

新幹線のカントはプロペラ方式のため、カント変更によって片側に下げ路が発生する。しかし、スラブ区間にて下げ路を行おうとするとスラブ構造の変更が必要になる。そこで、施工後の計画レベルをこう上し、前後で取付を行うことにより下げ路作業の削減が可能となった。

・こう上方法の検討

スラブ区間のこう上方法について以下の3案について検討を行った。

1. レール下に調整パッキンの挿入 (案1)
2. タイプレート下に調整鉄板を挿入 (案2)
3. 特殊タイプレートに交換 (案3)

検討の結果、タイプレートの下に調整鉄板 (写真-3) を挿入することにより、施工後のメンテナンスも考慮したこう上方法を確立することができた。

・事前のカント変更

当日の調整鉄板挿入には施工時間が不足し、事前に調整鉄板を挿入することが可能か検討を行った。

実カント、計画カントからカント不足量の検討を行い、許容値内であることから事前に調整鉄板の挿入を行うことにより切替当日は通り移動のみで線形変更が可能となった。

② 曲線変更に伴う通り移動

スラブ区間の最大通り移動量は27mmであるが、既存のタイプレートは左右10mmの通り調整が可能で直結8型タイプレートであるため、ボルトの打ち直しが必要となる。そこで試験施工により、施工方法、施工時間等の検討を行った。

・試験施工の実施

試験施工の結果、コア削孔、ポリモルタル打設時間を考慮すると150分の施工時間を要することがわかり、当日の施工は困難となった。

・当日打ち直し時間の削減

JR西日本で使用している左右30mmの通り調整が可能なタイプレート (写真-4) を使用し、事前に交換を行うことで、切替当日はタイプレートごと通り移動を行うことで、大幅な作業時間の削減になり、施工当日の作業時間内に通り移動を行えることが確認できた。

おわりに

事前の検討及びリハーサルを行い、当夜作業は450名の作業員の参集が必要となった。関西で250名を参集し、名古屋から200名の助勤で、所定の450名を参集した。切替当日は施工方法の検討、事前の説明会、準備作業等を入念に行った結果、無事に施工することができた。

今後も施工が続くが、今まで通り、安全・安定輸送を絶対条件に今後も施工を行っていく。

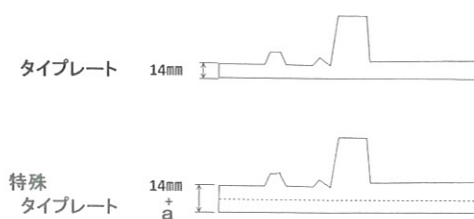


図-11 特殊タイプレート

表-1 こう上に用いる材料の検討

材料	品質	材料費	工期	安全	点数
調整パッキン	×	○	○	×	12
調整鉄板	○	△	△	○	16
特殊タイプレート	△	×	×	△	8

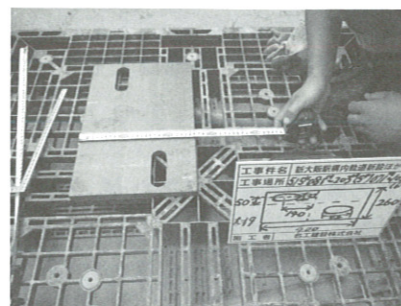


写真-3 調整鉄板

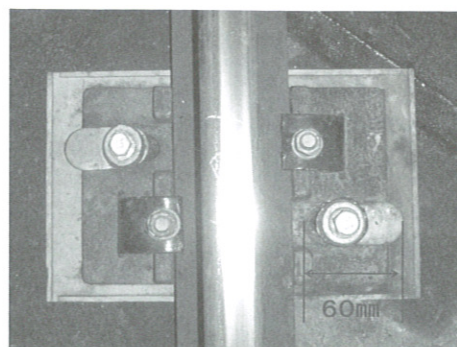


写真-4 通り調整用タイプレート (左右30mm可能)



