

大規模更新への高耐久プレキャストPC床版の研究開発と社会実装

The Research Development and Practical Use of Highly Durable Precast Prestressed Concrete Slab in Renewal of Deteriorated Highway Bridges

金沢大学 理工研究域環境デザイン学系

Kanazawa University, College of Science and Engineering,
Department of Environmental Design

教授

鳥居 和之
Kazuyuki TORII



はじめに

NEXCOの大規模更新・修繕事業により、北陸自動車道路の2橋梁（早月川橋梁、日野川橋梁）のRC床版取替えが2016年9月に実施される。首都高速道路や阪神高速道路では、RC床版の主要な劣化原因が疲労とされるが、地方道路橋では、大型車の交通量が少なく、疲労が直接の劣化原因になることが少ない。その一方で、北陸地方などの積雪寒冷地では、凍結防止剤（NaCl）が多量に散布されてきたために、アルカリシリカ反応（ASR）と塩害による鋼材腐食、さらに山間部では凍害が加わった形での複合的な劣化現象が発生している¹⁾。同時に、高速道路の大規模更新では、短期間の片側通行止めによる急速施工が前提となり、プレキャストPC床版の採用が決められている²⁾。近年、北陸地方では、ASRと塩害による劣化対策として、フライアッシュコンクリートの活用が地域全体にて推進されており、プレテンション式PC橋梁（石川県宮坂橋歩道橋、2014年9月）への実用化がすでに完了している³⁾。また、JST・SIPプログラムによる、北陸地方での社会実践（実装）の一環として、フライアッシュコンクリートを基準にしたプレキャストPC床版及び収縮補償型高強度膨張コンクリートの研究開発にも産官学連携で取り組んでいる。そこで本稿では、北陸地方での道路橋RC床版のASRと

塩害による複合的劣化の特徴について述べるとともに、フライアッシュコンクリートを使用した高耐久プレキャストPC床版の研究開発の経緯について紹介する。

道路橋RC床版の劣化実態調査

北陸地方には、白山や立山などからの火山系岩石（安山岩や流紋岩質溶結凝灰岩など）によるASRがほぼ地域全域で発生している。とくに、北陸自動車道路や国道156号、国道157号、国道158号などの道路橋RC床版では、近辺の河川産骨材（常願寺川、庄川、手取川、九頭竜川）が使用されたために、ASRと塩害による深刻な劣化が顕在化している（写真1）。また、白山や立山山麓の路線では、標高800mを超えるあたりから凍害による劣化も現れている。国道157号の橋梁部位ごとの塩分浸透状況を図1に示す。冬期に散布される凍結防止剤（NaCl）がコンクリートの内部にまで浸透しており、ASRと鋼材腐食とが同時に促進されている状況が確認できる。この凍結防止剤による塩分浸透は、橋梁の縦断・横断勾配との関係で、路面排水が集まるジョイントや地覆付近にてとくに顕著となる。さらに、地方道路橋では、防水工が設置されていないものも多く存在する。このような状況下にて、舗装のポットホールやひび割れへ一時的な対策（対症療法）は限界であり、コンクリートの土



写真1 RC床版の劣化状況（国道157号）

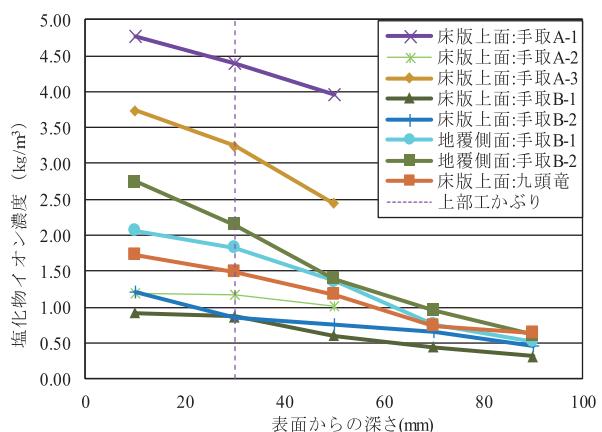


図1 橋梁各部位への塩分浸透状況（国道157号）



写真2 コンクリートの土砂化（国道158号）

砂化と鋼材の腐食がかなり進行している現状より判断すると、RC床版の取替え（根治療法）が必要である（写真2）。RC床版で一旦ASRが発生すると、拘束力のない版厚方向に膨張が卓越するので、上下の鉄筋の間に水平方向のひび割れが多数発生しており（写真3），これが急速にRC床版の耐荷力が失われる一因になっている。

高耐久プレキャストPC床版の配合設計と耐荷性の確認

本研究開発では、早強ポルトランドセメントのみ（H）と早強ポルトランドセメントの15%をフライアッシュで置換した試験体（H+FA）を作製し、プレキャストPC床版の曲げ及びせん断試験により耐荷性を比較検討した。使用したフライアッシュは北陸電力七尾大田火力発電所産の、分級フライアッシュ（平均粒径： $7 \mu\text{m}$ ）である。このような分級フライアッシュをコンクリートに混和すると、高い反応性の骨材（常願寺川産砂利）に対してもASRを完全に抑制できるとともに、コンクリートへの塩分浸透が $1/3 \sim 1/4$ に低減できることが実験により確認されている⁴⁾。プレキャストPC床版（設計基準強

