

高架橋等からのコンクリート片剥落 に関する調査研究

石橋忠良¹・古谷時春²・浜崎直行³・鈴木博人⁴

¹フェロー会員 工博 東日本旅客鉄道株式会社 建設工事業部 構造技術センター 所長
(〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2)

²正会員 東日本旅客鉄道株式会社 東京工事業務所 東北課 課長(〒101-8612 東京都渋谷区代々木 2-2-6)

³正会員 工修 東日本旅客鉄道株式会社 東京支社 東京土木技術センター 施設技術主任
(〒151-8512 東京都千代田区外神田 1-17-4 JR 秋葉原ビル 6F)

⁴正会員 理修 東日本旅客鉄道株式会社 研究開発センター 安全研究所 副課長
(〒331-8513 埼玉県さいたま市日進町 2-0)

昨今、コンクリート構造物からのコンクリート片の剥落が社会問題となっている。

本文では、コンクリート片の剥落が生じた鉄道高架橋、架道橋、およびこ線橋（以下、高架橋等とする）のかぶり、コンクリートの中性化深さ、鉄筋腐食度などを調査し、高架橋等からのコンクリート片の剥落要因を検討した。その結果、かぶり、中性化残り、および雨水、漏水の影響が、コンクリート片の剥落および鉄筋腐食と関係の深いことがわかった。

Key Words : falling of concrete fragments, degree of steel corrosion, concrete cover, uncarbonated cover depth, rainwater and leakage of water

1. はじめに

平成 11 年 6 月、山陽新幹線の福岡トンネル坑内において、覆工コンクリートが剥落し、列車を直撃する事故が発生したのをきっかけに、コンクリート片の剥落が社会問題となった。そのため、早急なコンクリート片の剥落対策が求められている。

著者らは、鉄道高架橋、架道橋、およびこ線橋（以下、高架橋等とする）からのコンクリート片の剥落原因を把握するため、コンクリート片の剥落が生じた高架橋等において、コンクリート片の剥落に影響を及ぼすと考えられる要因について、調査を実施した¹⁾。

本文では、調査結果を基にコンクリート片の剥落とそれに影響を及ぼすと考えられる要因との関係について検討を行ったので報告する。

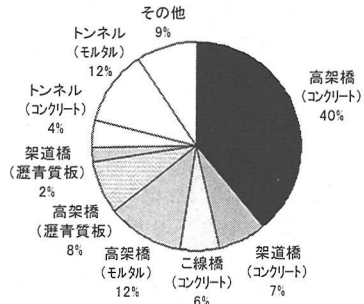


図-1 落下物の生じたコンクリート構造物の内訳

2. コンクリート構造物からの落下物

(1) 落下物の現状

JR 東日本において、平成 11 年 7 月から約 1 年半の間にコンクリート構造物からの落下物が、約 100 件報告されている。その構造物の内訳を図-1 に示す。

高架橋等からの落下物が、全体の約 7 割を占め

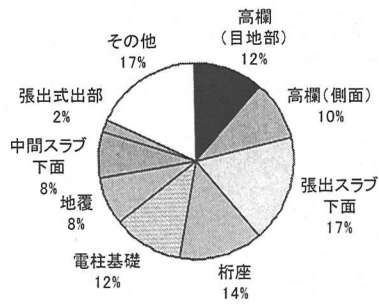


図-2 コンクリート片の落下部位の内訳

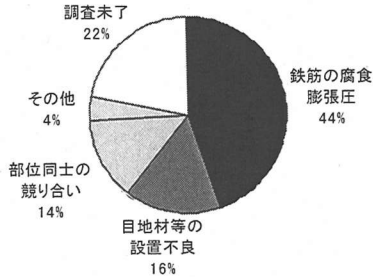


図-3 コンクリート片の落下原因の内訳

ている。また、落下物としてはコンクリート片が約 7 割、主に高架橋等の補修材として使用されているモルタルや高欄の目地材に使用されている瀝青質板が 3 割程度である。

(2) 高架橋等からのコンクリート片の落下部位

図-2 は、高架橋等からコンクリート片の落下が報告された部位の割合を調べたものである。コンクリート片の落下は、高欄、張出スラブ下面、桁座、電柱基礎、地覆の順に発生割合が大きいものとなっている。

(3) 高架橋等からのコンクリート片の落下原因

コンクリート片の落下原因の内訳を図-3 に示す。コンクリート片の落下原因は、主にかぶり不足箇所における鉄筋の腐食膨張圧によるコンクリート片の剥落であり、続いて目地材、止水板等の設置不良、部位または構造物同士の競り合い等によるひび割れの進展によるものである。それぞれの原因によるコンクリート片の剥落事例を以下に示す。

a) 鉄筋の腐食膨張圧

写真-1 は、ラーメン高架橋の地覆において、鉄筋に沿って連続的にかぶりコンクリートが剥落した状況である。これは、鉄筋の腐食膨張圧によりコンクリートにひび割れが生じ、かぶりコンクリートが剥落に至ったものと推定される。なお、この部分のかぶりは設計値 25mm に対しておおむね

