

神戸大学大学院 学生員 ○後藤 涼介 神戸大学大学院 学生員 足立 優斗
 神戸大学大学院 正会員 森川 英典 神戸大学大学院 正会員 中西 智美
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 竹口 昌弘

1. 研究目的: 表面被覆工法はコンクリート保護工法として多くの実績を有しているが、実構造物において表面被覆材のはく離や膨れが報告されている。これらの原因の一つにコンクリートひび割れからの強アルカリ水の供給りに起因する劣化が考えられるが、この劣化について土木分野では十分な知見が存在しない。

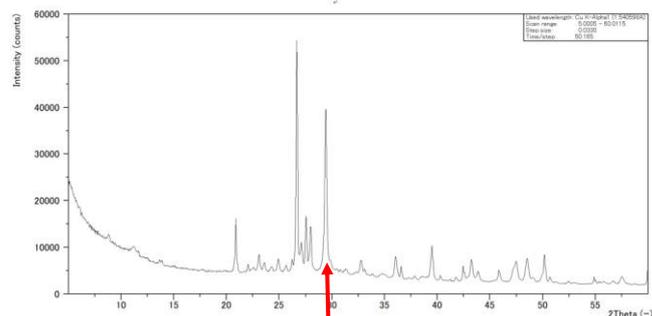
本研究では、実構造物のコンクリート表層部への強アルカリ水の影響について検討した。検討にあたって、コンクリート表層部の中性化深さ・内部物質・細孔容積の3つを測定した。測定の方法は順に、中性化深さ試験・X線回折試験・水銀圧入試験とした。

試験対象は大鳴門橋の太平洋側のアンカレイジとした。アンカレイジからコアを採取し、試験を行った。図-1にコア採取位置を示す。試験は健全部・劣化部(割れ・剥がれ)・劣化部(膨れ)の3箇所で行った。健全部は、表面被覆が外見上健全な箇所を示す。劣化部(割れ・剥がれ)は、表面被覆に割れ・剥がれが生じている箇所を示す。劣化部(膨れ)は、表面被覆が内部滞水して膨れている箇所を示す。内部滞水のpH値は11.80(2019.7.9計測)であった。

2. X線回折試験: 試料は、コアの一部をすりつぶし網ふるいにかけて骨材を取り除いた粉末である。

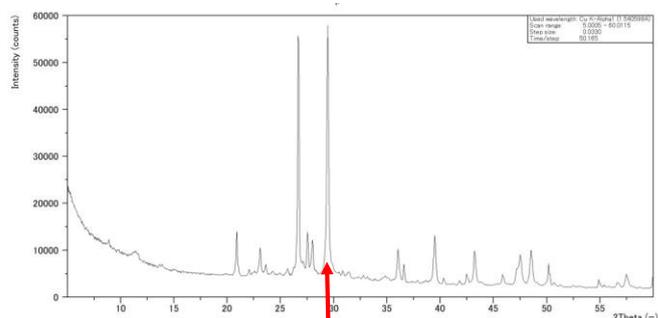
図-2にX線回折試験結果を示す。

カルサイト(CaCO₃)の回折強度のピークは劣化部(割れ・剥がれ) > 劣化部(膨れ) > 健全部の順に大きくなった。図-1に示すように、三つのコアはほぼ同じ場所から採取しているため、回折強度のピークの大小関係は生成量の大小関係と同等だと考えられる。



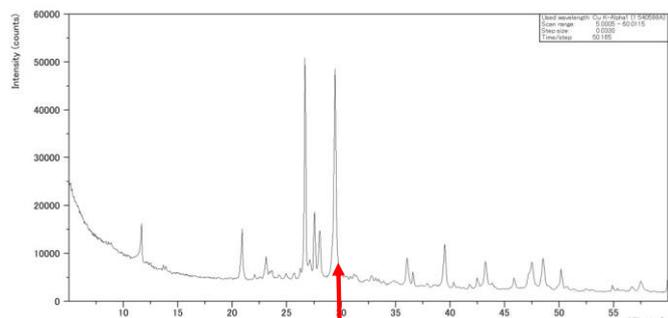
カルサイト : CaCO₃

健全部



カルサイト : CaCO₃

劣化部 (割れ・剥がれ)



カルサイト : CaCO₃

劣化部 (膨れ)

図-2 X線回折試験結果

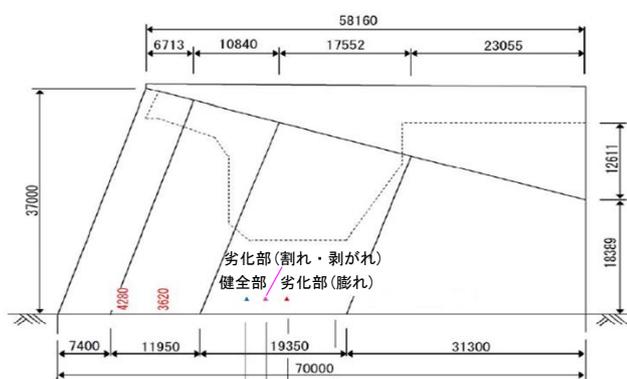


図-1 コア採取位置

3. 中性化深さ試験：中性化深さ測定はフェノールフタレイン法により実施した。図-3 にコア採取箇所での測定結果を過年度の測定結果と合わせて示す。なお、過年度のデータは、すべてコンクリートの健全部(ひび割れのない箇所)で得られた中性化深さである。

