

降雪地域における鉄筋コンクリート構造物の診断と対策

東日本旅客鉄道（株）	正会員	水野光一朗
東日本旅客鉄道（株）	正会員	茂木 初邦
東日本旅客鉄道（株）		和泉 勝久
（株）JRSE		水野 清

1. 本研究の目的

東北地方をはじめとする降雪地域では、工場製作のコンクリート部材で構成される乗降場において多くの変状が確認されている。これらの変状は列車の運行には支障がないものの、その外観から通常的环境では起こり難い変状であった。変状が確認された乗降場においては、ホーム上の融雪や水分の凍結の防止を目的として、融雪剤の散布が行われており、近年社会的な問題となっている複合劣化が懸念された。そのため、詳細な調査にもとづく健全度の把握、さらには変状に応じた対策が必要であると判断した。

本報告では、特異な変状を有するコンクリート構造物の性能診断、およびその結果にもとづく対策について述べる。また、劣化メカニズムについても考察を加えた。

2. 対象とした乗降場の性能診断

本研究の対象は経年 20 年程度の乗降場である。目視による外観検査では、雨水の影響を受ける接合部でのエフロッセンスのほか、スケーリングなどの凍害特有の変状等が確認された。これらの変状と融雪剤の散布という使用条件とを併せて考えると、複合的な変状のさらなる進行が懸念されたため、劣化メカニズムの推定や変状程度の定量的な把握を目的として以下の試験を実施した。

①コンクリート中の塩分量の分析、②中性化深さの測定、③シュミットハンマーを用いたコンクリートの圧縮強度の推定、④鋼材の腐食度の調査

①塩分量の分析では、a)部材の厚さが薄い（100mm 程度）乗降場の構造特性、b)採取、分析のコスト、c)列車間合いで可能な作業性、などの観点から、ドリルを用いてコンクリート粉を採取（ドリル法¹⁾、写真-1、2）し、試料の分析には蛍光 X 線分析を用いるこ



写真-1 採取に利用したドリル

写真-2 ドリル粉の採取状況

ととした。また、④腐食度の調査では、部材の下面から自然電位を計測し、さらに、別途計測した部材の表面含水率および中性化深さを用いて補正自然電位²⁾を求め、部材内部の鋼材の腐食状態を把握する方法を用いることとした。

3. 調査の結果とその考察

採取、分析した部材の塩分量を図-1に示す。これより、鉄筋の腐食限界³⁾である 1.2kg/m^3 を大幅に上回る塩分がコンクリート中に混入していることがわかった。一方、中性化深さは、 $1.1\sim 4.8\text{mm}$ とさほど進行していないことがわかった。

図-2に反発硬度から求まる圧縮強度とコンクリート中の塩分量との関係を示す。これより、両者の相関関係は低く、塩分の浸透は強度低下に直接影響をしないと考えられ、対象とした構造物においてはシュミットハンマーによる診断は難しいと思われる。

写真-3に電位の計測による鉄筋の腐食度調査の状況を、図-3には劣化した箇所での調査結果の一例を、外観の写真と併せて示す。また、表-1に鋼材の腐食の判定に用いる電位の基準値を示す。図-3より、計測した箇所においては、コンクリート版の全面にわたり鋼材の腐食が進行していること、特に水の影響を受ける端部では、鋼材の腐食が著しく進行していることがわかった。

