

金沢大学工学部 正会員 川村 満紀

真柄建設土木本部 正会員○竹内 勝信

金沢大学工学部 正会員 鳥居 和之

1. まえがき

最近、融氷剤としてNaClを使用している地方において、ASRによって劣化したコンクリート橋脚が多数発見されている。NaClがASR膨張を促進することは多くの研究者によって指摘されているが¹⁾、実際の構造物に及ぼす影響については明らかにされていない。また、ASRによって劣化した構造物の補修や維持管理を行う上でその残存膨張性を予測することは非常に重要であり、外部よりNaClが供給される環境下における劣化コンクリートの残存膨張性を予測する方法が提案されている²⁾。

本研究では、ASRによって劣化した実在のコンクリート橋脚の塩化物含有量を明らかにし、融氷剤(NaCl)の影響について検討するとともに、コンクリートコア供試体を飽和NaCl溶液に浸漬して残存膨張性を予測するデンマーク法を実施し、湿気槽で養生する従来のコアの促進膨張試験による結果と比較することにより、デンマーク法の適応性とその意義について検討する。

2. 実験概要

2.1 塩化物含有量試験: 36箇所の劣化コンクリート橋脚よりコンクリートコアを採取し、コア表面より深さ約10cmの部分の試料の全塩分量を求めた。結果は塩化物イオンの総量で表した。

2.2 コアの膨張試験: 36箇所の劣化橋脚から11箇所を選択してコア(φ50×150mm)を採取し、湿気槽およびデンマーク法による促進膨張試験を実施した。採取したコアの基長測定後、湿気槽養生(38℃相対湿度95%以上)およびデンマーク法(50℃の飽和NaCl溶液中)の条件下でコアの長さ変化を測定した。所定期間経過後のコアの長さは、20℃の恒温室に24時間放置後、測定したものである。

2.3 モルタルの膨張試験: 反応性骨材として焼成フリント(C.F.)を使用して種々のアルカリ/C.F.比のモルタル円柱供試体(φ50×150mm)を作製した。供試体は28日間湿気槽(38℃)で養生した後、デンマーク法の条件下でその膨張量を測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 コアの塩化物含有量

橋脚から採取したコンクリートコアの塩化物含有量を表-1に示す。表より、36箇所中19箇所の塩化物含有量は、鉄筋の腐食防止の観点より設定された限度値(0.3kg/m³)以上であることがわかる。本地方では海砂はほとんど使用されていないので、全体としてコンクリート中の塩化物含有量が多いのは、融氷剤として使用されているNaClが長年の間にコンクリート中に侵入したためと考えられる。したがって、融氷剤(NaCl)の使用がASRによるコンクリートの劣化を促進している可能性が高い。

3.2 コアの膨張試験結果

湿気槽養生によるコアの最大膨張量および残存膨張性を表-2に示す。現在、コアの湿気槽における促進膨張試験より得られる膨張量よりコンクリート構造物の将来における膨張性を予測するための基準はないが、BCAの基準値(0.052%)³⁾を用いて判断すると表-2のようになる。同様に、デンマーク法によるコアの膨張量より判定した残存膨張性を表-3に示す。Struge, Chatterjiらの提案²⁾によると、浸

表-1 塩化物含有量

橋梁 No.	全Cl ⁻ 量 kg/m ³	橋梁 No.	全Cl ⁻ 量 kg/m ³
T-1	0.53	T-19	0.47
T-2	0.55	T-20	0.00
T-3	0.55	T-21	0.16
T-4	0.41	T-22	0.24
T-5	0.39	T-23	0.10
T-6	0.57	T-24	1.10
T-7	0.57	T-25	0.15
T-8	0.64	T-26	0.22
T-9	0.25	T-27	0.17
T-10	0.20	I-1	0.76
T-11	0.64	I-2	0.65
T-12	0.21	I-3	0.34
T-13	0.10	I-4	0.35
T-14	0.16	I-5	0.18
T-15	0.16	I-6	0.33
T-16	0.19	I-7	0.44
T-17	0.18	I-8	0.44
T-18	0.14	I-9	0.35

漬3ヶ月におけるコアの膨張量が0.1%以下ではもとのコンクリートの将来における膨張性が低く、0.4%以上では膨張性が高いとし、この中間は不明確としている。表-2と表-3とを比較すると、デンマーク法と湿気槽養生によるコンクリートの残存膨張性の予測結果は比較的良好一致していることがわかる。

