

雪寒地域のRC橋台橋座部土砂化 に対する調査・診断の一事例

～ 凍害と塩害の複合劣化～



株式会社エイト日本技術開発
インフラ保全センター中部支社
下山 一夫

目次

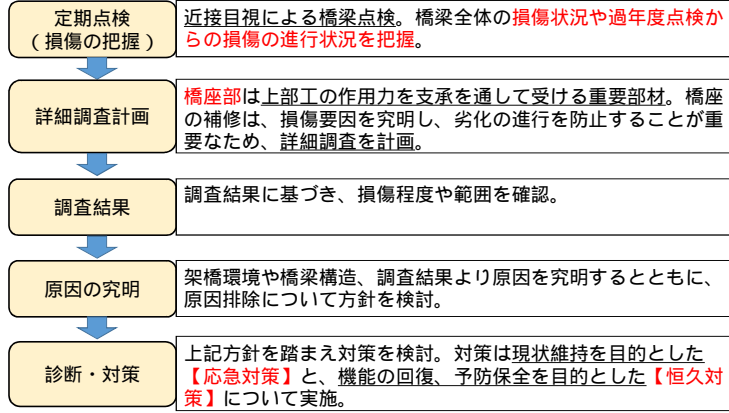
株式会社エイト日本技術開発

1. 報告概要 1
2. 架橋環境等と損傷状況 2
3. 詳細調査計画 7
4. 調査結果 9
5. 原因究明と評価 15
6. 対策 17
7. まとめ 23

報告概要

株式会社エイト日本技術開発

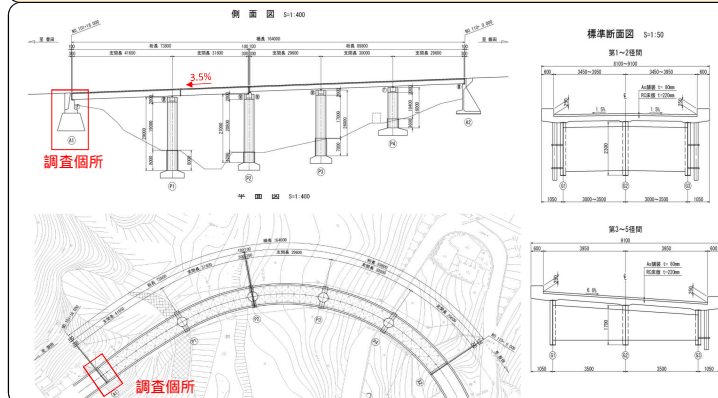
本橋梁の点検時に支承前面の橋座に**著しい土砂化**が確認された。橋台部における損傷状態や架橋環境から詳細調査結果を踏まえ、その原因を究明し、橋台の現状を明らかにするとともに、その性能を回復するための対策について検討したものである。



橋梁緒元

株式会社エイト日本技術開発

【名称】N橋 【路線名】国道153号 【竣工年】1976年(S51) 42年経過
 【所在地】長野県下伊那郡平谷村 【橋長】164.0m 【平面形状】曲線橋
 【縦断勾配】3.5% (起点<終点) 【上部工構造形式】2径間連続非合成鋼桁橋+3径間連続合成鋼桁橋
 【適用示方書】昭和47年 【等級・設計活荷重】1等橋・TL-20
 【下部工構造形式】半重式橋台(A1)、控入壁式橋台(A2)、柱橋脚(RC)×4基【基礎形式】直接基礎



○架橋状況

株式会社エイト日本技術開発



全景：終点側から起点側を望む



A1橋台 (調査箇所)



A2橋台



伸縮装置 (A1橋台部) 排水型

○架橋環境

株式会社エイト日本技術開発



【特殊性】
○本橋は積寒地域にあり、**冬季は氷点下10程度**まで気温が低下する。
○年間の凍結防止剤散布量は**29.0t/km**と非常に多い。

○損傷状況(全体概要)

株式会社エイト日本技術開発

本橋は竣工後42年が経過しており、橋梁全域にわたり種々の損傷が確認された。中でも**地域特性のある損傷事例**として**A1橋台部周辺に生じた損傷**についてその対策までを紹介する。

