

東北地方における鉄道橋りょうのアルカリ骨材反応の調査

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○内藤 孝和
東日本旅客鉄道株式会社 佐々木 勝法

1. はじめに

これまでアルカリ骨材反応(AAR)は関西・中国・北陸・九州等で多く報告されていた。したがって東北地方の太平洋側の地域では、アルカリ骨材反応が存在しないと思われていた。しかし経年約80年の鉄道橋りょうの橋脚に現れていた無数のひび割れを詳細調査した結果、劣化要因がアルカリ骨材反応と凍害の複合劣化によるものと判明した(写真1)。本報告では、アルカリ骨材反応の発生事例の報告がない地域で発見された橋りょうの調査結果を紹介する。



写真1 橋脚側面のひび割れ

2. ひび割れ調査および原因

2.1 調査計画

本橋りょうの全ての橋脚に無数のひび割れが見られた。中には橋脚端部でひび割れ幅が最大10mm程度に開口しているものもあった。ひび割れの特徴として、亀甲状ひび割れが多いこと等からアルカリ骨材反応の可能性が高いため、詳細調査及び試験を行った。

2.2 現地調査結果

橋脚内部の調査と分析試料に供する目的でコンクリートコアを採取したが、多くのコアが途中で破断してしまった。これは無筋コンクリート橋脚の内部までひび割れが及んでいることを示す。また割裂面には白色のゲル状物質が見られ、粗骨材自体に亀裂が入っていた。湿潤状態を見るために水をコアに噴霧したところ、粗骨材周辺にアルカリ骨材反応に特有の反応環が見られた(写真2)。

本橋脚の場合、ひび割れの特徴として左右の端部では亀甲状ひび割れの形状を呈し、中央部では水平方向のひび割れが生じている傾向が確認された(図1)。

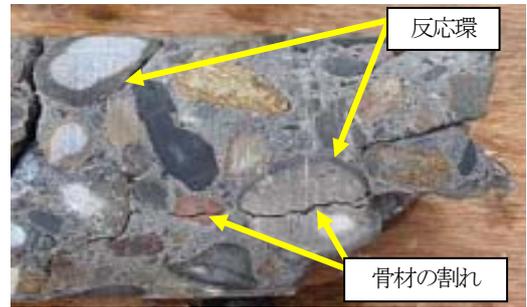


写真2 粗骨材のひび割れと反応環



図1 2P正面のひび割れトレーシング

2.3 採取コアの分析結果

本橋りょうの橋脚で採取したコアは、アルカリ骨材反応の疑いがあるため、以下の項目について分析した。

- ① SEMによるゲル確認
- ② 残存アルカリ量の測定
- ③ コンクリートコアの促進膨張試験
- ④ 骨材の鑑定

2.3.1 SEMによるゲル確認

アルカリ骨材反応に特有なアルカリシリカゲルの有無を確認するため、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて調査した(写真3)。その結果、骨材割裂面にゼリー状のアルカリシリカゲルが確認され、アルカリ骨材反応の中でもアルカリシリカ反応(ASR)であると判明した。

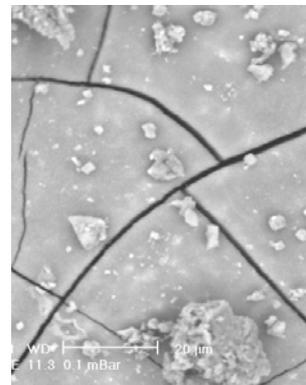


写真3 本橋りょう(9P)のコア

また、エネルギー分散型X線分析の結果、ゲルの種類としてはアルカリ(Na,K)が少なく、Caが多いアルカリ-カルシウム-シリカ型であると推察される(表1)。

キーワード 鉄道、アルカリ骨材反応、ASR、凍結融解、複合劣化

連絡先 〒020-0034 岩手県盛岡市盛岡駅前通1番41号 東日本旅客鉄道(株) 盛岡支社設備部工事課 TEL019-625-4065

表1 アルカリシリカゲルの組成

コア	2P	3P	4P	9P
SiO ₂ (%)	63.3	53.0	50.2	57.7
Na ₂ O(%)	1.05	4.24	0.52	0.88
K ₂ O(%)	2.82	3.17	1.44	0.83
CaO(%)	31.9	38.2	47.0	39.2