以上より、図-3の箇所では、融雪剤の散布によっ

キーワード：複合劣化 融雪剤 ドリル法 補正自然電位 塩分吸着剤

連絡先：〒330-9555 埼玉県さいたま市大宮区錦町 434-4 Tel 048-642-7406

〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 Tel 042-501-2648

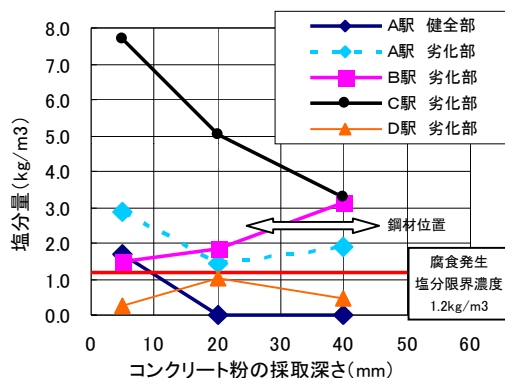


図-1 コンクリート中の塩分量

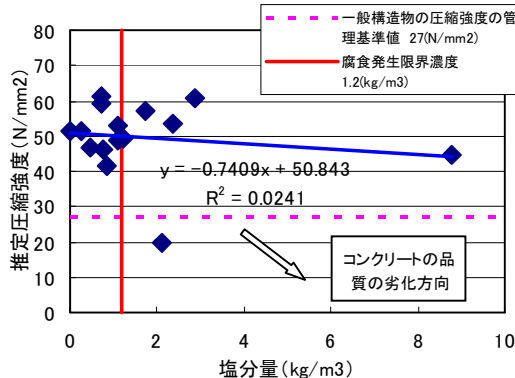
図-2 反発硬度による推定圧縮強度と
コンクリート表面付近の塩分量の関係

写真-3 腐食度調査の概況

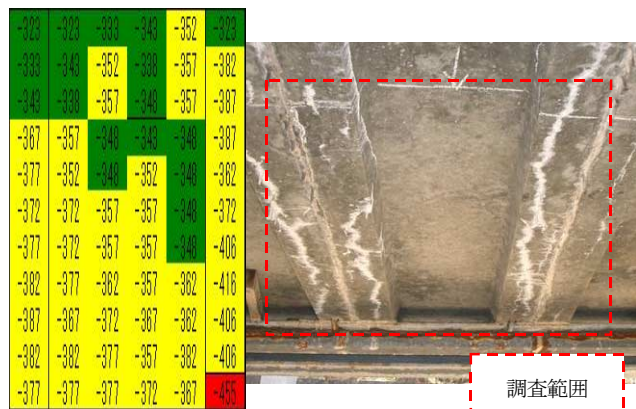


図-3 腐食度調査の結果の一例 (RC版 腐食度Ⅲ)

表-1 補正自然電位と鋼材の腐食の関係

腐食度	電位E(mV)	腐食の状態
I	$-250 \leq E$	なし
II	$-350 \leq E < -250$	表面のわずかな点錆
III	$-450 \leq E < -350$	薄い浮きが広がっている
IV	$E \leq -450$	膨張性の錆が広がっている

※図中の表示：腐食度Ⅰ：青，Ⅱ：緑，Ⅲ：黄，Ⅳ：赤

て凍害および塩害が複合的に進行しており、変状程度に応じた対策が必要であると診断した。

また、上記の結果より、乗降場を構成する部材が複合的に劣化した主な要因は、以下の2点と考えられる。
①日本工業規格 JIS では、出荷規格として圧縮強度 σ'_{ck} (60N/mm^2) のみを規定しているため、凍結融解作用に対する抵抗性に大きな影響を与える空気量が不足する傾向にある。②乗降場を構成する部材は、その形状から JIS のコンクリート矢板を転用したものと考えられ、端部の凹部が集水形状になり、構造上の弱点となっている。

4. 変状に応じた対策

鋼材の腐食度調査の結果、損傷の進行が確認された箇所では、融雪剤の散布による塩分という変状の原因にもとづいた対策が必要と考えられる。現在、塩害を受けるコンクリート構造物への対策工法として、電気防食や、ポリマーセメントモルタルによる断面修復、あるいは部材の交換などが実施されている。今回対象とした箇所では、①鋼材の腐食の程度、②対費用効果、③上載の支障物との兼ね合い、④施工性能などの観点から、モルタルによる断面修復を行うこととした。今回の対策では、施工法は従来と同じであるが、鋼材の

防錆材にイオン交換反応によって有害な塩化物イオンを吸着できる材料を選定した。さらに、融雪剤の継続的な散布を想定して、断面修復材にも塩分を表面で捉えられる材料を使用して、鋼材の劣化を二重に遮断できるようにした。また、冬季での施工であり、初期凍害が懸念されたため、温水による練り混ぜと、保温養生を実施した。

5. まとめ

本報告では、融雪剤の散布が行われている構造物に対してドリル法による試料の採取とその分析、ならびに鋼材の腐食度調査を実施して、特異な変状を定量的に診断した。今後は、本報告で実施した各種試験のサンプル数を増やすとともに、これらの結果と既設構造物の維持管理を行う上での有用となる目視による診断との相関関係について考察を加え、維持管理の診断基準を策定していく所存である。

参考文献：1) 東川ら：ドリルを用いた塩分量簡易測定法の実構造物への適用に関する研究，コンクリート工学年次論文集 Vol25，2003 年 2) 立松ら：塩害による鉄筋腐食の診断と抑制に関する研究，コンクリート工学論文集 Vol11，2000 年 3)コンクリート標準示方書（維持管理編，2001 年制定）