3.3 モルタルの膨張試験結果から見たデンマーク法の持つ意味

図-1は、モルタル供試体の湿気槽（38℃）および飽和NaCl溶液中（50℃）における膨張曲線を示している。図より、湿気槽中においては膨張量は小さいが、NaCl溶液に浸漬後に膨張が大きく促進されることがわかる。また、図-2は、アルカリ/C.F.比とNaCl溶液浸漬後の膨張量の関係を表したものである。この図より、アルカリ/C.F.比の増加に伴って膨張量が増加し、その傾向は浸漬材令とともに明確になることがわかる。最近、反応性骨材含有モルタルをNaCl溶液に浸漬した場合の膨張は、細孔溶液中のOH⁻イオンの上昇によってASRが促進されるためであることが明らかにされた⁴⁾。これらの事実を考えると、デンマーク法で大きな膨張を示すコンクリートは、将来膨張を引起すに十分な未反応成分を含有しているとともに、細孔溶液中のOH⁻イオン濃度も十分高く、さらにNaClの影響によってASRを促進する可能性の高いものといえる。

4. まとめ

本研究の結果は、以下のようにまとめられる。

- (1) ある地域で発見されたASRによって劣化した多くのコンクリート橋脚には、多量の塩化物が存在している。この塩化物は融氷剤として使用されているNaClに起因するものと考えられ、この融氷剤の使用がASRによるコンクリート構造物の劣化を促進している可能性が高い。
- (2) コンクリートコアを飽和NaCl溶液に浸漬して膨張量を測定するデンマーク法では、湿気槽養生に比べて短期間で残存膨張性の予測が可能である。
- (3) デンマーク法において大きな膨張を示すコンクリートでは、残存膨張を引起すに十分な未反応成分が含有されているとともに、特にNaClの影響によってコンクリート内部のOH⁻イオン濃度を上昇させ、ASRが促進される可能性が高い。
- (4) 以上より、デンマーク法は、NaClの影響を受けるコンクリート構造物の残存膨張性を予測するために有効な試験方法と考えられる。

参考文献

- 1) 西林新蔵、矢村 潔、林 昭富、土木学会第42回年次学術講演会、第5部、pp. 428-429, 1987. 9.
- 2) Strunge, H. Chatterji, S. and Jensen, A. D., il cemento, pp. 158-162, 1991. 3.
- 3) British Cement Association: The Diagnosis of Alkali-Silica Reaction, pp. 25-26, 1992.
- 4) 竹内勝信、川村満紀、杉山彰徳、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 15, 1993, (投稿中)。

表-2 湿気槽養生によるコアの最大膨張量と残留膨張性

橋梁 No.	最大膨張量%	膨張性
T-1	-0.016	低い
T-4	0.087	高い
T-6	0.014	低い
T-9	0.060	高い
T-16	0.046	低い
T-17	0.031	低い
T-24	0.058	高い
I-1	0.050	低い
I-3	0.044	低い
I-7	0.067	高い
I-8	0.058	高い

*6ヶ月間の最大値

表-3 デンマーク法によるコアの膨張量と残留膨張性

橋梁 No.	膨張量**%	膨張性
T-1	0.034	低い
T-4	0.560	高い
T-6	0.335	不明確
T-9	0.463	高い
T-16	-0.066	低い
T-17	0.560	高い
T-24	0.151	不明確
I-1	0.051	低い
I-3	0.060	低い
I-7	0.302	不明確
I-8	0.080	低い

**3ヶ月での値

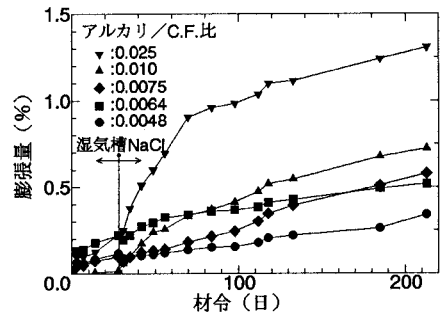


図-1 C.F.含有モルタルの膨張曲線

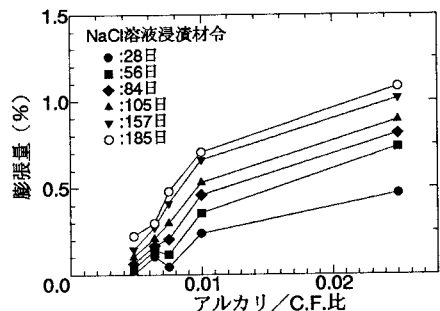


図-2 アルカリ/C.F.比と浸漬後の膨張量