度 50N/mm^2 ）の配合を表1に示す。（H+FA）試験体は、プレストレス導入時（16h）の強度を得るために、水結合材比をH試験体より3%程度小さくした。実物大のプレキャストPC床版は、主鉄筋方向4000mm、配力鉄筋方向1750mm、厚さ240mmの寸法である。なお、鋼材はD13（主鉄筋方向）とD19（配力鉄筋方向）であり、PC鋼材はPC鋼より線SWPR7BL（1S15.2）を上下それぞれ5本ずつに配置し、1本あたり 189.8kN の緊張力でプレストレスを導入した。PC工場にて蒸気養生（ $15^\circ\text{C}/\text{h}$ で温度上昇）を 50°C で5時間実施後に、載荷試験時（材齢5ヶ月）まで屋外暴露した。この際に、初期材齢ではH試験体が若干高い強度を示したが、長期材齢ではフライアッシュのポゾラン反応により（H+FA）試験体の強度が上回った。

プレキャストPC床版の押抜き載荷試験の外観を写真4に示す。本大型載荷試験装置は金沢大学構内でSIPにより2015年3月に設置されたものである。押抜きせん断載荷試験は等方性版となるようにせん断支間と床版幅が1対1の2辺支持とし、破壊荷重相当となる力をPC鋼棒を片側5本ずつ試験体に貫通させて緊張力を与えた。押抜きせん断載荷（載荷板： $200 \times 500\text{mm}$ ）における載荷荷重と載荷点下面での鉛直変位の関係を図2に示す。最終的なせん断耐力は、（H+FA）試験体で 1467kN 、H試験体で 1381kN となり、（H+FA）試験体が約6%増大した。これには、（H+FA）試験体の長期強度の増加が影響している。これらの結果から、これまでのH試験体に比べて（H+FA）試験体は同等またはそれ以上のせん断耐力があることを実証できた。PC床版のせん断耐力を評価した研究⁵⁾から、載荷試験時の両試験体の実圧縮強度で計算すると、せん断耐力はそれぞれ 1328kN （H）と 1343kN （H+FA）となり、理論値と同等以上のせん断耐力を有していることも明らかになった。



写真3 RC床版及びコアの水平方向ひび割れ（左：RC床版、右：コア）



表1 プレキャストPC床版の配合(H及びH+FA試験体)

種別	粗骨材の最大寸法(cm)	スランプ(cm)	水結合材比(%)	空気量(%)	単位量(kg/m ³)				
					水W	結合材		細骨材S	粗骨材G
セメントC	混和材FA								
H	20	12±2.5	38.7	4.5±1.5	150	388	—	816	950
H+FA	20	18±2.5	34.8	4.5±1.5	150	366	65	758	957



写真4 プレキャストPC床版の押抜き載荷試験の外観

おわりに

JST・SIPプログラムによる社会インフラの維持管理・更新の事業化では、「コストの縮減」、「建設作業者の不足」、「工期の短縮」を、地方独自の発想により解決策を見いだすことが求められている。このため、北陸地方では、「地産地消」と「環境負荷低減」を踏まえて、「フライアッシュコンクリートの活用による構造物の長寿命化」と「コンクリート部材のプレキャスト化による施工の合理化」を目標に、プロジェクトを推進してきた。これには、産官学連携による「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会」の研究成果⁴⁾が大いに役立っている。一方、フライアッシュコンクリートを使用したPC橋梁の開発実績に関しては、プレテンション式PC桁の架設がすでに実施され、さらに2016年度中にはポストテンション式PC桁が石川県で架設される予定である。これにより、2017年から工事が本格化する北陸新幹線敦賀延伸工事での「フライアッシュコンクリートの標準化」がますます現実味をおびてきた。一方、プレキャストPC床版による大規模更新事業での実績に関しては、全国に先駆けての採用が相次いで決定しており、北陸電力・富山LNG火力発電所の桟橋建設工事（塩害（海水）対策、2016年6月実

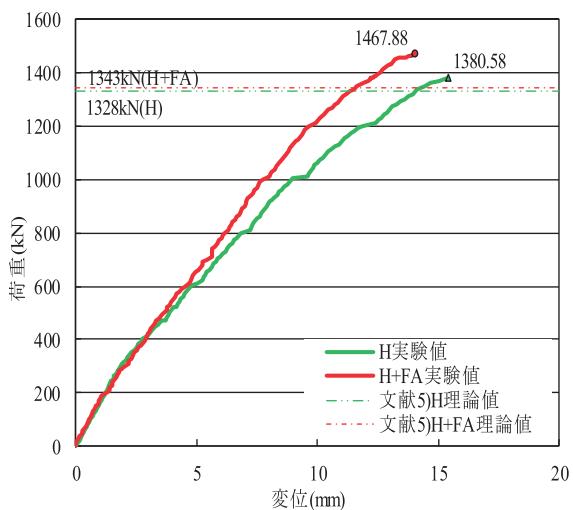


図2 押抜きせん断試験における荷重と変位の関係

施設）での施工実績を引き次いで、北陸自動車道路早月川橋梁更新工事（塩害及びASR対策、2016年9月実施予定）、北陸自動車道路日野川橋梁更新工事（2016年10月実施予定）での施工が予定されている。

参考文献

- 前島拓、子田康弘、岩城一郎 他5名：アルカリシリカ反応が道路橋RC床版の耐疲労性に及ぼす影響、土木学会論文集E2, Vol.72, No.2, pp.126-145, 2016.
- プレストレスコンクリート工学会：更新用プレキャストPC床版技術指針、2016.
- 山村智、桜田道博、小林和弘、鳥居和之：フライアッシュコンクリートのPC橋梁への適用に関する実用化研究、プレストレスコンクリート、Vol.57, No.5, pp.46-53, 2015.
- 北陸電力株式会社：北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会 報告書（富山・石川・福井）、2013.
- 奥村征史、浜田純夫、松尾栄治、野村貞広：PC床版の押抜きせん断耐力評価式に関する一考察、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21, No.3, pp.559-564, 1999.