

V-221 地中部におけるコンクリート劣化調査例

J R西日本 鉄道本部 工事課 藤原幹男
 " 大阪構造物検査センター 上出博保
 " " 正〇 日高和利
 (株) ダイヤコンサルタント 串山純孝
 (財) 鉄道総合技術研究所 高田 潤

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化現象が近年注目を集めている。しかし、地中部については調査事例も少なく、解明されていない点が多い。今回、同一コンクリート構造物の地中部と地上部の劣化調査を行った結果について、中間報告を行うものとする。

2. 劣化状況

本調査箇所は、過去アルカリ骨材反応が発見された地区であり、高架橋の柱の下部に地中から立ち上がったと思われる縦方向に微細なひびわれが多数認められたため、地上部（柱下部）と地中部（フーチング）のコアを採取して劣化原因を調査することとした。なお、コアの採取位置および環境条件については、図-1に示すとおりである。

3. 調査内容

- 1) く体の外観目視観察
- 2) コアの目視観察
- 3) 中性化深さ試験（フェノールフタレイン溶液による）
- 4) 骨材の鑑定（偏光顕微鏡観察、粉末X線回析法）
- 5) ゲルの分析（電子顕微鏡観察、IR・ ^{13}C -分散型X線分析法）
- 6) アルカリ量及び塩素量の測定（蛍光X線分析法）
- 7) コアの促進膨張試験

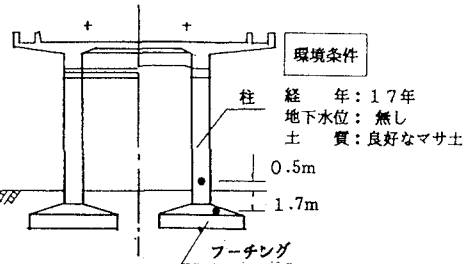


図-1 コア採取位置および環境条件

4. 調査結果

1) く体の外観目視観察結果

地中部を掘削し、地中の柱及びフーチングを観察したところ、柱下部（地上部）に認められるひびわれは地中部まで及んでいた。しかし、フーチングについてはひびわれは認められなかった。

2) コアの目視観察結果

地上柱部のひびわれを含むコアからは、ひびわれに沿って粗骨材は割裂し割裂面やその周辺に白色のゲル状物質が認められ、ひびわれを含まないコアからは一部の粗骨材に反応環が認められた。また、地中フーチングから採取したコアからは一部の粗骨材に反応環が認められた。

3) 中性化深さ試験結果

1%フェノールフタレイン溶液により各コアの中性化深さを測定した結果を表-1に示す。地上柱部から採取したコアの中性化深さは、平均13mm程度で、経年17年の構造物の標準的な中性化速度を示している。また、フーチングでは中性化は認められず、地中であるため炭酸ガスの影響を受けにくいと考えられる。

表-1 各コアの中性化深さ

部位	コア No	中性化深さ (mm)	平均値 (mm)
柱	R-1A	13, 21, 15, 10	15
	R-1B	9, 15, 10, 15	12
	R-1C	13, 15, 11, 11	13
フーチング	R-1D	極めて中性化	—
	R-1E	は小さく、	—
	R-1F	判定不能	—

4) 骨材の鑑定結果

コンクリート中の粗骨材は、その岩相からサヌカイト（古銅輝石ガラス質安山岩）および石英安山岩からなる砕石と砂岩、粘板岩からなる砂利の混合であった。これらに含まれる構成鉱物を偏光顕微鏡観察および粉末X線分析により調べたところ、サヌカイトは細粒の斜長石、古銅輝石、ガラスならびに磁鉄鉱から構成され、アルカリ骨材反応性の高いガラスが、35%から45%含まれていた。一般にガラスの部分は脱ガラス化作用を受けて、トリジマイトやクリストバライトに変わっていることが多く、アルカリ骨材反応が極めて高い物質であると言われている。なお、サヌカイトの含有率は、柱では50%程度、フーチングでは10%程度であった。