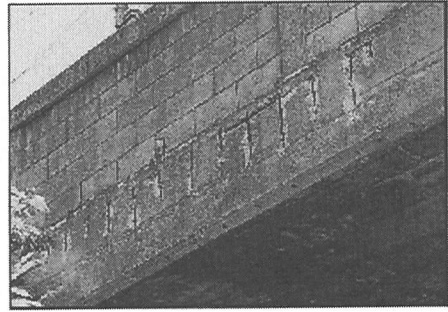


写真-1 鉄筋の腐食膨張圧

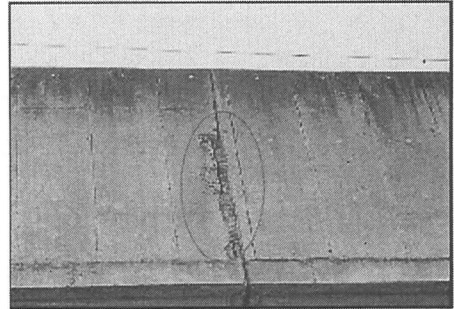


写真-2 目地材の設置不良

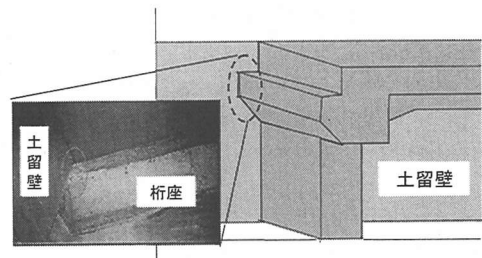


写真-3 構造物同士の競り合い

20mm 未満であった。

b) 目地材等の設置不良

写真-2 は、ラーメン高架橋の高欄の目地部においてコンクリート片が剥落した状況である。これは、高欄の絶縁目地のための目地材として使用されている瀝青質材が、施工の際、何らかの原因により、曲がった状態で設置されたため、隣り合う高欄同士の縁切れが完全ではなかった。このような状態で列車振動や高欄の温度伸縮の影響を受けたことによりひび割れが進行し、目地部周辺のコンクリート片が剥落したものと推定される。

c) 部位または構造物同士の競り合い

写真-3 は、単版桁を受けているラーメン高架橋の桁座端部のコンクリート片が剥落した状況である。この付近の鉄道構造は、複々線構造で 2 線が高架構造(下り線)、2 線が盛土構造(上り線)と

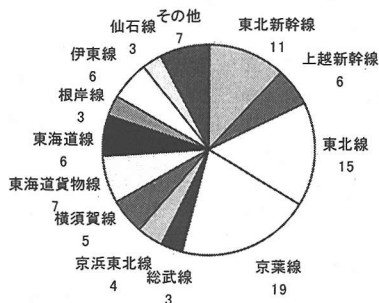


図-4 各線区別の内訳

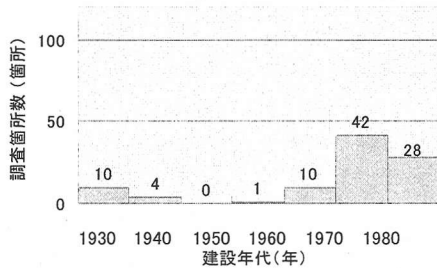


図-5 建設年別の内訳

なっており、コンクリート片が剥落した桁座端部は、盛土構造を支持する土留壁と接している。そのため、列車振動および高架橋の温度伸縮により桁座と土留壁が競り合い、桁座端部に応力が集中したことによりひび割れが進行し、コンクリート片が剥落したものと推定される。なお、付近の同様な箇所においても、同様な状況でコンクリート片の剥落が生じていた。

3. 構造物調査

2. (3)より、コンクリート片の剥落原因は、主に鉄筋の腐食膨張圧である。そこで、鉄筋の腐食膨張圧によるコンクリート片の剥落に対し、影響を与えると考えられる各種要因について調査を行った¹⁾。

(1) 調査対象構造物

調査対象構造物は、平成 11 年 7 月以降にコンクリート片の剥落が生じた高架橋等の内、高所作業車等を使用することで、至近距離からの調査が可能な高架橋等とした。また、平成 11 年 6 月以前にコンクリート片の剥落が生じた高架橋等の既調査データも使用した。そのため、本調査の対象構造物は既に調査データが存在する高架橋等も含め 95 高架橋等である。

なお、調査対象構造物は J R 東日本の高架橋等であり、一部首都圏以外も含まれているが、ほとんどが首都圏線区の高架橋等である (図-4)。

また、調査対象構造物は経年 15~80 年程度までの高架橋等である。ただし、1970 年以降に建設された高架橋等が 7 割以上を占めており、経年 30 年以内の高架橋等がほとんどである (図-5)。

