

建設後 20 年経過したボックスカルバートの内部鋼材腐食とその原因

鹿児島大学大学院	学生員	前田 聡
鹿児島大学工学部	正会員	武若耕司
鹿児島大学工学部	正会員	山口明伸
九州テクノリサーチ(株)	正会員	中原 康

1. はじめに

内陸部に位置する当該構造物は、建設後 20 年が経過した時点の調査において、内部鋼材腐食に起因したと思われるひび割れや、かぶりコンクリートの浮き等の生じている箇所が多数顕在し、内陸部にも拘らず塩害の可能性が指摘された。本報告は、当該構造物の劣化状況、ならびに構造物から採取した試料の分析より、構造物の劣化原因について考察したものである。

2. 調査対象構造物およびその環境

当該構造物は、図-1 に示すような内空断面が高さ 1.5m、幅 2.0m、長さ 1.5m、厚さ 0.21m のボックスカルバートで、全長 8 個から構成される導水路であり、建設後 20 年が経過している。また、構造物は鹿児島湾より約 7.2km 離れた大隈半島内陸部に位置し、一年を通して比較的穏やかで、飛来塩化物や融雪剤等による外部からの塩化物の供給もないと考えられる環境にある。一方、ボックスカルバートの各部位についてみると、下床版表面には常時水が流れているが、上床版では外周面からの水の供給が少なく、内周面からの乾燥が卓越している。

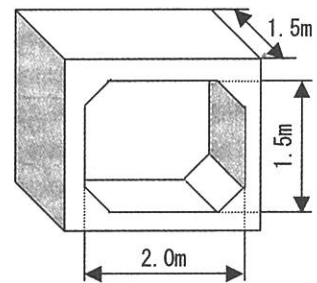


図-1 ボックスカルバートの概要

3. 調査概要

当該構造物の劣化状況を把握し、その劣化原因を明らかにするために次の①～④の順に調査を実施した。

- ① 目視によるコンクリートのひび割れやかぶりの浮きの調査
- ② 鉄筋の自然電位分布の測定による鋼材の腐食状況調査
- ③ JCI-SC5 に基づき、採取した 1 辺 5cm 程度のコンクリート片から塩化物イオン量の測定
- ④ イオンクロマトグラフィーによる塩化物イオン量測定用試料中の水溶性ナトリウムイオン量およびカルシウムイオン量の測定

4. 調査結果

4.1 目視観察結果

劣化の顕著な部位である上床版内周面のひび割れ発生状況を図-2 に示した。なお、便宜上、ボックスカルバート No. は上流側から下流側へ No. 1～8 とした。構造物は 8 個のボックスカルバートから構成されているが、その内 3 個 (No. 2, 3, 8) にはまったく劣化が見られず、残りの 5 個の内、4 個 (No. 1, 4, 5, 7) の劣化が激しく、ひび割れ幅が最大 5mm 程度に達している箇所もあった。また、図-2 より、劣化の激しいボックスカルバートにおけるひび割れ発生位置が、いずれも上流側に集中していることが分かる。

この他、目視観察結果から、①コンクリート片中に貝殻が存在し、細骨材として海砂を使用していたこと、

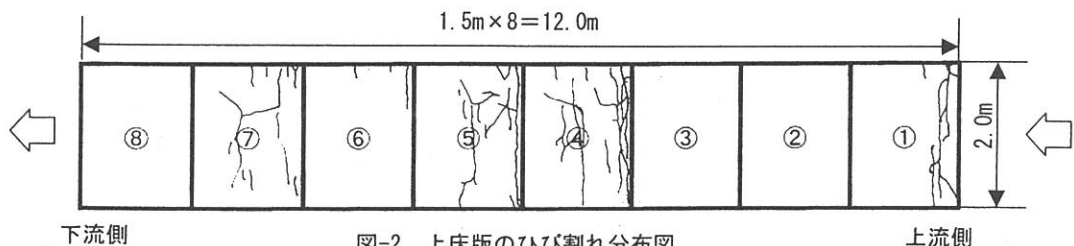


図-2 上床版のひび割れ分布図

②ボックスカルバートの上流側接合面にコンクリート打設面特有の気泡跡の存在が確認され、これが工場製品で、上流側接合面を上面として打設されたものであること、などを確認した。

4.2 自然電位分布

図-3には、一例として、ボックスカルバート No. 4 の右側内壁面における内部鉄筋の自然電位分布を示した。流水の影響で常に湿った状態にある下部に比べて、比較的乾燥している上部の自然電位の方が、卑な値を示しており、上部の鉄筋ほど腐食傾向にあると考えられる状況にあった。