Sto(ストー)乾式吹付け工法による震災被害橋りょうの復旧



第一建設工業株式会社 土木本部 土木技術部
高橋 範明
TAKAHASHI Noriaki

はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震 (マグニチュード9.0) は、宮城県栗原市で観測された最大震度7をはじめ、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県28市町村における震度6強など、広い範囲での強い揺れとともに、太平洋沿岸で発生した巨大津波により甚大な被害をもたらした。

JR仙沼線 御岳堂駅~柳津駅間に位置する『北上川橋りょう』(図-1、図-2)も本地震により大きな被害を受けた。

本稿では、本橋りょうの上部工、沓座コンクリートの補修、およびSto乾式吹付け工法を用いた橋脚の補修 (断面修復) 等の復旧状況について報告する。

1. 北上川橋りょうの概要

北上川橋りょうは、下路平行弦ワーレントラス10径間からなる全長619mの橋りょうである。橋りょう諸元を表-1に示す。

また、橋りょうの全景写真を図-3に、側面図を図-4に示す。なお、本橋りょうは、P4橋脚からP8橋脚が北上川の低水路部 (流水部) に位置している。

2. 被害の状況

(1) 上部工

① 上ラテラル取付けボルト・リベットの損傷

P4橋脚およびP7橋脚に位置する擬似連結工部のラテ

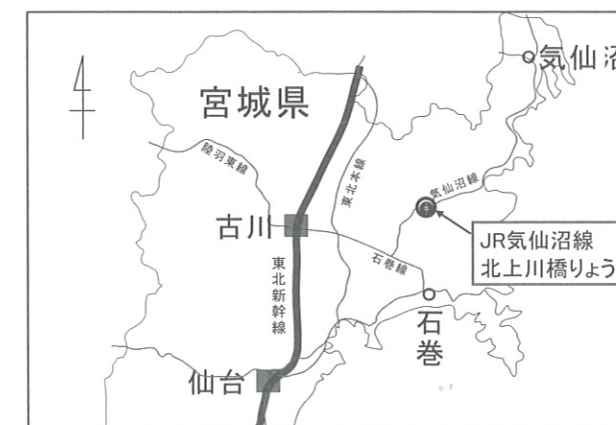


図-1 北上川橋りょう位置図



図-2 橋りょう位置図 (詳細)

表-1 橋りょう諸元

橋りょう名称	北上川橋りょう
線名・駅間	JR気仙沼線 御岳堂-柳津間
橋りょう形式	溶接構造 単線下路トラス桁 4連 (3径間連続トラス)
支間	46.8m (1径間) × 1連 183.7m (3径間連続桁) × 3連
製作年度	1968年 (昭和43年) 10月
設計荷重	KS-16

ラル取付けボルトの破断および、リベットの損傷が確認された。図-5に上ラテラルの損傷状況を示す。

② 沓座アンカーボルト・台座部の損傷

沓座アンカーボルトおよび台座の損傷箇所を図-6に示す。橋りょう全体で沓座アンカーボルトの抜け出しや破断が30本、台座部のモルタル損傷が17箇所を確認された。沓座部の損傷状況を図-7に示す。

