

グラウトホースの伝い水現象の検証ならびに補修技術に関する実験的検討

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会	正会員	博(工)	○徳光 卓
(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会			岡田 繁之
(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会	正会員		田中 寛規
(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会	正会員		谷 慎太郎

Abstract : The problem of water leakage at web and anchorage of prestressed concrete bridge became visible in Japan. This phenomenon occurs in the cantilever elected box girder bridge using prestressing steel bar, constructed from about 1985 to 1995. Foremost concern of this problem is corrosion and breaking prestressing steel bar due to the salt damage from deicing salt in the snowy cold region. The purpose of this paper is to explain this phenomenon and to show the sealing method of ingress of water. The members of Japan prestressed concrete contractors association struggled a series of experimental studies about this matter. On these studies, the authors have come to some conclusions that this phenomenon is due to streaming down grouting hose's surface, and this water leakage occur mainly in winter. And the devised new sealing method have favorable effect for waterproof.

Key words : Grouting hose, Water leakage, Linear expansion coefficient, Sealing method

1. はじめに

10年ほど前より、主に張出し架設を行ったPC箱桁橋においてウェブや箱桁内部定着突起における漏水現象が顕在化した。この問題に対し、プレストレスト・コンクリート建設業協会(以後、PC建協)では平成21年から現在までの8年にわたり、西日本高速道路(株)や高速道路総合技術研究所の協力のもと、現象の確認と原因の解明、予防的な補修方法の確立に向けた実験的検討を行ってきた。本稿ではこれらの取組みを紹介するとともに、一連の実験から得られた結論について述べる。

2. 対象とする漏水現象の概要と推定原因

2. 1 漏水現象の概要

確認された漏水現象を図-1、図-2に示す。漏水はウェブの水平打継目や上下床版のPC鋼材定着突起から発生しており、漏水量としては比較的多い傾向にある。漏水が発生した橋梁の下面の外観を図-3に示す。このような漏水が発生した橋梁では張出し床版にすじ状の水しみが見られ、建設後10年程度より確認されていることから、橋面の水が張出し床版内部を伝って浸入したものと考えられた。



図-1 下床版定着突起からの漏水



図-2 ウェブ水平打継目からの漏水



図-3 漏水が発生した橋梁の下面の外観

2. 2 推定された原因

このような漏水現象を生じた橋梁には、共通して、前述した張出し床版におけるすじ状の水みのほか、漏水した定着突起にはグラウトホース（以後、ホースと略す）の切断跡がなく、昭和60年代から平成7年頃に建設された主方向にPC鋼棒を用いた橋梁であるという特徴があった。またウェブの漏水部を試掘した結果、漏水部にはホースの存在が確認された。

PC鋼棒はマルチストランドケーブルに比べて1本あたりの緊張力が小さいため、同一緊張力を得るためには多くの本数を必要とする。そのため多数のホースが橋面まで上がることになり、コンクリートの仕上げや出来形の確保に苦勞する現状があった。この問題を解決するため、図-4、図-5に示すようにホースを束ねて張出し床版まで引っ張り、地覆部で立ち上げるという方法が考案され、前述の年代にはその適用が推奨されていた。3本以上のホースを束ねた場合、その中央部には図-6に示すようなホースに囲まれた空間が発生することが考えられることから、この部分が漏水経路として漏水を生じたものと推定した。

3. 漏水原因の確認実験

3. 1 供試体

供試体はボックスカルバート供試体と平板供試体の二種類を製作した。カルバート供試体の形状寸法を図-7に示す。カルバート供試体は箱桁を想定し、おのこの頂版を張出し床版、側壁をウェ