4.3 含有塩化物イオン量

図-4は、採取したコンクリート片中の全塩化物イオン量の測定結果の一例である。なお、測定位置は、劣化の見られないボックスカルバート No. 2 の上床版中央部、ならびに劣化の激しい No. 4, 5 における上床版のひび割れ部である。劣化の見られない No. 2 においては、塩化物イオンが含まれているものの、現行示方書で示されている腐食発生限界量 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ より少なく、構造物の耐久性に及ぼす影響は小さいものと考えられた。一方、劣化の激しい No. 4 および 5 においては、腐食発生限界量を大きく上回る塩化物イオンがコンクリート中に含まれており、これが鋼材腐食の原因となっていると考えられた。図-5には、劣化の最も激しい No. 5 の上床版の下流側、中央、上流側の塩化物イオン量分析結果を示した。この結果、いずれの位置においても塩化物イオン量は腐食発生限界量を上回っているものの、下流側や中央位置に比べ上流側の塩化物イオン量が2倍以上であった。これについては、目視調査結果から上流側を上面として打設したと予想されたことから、打設時にコンクリート中に含まれていた塩化物イオンが、ブリーディングの影響で打設上方、すなわち上流側に濃縮したものと推察される。

4.4 水溶性のナトリウム量およびカルシウム量

塩化物イオンの混入原因を推定するために、コンクリート中に含まれている水溶性ナトリウムイオン量およびカルシウムイオン量を測定した結果を図-6に示した。ナトリウムイオンについては、ボックスカルバートの違いによる大きな差異は認められなかった。これに対して水溶性のカルシウムイオンは、健全な No. 2 に比べ、劣化の激しい No. 4, 5 に多く含まれていた。

5. 劣化原因についての考察

当該構造物の劣化が鉄筋腐食によって引き起こされ、その腐食原因がコンクリート中へ初期混入された塩化物イオンにあることが明らかとなった。また、この塩化物イオンの混入原因については、海砂起因の塩化ナトリウムが劣化の生じていないボックスカルバートでも同程度混入されていると思われることから、これが当該構造物の劣化の直接的な原因とは考えにくい。したがって、硬化促進などの目的で一部のボックスカルバートに、コンクリートの練り混ぜ、もしくは打設時に塩化カルシウムが混入された可能性が高い。

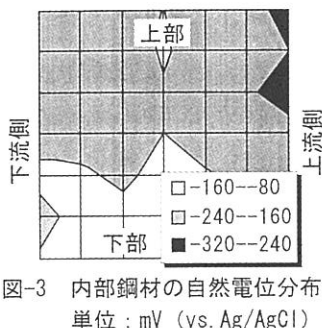


図-3 内部鋼材の自然電位分布
単位：mV (vs. Ag/AgCl)

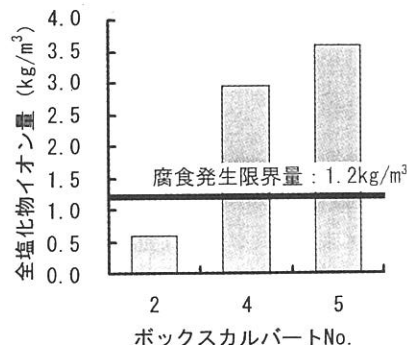


図-4 ボックスカルバート別の全塩化物イオン量

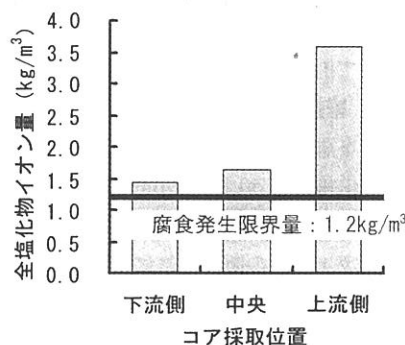


図-5 コア採取別の全塩化物イオン量 (ボックスカルバート No. 5)

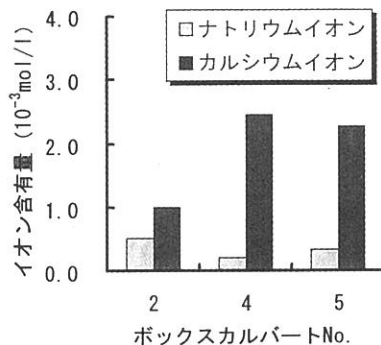


図-6 ボックスカルバート別の陽イオンの含有量