①橋台躯体のコンクリート表面全体に**スケーリング**が生じている。



②支承前面の橋座が**土砂化**している。



③支承前面 - 堅壁に亘って**遊離石灰・変色・剥落**が生じている。



④支承、桁端部が**腐食**している。



⑤伸縮装置の腐食・伸縮装置前後の舗装の異常が生じている。



⑥床版の剥離・鉄筋露出、漏水、遊離石灰、ひび割れが生じている。



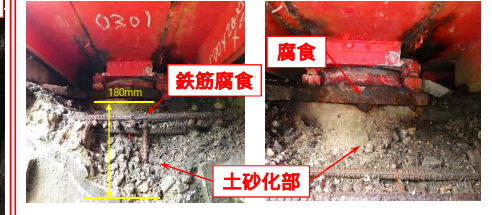
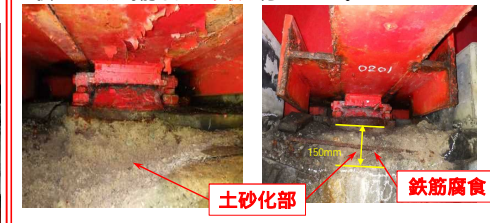
○損傷状況(凍害によるコンクリートの土砂化)

株式会社エイト日本技術開発

①橋台躯体のコンクリート表面全体に**スケーリング**が生じている。



②支承前面の橋座が**土砂化**している。土砂化の一部は素手で掘ることが可能なほど**砂状**と化していた。



○所見および詳細調査の必要性

【橋座に求められる性能】

橋座は上部工からの作用力を支承を通して受ける箇所であり、桁かかり長の確保と所定の地震時耐力を保有する必要がある重要部材である。著しく土砂化しており、現地点検の結果、土砂化は支承前面の橋座へ及んでいる。

橋座の補修は、損傷要因を確定し、再劣化を防止することが重要

損傷程度とその範囲の評価、原因究明のための健全度調査を実施

○コンクリートの品質調査

- ・圧縮強度試験
- ・中性化試験
- ・塩化物含有量試験

○配筋状態調査

- ・鉄筋の種類、径、かぶり厚さ
- ・腐食度調査
- ・配筋状況の把握

○調査位置図および調査項目・頻度

調査・試験項目	調査目的	調査方法	調査数量
現地調査	コンクリートの圧縮強度、塩化物イオン含有量、中性化深さ確認	電磁波レーダにより配筋状況（鉄筋間隔、かぶり厚さ等）を探索して既設鉄筋を切断しないようにコア採取位置を決める。	コア：3本
コア削孔	橋台前面からの塩化物イオン流入量の測定を目的とする。	ダイヤモンドコアドリルで、75×500mmを採取する。（鉄筋間隔により径を定める）	
はつり調査	鉄筋の種類、径、かぶり厚さの測定と鉄筋の腐食状況を目視観察する。	電動ビックを用いて主鉄筋及び配筋が確認できるまでコンクリートをはつる。範囲（30cm×30cm×10cm～15cm/箇所）	1箇所
鉄筋探査	配筋状況（鉄筋間隔、かぶり厚さ）を把握して既存資料との照査資料とする。	電磁波レーダ法（RCレーダ）により配筋状況（鉄筋間隔、鉄筋のかぶり厚さを測定する。（測定範囲（1m×1m/箇所）	3箇所
塩化物イオン含有量試験（ドリル粉採取）	コンクリート中の塩化物イオン含有量を間接的に確認する。橋台上面からの塩化物イオン流入量の測定を目的とする。	電動ドリルを用いて深度方向に100mmφでコンクリート粉を採取する。深さ90cmまで採取する。	2箇所

○調査結果

コア外観観察

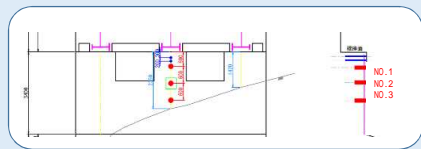
深度方向によるコンクリート自体の劣化は確認されなかった。
(豆板、ひびわれ、不純物は認められない)



No.1

No.2

No.3

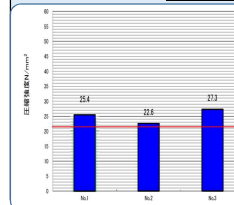


○調査結果

・圧縮強度試験

すべての供試体の圧縮強度が推定設計基準強度（21N/mm²）以上あり、強度に問題はない。一般的には、水セメント比の大きいコンクリートでは凍害により圧縮強度の低下を生じる場合があるが、本橋台については健全と判定。

