

各種表面含浸材を用いた緩斜角橋脚の遮塩性向上に関する実験的研究

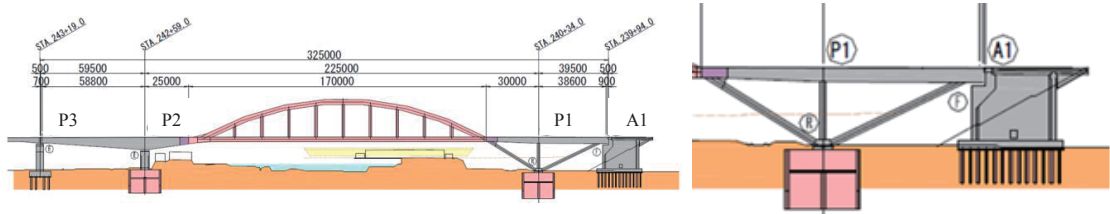
(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所
 中日本高速道路株式会社
 川田建設株式会社

博(工) ○渡邊 晋也
 正会員 野島 昭二
 正会員 遠野 利之

1. はじめに

本研究で対象とした橋梁は「朝明川橋」である。「朝明川橋」は、新名神高速道路の四日市北ジャンクションの西側に位置する橋梁である。二級河川朝明川と国道365号と交差し、河川内施設などの条件により、構造形式は図-1に示すような側径間に比べ中央支間が非常に大きい鋼・PC混合3径間連続アーチ補剛箱桁を採用している。このため、P1橋脚側では斜めの鉄筋コンクリート部材(以下、「斜材」という。)を配置して、支点上の断面力を低減する構造としている。斜材の角度は、左側(P2側)斜材で約30度、右側(A1側)斜材で約25度である。さらに、部材厚さ1.5mの断面にD51鉄筋を4段配置する必要があり、コンクリートの施工難易度が非常に高いものとなっている。本報告は、このコンクリート製橋脚について検討を行ったものである。橋脚の斜部材は、方杖ラーメン橋やV脚ラーメン橋などに用いられており、一般的な角度は60°程度である。したがって、本報告が対象としている橋脚は、非常に傾斜が緩やかなのが特徴である。

そこで、本報告は施工が困難である緩斜角橋脚の耐久性を確保することを目的として、各種表面含浸材を用いた遮塩性向上について検討を行い、その結果を取りまとめたものである。



1) 対象橋梁の全体図(朝明川橋)

2) 緩斜角橋脚(左: 30°, 右 25°)

図-1 対象となる構造物

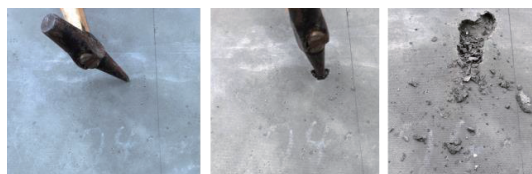
2. 研究の経緯

本研究の対象である緩斜角橋脚を施工する場合、透水性型枠を用いても気泡が抜けられない問題が生じる。気泡が型枠面に残れば凹凸が大きくなり写真-1に示すような表面になる。この表面気泡は、景観はもちろんのこと、表面気泡に埃や水滴などが留まることが想定される。コンクリート構造物で特に注意をしなければならないのが「水」による劣化促進であり、凍結防止剤散布地域では凍結防止剤による塩害と凍結融解作用による凍害などが生じる。そこで、表面気泡を少なくすることを目的として事前検討を行った。対象としたのは、型枠に貼る透水性シートである。透水性シートの評価を行ったところ、目の粗い透水性シートが最も表面気泡の発生を少なくさせることがわかった。しかしながら、表面気泡が少なくなったが、極表層部に気泡(以下、内部気泡と称す)が存在することが判明した



写真-1 表面気泡の状況

(写真-2)。この内部気泡は表層からセメントペーストで3.5mm～11mm程度の深さに存在することが確認された。したがって、外観上では、内部気泡の有無が判断できず、打音検査等により発見されるものである。実際の施工でも、この内部気泡が存在することが考えられることから、補修を施さなければならないと考えられる。しかしながら、本橋脚は、施工面積が広いために、調査・補修には多大な労力を要する。そこで、内部気泡の調査で見過ごされた場合を想定して、表面含浸材によるコンクリートの表層を改質することとした。本研究では、実際の橋脚と同じコンクリートと傾斜を設けた試験体を作製し、4種類の表面含浸材について遮塩性能を検討した。



1) 叩く前 2) 叩いている状況 3) 内部気泡

写真-2 内部気泡の状況

表-1 コンクリートの配合

水セメント比	細骨材率	セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
%		kg/m ³				
42.5	44.7	376	160	776	1010	2.256

3. 試験概要

3.1 使用したコンクリート

使用したコンクリートの配合を表-1に示す。セメントには、普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材には石灰岩 (G_{max}=20mm) を使用した。呼び強度は40としている。また、水セメント比は42.5%と低水セメント比である。