表-2 ゲルの化学分析値 (wt%)

成分	粗骨材	モルタル
SiO ₂	65.87	64.05
CaO	10.12	23.53
Na ₂ O	4.09	3.74
K ₂ O	10.26	6.09

5) ゲルの分析結果

柱（地上部）で認められた白色のゲル状物質についてSEM観察及びEDXA分析を行った結果、これらのゲルは、形態と組成（表-2）からいずれもアルカリ骨材反応に特徴的なゼリー状の生成物であることが判明した。なお、これらの生成物の認められる粗骨材は、サヌカイトおよび粘板岩と判定される骨材であった。

6) アルカリ量及び塩素量の測定結果

蛍光X線分析（鉄道総研考案）を用いた方法により、各コンクリートコアのセメント硬化体に含まれるアルカリ量及び塩素量を測定した結果は、図-2に示すとおりである。アルカリ量はいずれも高く、中性化している柱表層部ではアルカリ（Na, K）がきわだって濃縮している。また、塩分量については、セメント量が350kg/m³の標準的なコンクリートに換算すると0.56kg/m³であり、土木学会・RC示方書に示されている許容塩分量0.60kg/m³を下まわっていた。

7) コアの促進膨張試験結果

採取したコアを温度40℃、相対湿度100%の環境下で促進養生を行っている。その結果は図-3のとおりで、地上柱部から採取したコアについては養生開始時に観察されなかったゲル状物質が20日経過時点で明かに認められるようになり、アルカリ骨材反応が進行していることが明かになった。なお、フーチングについては、材令60日の段階で膨張は収束している傾向があり、反応生成物も認められていない。

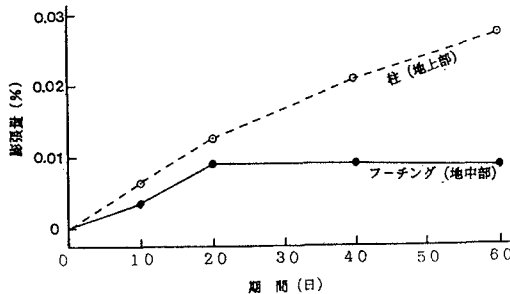


図-3 コアの膨張試験結果

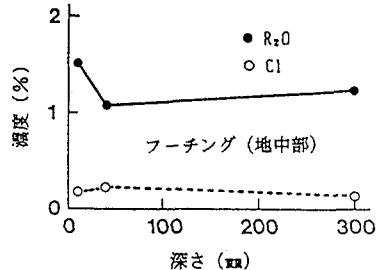
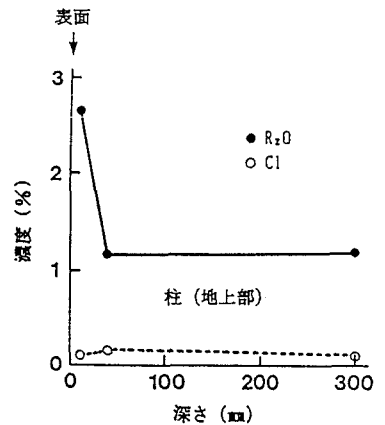


図-2 セメント硬化体中のアルカリ量および塩素量

5. まとめ

今回、調査を行った構造物の柱部（地上部）のひびわれの発生原因は、ひびわれに沿った破面にアルカリ骨材反応に特徴的な生成物が認められたことから、アルカリ骨材反応に起因するものと判定できる。柱地中部に認められるひびわれも地上部と連続しており、同様の反応を生じている可能性が極めて高い。フーチングについては、アルカリ濃度が高いにもかかわらずひびわれを生じていないのは反応性の高いサヌカイトの含有率が10%程度であること、およびコンクリート打設等の施工条件が異なっていたことが考えられ、今後更に原因の究明に努めたい。