調査部材	コア名称	見掛け密度 (g/cm ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	平均圧縮強度 (N/mm ²)	設計基準強度 (N/mm ²)
A1橋台	No.1	2.28	25.4	25.1	(21.0)
	No.2	2.22	22.6		
	No.3	2.25	27.3		



表解4-5 コンクリートコアの圧縮強度の評価

圧縮強度	評価
すべての供試体の圧縮強度が設計基準強度以上である場合	健全である
圧縮強度が設計基準強度を下回っている供試体もあるが、すべての供試体の圧縮強度が設計基準強度の80%以上である場合	構造上の問題は無いと判断してよい
圧縮強度が設計基準強度の80%を下回っている供試体がある場合	構造上の検討も必要である

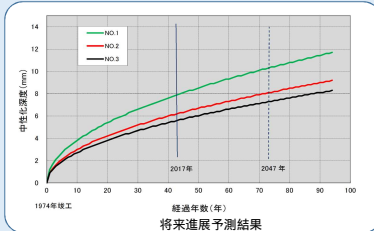
出典：非破壊試験を用いたコンクリート構造物の健全度診断マニュアル 独立行政法人土木研究所

○調査結果

・中性化試験

中性化は現時点で鉄筋位置に達しておらず（鉄筋位置まで10mm以上の余裕あり）、vt法による進行予測においても、30年後に中性化深さの進展は2.4mm～1.7mm程度のため、**特段問題とならない。**

コア名称	中性化深さ (mm)		表面に近い鉄筋のかぶり深さ (mm)
	最大値	平均値	
NO.1	10.0	7.9	25
NO.2	10.5	6.2	25
NO.3	7.5	5.6	25



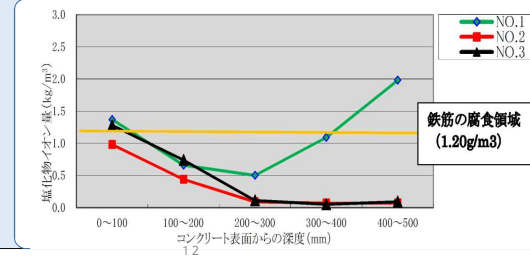
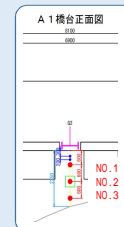
○調査結果

・塩化物含有量調査（コア）

塩化物イオン量は最大約1.98kg/m³が検出され、一般的な発錆限界イオン濃度である1.2kg/m³を超える。

今回の調査において、塩化物イオン量の測定は、**豎壁前面鉄筋位置（深度100mm程度）の範囲で鉄筋の発生限界イオン濃度1.2kg/m³程度あり、腐食領域にあると判断した。**

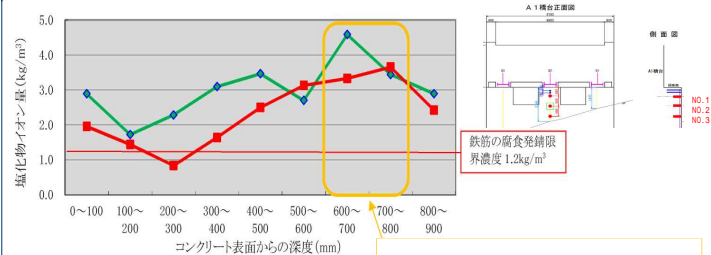
また、NO.1の深度500mmの領域では、塩化物イオン量1.98kg/m³を示しており、後述の『塩化物含有量試験（ドリル法）』に示す結果と勘案して、**橋座面から内部への塩分浸透が推定される。**ただしNO.2では同深度で塩化物イオン量が0.07kg/m³であるため、橋座面からの塩分浸透深さはおおむね1mと推定される。



○調査結果

・塩化物含有量試験（ドリル法）

橋座付近は全域で高いイオン濃度を示し、**橋座面からの塩分浸入を裏付けるとともに、橋座の脆弱化が進んでいることが想定される**（橋台豎壁表面から600mm～800mm程度で一番高い塩分量を示していることから、支承のアンカーボルトを伝って雨水等が流入し、コンクリート内部の劣化を促進させていると思われる）。