健全部において 2011 年から 2019 年にかけて中性化深さが小さくなったこと、次に劣化部(割れ・剥がれ)では中性化深さが進行していることが分かる。

この結果から、マスコンクリートに表面被覆を施すと、コンクリート表層部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液が滞水し、それによって中性化したコンクリート表層部が再度アルカリ化することが考えられる。

4. 水銀圧入試験：図-4 に水銀圧入試験の結果を示す。

健全部と比較して、劣化部(膨れ)は空隙がより小さい。劣化部の積算細孔容積が小さいこと、細孔直径 $0.03\mu\text{m}$ 以下では劣化部の細孔容積がより大きく、 $0.03\mu\text{m}$ 以上では健全部の細孔容積がより大きい。

これらの結果から、劣化部(膨れ)で生成された CaCO_3 が細孔を充填したことが考えられる。

5. 考察：今回の測定より、マスコンクリートに表面被覆を施すことで中性化を伴わない炭酸化が起こることを確認した。

健全部(2019年)が中性化していないことは、中性化深さ試験から確認できる。健全部は中性からアルカリ性へ変化し、劣化部(膨れ部)もそのままアルカリ性を示しているが、この原因に表面被覆によるコンクリート表層部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の濃度上昇が考えられる。劣化部(割れ・剥がれ)では中性化が進んでいるが、この原因に表面被覆の割れにより CO_2 の供給が増加したことが考えられる。

健全部で炭酸化が進行していることは、X線回折試験と水銀圧入試験から推測できる。中性化深さ試験の結果が 0mm である健全部と劣化部(膨れ)を比較する。健全部と劣化部(膨れ)の内部状態の違いに表層部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の濃度の差が考えられる。劣化部(膨れ)は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液の滞水量が多いため、 CaCO_3 の生成量がより多くなったと考えられる。このことは X 線回折試験と水銀圧入試験から確認できる。

今後の課題としては、実験室において中性化をともしない炭酸化の再現を検討する。

参考文献

- 1) 熊谷慎祐, 櫻庭浩樹, 宮田敦士, 佐々木巖, 西崎到: 表面被覆工および断面修復工による補修を施したコンクリート構造物の再劣化, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, pp.271-276, 201

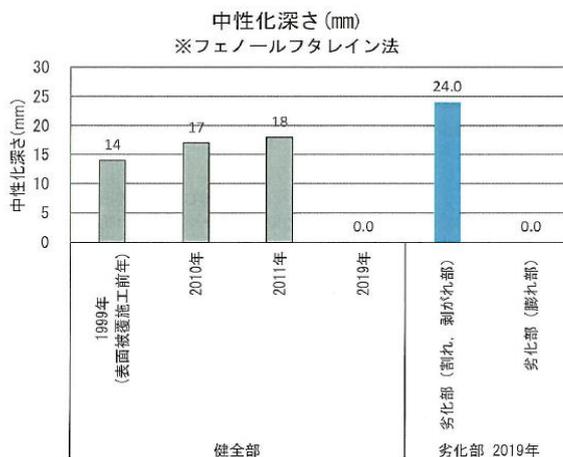
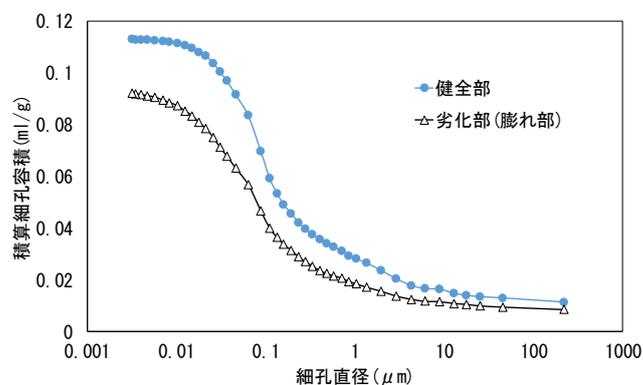
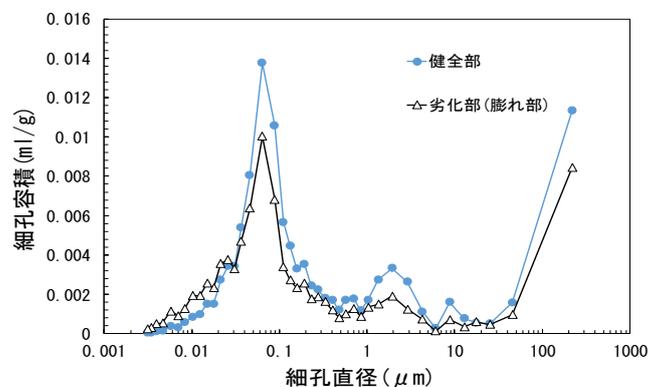


図-3 中性化深さ試験結果



積算細孔容積と細孔直径



細孔容積と細孔直径

図-4 水銀圧入試験結果