

## 海中にある橋台基礎部の ASR 損傷度の評価

金沢大学大学院 学生員 ○辻 裕和 金沢大学大学院 学生員 大橋勇気  
東亜建設工業(株) 正会員 羽瀨貴士 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

### 1. はじめに

海洋環境下のコンクリート構造物に ASR が発生した場合、海水から供給されるアルカリ(塩化物, 硫酸塩)の影響により ASR が促進されることが知られている<sup>1)</sup>。ASR と海水の作用による複合的な劣化現象はメカニズムが複雑であり、実構造物での調査事例は非常に少ないのが現状である。

本研究は、ASR による劣化が確認された海洋環境下に位置する橋台基礎を対象として、現地調査および貫通コアによる詳細調査を実施したものである。

### 2. 構造物の概要と調査項目

調査対象構造物は橋台の無筋基礎(幅 26.0m×奥行き 8.0m×高さ 5.5m)であり、建設後 18 年が経過している。建設後 8 年の時点でひび割れが発生した無筋基礎の表面部(約 10cm)をはつり取り、ひび割れに樹脂を注入するとともに、ポリマーセメントモルタルによる断面修復と有機系の表面被覆による補修が実施されていた。しかし、写真-1 に示すように、調査時点では表面被覆部に大きなひび割れが発生しており、ひび割れからの海水の浸透による再劣化が確認された。本調査では基礎の深さ方向での劣化状況の特徴を把握する目的で、無筋基礎の表面部から鉛直方向に貫通コア(直径 5.5cm, 長さ 5.5m)を水平面隅角部より 80×80cm の位置で採取した。コンクリートに使用された骨材は川砂と両輝石安山岩砕石(反応性鉱物:クリストバライト, 火山ガラス)であり、安山岩砕石の周囲にひび割れや ASR ゲルの生成が確認された。

試験項目の詳細を表-1 に示す。試験項目は、圧縮強度及び弾性係数、残存膨張量(JCI-DD2, デンマーク法, 人工海水浸漬)、塩分量、アルカリ量、ASR ゲルの識別(酢酸ウラニル蛍光法)および水和生成物の同定(SEM-EDX, XRD, DSC)などである。

### 3. 調査結果および考察

#### 3.1 コアの圧縮強度及び静弾性係数

貫通コアには多数のひび割れや断裂が存在しており、目視観察では ASR による損傷がかなり大きいと判断された。基礎部の上部(0.2~0.9m, 海水飛沫帯)、中央部(3.5~4.1m, 海中部)および下部(4.8~5.2m, 海中部)から採取したコアの圧縮強度と静弾性係数の関係を図-1 に示す。コアの圧縮強度は、上部、中央部および下部の順番で大きくなり、下部では設計基準強度(24N/mm<sup>2</sup>)を上回るものもあった。しかし、コアの静弾性係数/圧縮強度の値は健全なコンクリートと比較するとかなり小さくなった。



写真-1 無筋基礎の劣化状況

表-1 調査項目

項目	方法
目視観察	目視による
ASRゲルの有無	酢酸ウラニル蛍光法
塩化物イオン量	JCI-SC4法
水溶性アルカリ量	総プロ法
中性化深さ	フェノールフタレイン噴霧法
塩分浸透性	硝酸銀噴霧法
圧縮強度・静弾性係数	JIS A 1108, JSCE-G 502
残存膨張量	φ55mm コアを使用 (*1)
ASRゲルの組成	SEM-EDXAによる
反応生成物の同定	XRDおよびDSCによる

(\*1) ①デンマーク法(50°C, 飽和NaCl溶液浸漬)  
②JCI-DD2法(40°C, 100%湿気槽養生)  
③海水浸漬法(50°C, 人工海水浸漬)

キーワード：ASR, 残存膨張量, ゲルの組成, エトリンサイト

連絡先：工学部土木建設工学科 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 TEL076-234-4622 FAX076-234-4632

### 3.2 コアの残存膨張性

コアの促進膨張試験の結果を図-2 に示す。3 種類の促進養生下にて、いずれのコアも比較的早期に膨張が収束しており、コアの膨張量が最大で 0.03%程度と小さいことから判断して、長期にわたる海水の浸透によりASRが促進された結果、調査時点(建設後 18 年)では基礎部の ASR はほぼ終了しているものと判断された。一方、促進養生条件に関しては海水浸漬法の膨張量が最も大きくなり、コアの採取位置に関しては浅いものが深いものよりも膨張量が大きくなる傾向があった。

