

日本道路公団福岡建設局 正会員 豊福俊泰
 日本道路公団大阪管理局 高原正之
 日本道路公団大阪管理局 中島 汀

1. まえがき

周知のように、塩害、アルカリ骨材反応といったコンクリート構造物の早期劣化現象が大きな社会問題となり、「コンクリートの耐久性向上技術の開発」の研究が建設省および関係機関で進められ、昭和63年にその成果が取りまとめられている¹⁾。また、最近になって、中性化による劣化現象に関する種々の研究が進められ^{2)~5)}など、この現象についてもほぼ解明されてきたものとみなされるが、対策事例は不明である。

本報告は、以上のことから中性化による損傷が生じた箇所(橋脚地表部)において対策工の試験施工を行った結果について報告するものである(写真-1参照)。

2. 中性化による損傷

関西地域のコンクリート構造物を点検すると、地表と空中部との境界部付近(地表面から30cm程度の範囲内)が白く粉を吹いた状態(白華物)に変色している構造物がある。この傾向が著しい場合には、写真-1で示したように、地中との境界部付近のモルタル分が風化・剥離し骨材が露頭しており、部分的な断面欠損が生じているケースが認められた。

この原因を解明し対策工を検討するため、コアの採取後、化学分析、顕微鏡観察、圧縮強度等のコンクリート試験を行った結果、次の特徴が認められた(表-1および図-1参照)。

① 外観観察では、ひびわれは見られない。鉄筋のかぶりは、2.5~11cmであり、かぶりが5~10cmであっても発錆が認められる(昭和45~48年に施工されており、施工時の錆の状況は不明)。

② 中性化深さは、土中部で数mmであるが、地上の空中部では健全部・白華部・損傷部とも20~40mmである。

③ 圧縮強度は、地上部220~290kgf/cm²、土中部270~290kgf/cm²程度で、後者のほうが高くなっているが、施工との関連は不明である。ヤング係数は、

2.0~2.5×10⁵kgf/cm²で、通常に比べやや低い。

④ コンクリート中の塩分量は、2~4 kg/m³近くまでである。骨材には貝殻が含まれており、海砂が使用されている。

⑤ 推定単位セメント量は、平均250kg/m³で、最近の施工実態と比べ少ない。

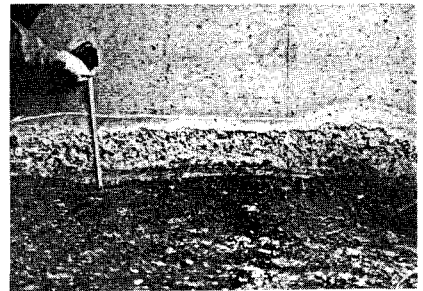


写真-1 橋脚側面コンクリートの損傷(地中との境界部が著しい)

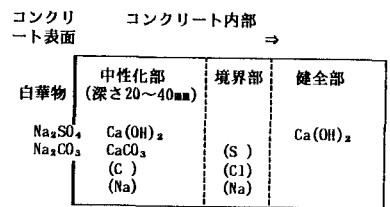


図-1 元素の分布(空中部供試体)

表-1 コンクリート試験結果

コアの採取箇所	断面欠損の深さ(mm)	使用材料			物理試験				
		推定単位セメント量(kg/m ³)	モルト中の珪砂量(%)	コンクリート中の塩分量(kg/m ³)	7&8&9骨材反応*	中性化深さ(mm)**	圧縮強度(kgf/cm ²)***	単位容積質量(kg/ℓ)	ヤング係数(×10 ⁵ kgf/cm ²)
空中部健全部	0	237 ~273	0.56 ~1.22	1.84 ~3.92		19 ~39	229 ~295	2.26 ~2.33	1.84 ~2.15
白華部損傷部	3 ~15		0.97 ~1.39	2.65 ~3.80	潜在的に有害	15 ~35	212 ~256	2.27 ~2.38	1.85 ~2.05
土中部	0		1.02	2.32		1 ~3	268 ~295	2.28 ~2.31	2.50 ~2.79