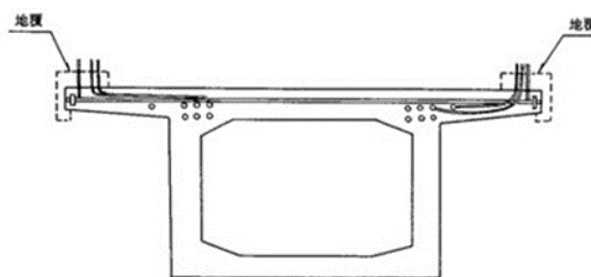


図-4 S60~H7 頃に推奨されたホースの配置



図-5 S60~H7 頃のホースの配置例

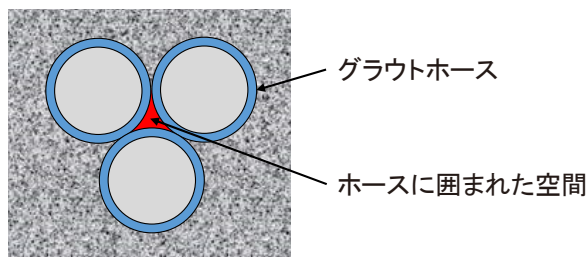


図-6 束ねたホースに囲まれた空間

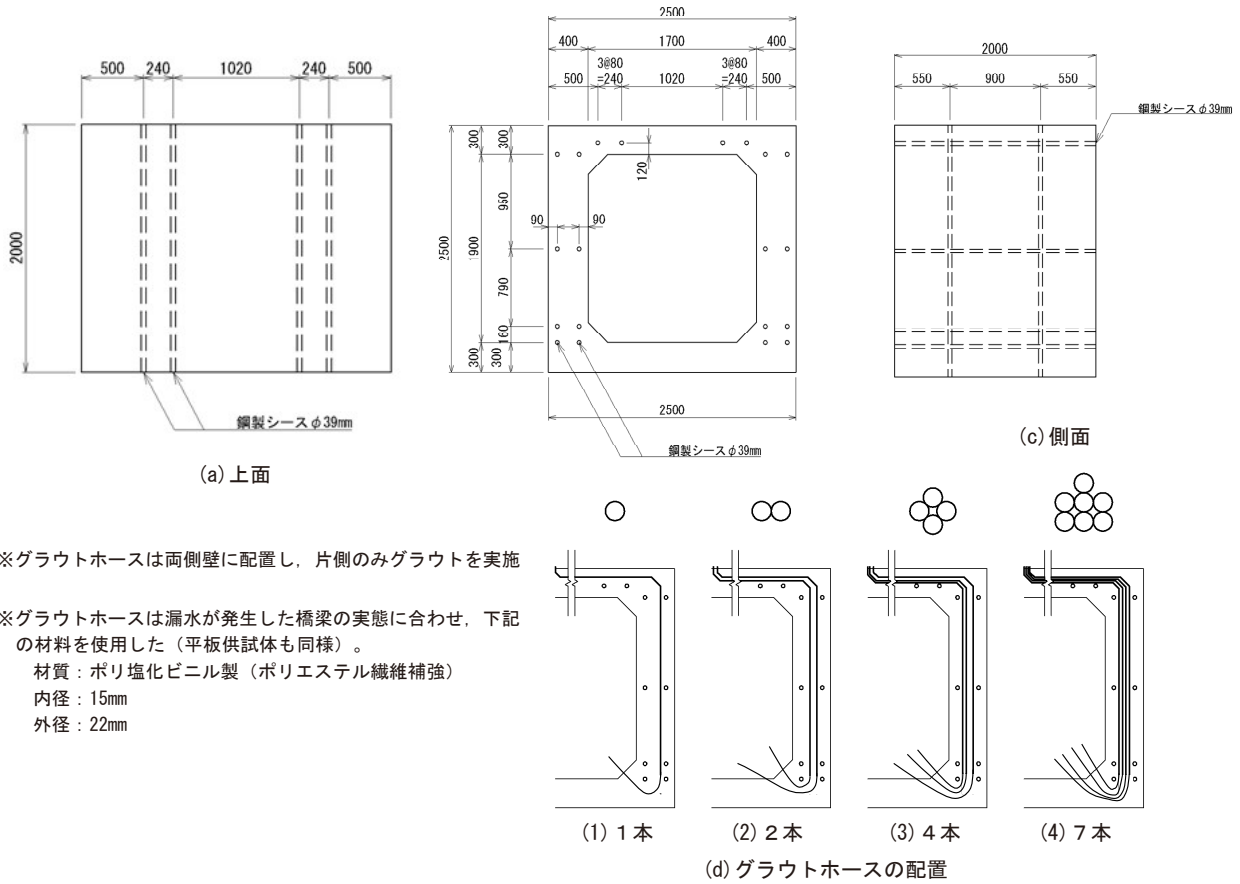


図-7 ボックスカルバート供試体

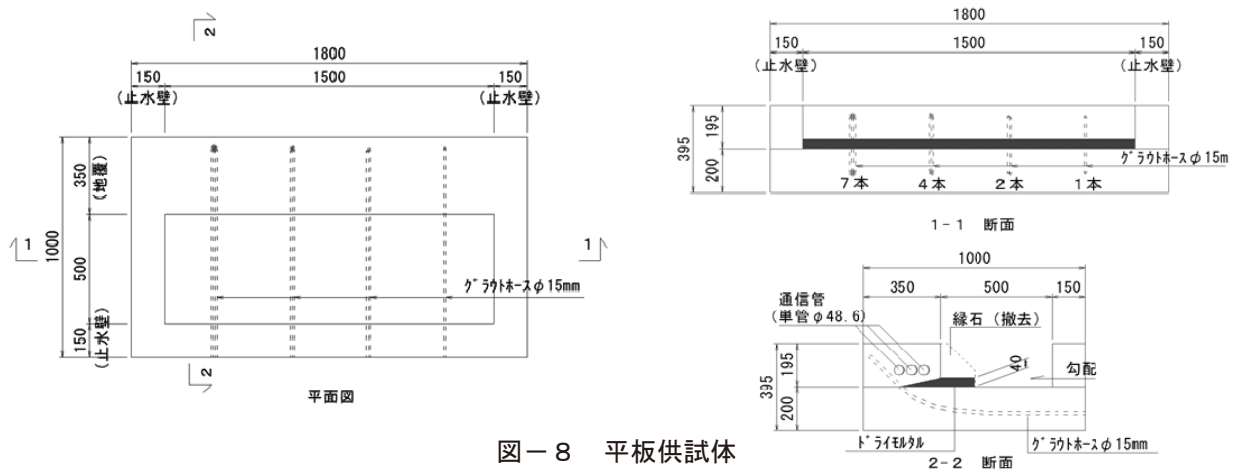


図-8 平板供試体

ブ、底版を下床版に見立て、頂版から底版までホースを配置した。ホースは漏水した橋梁での使用が確認されている内径15mmのポリ塩化ビニル製ポリエステル繊維補強ホースを用い、側壁片側あたり、1, 2, 4, 7本を束ねて4束とし配置した。グラウトは左右の側壁のうち片側のみ充填し、もう片側は充填しなかった。頂版の上部には水槽を設け、ホース先端を水面より高く上げた状態に保った。

平板供試体は張出し床版を模したものであり、ホースの材料と束の条件はカルバート供試体と同様にした。平板供試体の形状寸法を図-8に示す。平板の上部は四方をコンクリート壁で囲んだ形状とし、片側の壁面の前面でホースを引き出した。ホースはグラウトを充填し、平板上面で切断した。ホース引出し部は地覆部への配置を想定し、前面にドライモルタルを敷き縁石を施工したあと、上部に通信管を模した鋼管と配筋を行ったのち、コンクリートを打込み、コンクリート硬化後に縁石を撤去した。ボックスカルバート供試体と平板供試体の配合を表-1に示す。両供試体とも配合は同一であ