さらに、調査対象構造物は建設当時海砂の使用はなく、一部海岸に接した線区 (京葉線) も含まれているが、ほとんどの高架橋等は海岸から離れていることから、塩害の影響をほとんど受けていないと考えて良い。

(2) 調査箇所

調査部位は、主にコンクリート片の剥落が生じた高架橋等の高欄、地覆、張出スラブ下面、縦梁、中間スラブ下面、桁座等である。調査箇所は、同一高架橋内の同一部位でコンクリート片の剥落が生じた箇所と剥落が生じていない箇所である。なお、コンクリート片の剥落が生じた箇所とは、かぶりコンクリートが剥落し、鉄筋が露出している箇所の周囲 150mm 程度の範囲を基本とした。一方、剥落が生じていない箇所とは、鉄筋が露出しておらず、かつコンクリート表面にひび割れが生じていない箇所である。

(3) 調査項目及び方法

調査は下記項目、及び方法により行った。

a) かぶり

かぶりは、ドリル等によりコンクリート表面を削孔し、最外縁にある鉄筋のかぶり厚さを測定した。

b) 中性化深さ

中性化深さは、ドリル等によりコンクリート表面を削孔し、そのドリル孔にフェノールフタレイン 1% 溶液を噴霧して、コンクリート表面から赤色に反応した位置までの深さを測定した。測定はドリル孔内をほぼ 4 等分する 4 点で行い、その平均値を中性化深さとした。中性化深さの測定数は、かぶりの測定数と同数である。なお、かぶりが剥落している箇所については、そのすぐ近傍のかぶりが残っている箇所において、中性化深さを測定した。

c) 鉄筋腐食度

鉄筋腐食度は、コンクリート表面にひび割れ等の変状が生じていない箇所をドリル等により鉄筋が露出するまでは取り取り、最外縁にある鉄筋の腐食度を目視により判定する方法で行った。なお、

表-1 鉄筋腐食度グレード表²⁾

グレード	鉄筋の状態
I	黒皮の状態、または錆が生じているが、全体的に薄い緻密な錆であり、コンクリート表面に錆が付着していることはない。
II	部分的に錆があるが、小面積の斑点状である。
III	断面欠損は、目視検査では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮き錆が生じている。
IV	断面欠損を生じている。

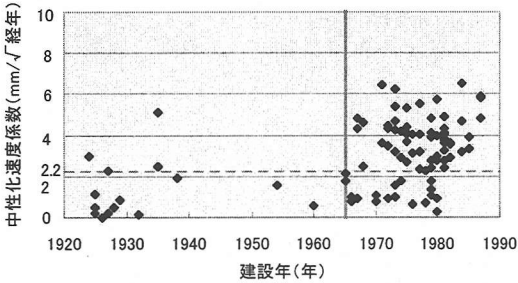


図-6 中性化速度係数と建設年との関係

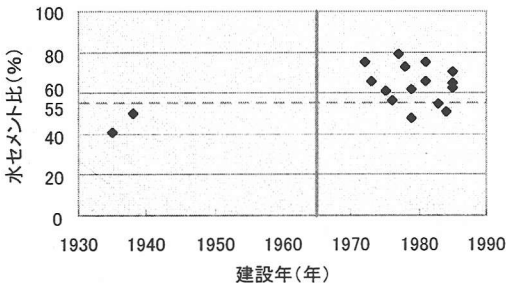


図-7 水セメント比と建設年との関係

測定数はかぶりの測定 3 箇所につき 1 箇所程度である。また、鉄筋腐食度の判定は、表-1 に示す基準²⁾ により行った。

4. 調査結果及び考察

(1) 中性化速度係数と建設年との関係

高架橋等から測定した中性化深さを、高架橋等の建設年から中性化を測定した時まで経過した年数の平方根で除した中性化速度係数と高架橋等の建設年との関係を図-6 に示す。ここでは、建設年の違いによる中性化速度係数の相違の傾向をおおまかに把握することが目的であるため、1 高架橋等から複数(部位別)得られた中性化速度係数を平均し、1 高架橋に対して1つの中性化速度係数として示した。なお、参考として図中に点線で示した中性化速度係数 2.2 は、以下の式²⁾ により求めた。ここで、 W/B は、日本国有鉄道の建造物設

計標準(昭和 45 年 3 月)に定められていた普通の露出状態の構造物(薄い断面)における、コンクリートの耐久性から定まる最大水セメント比 55%、 R は乾燥しやすい環境の場合の 1.6 を用いた。

$$b = R(-3.57 + 9.0W/B) \quad (1)$$

ここに、 b : 中性化速度係数 (mm/√年)