塩化物イオン濃度の最大値を示す範囲
→支承が設置されている直下付近

○調査結果

・はつり調査

はつり調査結果を下表に示す。

腐食は部分的であり、軽微であると判断される。前述までの塩化物イオン量に関する処置、剥離・鉄筋露出・うきの補修を行う際に防錆処理を施すことで豎壁前面については損傷進展を抑えることが可能。

調査箇所	鉄筋のかぶり (mm)	鉄筋径	腐食度	鉄筋の状態 (腐食状況)
A 1 橋台	縦鉄筋	25	12.32mm(D13)	部分的に腐食が見られるが軽微である。
	横鉄筋	40	12.95mm(D13)	



原因究明と評価

株式会社エイト日本技術開発

【架橋環境、橋梁構造における劣化要因】

- 当該橋梁は積寒地域にあり、**冬季は氷点下10程度**まで気温が低下し、年間の凍結防止剤散布量は**29.0t/km**と非常に多い。
- 伸縮装置は**排水型（垂れ流し）**構造であった。
- 縦断勾配は終点→起点へ、横断勾配はG1主桁→G3主桁へと傾斜しており、凍結防止剤を含んだ雨水が起点(A1)側（特にG3主桁側）に集中する状態であり、また豎壁前面部には変位制限構造と推定されるRC壁が主桁間を塞ぐように設置されており、**橋座部に雨水が滞水しやすい状態**であった。

【調査結果】

- コア観察** 豆板・ひびわれ等は確認されず、コンクリートの劣化は確認されない。
- 圧縮強度** 凍害等においてみられる強度低下は確認されない。
- 中性化** 中性化深さは鉄筋位置に対し十分に余裕がある。
- 塩化物イオン** 橋座：天端より600mm程度までは発錆限界濃度1.2kg/m3を超える。
豎壁：前面より100mmまで(かぶり範囲)は一部で1.2kg/m3を超える。
- はつり調査** うき、剥離鉄筋露出のない箇所での鉄筋腐食は軽微。
- 土砂化** 支承部前面の橋座部の**土砂化深さは最大180mm**。一部では素手で掘ることが可能なほど砂状と化していた。

15

原因究明と評価

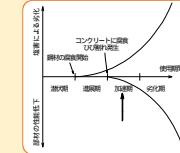
株式会社エイト日本技術開発

これらを踏まえ、**A1橋台における主たる損傷要因は伸縮装置(排水型)からの塩分を含む雨水等が橋座面へ滞水し、凍害によるコンクリート結合材の脆弱化(土砂化)が生じ、この結果塩分がコンクリート内部へ浸透し鉄筋を腐食膨張させ、ひびわれや剥離が発生(塩害)**、さらにそのひびわれ等に雨水が浸透し、**凍害が進展**するという**凍害と塩害の複合的、相乗的な劣化の進行**により現在の状態に至ったものと評価。

【対策の必要性】

コンクリートの土砂化は、一部で支承前面まで及んでおり、**支持耐力の低下が懸念された。**『H26.6橋梁定期点検要領(国土交通省)』による**健全性の診断区分**：
(対策区分：C2)「**道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。**」に該当。
また、塩害劣化の程度・進展速度を示すグレードについては『**コンクリート診断技術IC1**』の指標に基づき推定すると、橋座面において「**加速期前期～加速期後期**」に相当。

検査項目	検査結果	評価	補修要否
コンクリート強度	28.0	良好	不要
鉄筋位置	設計位置	良好	不要
鉄筋径	設計径	良好	不要
鉄筋保護層厚	設計厚	良好	不要
鉄筋腐食	軽微	良好	不要
鉄筋露出	なし	良好	不要
鉄筋剥離	なし	良好	不要
鉄筋切断	なし	良好	不要
鉄筋歪み	なし	良好	不要
鉄筋変位	なし	良好	不要
鉄筋断面積減少	なし	良好	不要
鉄筋腐食率	0.0	良好	不要