(2) 下部工

下部工の被害は、P5橋脚およびP6橋脚において、躯体コンクリートの剥落や主鉄筋の破断が確認された。



図-3 橋りょう全景写真

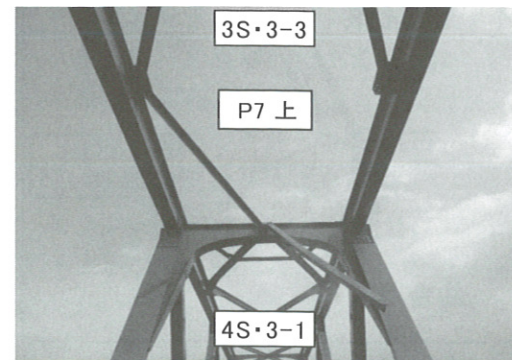


図-5 連結工部の損傷状況

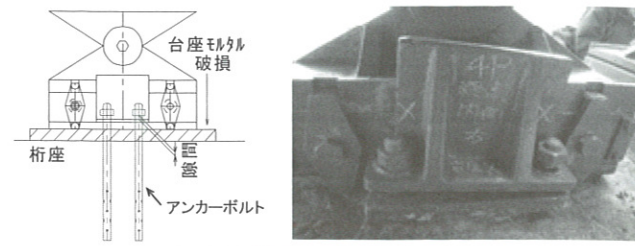


図-7 沓座部の損傷状況

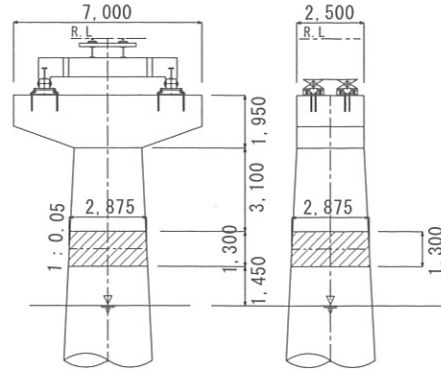


図-8 躯体コンクリートの損傷状況

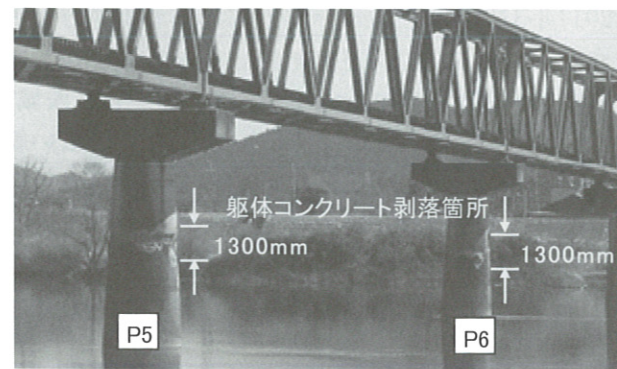


図-9 損傷状況写真①

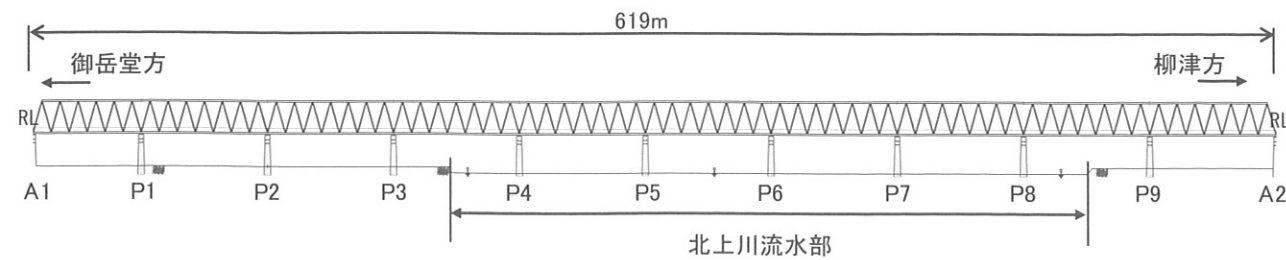


図-4 橋りょう側面図

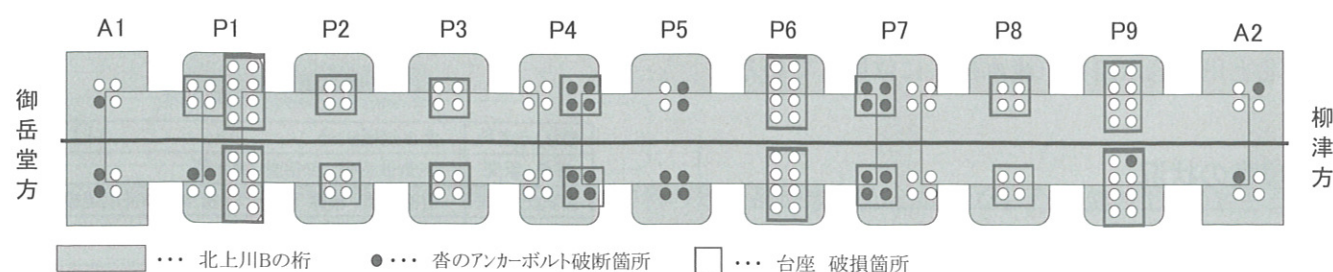


図-6 沓座アンカーボルトおよび台座の損傷箇所

躯体の損傷状況を図-8~図-11に示す。

3. 復旧状況

(1) 上部工

① 上ラテラル取付けボルト・リベットの損傷部位

P4橋脚部のラテラル取付けボルトは全取替えとした。また、P7橋脚部のリベットは、損傷が想定されたため安全を考慮し、破断したリベットを高力ボルトM22に交換した。復旧状況を図-12に示す。