R : 環境の影響を表す係数

W/B : 有効水結合材比

W : 単位体積あたりの水の質量

B : 単位体積あたりの有効結合材の質量

コンクリート片の剥落が生じている高架橋等の内、1965 年以降に建設された高架橋等は、中性化速度係数が 2.2 以上のものが多くみられる。一方、1965 年以前に建設された高架橋等は、中性化速度係数がほとんど 2.2 未満である。図より、1965 年以降に建設された高架橋等は、コンクリートの中性化の進行が早いものが多い傾向にある。

さらに、一部の高架橋等については、コンクリートのコアを採取して、「コンクリートの配合推定試験方法」(社)セメント協会コンクリート専門委員会報告(F-18 硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告(昭和 42 年 9 月))に基づいて配合分析を行った。その配合分析より得られた水セメント比と高架橋等の建設年との関係を図-7 に示す。なお、図には 1 高架橋等から複数(部位別)得られた水セメント比を平均し、1 高架橋等に対して1つの水セメント比として示す。

1965 年以降に建設された高架橋等でコンクリート片の剥落が生じているものの内、配合分析を実施したものの約 9 割程度が、水セメント比 55%を上回っている結果となった。このことから、前述した 1965 年以降に建設された高架橋等に多くみられる中性化速度係数が大きい原因は、水セメント比が大きいためであると考えられる。

(2) コンクリート片の剥落と各種要因との相関

4. (1) より、1965 年以降に建設された高架橋等は水セメント比が大きく、コンクリートの中性化(以下、中性化とする)の進行が早いものが多い。このことから、1965 年以前に建設された高架橋等に比べ短い経年でコンクリート片が剥落する可能性が高いといえる³⁾。また、1965 年以降に建設された高架橋等は、JR 東日本管内に位置する高架橋等の延長(約 900km)のおおむね 9 割程度を

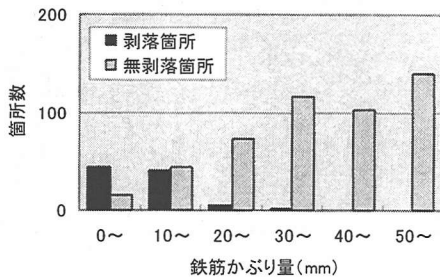


図-8 コンクリート片の剥落とかぶりとの関係

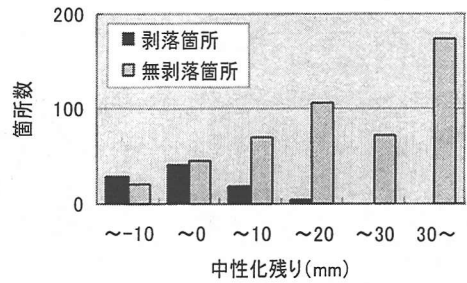


図-10 コンクリート片の剥落と中性化残りとの関係

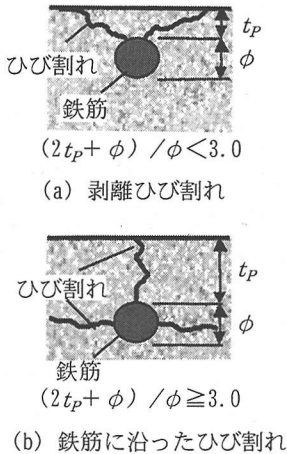


図-9 鉄筋の腐食膨張によるひび割れパターン⁴⁾

占め、これまでコンクリート片が剥落した件数も多い。

そこで、ここでは1965年以降に建設された高架橋等の調査データを使用して、高架橋等からのコンクリート片の剥落とそれに影響を及ぼすと考えられるかぶり、かぶりと中性化深さとの差である中性化残り、および雨水・漏水（以下、雨水等とする）との関係について検討を行う。

a) コンクリート片の剥落とかぶりとの関係

コンクリート片の剥落とかぶりとの関係を図-8に示す。

コンクリート片の剥落が生じている箇所のかぶりは、ほとんどが20mm未満であり、極端に小さいものも多い。一方、かぶりが20mm以上の箇所では、ほとんどコンクリート片の剥落が生じていない。

ここで、松島、堤らの研究⁴⁾によれば、かぶり(t_p)と鉄筋径(ϕ)の比により、発生するひび割れの違いを表すことができ、かぶりが薄い場合($(2t_p + \phi) / \phi$ が3.0未満)は剥離ひび割れ、厚い場合

($(2t_p + \phi) / \phi$ が3.0以上)は鉄筋に沿ったひび割れになるとしている(図-9)。

調査結果では、かぶりが20mm未満の箇所ではコンクリート片の剥落が生じており、その最外縁にある鉄筋の径がおおむね19mm以下である。このことから、調査で得られたコンクリート片の剥落とかぶりとの関係は、松島、堤らの研究結果⁴⁾とおおむね一致する。

b) コンクリート片の剥落と中性化残りとの関係

コンクリート片の剥落とかぶりと中性化深さとの差である中性化残りとの関係を図-10に示す。

コンクリート片の剥落は、中性化残りが10mm以下の箇所では生じており、中性化残りが10mmより大きい箇所ではほとんど見られない。

c) コンクリート片の剥落と雨水等との関係

同一高架橋内で雨水等の影響を受ける範囲におけるコンクリート片の剥落跡の状況を写真-4~8に示す。

写真-4は、桁式高架橋の張出スラブ下面におけるコンクリート片の剥落跡の状況である。水切りが設置されていない張出スラブ下面(左側)では、漏水跡と共にコンクリート片の剥落跡が多数見られる。一方、水切りが設置されている張出スラブ下面(右側)では、水切りの影響により漏水跡が見られず、コンクリート片の剥落跡も見られない。