り、平成5年頃の配合を模し、W/C=39%、設計基準強度40N/mm²の早強コンクリートを使用した。

3. 2 実験方法

実橋の傾向から実験は長期間に及ぶことが予測された。また、漏水には凍結防止剤の塩化物イオンが含まれる可能性があり、長期的な塩害の発生を考慮した場合、漏水量より漏水の有無の方が重要と考えた。そのため実験は経過観察試験とし、供試体の材齢が28日を経過したあと、供試体の貯水部に水を溜め、春夏秋冬の各シーズンにおいて漏水の発生状態を目視確認する方法とした。

3. 3 実験結果

供試体は7年間暴露した。カルバート供試体の漏水状況の一例を図-9に示す。暴露実験の結果、貯水後半年で、底版から引き出したホースの周囲に水しみとエフロレッセンスが発生した。当初、漏水は主にホースを束ねて配置した場合に発生することを想定していたが、漏水は配置本数に関わらず1本配置の場合にも生じることを確認した。また、漏水はグラウト充填の有無に関わらず発生した。さらに、漏水は冬季に発生し、夏季には漏水が止まることを確認した。

床版供試体の漏水状況の一例を図-10に示す。写真からわかるように、配置本数が多いほど漏水も多くなる傾向はみられるものの、漏水はホースの周囲から配置本数に関わらず発生した。

