

アルカリシリカ反応によって劣化したコンクリートの 組織と残留膨張性の予測†

竹内 勝信* 川村 満紀** 鳥居 和之**

Textures of Concretes Affected by Alkali-Silica Reaction and Prediction of Their Residual Expansion Capacity

by

Katsunobu TAKEUCHI*, Mitsunori KAWAMURA** and Kazuyuki TORII**

Recently, a number of bridge concrete piers which appear to be damaged by the alkali-silica reaction, have been found in a certain district in Japan. The major purpose of this study is to reveal whether the damage in the concrete piers was caused by an alkali-silica reaction. Another important problem is to predict the residual expansion capacity of the affected concretes for the purpose of repairing them appropriately. The reactivity of aggregates used in the concretes was investigated by microscopic examination. In this district, a large amount of sodium chloride is being used as a deicing agent for many years. Accelerated expansion tests in saturated NaCl solution as well as in high humidity were carried out to predict the residual expansion of the actually damaged concrete piers. The correlation between the results obtained by the accelerated expansion tests in saturated NaCl solution and in high humidity was found to be considerably good. Andesitic and rhyolitic aggregates in the concretes were reacting.

Key words : Existing damaged concrete, Alkali-Silica reaction, Residual expansion, Accelerated test, Thin section, Fluorescence microscope, Sodium chloride

1 ま え が き

NaCl は、日本の寒冷地において入手が容易で安価な融氷剤として CaCl₂ とともに一般に広く使用されている。しかし、長年の間融氷剤として大量の NaCl を使用してきた地方では、最近アルカリシリカ反応によって劣化したと思われるコンクリート橋脚が多数発見されている。NaCl がアルカリシリカ反応を促進することは、多くの研究者によって指摘されているが^{1),2)}、実際のコンクリート構造物において、融氷剤として使用された NaCl の ASR に及ぼす影響について調査し、その場合の補修対策を検討した研究は少ない。

劣化した構造物では、まず劣化原因を特定する必要があるが、現在一般に行われているアルカリシリカ反応の診断方法は、いずれも時間や設備および専門知識を必要とするため、すべての劣化構造物に対して診断そのものが必ずしも適切に行われているとは言いがたい。また、劣化した構造物の今後の膨張量を予測することは、構造物の補修・補強や維持・管理をしていく上で非常に重要である。アルカリシリカ反応によって劣化した構造物の残留膨張を予測するには、その構造物から採取したコンクリートコアの膨張量を測定する方法

が有効と考えられるが、コアの残留膨張量と実際の構造物の将来における劣化の度合との関係については不明確である。

このような現状を打破するため、近年さまざまな手法が開発されている。例えば、従来岩石学的な専門知識と経験を必要としたコンクリート薄片の顕微鏡観察においては、コンクリート中の微視的構造と微小ひびわれを、蛍光染料含有エポキシ樹脂を含浸させたコンクリート薄片の蛍光顕微鏡観察によって比較的容易に観察できる手法がデンマークにおいて開発されている^{4),5)}。また、NaCl がアルカリシリカ反応による膨張を促進する性質を利用して、飽和 NaCl 溶液中に ASR による劣化コンクリートコアを浸漬して残留膨張性を評価する方法（デンマーク法）が、Strunge と Chatterji らによって提案されている⁶⁾。

本研究の目的は、融氷剤として NaCl を使用している地方で発見されたコンクリート構造物中の劣化原因が、アルカリシリカ反応であることを明らかにし、また、外部より侵入した NaCl の量について調査することである。さらに、従来の湿気槽中におけるコアの膨張試験とデンマーク法の結果を比較することによ

† 原稿受理 平成5年10月18日 Received Oct. 18, 1993

* 真柄建設(株) 〒920 金沢市彦三町, Dept. of Civil Eng., Magara Construction Co. Ltd., Hikoso-machi, Kanazawa, 920

** 正会員 金沢大学工学部 〒920 金沢市小立野, Dept. of Civil Eng., Kanazawa Univ., Kodatsuno, Kanazawa, 920

り, 劣化コンクリートの残留膨張性の予測方法としての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 顕微鏡観察

劣化コンクリートから採取したコンクリートコアを厚さ 5 mm に切断し, 蛍光エポキシ樹脂を含浸させた。その後, コンクリート片をスライドガラスに張り付けて, 厚さ 20 μm まで研磨してコンクリート薄片とする⁴⁾。これらのコンクリート薄片を偏光および蛍光顕微鏡によって観察し, 骨材中の反応性岩石の種類と反応状況の判定および劣化コンクリートの微視的構造を調査した。

