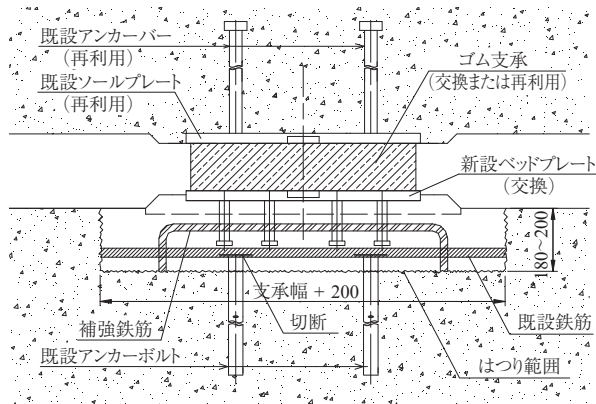


図 - 6 ゴム支承 交換要領図



写真 - 10 ゴム支承 再設置完了

### 5.2 ジャッキダウン

無収縮モルタルの強度発現を確認したのち、再度ジャッキアップして仮支承の撤去を行い、ジャッキダウンすることでゴム支承への反力移行を行った。

### 5.3 変位制限装置工

損傷して撤去したアンカーバーの代替として、中間支点部には鋼製ブラケットと縦型緩衝ピンによる変位制限構造の取付けを行った（写真 - 11）。

また、端支点部は将来的に縁端拡幅を行う計画があり、橋脚前面が使用できないため、張出し床版下に横桁を増設し、アンカーバーを設置する構造とした。



写真 - 11 変位制限装置

## 6. 実施工程

ジャッキアップ用のベントの組立てからジャッキダウンまでの実施工程表を表 - 1 に示す。本工事では2連の側径間を同時に施工することで工程の短縮を行った。その結果、2連の橋梁のベント材の組立てからジャッキアップ、支承の交換、ジャッキダウンまでを約50日という短期間で行うことができた。

本工事では、新たに取り付ける変位制限装置のブラケットの製作が工程上のクリティカルとなった。一般的な工程であれば、主桁の移動が完了したのち、上下部工の測量を行い、アンカーの位置を決定して削孔し、鋼製ブラケット

の形状の確定を行って製作する手順が望ましい。しかし、本工事では工程の短縮が重要な課題となっており、鋼製ブラケット製作を先行して着手する必要がある。そのため、鋼製ブラケットのアンカーボルトは主桁の移動に先立って、削孔、型取りを行い、鋼製ブラケットの形状の確定を行い、材料の手配、部材の製作に着手した。その後、主桁の移動完了後に上下部工の位置関係を測量し、ブラケット形状の修正を加えながら、製作を行った。

その結果、鋼製ブラケットの製作が工程に与える影響を最小限にすることができ、全体工期として当初の予定を約30日短縮し、早期の交通解放を行うことができた。

## 7. おわりに

笠石高架橋の復旧工事は7月に工事着手し、当初10月末の開通予定であったが、適確な工程管理と関係各位の協力により、9月末に復旧工事を終え、予定より約1ヵ月早く交通解放を行うことができた。

本工事は多径間のPC橋をジャッキアップし、移動を行うという国内でも前例の少ない工事であったが、計画・施工の各段階で種々の検討を行い、復旧を終えたことは有意義なことと考える。本稿が今後の同種工事の参考になれば、幸いである。

最後に、本復旧工事にあたり、多くのご指導を賜りました福島県県中建設事務所、(株)協和コンサルタンツの皆様をはじめ、多大なご協力を頂いた全ての関係各位に深く感謝する次第である。

【2012年3月6日受付】

表 - 1 実施工程表

日 数	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	
A1 P3 径間	ベント組立て	■																
	ジャッキセット		■															
	ジャッキアップ 主桁移動			■														
	支承はつり				■													
	支承セット					■												
	ジャッキダウン								■									
	ベント解体									■								
P4 A2 径間	ベント組立て		■															
	ジャッキセット			■														
	ジャッキアップ 主桁移動				■													
	支承はつり					■												
	支承セット						■											
	ジャッキダウン									■								
	ベント解体										■							
新設変位制限 装置工	アンカー削孔	■																
		ブラケット制作	■															
							アンカー施工 A1~P3	■										
										アンカー施工 P4~A2	■							
																		ブラケット取付け
伸縮装置取替え工		伸縮装置撤去	■															
												伸縮装置設置	■					
下部工補修工 踏掛版工										踏掛版・バラベット撤去	■							
														踏掛版再施工	■			
																		埋め戻し・舗装