*: 等価Na₂O量 ** : フェノールフタレイン法による *** : 設計基準強度240kgf/cm²

また、セメント中のアルカリ量は、等価 Na_2O で0.8～1.4%と比較的多く、特に、白華部と欠損部のアルカリ量が多くなっている。

⑥ 使用骨材は、砂岩であり、アルカリ骨材反応の分類は、潜在的有害に分類される。

⑦ 白華物は、硫酸ナトリウム (Na_2SO_4)、炭酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 等が主体である。元素の分布状況は、中性化した部分では、塩素 (Cl)、硫黄 (S) が少なく、逆に内部、特に境界部付近でこれらの濃度が高くなっている。炭素 (C) については、中性化した部分で多く、ナトリウム (Na) については、全体的に均等に分布している。

⑧ 周囲の土壌は中性ないし弱アルカリであり、酸によるコンクリートの腐食はないものと判断される。

一方、前述の最近の研究から、コンクリートの中性化は、コンクリートの水セメント比が高く、塩分含有量が多く、セメント中のアルカリが多く、かつ、相対湿度40～50%で高温な気象環境下にある場合（関東・関西・四国西部が最も適合）には、最もその進行速度が早いことが報告されている^{2)～6)}。

以上のことから、コンクリートに断面欠損が生じた原因として、次のことが推察される。土中部のコンクリートが、土中の水分を吹込み、毛管現象で水分が上方の地上部へ移動し、コンクリート中のアルカリが溶解し移動する。この時、水分は地上部のコンクリート表面から蒸発するが、アルカリは、コンクリート表面に残留し、硫酸塩や炭酸塩として、白華が生じる。この現象が進行することにより、中性化とあわせてコンクリート表面が風化・剥離したものと考えられる。また、鉄筋の錆については、中性化の進行にともなって塩素が境界部付近に濃縮し、この位置がかぶりとはほぼ一致したため、錆を発生させたものと考えられる。

3. 対策工

中性化による損傷を抑制する対策としては、コンクリート中の水分の移動および炭酸ガスの浸透拡散を低減させることにある。工法としては、アルカリ骨材反応に対する施工法¹⁾を参考とし、図-2に示す補修工法を採用した。樹脂塗装の下地には、水分および炭酸ガスを遮断するため、炭素系のシートをコンクリート表面に付着させ、気密性を確保した。施工範囲は、地中0.5m、地上0.5mまたは1.0mの2種類とした。

4. まとめ

コンクリートの中性化（炭酸化）理論は、定説となるには至っていないが、ここで着目した損傷について現状での一考察を述べた。今後、対策工の効果が確認されるまで、追跡調査を行う予定である。

参考文献

- 1) 建設省・国土開発技術センター：コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書、1988年11月
- 2) 鄭・平井・三橋：モルタルの中性化速度に及ぼす温度・湿度の影響に関する実験的研究
- 3) 小林・宇野：コンクリートの炭酸化のメカニズム
2)および3)は、コンクリート工学論文集、Vol.1、No.1、pp.85～94およびpp.37～49、1990年1月
- 4) 佐伯・大賀・長瀧：コンクリートの中性化の機構解明と進行予測、土木学会論文集、Vol.2、No.1、pp.99～108、1990年2月
- 5) 岸谷・小林・櫻野・宇野：塩化物を含むコンクリート中における鉄筋腐食と中性化との関係、コンクリート工学論文集、Vol.2、No.1、pp.77～84、1991年1月
- 6) 石橋・北後：鉄筋コンクリート床版下面に施工した各種補修工法の効果、コンクリート工学年次論文報告集、9-1、pp.429～434、1987年

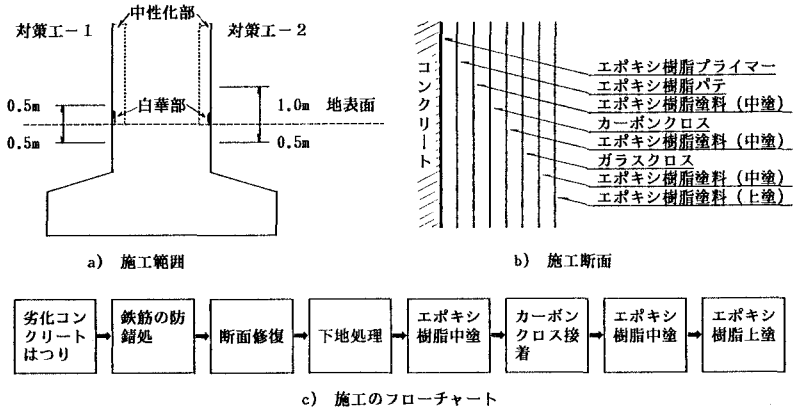


図-2 コンクリート損傷部の対策工