2.2 力学試験

力学試験用の供試体は, 劣化コンクリートより直径 100 mm または 75 mm のコンクリートコアを採取し, 長さが直径の 2 倍となるように切断した。キャッピングをした後, JIS A 1107 に従って圧縮試験を実施して圧縮強度と弾性係数を求めた。

2.3 化学法による骨材の反応性試験

劣化コンクリート橋脚から採取したコンクリートコアをハンマー等を用いて粉碎し, 粗骨材と細骨材に分離した。粗骨材および細骨材は, 付着したセメントペーストを取り除くために, それぞれ 18% および 6% の HCl 溶液に浸漬してペースト分を溶解した後よく洗浄したものを化学法用の試料とした。

2.4 コンクリート中の塩化物含有量の測定

コンクリート橋脚の表面より深さ約 10 cm の部分のコンクリートをジョークラッシャーで粉碎した後, 149 μm のふるいを通させた試料について塩化物含有量を測定した。コンクリート中の全塩化物含有量は, コンクリート工学協会の基準(案)(JCI-SC5)に従って電位差滴定法により決定した。

2.5 湿気槽中におけるコアの膨張試験

36 箇所の劣化コンクリート橋脚から 11 箇所の橋脚を選択して, コンクリートコアの促進膨張試験を実施した。劣化コンクリート橋脚から採取した $\phi 100 \times 200$ mm のコア供試体は, ビニール袋で密封して 20°C で約 24 時間保存した後基長(標点距離: 150 mm)を測定し, 38°C, 相対湿度 95% 以上の湿気槽で養生した。供試体は, 20°C で約 24 時間保存した後, 長さ変化を測定する。

2.6 飽和 NaCl 溶液中におけるコアの膨張試験

11 箇所の劣化コンクリート橋脚より $\phi 50 \times 150$ mm のコンクリートコアを採取し, 20°C で約 24 時間保存した後基長(標点距離: 100 mm)を測定して, 50°C の飽和 NaCl 溶液中に浸漬した。供試体は, 20°C で約 24 時間保存した後長さ変化を測定した。

2.7 飽和 NaCl 溶液中における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.)⁷⁾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($\phi 50 \times 150$ mm)を作製した。供試体は, 28 日間湿気槽(38°C, 相対湿度 $\geq 95\%$)で養生した後デンマーク法と同じの条件下(50°C の飽和 NaCl 溶液中)に置き, 時間に伴う長さ変化を測定した。

3 目視による橋脚の劣化状況

調査の対象となったすべての橋脚で, Fig. 1 に示すような亀甲状のひびわれが発見されている。特に, 雨水に曝される橋脚の上端面や張出部分は, Fig. 2 に示すような著しいひびわれが発生していた。また, ほとんどの橋脚において, ゲルの滲出やひびわれに沿う変色が見られた。目視によるこれらのコンクリート橋脚の劣化状況は, 劣化の主な原因がアルカリシリカ反応であることを示唆している。

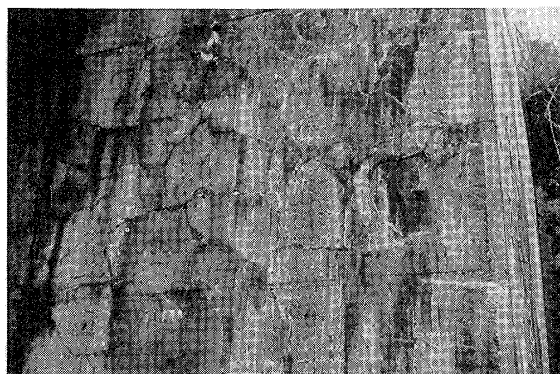


Fig. 1. Map cracks found in a bridge pier to be investigated.

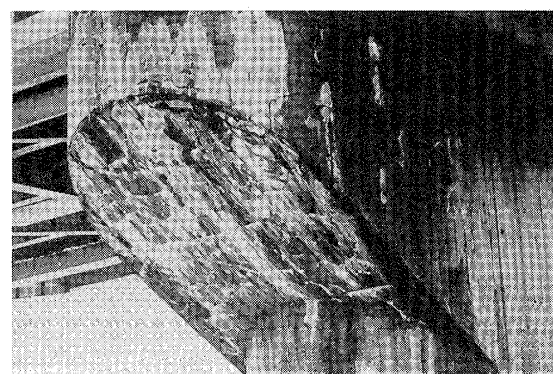


Fig. 2. Severe cracks on gable parts of a pier which have been exposed to rainfall.