よって、早期の対策が必要！

16

対策について

株式会社エイト日本技術開発

【対策方針】

構造物の性能回復 土砂化した部分の打替え。剥離・鉄筋露出部の断面修復。

+

劣化要因の排除 伸縮装置からの漏水を防止し、劣化因子を遮断。

+

予防保全対策 表面保護工(含浸材)により、水・塩分等の浸透を抑制。

17

対策について

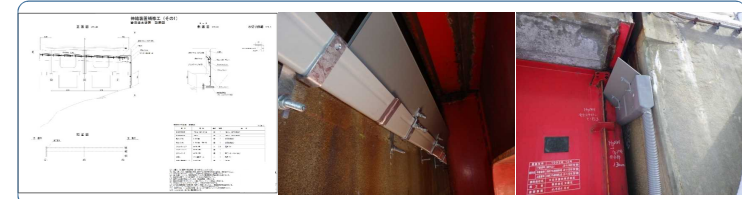
株式会社エイト日本技術開発

対策については、現状維持を目的とした**【応急対策】**と長寿命化計画に基づく**【恒久対策】**について検討した。

応急対策：選定条件

- ①恒久対策を実施するまでの期間、現状維持を保つ工法。
- ②早急に対応が可能である工法。
- ③応急対策であり、より経済性に優れた工法であること。

【劣化要因の排除】伸縮装置の止水対策として**簡易排水樋設置**を採用



18

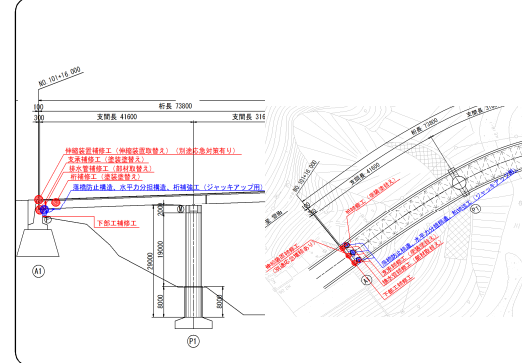
○対策について

恒久対策：選定条件
 橋台橋座部の性能回復
 漏水、湿潤環境という損傷原因の排除
 滞水の原因となっているRC壁の撤去
 RC壁の撤去に伴う水平力分担構造の追加 (機能回復) [参考]



①～④を踏まえ、恒久対策を検討

○対策について



【補修設計工種】
 伸縮装置取替え
 (全箇所A1,P2,A2)
 支承補修工
 (第1径間A1橋台)
 桁補修工
 (第1径間A1橋台周囲)
 排水管補修工
 (第1径間A1橋台周囲)
**下部工補修工
 (A1橋台)**

補修工数量表

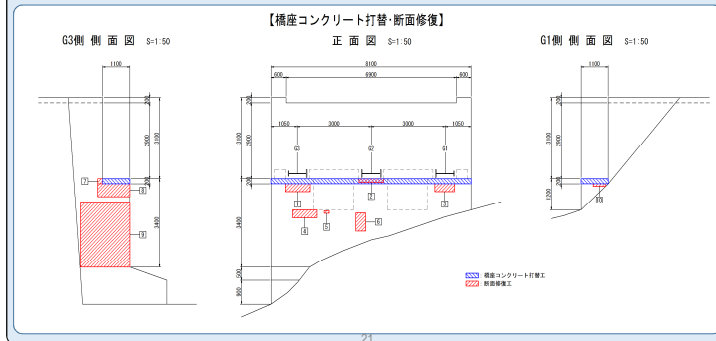
工種	種別	単位	数量	備考	1式単位
新設工	改修取替え	箇所	1	A1橋台折損補修	
下部工補修工	新設取替	基	1	A1橋台 (橋脚) 打替	
伸縮装置補修工	伸縮装置取替	箇所	2	A1径間の橋脚 (1箇所は折損箇所が有り)	
支承補修工	支承取替え	基	2	A1橋台 (寄着部モルタル剥離有り)	
排水管補修工	部材取替	箇所	2	A1橋台	