② 沓座アンカーボルト・台座部の損傷部位

図-6に示した沓座アンカーボルトおよび台座部の損傷箇所の復旧は、沓座アンカーボルトの抜け出しや破断が確認された30本をすべて交換し、台座モルタルは、損傷した17箇所すべての打替え補修を行った。

沓座アンカーボルトの交換は、図-13に示すようにアンカーボルト周りをはつり、アンカーボルトを交換した後、無収縮モルタルを充填した。なお、アンカーボルト周りのはつり作業は、既設橋脚の躯体コンクリートや鉄筋の損傷を防止するため、超高圧水はつり(ウォータージェット)工を採用した。施工状況および沓座の復旧完了状況を図-14~図-16に示す。

(2) 下部工

P5橋脚およびP6橋脚の躯体コンクリートの剥落箇所の復旧は、図-17に示す手順とした。剥落箇所周りの

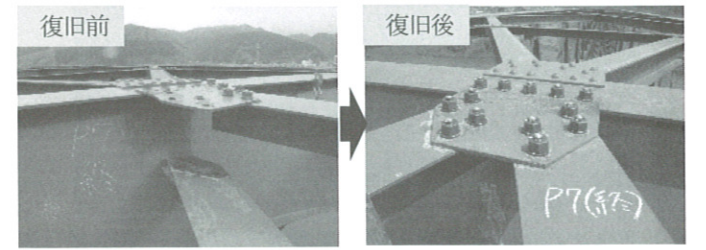


図-12 上ラテラル取付け部の復旧状況

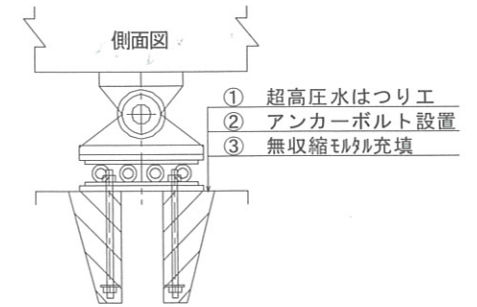


図-13 アンカーボルト補修図

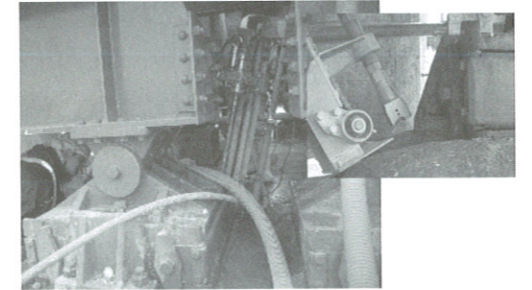


図-14 ウォータージェットによるはつり状況