4 劣化したコンクリート組織の顕微鏡観察

T-1 から T-27 までの 27 箇所の橋脚から採取した劣化コンクリートの薄片を用いて, 通常光と UV ライトの下で偏光顕微鏡によるコンクリート組織の観察を行った。Fig. 3 は, 通常光の下で取られた T-4 橋脚からのコンクリート薄片の顕微鏡写真である。この顕微鏡写真は, 部分的に反応した安山岩粒子とセメント



Fig. 3. A thin section micrograph of the concrete in T-4 bridge pier which was taken in ordinary light.

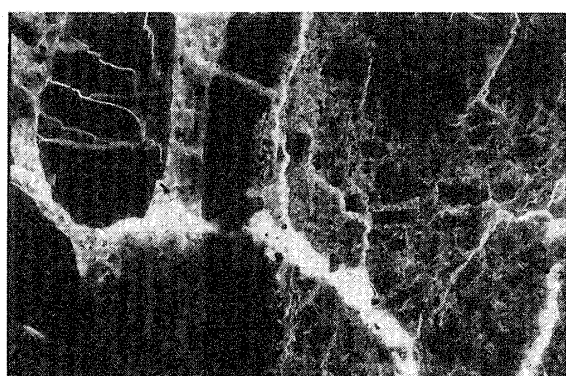


Fig. 4. A thin section micrograph which was taken in fluorescent mode for the same area as that presented in Fig. 3.

ペースト相を示しているが、安山岩粒子の中に存在するひびわれを発見することは容易ではない。一方、Fig. 4は、Fig. 3と同じ部分を蛍光モードで撮影した顕微鏡写真である。Fig. 4より、蛍光モードでは安山岩粒子の内部とセメントペーストの両方に多数のひびわれが存在することが良くわかる。

Table Iは、27箇所の橋脚からのコンクリート薄片の偏光およびUVライトによる顕微鏡観察の結果をまとめたものである。観察の結果、27箇所の橋脚からのコンクリート薄片は、すべて反応している安山岩または流紋岩粒子を含んでいることが確認された。また、反応している安山岩または流紋岩粒子とセメントペーストには、多数のひびわれが見られ、これらのコ

Table I. Results of the microscopic examinations.

Bridge No.	Gravel			Sand		
	Andesite	Rhyolite	Flint	Andesite	Rhyolite	Flint
T-1	R	P	P	P, l	P	P
T-2	—	R	—	R, l	R	—
T-3	—	R	—	R	R	—
T-4	R	—	—	R	P, l	—
T-5	R	R	—	R	R	R
T-6	R	—	—	R, h	—	—
T-7	R	R	—	R	R	—
T-8	P	P	—	R, h	P	—
T-9	R	P	—	R	R	R
T-10	R	P	—	R	P	R
T-11	R	P	—	R, h	P, l	—
T-12	—	P	—	R, h	R	R
T-13	—	P	—	R, h	P, l	—
T-14	R	P	—	R, h	P, l	—
T-15	R	R	—	R, vh	R, h	R
T-16	—	P, l	—	R, vl	R, vh	R
T-17	R	R	—	R	R, h	R
T-18	R	R, h	—	R	R	—
T-19	—	P	—	R, h	P	—
T-20	—	R	—	R	R	R
T-21	R	R	P	R	R	R
T-22	—	P	P	R	R, vh	R
T-23	—	P	—	R	R, h	—
T-24	R	R	—	R, h	R	R
T-25	—	P	—	R	R, h	R
T-26	—	R	P	R, h	R	R
T-27	P	P	—	R	R	—

R: Present and reacting, P: Present but definite sign of reaction yet, l: low amount, h: high amount, v: very.