補修工数量表

工種	種別	単位	数量	備考	1式単位
伸縮装置補修工	伸縮装置取替	箇所	1	A1	
排水管補修工	排水管取替	箇所	1	A1	

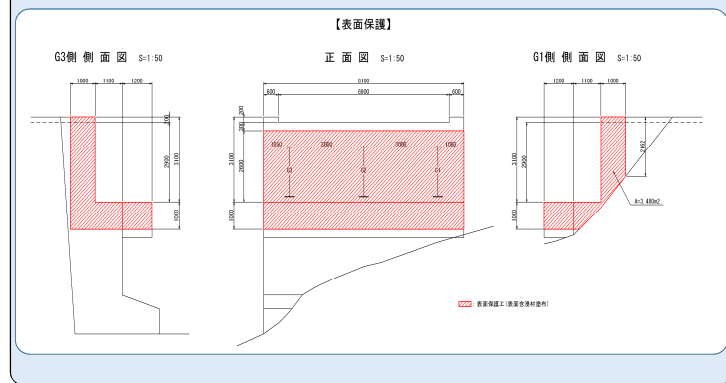
○対策について

【恒久対策：下部工補修について】
 ① 躯体表面のうき、剥離・鉄筋露出については、一般的な断面修復を実施。
 ② 橋座の土砂化範囲(天端より180mm)を含む天端より200mmの範囲は打替え実施。
 既設鉄筋は防錆処理を実施。
 土砂化は広範囲に亘り、鉄筋の腐食が確認され、橋座の長期的な耐力確保が必要のため。



○対策について

【恒久対策：下部工補修について】
 ③ 予防保全対策として、橋座周囲は表層部を緻密化し、塩分浸入の抑制を期待できる表面保護工として含浸材を塗布。



○まとめ

- ・今回、**雪寒地域における特有損傷**として橋台橋座部における損傷の一事例を紹介した。
- ・雪寒地域に限らず桁端部からの漏水に起因する劣化は多いが、この地域ではその劣化の進行は、**凍害・塩害の複合的な作用により速い**。→**予防保全が重要**
- ・劣化要因の排除として、**伸縮装置に樋を設置（応急対策）**した後、恒久対策として**非排水型伸縮装置への取替え**を実施した。
- ・**橋台部の性能を回復**するため、**部分打替え（橋台部）**および**断面修復**を実施した。

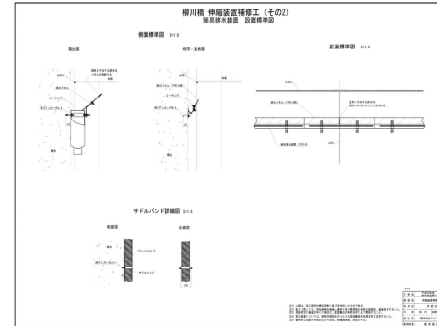
【今後の課題】

調査の結果では、橋座面から深さおよそ1.0m程度塩分の浸透が認められており、打替え後、一部に劣化因子を内在している状態である。これは供用中の橋梁であり、施工時の安全性等を考慮した結果、打替え部は土砂化部の200mmが妥当と判断したものであるが、打替え施工時に支承部のアンカーボルトの腐食状態を確認し、状況に応じて塩分吸着系の防錆剤の塗布等対策を講ずる必要がある。

雪寒地域における漏水は、損傷が顕在化した時点での**早期対策が重要**

○参考資料

【応急対策】
簡易排水装置



独立研究開発法人 土木研究所 共同開発
 橋脚橋脚部 遊間部 簡易排水工法
トータク簡易排水装置 TYPE-C
 橋梁 伸縮装置の漏水は「集めて排水」
 止まらない漏水は「集めて排水」
 伸縮装置からの漏水を集排水
 コンクリート橋脚部から発生する漏水は、トータク簡易排水装置TYPE-Cに集排水することで、漏水の発生を抑制し、橋脚部を保護することができます。
 V型構造で橋の伸縮に追従
 橋脚部の伸縮に合わせてV型構造のトータク簡易排水装置TYPE-Cは伸縮に追従することで、漏水の発生を抑制し、橋脚部を保護することができます。
 狭小な遊間内部にも止水材を設布
 橋脚部の狭小な遊間内部にもトータク簡易排水装置TYPE-Cは止水材を設布することで、漏水の発生を抑制し、橋脚部を保護することができます。
 橋脚部からの安心施工
 橋脚部からの漏水は、トータク簡易排水装置TYPE-Cで集排水することで、漏水の発生を抑制し、橋脚部を保護することができます。
 寒さに強いポリエチレン製
 橋脚部からの漏水は、トータク簡易排水装置TYPE-Cで集排水することで、漏水の発生を抑制し、橋脚部を保護することができます。
 TOTAKU
 TACOMA GROUP

○参考資料

【施工要領図】

柳川橋 A1橋台補修施工要領図(参考図) S41-100