2.3.2 残存アルカリ量の測定

各コアのセメントペースト中に含まれるアルカリ量について、蛍光X線装置を用いて測定した。その結果、ややアルカリ量が高い箇所が認められたが、全体的に0.30%以下と非常に少なくなっていることが分かった。

2.3.3 コンクリートコアの促進膨張試験

ASRの膨張性を見るため、JCI-DD2法により6ヶ月まで促進膨張試験を行った。試験結果を図2に示す。図2に示すように、コアの膨張率は0.01%以下であり、ASRによってこれ以後有害な膨張(残存膨張)を引き起こす可能性は低いと考えられる。

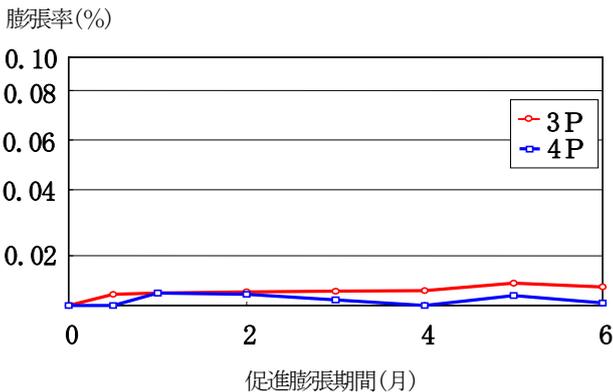


図2 コアの促進膨張試験 (JCI-DD2)

2.3.4 骨材の鑑定

各コアから採取した骨材に関して、鉱物組成を調べるために粉末X線回析分析を行った。その結果、石英を主として長石、雲母等と鉱物組成が定性的に一致することから、同一の箇所から採取された骨材であると思われる(表2)。さらにコアを目視観察した結果、粗骨材は円み

表2 各コアに含まれる粗骨材の鉱物組成

構成鉱物	コア					
	2P	2P	3P	4P	9P	9P
石英	+++	+++	+++	+++	+++	+++
長石	+	+	+	+	+	+
緑泥石	±	±	±	±	±	±
雲母	+	+	+	±	±	±
角閃石	±	±	±	±	±	±

量の目安: +++>++>+>±

を帯びた形状を示し、数種類の岩種(頁岩・砂岩・チャート・安山岩質岩石等)からなることが認められたため、河川砂利を用いたと考えられる。偏光顕微鏡を用いて観察した結果、その組織は頁岩・砂岩・チャート等が微細な石英から構成され、安山岩質岩石には火山ガラス部が含まれることが分かった。微細な石英やガラス質物質はアルカリ骨材反応を起こす可能性のある鉱物であるため、今回の変状を引き起こした反応性鉱物と考えられる。

3. まとめ

各種調査結果より、橋脚コンクリートのひび割れの発生要因としてアルカリシリカ反応(ASR)によるものと判明した。ひび割れが最大10mmまで拡大した理由としては、現地の環境条件が寒冷地であることや構造物の配置状況など、雨水の影響を受けやすいことからASRによって比較的建設初期段階で生じたひび割れに水分が浸透し、気温の低下に伴う凍結融解作用で徐々にひび割れが拡大したものと考えられる。すなわち、本橋りょうは経年約80年の内、アルカリシリカ反応によるひび割れが発生し、その後、凍結融解の繰り返しによってひび割れが拡大した複合劣化と考えられる。なお、コンクリートコアの試験結果より、残存膨張量と残存アルカリ量が少ない点から、アルカリシリカ反応は終息傾向にあると考えられる。しかし、構造物深部のASRが潜在している領域では水分が供給されることにより、凍結融解によるひび割れの更なる進展が考えられる。

なお、当該構造物への対策工として鉄筋コンクリート巻きたて工法等による補修を行った。また雨水の浸入を防ぐために、橋脚天端に防水工(ゴムアスファルト系)を塗布した。

謝辞

(財)鉄道総合技術研究所材料技術研究部には、多大なるご指導、ご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社 「コンクリート構造物に関する調査と補修の手引き (—アルカリ骨材反応—)」 昭和62年2月
- 2) 小林明夫 「最近のコンクリート構造物の変状と対策」 鉄道土木、昭和59年10月 26-10
- 3) 社団法人 日本コンクリート工学協会 「コンクリート診断技術」02 基礎編 平成17年