3.2 試験体寸法および施工手順

試験体外観図を図-2に示す。試験体寸法は、縦1350 mm×横1600mm×高さ200～788mmである。内部に鉄筋D22を9本設置している。角度は傾斜が緩い25°とした。表面部の型枠には透水性型枠用シートを貼り付けている。打込みは、2層に分け1リフト目は450mm (青囲い部)、2リフト目は900mm (赤囲い部) を打ち込んだ。本試験では、同一の試験体を2体作製している。

3.3 表面含浸材

使用した表面含浸材は表-2に示す4種類であり、内訳はシラン系3種類、けい酸塩系1種類である。表面含浸材の塗布箇所は、1つの試験体を3分割にし幅530mm×1350mmとした。なお、中央部の530mm×1350mmは無塗布として、表面含浸材との比較箇所とした。表面含浸材の塗布は、コンクリート打設後13週間屋外に暴露した後、施工を行った。

3.4 促進試験方法

塩化物イオン浸透試験は、一般的にJSCE-K-571および572に規定されているように、浸漬法により評価を行うが、本研究では試験体が大きいかや実環境に近い方法であると考えられる乾湿繰返しによる促進試験法を採用した。乾湿繰返しの条件としては、10%塩化ナトリウム水溶液を100ml/m²でコンクリート表面に噴霧した。なお、試験体は雨水の影響を受ける屋外に暴露して、塩水の噴霧は1週間に1回としている。

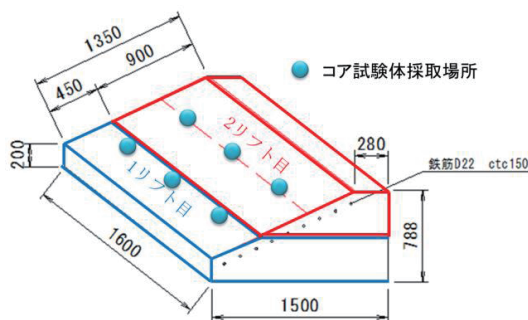


図-2 試験体の形状

表-2 使用した表面含浸材

凡例	タイプ	種類	塗布量(kg/m ²)	塗布回数	塗布方法
A	シラン系	シラン・シロキサン系	0.2	1回	刷毛
B		シラン・シロキサン系	0.2	1回	刷毛
C		シラン・シロキサン系	0.3	2回	刷毛
D	けい酸塩系	ナトリウム系	0.2	1回	刷毛

表-3 試験項目

項目	方法	測定時期
内部気泡深さ	コア試験体採取し、側面からノギスで測定	塗布後52週目
含浸深さ	JSCE-K-571	
撥水状況	目視	
自然電位	埋設した鉄筋を測定	
塩化物イオン含有量	全塩化物イオン量の測定	

3.5 試験項目

本研究では、表-3に示す試験項目を実施し、各種表面含浸材の遮塩性能を検討した。

4. 試験結果

本研究で得られた結果を以下の項目ごとに記載する。

4.1 内部気泡の深さ

コンクリートコアを採取した後、採取した場所は、各試験体ともに1リフト目上部の3箇所と2リフト目中央の3箇所とした(図-2参照)。コア側面を用いて表層から内部気泡までの最も浅い深さをノギスを用いて測定した。内部気泡の状況を写真-3に示す。測定した内部気泡は49個である。図-3に内部気泡の発生深さを頻度分布で表したものを示す。その結果、6~8mmに集中していることが判明した。この結果から、透水性型枠を用いることで、コンクリート表層から約8mm以内に気泡が存在していることが判明した。

4.2 含浸深さ

シラン系含浸材を用いた試験体について、表面含浸材の浸透深さをJSCE-K-571に準拠し測定を行った結果を表-4に示す。また、本試験で用いたシラン系含浸材のカタログ値も併記する。測定の結果、全ての試験体で含浸していないことが判明した。この理由としては、本試験で用いたコンクリートは低水セメント比と透水性型枠を用いていることから、表層部が非常に緻密になっていると考えられる。したがって、一般的なコンクリートを用いた場合の含浸深さと比べて含浸しない結果となったことが考えられる。

4.3 撥水状況

表面含浸材を塗布してから52週目の撥水状況を表-5に示す。写真からもわかるように凡例Cのシラン系含浸材の撥水効果が著しく良いことがわかった。また、凡例Aのシラン系含浸材の撥水効果は消失し、凡例Bのシラン系含浸材は若干の撥水効果が確認された。また、けい酸塩系(凡例D)は無塗布と同様の状態であった。

