

国鉄 正会員 高田 三郎
 国鉄 正会員 小林 明夫
 国鉄 正会員 長田 晴道

1. まえがき

海岸近くにあるコンクリート構造物は、飛来する海塩粒子によるコンクリート中の含塩分量の増加によって、鉄筋が腐食し構造物の劣化が助長されるという厳しい腐食環境におかれている。調査した橋梁は、建設後17年経過したPC桁であり、橋梁の外観は、桁下面および下フランジ側面付近には亀裂の発生により補修の跡から錆汁の滲出が見られたが、ウェブではびびわれ、錆汁の滲出はあまり見られず、上縁ではほとんどなかった。調査は実橋による外観調査や非破壊試験等そして構造物より採取したコアを用いたコンクリートの物理試験であり、その概要について報告する。

2. 調査方法

調査したPC桁(単線・工形桁)は、昭和43年度に建設された橋梁で日本海沿岸(海岸より約100m)にあるため、特に冬期間は潮風によって飛来する海塩粒子の影響を受けていると思われる。調査項目および調査方法を表-1に示す。

表-1 調査項目と方法

調査項目	調査方法
外観調査	目視およびフラフスケールによる
圧縮強度	① JISA1107による。 ② 非破壊試験法による。 ・シュミットハンマー(反発硬度)による推定 ・シュミットハンマーとパンジツ(伝播速度)による推定
弾性係数	JIS原案、コンクリートの静弾性係数試験による。
配合推定	セメント協会「硬化コンクリートの配合推定方法(F-18)」による。
塩分量	JCI「硬化コンクリート中の含塩量の分析方法(案)」を参考とする。
中性化深さ	7エー・フルタイン1%アルコール溶液およびPH-Xによる。

3. 調査結果

コンクリートコア(採取箇所:ウェブ、 $\phi 100 \times 200$)による圧縮強度と弾性係数の測定結果を図-1に示す。強度は $482 \sim 656 \text{ kg/cm}^2$ (平均 549 kg/cm^2)、静弾性係数は $2.39 \sim 3.35 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ (平均 $2.80 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)であった。強度に比較して弾性係数がかなり低く、これは使用された骨材が河川砂利であり、コアを観察する限り死石が見られ、その影響が結果にあらわれたと思われる。圧縮強度を非破壊で測定する方法は種々提案されているが、実構造物の強度を推定する条件等を考慮に入れ、ここでは反発硬度と伝播速度を用いて推定する方法を使用した。コア採取前に、実橋において採取位置での反発硬度と縦波伝播速度を測定した。コアによる測定値と非破壊試験による推定値の関係を図-2に示す。今回の調査では、コアによる測定値と反発硬度だけの推定値では約12%の誤差があり、反発硬度と伝播速度による推定値では5~11%の誤差となっており、現場においては十分に信頼できる非破壊試験方法といえる。コアによる配合推定結果を表-2に示す。構造物を代表する試料の採取、経年によるコンクリート内部の変化等によって若干のばらつきが見られた。

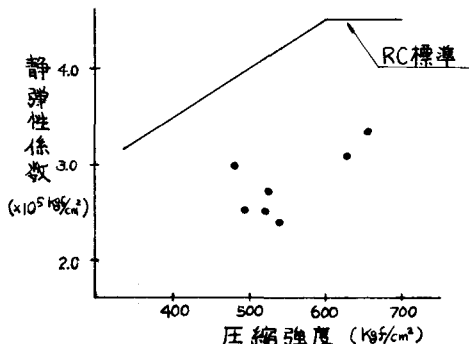


図-1 圧縮強度と弾性係数

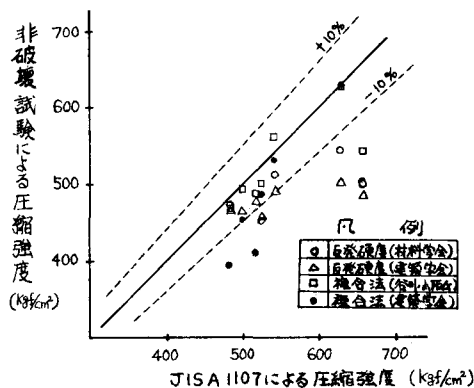


図-2 圧縮強度の推定

コアを用いて、深さ方向の塩分量分布を調査した。図-3に示すように採取箇所によるばらつきは見られるが、高い塩分量を示しており海洋飛沫帯にある本橋梁の環境条件を考えると、外部からの塩分透過の影響が大きいことがうかがえる。海側側面が山側側面に比較して高く表面より40mmを越えるとはほぼ一定値となっている。塩分の固定化の程度を調査するため、コアより採取したモルタル分について全塩分および可溶性塩分(加温抽出、100℃、1時間)を測定した。図-4に示すように各測定断面位置でのばらつきは見られたが、表面に近いほど可溶性塩分の割合が高い傾向は見られた。可溶性塩分/全塩分は0.60~0.95(平均値0.77)であった。中性化深さは採取したコアにフェールフタレイン1%アルコール溶液を噴霧したが、一様に赤色を呈し目視する限り中性化深さは測定できなかった。塩分分析用試料を用いPHX-9によって中性化深さを測定した。図-5に示すように一部ではPHの低下は見られるが、中性化の進行度は低いと思われる。