写真-5は、単T桁の下フランジ底面におけるコンクリート片の剥落跡の状況である。上部工からの漏水跡が見られる箇所は、コンクリート片の剥落跡も見られる。一方、漏水跡が見られない箇所は、コンクリート片の剥落跡も見られない。

写真-6は、張出スラブ下面に水切りが設置されているラーメン高架橋におけるコンクリート片の剥落跡の状況である。水切りが設置されている高架橋の張り出し部の内側に位置し、雨水等の影響を直接受けない張出スラブ下面、縦梁、および柱では、コンクリート片の剥落跡が見られない。一方、雨水等の影響を直接受ける地覆部では、コンクリート片の剥落跡が鉄筋に沿って連続的に見ら

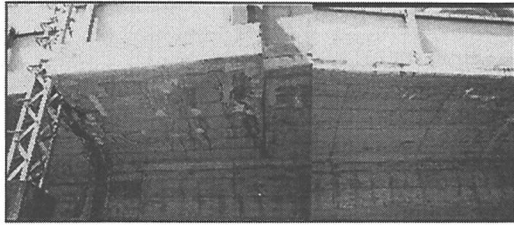


写真-4 張出スラブ下面
(左: 水切り未設置, 右: 水切り設置)

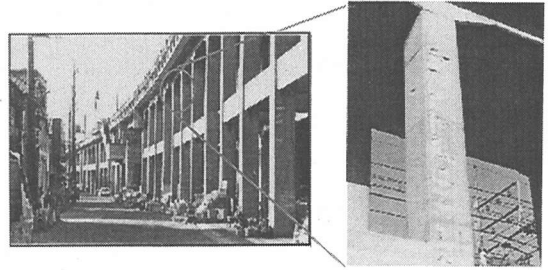


写真-7 柱 (張り出し部が短く, 背の高い高架橋)

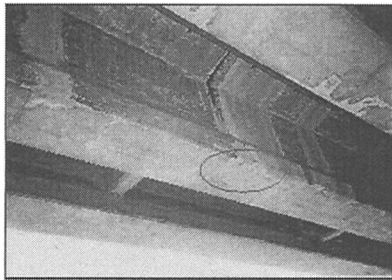


写真-5 下フランジ底面 (単T桁)

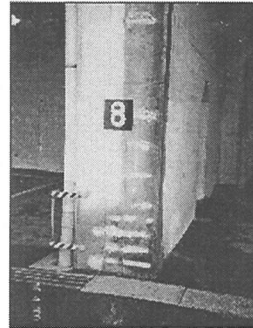


写真-8 柱 (桁からの漏水の著しい高架橋)

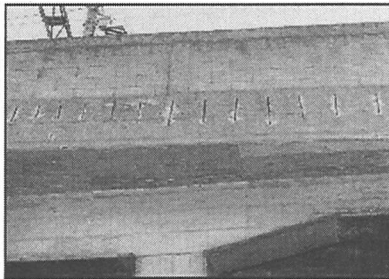


写真-6 地覆, 張出スラブ下面, 縦梁
(水切りが設置されている高架橋)

れる。

写真-7 は、張り出し部が短く、背の高いラーメン高架橋の柱におけるコンクリート片の剥落跡の状況である。このように張り出し部が短く、背が高い高架橋の場合、張り出し部の内側に位置する部位でも、雨水等があたるため、柱においてもコンクリート片の剥落跡が見られる。

写真-8 は、単版桁を支えているラーメン高架橋の柱におけるコンクリート片の剥落跡の状況である。単版桁と単版桁が載っている桁座との接合部から漏水が伝わってくる箇所（柱の右側）では、コンクリート片の剥落跡が見られる。一方、漏水の伝わらない箇所（柱の左側）では、コンクリート片の剥落跡は見られない。

さらに、図-2 のコンクリート片の落下部位の内訳より、コンクリート片の落下が生じる割合の高い高欄、桁座、地覆等は、高架橋等の張り出し部に位置するため、雨水等の影響を著しく受ける部位である。一方、コンクリート片の落下が生じる割合の高い張出スラブ下面は、通常水切りが設置されていれば、雨水等の影響を受けることはない。しかし、張出スラブ下面からのコンクリート片の剥落は、水切りの外側、桁端部等、雨水等の影響を受ける箇所で生じているものがほとんどである。これらのことより、雨水等はコンクリート片の剥落に影響を及ぼしていると考えられる。しかし、鉄筋の腐食膨張圧によりコンクリート片の剥落を引き起こす過程において、必要不可欠である中性化の進行は、雨水の影響を受ける箇所の方が、受けない箇所と比べて遅いといわれている^{5), 6)}。