4.4 自然電位

自然電位は銀塩化銀比較電極を用いて計測を行った。計測は、塗布前(0日)、28日、161日

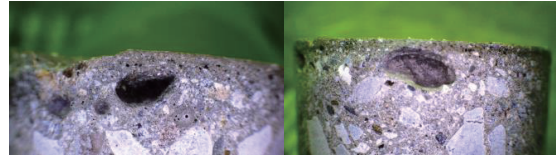


写真-3 内部気泡の発生状況

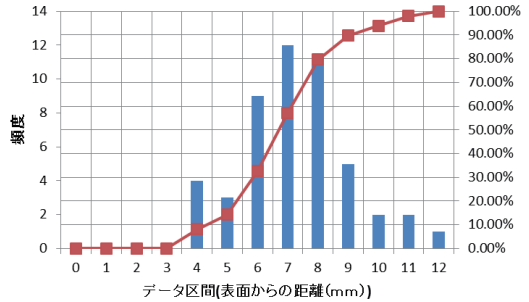


図-3 内部気泡の発生深さ(表面からの距離)

表-4 シラン系含浸材の含浸深さ

	凡例		
	A	B	C
含浸深さ (mm)	0.0	0.0	0.0
カタログ値 (mm)	6.0	6.2	7.6

表-5 撥水状況

	散水前	散水後
無塗布		
凡例A (シラン系)		
凡例B (シラン系)		
凡例C (シラン系)		
凡例D (けい酸塩系)		

および365日とし、試験体中央の位置にある下から5段目の鉄筋を対象とした。測定は10mm間隔で測定し、測定結果については、他材料の影響を排除するために、表面含浸材を塗布した範囲の中央から両サイドへ150mm (合計300mm (30測点)) の区間で得られた結果を平均している。測定結果を図-4に示す。全ての試験体で鉄筋の腐食は生じていない傾向であることがわかる。この理由としては、前述したように、低水セメント比と透水性型枠を用いたことが要因として考えられる。ただし、無塗布とけい酸塩系含浸材については、暴露期間が長くなるにつれて、自然電位が卑になる傾向が確認された。また、シラン系含浸材を塗布した箇所については、電位が貴になる傾向が確認された。この理由としては、シラン層が水の浸透を抑制し、コンクリートが乾燥状態になっている可能性があると考えられる。

4.5 塩化物イオン含有量

塩化物イオン含有量の測定結果を図-5に示す。

測定は0-10mm, 10-20mmおよび20-30mmの3断面としている。その結果、無塗布とけい酸塩系の塩化物イオン含有量はほぼ同等であることが判明した。また、シラン系についても、撥水効果がある凡例Cと撥水効果が若干残っている凡例Bの塩化物イオン含有量が同等になった。一方で、撥水効果が消失していた凡例Aについては、表層部で塩化物イオン含有量が他のシラン系と比較して多くなる結果となった。本試験体は、コンクリート表層が非常に緻密なため、含浸材が内部に浸透しなかったという特異なケースではあるが、撥水効果が塩化物イオンの浸透量に大きな影響を及ぼすことが判明した。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 緩斜角橋脚の施工では、透水性型枠を使用しても、表面気泡が生じる。ただし、目の粗い透水性型枠を使用したら、表面気泡が減少するが、内部気泡の発生までは低減できないことが判明した。
- 2) 塗布後1年後に撥水効果を確認したところ、撥水効果が消失した含浸材が存在した。
- 3) 塩化物イオン含有量を測定した結果、無塗布とけい酸塩系含浸材では塩化物イオンの浸透状況に違いが見受けられなかった。一方で、シラン系含浸材の場合、撥水効果が消失したものは撥水効果が消失していないものと比較すると、塩化物イオンの浸透が大きくなる結果となった。
- 4) 内部気泡があるコンクリートでは、塩化物イオンの浸透速度は速くなることが考えられることから、できる限り塩化物イオンを付着させないことが重要となる。本報告で対象としたコンクリートは、表層部が緻密であることから、含浸材が内部に浸透しない条件であった。このことから、本研究では、撥水性が遮塩性能に大きく影響を及ぼしたものと考えられる。

参考文献

- 1) 渡辺 遼太・渡辺 健・橋本 親典・井上 裕史：表面気泡抜き取り装置を用いたかぶりコンクリートの締固め効果に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 1, pp. 1651-1656, 2009. 7

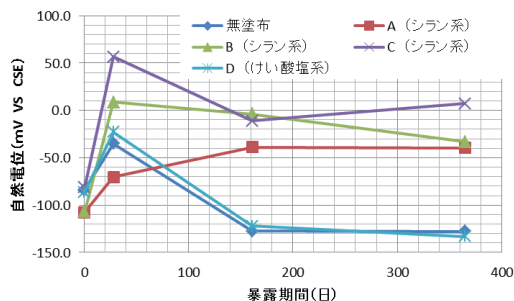


図-4 自然電位の変化

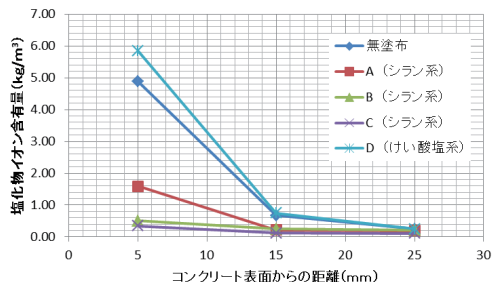


図-5 塩化物イオン含有量