### 3.3 ASR ゲルの化学的組成とエトリンガイトの生成

SEM-EDXによるASRゲルの化学組成分析の結果を図-3 に示す。実構造物での ASR ゲルは同一の試料でもかなり広い範囲に化学組成が分布しているが、ASR ゲルの化学組成は上部、下部および中央部で相違することが判明した。すなわち、中央部のものは CaO 量が少なく、Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 量が多い化学組成であるのに対して、上部および下部のものは CaO 量が多く、Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O 量が少ない化学組成であることが確認された。このことより、ASR ゲルはひび割れからの海水の浸透により CaO 量が多い非膨張性のゲルに変化したものと考えられる。このことは、促進膨張試験にて ASR がほぼ終了していたと判断されたこととも一致する。

海水と接触したコアの部分には安山岩碎石の周囲に ASR ゲルとともに良く発達したエトリンガイトの結晶が多数生成しているのが観察された。エトリンガイトの特徴的な形態(花弁状)を写真-2 に示す。調査対象のコンクリートに使用された安山岩碎石には 20% 程度のアルミナ分と7%程度のアルカリ分(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)が含有されており、火山ガラスの反応が進行する過程でそれらの成分が溶出し、ASR が促進されるとともに、海水中の硫酸塩との反応により 2 次的な生成物としてエトリンガイトが生成したものと考えられた。しかし、2 次的なエトリンガイトの生成がコンクリートの膨張に及ぼす影響については不明であった。

### 4. まとめ

- (1) 海中部にある無筋基礎では海水の影響により構造物の内部でも著しい ASR 損傷が発生していた。
- (2) コアの促進膨張試験では残存膨張量は非常に小さく、ASR がほぼ終了していた。
- (3) コアの SEM-EDX ではカルシウム分を多く含む ASR ゲルと 2 次的なエトリンガイトの生成が観察された。

### 参考文献

- 1) 羽瀧貴士 他:海洋環境下におけるコンクリート構造物の ASR 損傷度の評価,コンクリート工学年次論文集, Vol.25, 2003.7

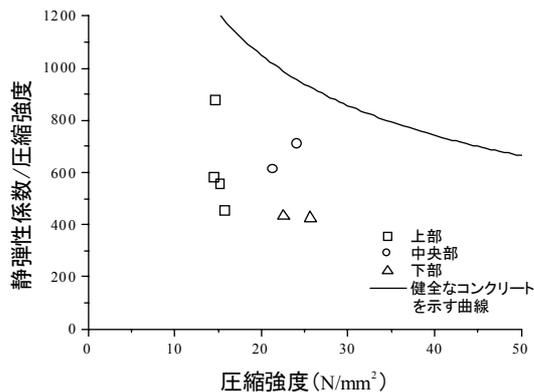


図-1 コアの圧縮強度と静弾性係数の関係

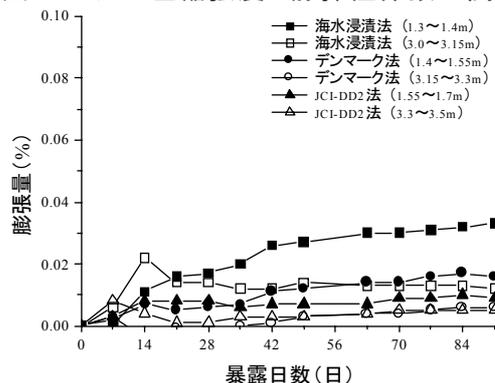


図-2 コアの促進膨張試験結果

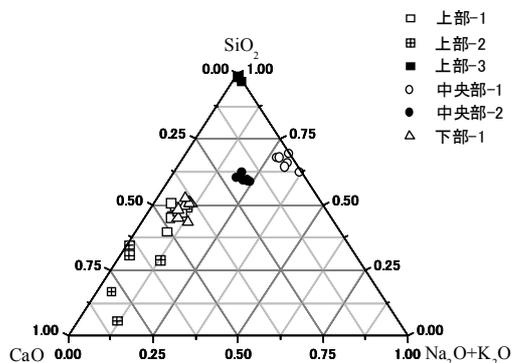


図-3 ASR ゲルの組成



写真-2 花弁状のエトリンガイト