ここで、雨水等の影響によりコンクリート片の剥落が生じている高架橋等において、雨水等の影響がある箇所とない箇所の調査データを使用して、雨水等の影響とコンクリート片の剥落との関係について検討を行った。

なお、雨水等の影響を受ける箇所とは、高架橋等の張り出し部に位置する高欄、地覆、張出スラブ下面（水切りの外側）、電柱基礎、桁座を基本とする。その他、張出スラブ下面（水切り内側）、中間スラブ下面、縦梁、横梁、柱については、張り

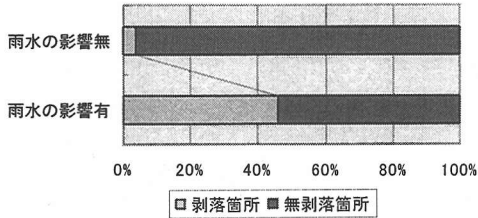


図-11 雨水等の影響の有無によるコンクリート片の剥落合

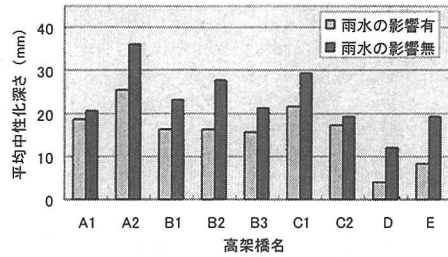
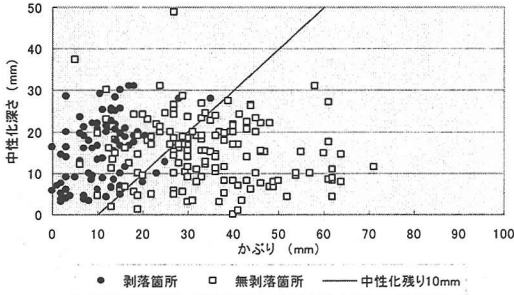
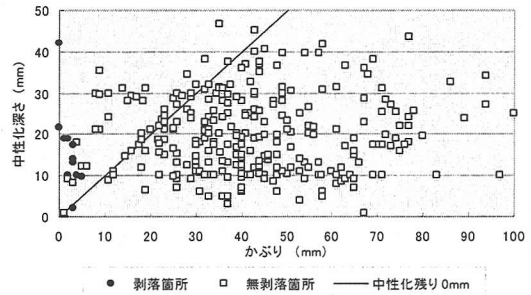


図-12 雨水等の影響の有無による中性化深さ



(a) 雨水等の影響を受ける箇所



(b) 雨水等の影響を受けない箇所

図-13 コンクリート片の剥落と中性化残り，雨水等との関係

出し部の内側に位置するため，雨水等の影響を受けない箇所とする。ただし，構造，立地条件により目で雨水等の影響が確認された場合は，雨水等の影響を受ける箇所とする。

図-11は，鉄筋の腐食膨張圧によりコンクリート片が剥落した（鉄筋）数と剥落していない数の割合を，雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所別に示したものである。調査は，一つの高架橋等の同一部位において，雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所が隣接する場所で行った。なお，雨水等の影響を受ける箇所の調査（鉄筋）数は188本，雨水等の影響を受けない箇所の調査（鉄筋）数は137本である。

雨水等の影響を受ける箇所では，コンクリート片の剥落割合が大きい，雨水等の影響を受けない箇所では，コンクリート片の剥落がほとんど生じていない。これは，前述した写真4～8のコンクリート片の剥落状況と一致する。

図-12は，中性化深さを測定し，雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所別に，各高架橋等の平均中性化深さを示したものである。測定は，一つの高架橋等の同一部位において，雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所が隣接する場所で行った。

調査を実施した全ての高架橋等において，雨水等の影響を受ける箇所は，受けない箇所に比べて，中性化の進行が遅い傾向にあるといえる。なお，雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所の平均中性化深さの差は，調査を実施した各高架橋等において2～10mm程度であり，平均すると7mm程度となる。

これらのことより，雨水等は，中性化の進行を抑制する効果があるが，それ以上にコンクリート片の剥落に悪影響を及ぼしているといえる。

d) コンクリート片の剥落とかぶり，中性化残り，雨水等との関係

上記a) b) c)において，コンクリート片の剥落は，かぶり，中性化深さ，雨水等が影響を及ぼしていることが示された。そこで，コンクリート片の剥落とそれに影響を及ぼすかぶり，中性化深さ，雨水等との関係について総合的な検討を行う。