表-2 配合推定

試料 No.	W/C (%)	配合量 (kg/m³)				Y (kg/m³)	W/B (kg/m³)	CaO (kg/m³)	不溶物 (%)	仮定値
		C	W	S	G					
1	36.7	365	134	843	1031	2310	4.08	10.4	76.6	セメント 比量: 3.15 含有率: 64.5%
2	45.3	417	189	758	927	2197	5.14	12.5	64.5	骨材 比量: 2.62 含有率: 95.4%
3	44.3	325	144	846	1035	2271	3.71	9.5	78.2	セメント 比量: 2.62 含有率: 95.4%
平均	42.1	361	156	816	998	2259	4.31	—	—	セメント 比量: 2.62 含有率: 95.4%

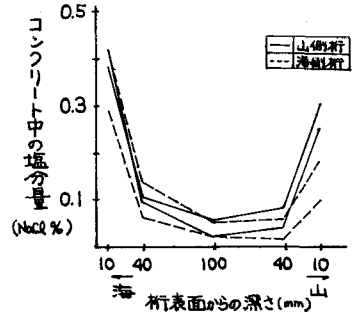


図-3 塩分量測定(全塩分)

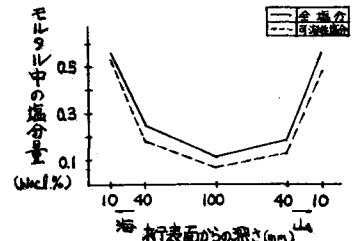


図-4 全塩分と可溶性塩分

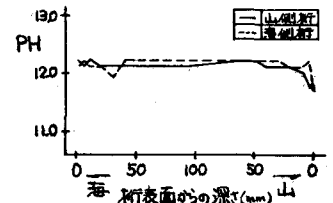


図-5 中性化深さ(PHX-9)

外観調査を実施し橋梁の変状状況の一部(山側折)を図-6に示す。新下縁にはコンクリートの浮き、錆汁の滲出、ひびわれ等が見られた。コンクリートコアを採取したウェブ付近には外観では表面に現われている変状は確認できなかった。スターラップ付近には図-3に示すように高い塩分蓄積が見られたが、スターラップと軸方向鉄筋を含んだコアを採取して、鉄筋腐食を調査した結果、8%程度の断面欠損(重量比)であり、腐食程度は比較的軽微であった。同時に実施した付着塩分量調査においても、新下面およびその周辺箇所はウェブおよび上フランジに比較して付着量が大きく、同箇所にはジャンカも見られることなどの条件で変状の発生が多く見られたと思われる。新下縁よりばり取った鉄筋の断面欠損率(重量比)は、平均35%程度であり、ウェブに比較して腐食進行が著じるしく、局部的であるが、PC鋼材の発錆も確認された。以上のように塩分量が高値の箇所でも、各断面位置で腐食程度が異なり、コンクリートの品質が鋼材腐食に与えている影響が大きいと思われる。

4. あとがき

海洋飛沫帯にあるコンクリート構造物は厳しい腐食環境におかれており、塩分の影響を大きく受けていると考えられる。外部より透過する塩分の防止対策等、今後補修材料を含めた設計施工上の検討を必要と考えている。本調査に際して新近鉄道管理局および鉄道技術研究所の協力を得たことを感謝いたします。

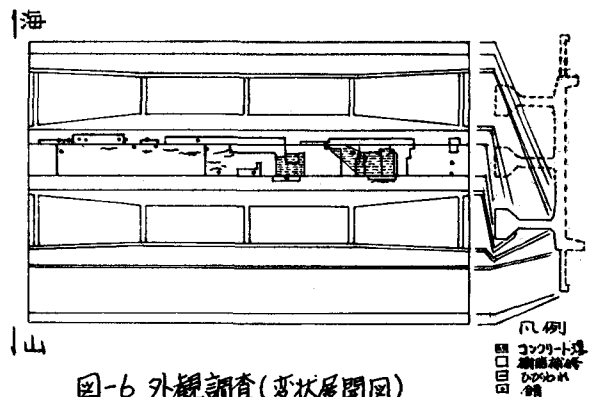


図-6 外観調査(変状展開図)