図-10 損傷状況写真②



図-15 はつり完了



図-11 損傷状況写真③



図-16 台座モルタル打替え完了

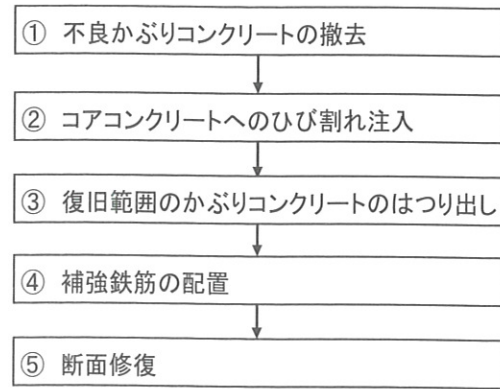


図-17 復旧手順

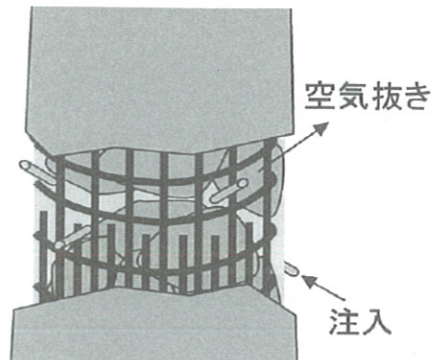


図-18 ひび割れ注入図

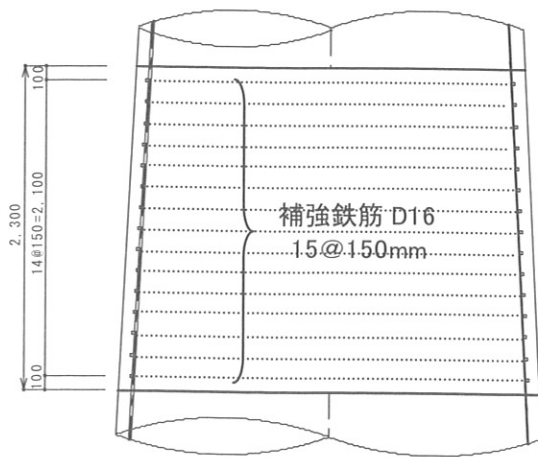


図-19 補強鉄筋配筋図

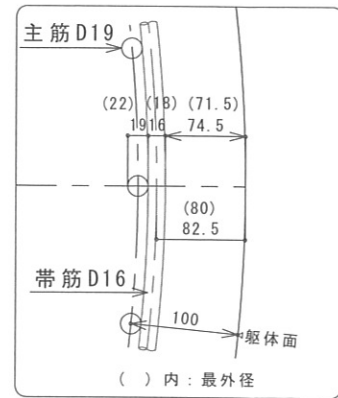


図-20 補強鉄筋かぶり詳細図

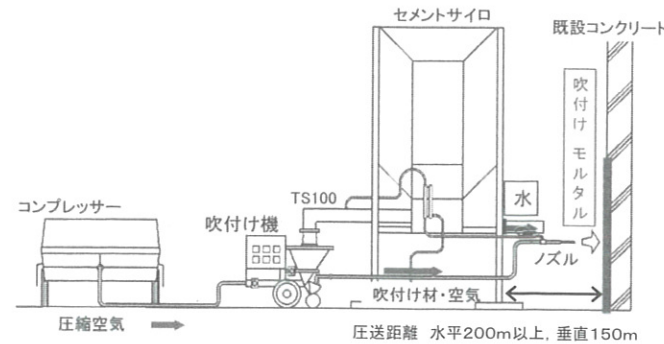


図-21 Sto乾式吹付けシステム機材配置図

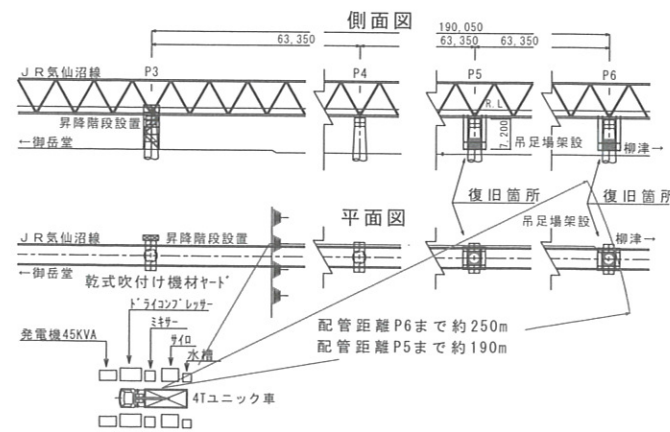


図-22 Sto乾式吹付け施工図

不良かぶりコンクリートを撤去した後、図-18に示す方法によりコアコンクリート部へのひび割れ注入を行った。その後、復旧範囲のかぶりコンクリートをはつり出し、補強鉄筋を配置した。図-19に補強鉄筋の配筋図を、図-20に補強鉄筋のかぶり部の詳細を示す。