コンクリート片の剥落と剥落に影響を及ぼすかぶりと中性化深さとの関係を雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所に区分して図-13に示す。

雨水等の影響を受ける箇所では，かぶりと中性化深さとの差である中性化残りが，おおむね10mm以下の箇所でコンクリート片の剥落が生じ

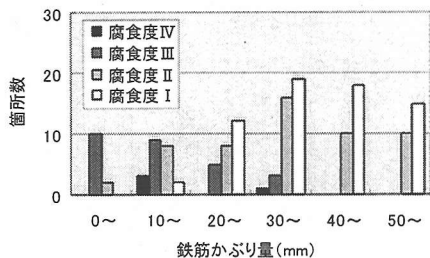


図-14 鉄筋腐食度とかぶりとの関係

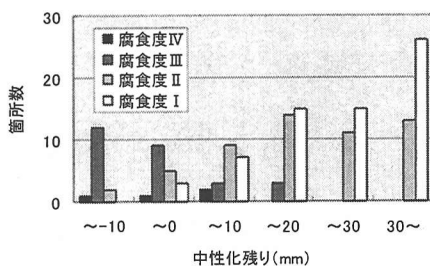
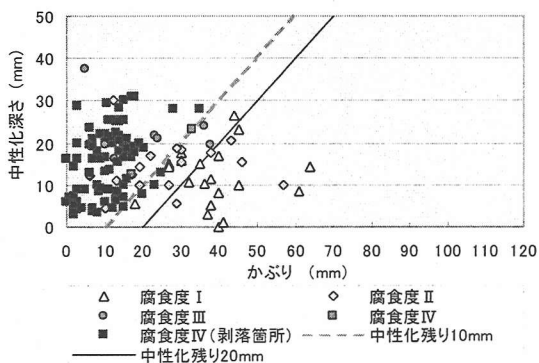
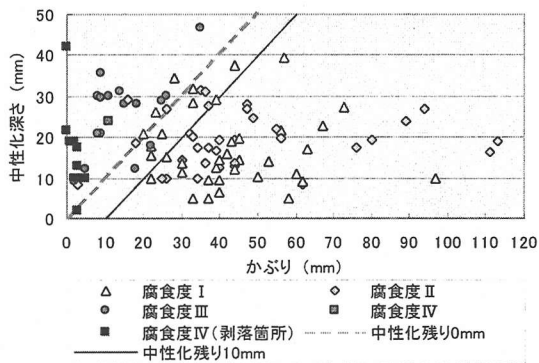


図-15 鉄筋腐食度と中性化残りとの関係



(a) 雨水等の影響を受ける箇所



(b) 雨水等の影響を受けない箇所

図-16 コンクリート片の剥落と鉄筋腐食度、雨水等との関係

ている。なお、中性化残りが10mmより大きい箇所では、コンクリート片の剥落がほとんど生じていない。

一方、雨水等の影響を受けない箇所では、コンクリート片の剥落件数が少ないものの、中性化が鉄筋位置まで達しており、かぶりが5mm未満と極端に小さい箇所においてコンクリート片の剥落が生じている。なお、それ以外の箇所では、コンクリート片の剥落が生じていないという調査結果となっている。

(3) 鉄筋腐食度と各種要因との相関

4. (2)において、1965年以降に建設された高架橋等からのコンクリート片の剥落は、かぶり、中性化深さ、雨水等が影響を及ぼしていることが示された。そこで、ここではコンクリート片の剥落原因である鉄筋の腐食とかぶり、中性化深さ、雨水等との関係について検討を行う。

なお、高架橋等建設時の鉄筋の腐食状況がおおむね点錆(腐食グレードII)程度であることから、鉄筋の腐食が生じる腐食グレードをⅢと仮定し、腐食グレードⅢ以上を鉄筋の腐食が生じている、腐食グレードⅡ以下を鉄筋の腐食が生じていない

とする。

a) 鉄筋腐食度とかぶりとの関係

鉄筋腐食度とかぶりとの関係を図-14に示す。

鉄筋の腐食が生じている箇所は、かぶりが30mm以上40mm未満で一部見られるが、ほとんど30mm未満であり、極端に小さいかぶりに多い。

b) 鉄筋腐食度と中性化残りとの関係

鉄筋腐食度とかぶりと中性化深さとの差である中性化残りとの関係を図-15に示す。

鉄筋の腐食が生じている箇所は、中性化残りが20mm未満である。中性化が鉄筋の位置まで達すると鉄筋の腐食が生じている割合が多くなっていく。また、中性化残りが大きくなるにしたがって、鉄筋の腐食は見られなくなっている。なお、中性化が鉄筋の位置まで達しているにも関わらず鉄筋が腐食していない(腐食グレードI)箇所は、かぶりが大きい箇所である。

c) 鉄筋腐食度とかぶり、中性化残り、雨水等との関係

鉄筋の腐食に関しても、かぶりと中性化深さ、さらにコンクリート片の剥落に影響を及ぼしている雨水等との関係について総合的な検討を行う。

鉄筋の腐食度と腐食に影響を及ぼすかぶりの中

性化深さとの関係を雨水等の影響を受ける箇所と受けない箇所に区分して図-16に示す。なお、コンクリート片の剥落箇所についても鉄筋の腐食グレードをIVと仮定して示す。