これらの観察結果から、漏水は配置本数に関わらず、主に温度の影響を受けることが確認された。グラウトホースとして使用したホースのポリ塩化ビニル樹脂の線膨張係数は $6\sim 8 \times 10^{-5} \cdot K^{-1}$ であり、コンクリートの線膨張係数 $7\sim 13 \times 10^{-6} \cdot K^{-1}$ より一桁大きい。ホースはコンクリートの打込み前に配置するが、打込み後は、水和熱によって一旦60~70℃程度まで温度が上昇し、硬化したのちに温度が低下する。このことから、この段階でコンクリートとホース周囲は肌離れを生じており、さらに、冬季にホースが収縮することで、コンクリートとの間に肌すきを生じ、伝い水を生じたものと考察した。

4. 漏水防止のための補修試験

4. 1 補修方法

高速道路などの幹線道路において、積雪寒冷地では多くの凍結防止剤が散布される。凍結防止剤には多量の塩化物イオンが含まれており、冬季に漏水を生じやすいという事実は漏水に多くの塩化物イ

表-1 供試体の配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
		W	C	S	G	Ad 1	Ad 2
39	37	186	477	608	1050	1.43	0.0334

注) W:水 C:早強セメント S:細骨材 G:粗骨材(2005)
Ad1:高性能減水剤 Ad2:AE剤



(a) 冬季 (2012. 11)



(b) 夏季 (2013. 8)