補強鉄筋は帯筋D16を150mm間隔で15段配置し、継手はフレア溶接継手とした。なお、主筋（縦）の損傷部についてもフレア溶接継手により復旧した。

断面修復には、『Sto乾式吹付け工法』を採用した。

本工法は、ポリマーセメントモルタルを用いた乾式吹付け工法であり、以下の優れた施工性を有している。

- ① 長距離圧送（広範囲施工）が可能

- ② 振動下での施工が可能
- ③ 長時間の施工中断が可能

河川流水部に位置するP5橋脚およびP6橋脚の補修は、作業足場の確保や資機材の運搬が困難な状況であった。しかし、本工法を用いることで長距離圧送が可能となり、作業箇所までの資機材の運搬を省略することができた。さらに、マグニチュード5.0を超える大きな余震が多発し、その都度、作業中断（退避）せざるを得ない環境下においても、安全に施工を行うことができた。また、品質確保においても本工法は、200km/hの高速吹付けとなるため、無収縮モルタルを充填する一般的な工法と比較して以下の特徴を有している。

- ① 高圧充填となるため、高い付着力により既設コンクリートと一体化できる。
- ② 高密度の断面形成により水密性に富み、中性化、塩害、凍害に対し優れた耐久性を有する。
- ③ 鉄筋裏への充填性に優れているため、水や有害物質の侵入を抑制できる。

本工法に必要な機材配置図を図-21に、実際の施工状況を図-22～図-26に示す。施工は、右岸側高水敷となるP3橋脚付近をプラントヤードとして機材を配置し、作業箇所となるP5橋脚およびP6橋脚に設置した吊り足場まで桁上に圧送管を配管した。なお、配管長は最長で約250m（P6橋脚補修時）であった。断面修復面積は、2橋脚合わせて42m²（平均厚さ20cm）であり、吹付けに要した日数は5日間であった。

おわりに

震災発生直後の人員および資機材の手配が困難な状況であり、また、河川上に位置する長大橋りょう上のため重量物の運搬が不可能な環境下において、吊り足場等の仮設物を含め全て人力施工が可能で選定した。特に、橋脚損傷箇所の断面修復では、Sto乾式吹付け工法を用いることで、要求性能を確保した断面修復を早期に行うことができた。なお、Sto乾式吹付け工法は、近傍の道路橋の復旧にも採用されている。最後に、復旧にあたりご指導、ご協力頂いた関係各位に深く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) JR東日本：SED-STRUCTURAL ENGINEERING DATA- No.37 特集「東北地方太平洋沖地震と鉄道構造物」, 2011.11

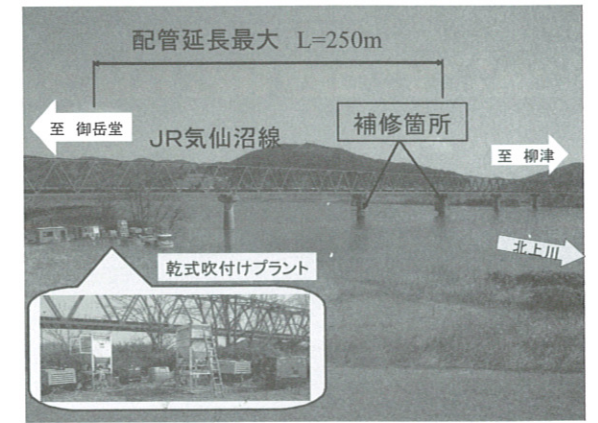


図-23 施工現場状況

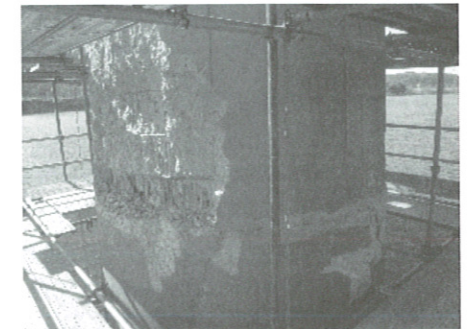


図-24 断面修復前状況



図-25 吹付け作業状況



図-26 断面修復完了状況