雨水等の影響を受ける箇所では、かぶりと中性化深さとの差である中性化残りが20mm以下で鉄筋の腐食が生じており、中性化残り10mm以下では鉄筋の腐食度が大きくなっている。

一方、雨水等の影響を受けない箇所では、鉄筋の腐食が生じている箇所は、中性化残りが10mm以下であり、中性化残りが10mmより大きい箇所では、鉄筋の腐食は生じていない。なお、中性化が鉄筋位置に達している箇所の内、かぶりが極端に小さい箇所では、鉄筋の腐食度が大きくなっている。

5. まとめ

コンクリート片の剥落事象、および現地調査データを使用して、高架橋等からのコンクリート片の剥落に影響を及ぼす各種要因を検討した。その結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 高架橋等においてコンクリート片の剥落が生じている部位は、大きい順から高欄、張出スラブ下面、桁座、電柱基礎、地覆となっている。これらは、雨水等の影響を著しく受ける部位である。
- (2) 高架橋等からのコンクリート片の剥落原因は、主にかぶり不足箇所における鉄筋の腐食膨張圧である。また、高欄の目地材の設置不良に代表される目地材、止水板等の設置不良に伴うコンクリート片の落下、および隣接する構造物の一部が接しているために生じる部位または構造物同士の競り合いによるコンクリート片の落下は、建設時の施工が主な原因で生じたものである。
- (3) コンクリート片の剥落が生じている1965年以降に建設された高架橋等は、1965年以前のものに比べて、中性化の進行が早いものが多い。その原因は、水セメント比が大きいためであると考えられる。
- (4) 1965年以降に建設された高架橋等において鉄筋の腐食膨張圧によるコンクリート片の剥落は、ほとんどかぶりが20mm未満の箇所

で生じており、かぶりが20mm以上の箇所では、ほとんど見られない。

- (5) 1965年以降に建設された高架橋等において、雨水等の影響を受ける箇所は、受けない箇所に比べ中性化深さが小さく、その差は2～10mm程度であり、平均すると7mm程度となる。
- (6) 1965年以降に建設された高架橋等において、鉄筋の腐食膨張圧によるコンクリート片の剥落が生じるのは、おおむね雨水等の影響を受ける箇所で中性化残り10mmであり、雨水等の影響を受けない箇所では中性化が鉄筋位置に達し、かつかぶりが極端に小さい場合である。
- (7) 1965年以降に建設された高架橋等において、鉄筋の腐食が生じていると仮定した腐食グレードⅢ以上となるのは、おおむね雨水等の影響を受ける箇所で中性化残り20mm以下、雨水等の影響を受けない箇所で中性化残り10mm以下である。

謝辞：本調査結果をまとめるにあたり、貴重な意見をいただいた「コンクリート構造物の品質向上及び保守管理に関する検討委員会」（委員長 埼玉大学 町田篤彦教授）の各委員の皆様には深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 浜崎直行，鈴木博人，古谷時春：高架橋等におけるコンクリート剥落に関する調査結果，土木学会年次論文報告会，V-294，2001.10.
- 2) 2001年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]，土木学会，2001.1.
- 3) 朝倉俊弘，佐藤勉：鉄道コンクリート構造物の変状と補修・補強方法，コンクリート工学，vol.31，No.7，1993.7.
- 4) 松島学，堤知明，関博，松井邦人：鉄筋の腐食膨張によるひびわれモード，コンクリート工学年次論文報告書，vol.15，No.1，1993.
- 5) 岸谷孝一，西澤紀昭，他編：コンクリート構造物の耐久性シリーズ 中性化，技報堂出版，1986.4.
- 6) 齊藤俊樹，石橋忠良，米内昭夫：寒冷地の既設RC橋梁構造物の劣化度調査，コンクリート工学年次論文報告書，vol.11，No.1，1989.

(2001.8.24 受付)

INVESTIGATION OF FALLING ON CONCRETE FRAGMENTS FROM RC STRUCTURES

Tadayoshi ISHIBASHI, Tokiharu FURUYA, Naoyuki HAMAZAKI
and Hiroto SUZUKI

The falling of concrete fragments from concrete structures has become a matter of great concern nowadays. In this study, concrete cover, carbonation depth, degree of corrosion, etc. were investigated in concrete structures whose concrete fragments had been fallen, such as railway viaducts, over-road bridges, over bridges.

Through the analysis of investigated factors, it was found that concrete cover, uncarbonated concrete cover, and rainwater/ leaked water had a large influence on the falling of concrete fragments and steel corrosion.