図-9 カルバート供試体漏水状況の例

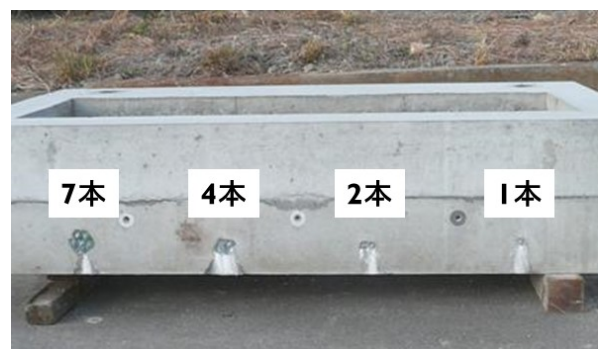


図-10 平板供試体漏水状況の例

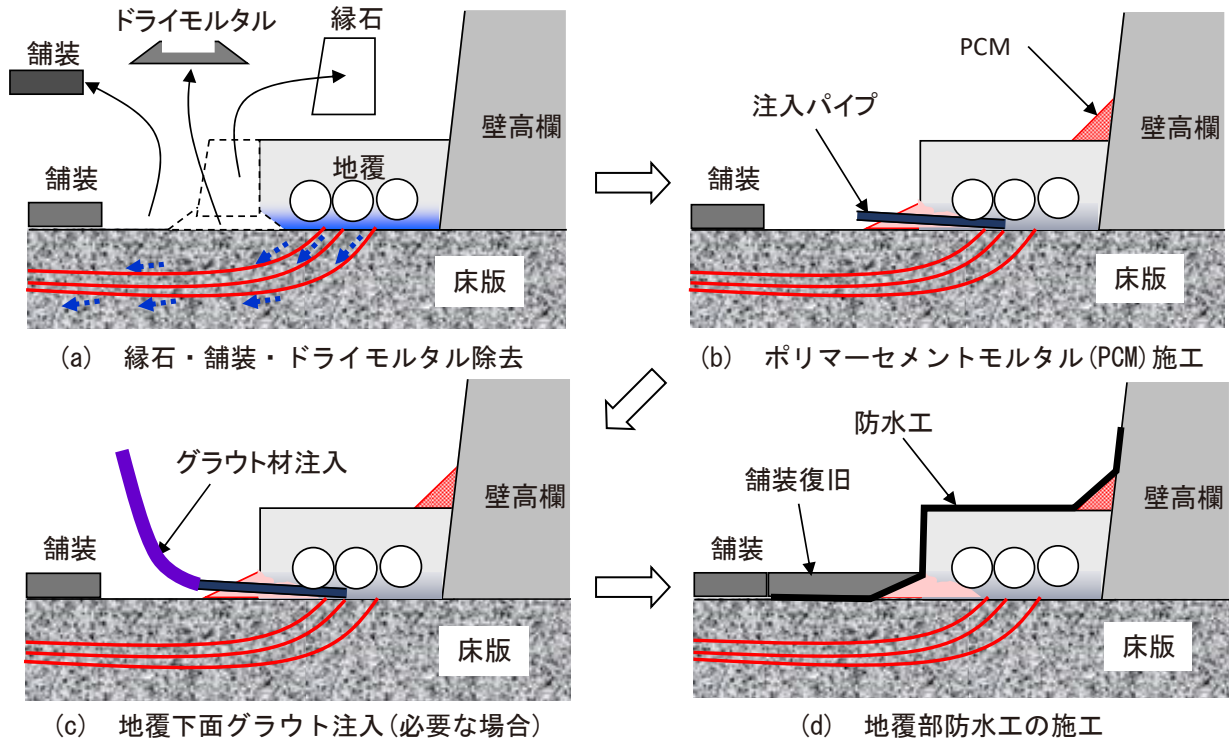


図-1-1 補修手順

オンが含まれることを示すと考えられる。漏水現象はコンクリートの内部から発生しており、表面から塩分が浸透する一般的な塩害とは異なり、腐食などが部材の深部から生じ、変状が顕在化した時点ではすでに多くのPC鋼材が腐食、破断しているなどの深刻な状態となることが懸念される。

そのため補修方法は、腐食などの劣化が顕在化する前に水の浸入を防止する予防保全工法を基本とした。補修手順を図-1-1に示す。補修手順は、縁石とドライモルタルを撤去し、撤去した地覆部前面と壁高欄の打継部に遮水性に優れたポリマーセメントモルタルで止水部を作り、地覆下に空洞が確認された場合は(図-1-2参照)、地覆下にグラウトを充填してホース切断面に蓋をしたあと、防水工で地覆全体を覆うものとした。

4.2 補修試験

補修試験は暴露4年目を迎えた2体のカルバート供試体の内の1体を使用した。まず供試体の水槽の水を一旦除去し、頂版の上面でホースを切断した。ホース切断部近傍の側面に型枠を設置し、切断部の上部に厚さ30mmの砂を敷き込んだのち、上面に鉄筋と通信管を模した鋼管を配置し(図-1-3参照)、地覆と同様にコンクリートを打設した。コンクリート硬化後に型枠を撤去し、砂を掻き出したのち(図-1-4参照)、空洞部の前面を左官工法により補修用ポリマーセメントモルタルで塞ぎ、硬化後、空洞部に超低粘性型プレミックスセメントグラウトを注入した(図-1



図-1-2 地覆下面の空洞の例



図-1-3 模擬地覆部砂敷込み・配筋状況



図-14 地覆下面空洞の再現状況



図-15 グラウト充填完了の状況

5参照)。本試験では長期的な効果が期待できるセメント系材料での補修効果に着目し、防水工は実施しなかった。

補修効果は漏水原因の確認試験と同様に、補修実施後の水槽に水を溜め、目視による経過観察により確認した。

4.3 試験結果

暴露試験は3年間実施した。経過観察時のカルバート供試体の状況を図-16に示す。未補修の供試体では、これまでと同様に冬季における漏水の発生を確認したが、補修を行った供試体では通年により漏水が認められなかった。この結果から、考案した補修方法は漏水を防止する予防保全工法として有効であると判断される。



(a) 補修あり (漏水なし)



(b) 補修なし (漏水あり)

図-16 補修の有無による漏水状況の違い

5. まとめ

本稿ではPC建協が取り組んできた、グラウトホースの伝い水現象に対する8年間の研究成果をとりまとめた。一連の研究より得られた結論は下記のとおりである。

- (1) PC鋼棒を用いて張出し架設したPC箱桁で多く観察されたウェブの水平打継目や定着突起からの漏水は、地覆部に配置したグラウトホースの周囲を伝う伝い水が原因である。
- (2) 伝い水はホースの束ねた本数に関係なく発生し、また冬季に発生しやすい。
- (3) 予防保全工法として考案した補修方法は、伝い水による漏水の防止に効果的である。

なお、本研究はPC建協の保全補修部会と中国支部が合同で取り組んだものである。本研究の遂行にあたり、西日本高速道路株式会社中国支社ならびに高速道路総合技術研究所橋梁研究室の各位には多大なるご助言とご協力をいただいた。ここに謹んで感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 横山和昭ほか：PC箱桁橋を模擬した供試体によるグラウトホース伝い水の検証実験，土木学会第69回年次学術講演会，V-148，pp.295-296，H.26.9