ンクリートの透水性は、非常に大きくなっていると思われる。これらの顕微鏡観察によって得られた結果は、これらのコンクリート橋脚の劣化がアルカリシリカ反応によるものであることを示している。

5 圧縮強度および弾性係数

建設時に使用されたコンクリートの設計基準強度は、大部分の橋脚で20MPa程度であると推定される。橋脚から採取したコンクリートコアの平均圧縮強度は、Table IIに示す通りで、アルカリシリカ反応によって劣化してもほとんどが設計基準強度を上回っていることがわかる。

また、土木学会のコンクリート標準示方書に基づいて推定すると、設計基準強度約20MPaのコンクリートの弾性係数は、約23GPaである。しかし、これらのコンクリートの平均弾性係数は、Table IIIに示すように設計基準強度に基づく推定値をかなり大きく

Table II. Compressive strength of concrete cores.

Bridge No.	Strength (MPa)	Bridge No.	Strength (MPa)	Bridge No.	Strength (MPa)	Bridge No.	Strength (MPa)
T-1	33.3	T-10	33.5	T-19	42.0	I-1	17.1
T-2	33.3	T-11	45.8	T-20	26.9	I-2	25.3
T-3	24.8	T-12	30.5	T-21	24.5	I-3	23.9
T-4	25.0	T-13	30.5	T-22	49.0	I-4	17.6
T-5	27.0	T-14	28.1	T-23	30.8	I-5	23.1
T-6	27.7	T-15	37.3	T-24	35.8	I-6	29.8
T-7	34.2	T-16	37.1	T-25	27.6	I-7	25.7
T-8	29.7	T-17	25.1	T-26	29.3	I-8	28.6
T-9	27.8	T-18	27.8	T-27	24.7	I-9	25.0

Table III. Modulus of elasticity (E) of concrete cores.

Bridge No.	E (GPa)	Bridge No.	E (GPa)	Bridge No.	E (GPa)	Bridge No.	E (GPa)
T-1	18.3	T-10	19.1	T-19	27.3	I-1	11.1
T-2	28.3	T-11	29.3	T-20	27.8	I-2	22.8
T-3	28.2	T-12	19.4	T-21	14.4	I-3	18.0
T-4	12.8	T-13	25.6	T-22	32.7	I-4	19.6
T-5	23.7	T-14	13.1	T-23	12.7	I-5	21.1
T-6	11.9	T-15	25.8	T-24	25.0	I-6	33.0
T-7	14.9	T-16	20.6	T-25	24.1	I-7	7.31
T-8	11.4	T-17	12.6	T-26	16.1	I-8	13.8
T-9	11.3	T-18	24.8	T-27	12.6	I-9	22.8

下回っている。圧縮強度よりも弾性係数が大きく低下するという結果は、アルカリシリカ反応による劣化コンクリートの特徴の1つとされている。⁸⁾

6 劣化したコンクリート中の骨材の反応性

Table IV は、選択した16箇所の橋脚の劣化コンクリート中の粗骨材および細骨材について実施した化学法の結果を示している。Table IV より、選択した劣化コンクリート中の粗骨材および細骨材は、T-1 橋脚の細骨材を除いてすべて化学法 (ASTM C 289) で「有害」または「潜在的有害」と判定された。化学法で無害となった T-1 橋脚の細骨材は、Table I に示すようにコンクリート薄片の顕微鏡観察においても反応の徴候を示していない。

劣化したコンクリート骨材の化学法の結果と顕微鏡観察の結果から判断して、これらのコンクリート橋脚の劣化は、アルカリシリカ反応によるものであると結

論することができる。

7 コンクリートの塩化物含有量

36 箇所の橋脚から採取したコンクリートコアの表面から 10 cm 部分の塩化物含有量を Table V に示す。Table V より、19 箇所の橋脚コンクリートの塩化物含有量は、コンクリート標準示方書で鉄筋腐食を防止するために定められた 0.3 kg/m^3 の限度値を上回っていることがわかる。この地方で製造されているコンクリートは、橋梁の建設時においても海砂を使用していない。この地方においては、冬期間に融氷剤として NaCl を多量に使用しているという事実を考慮すると、本実験によって得られたコンクリート中の比較的多量の塩化物は、融氷剤として散布された NaCl が長年の間にコンクリート中に徐々に浸透して蓄積した結果と思われる。

NaCl がアルカリシリカ反応を促進するという事実

Table IV. Reactivity of aggregates in the damaged concretes.

Aggregate	Sc. (mmol/l)	Rc. (mmol/l)	Reactivity	Aggregate	Sc. (mmol/l)	Rc. (mmol/l)	Reactivity
T-1 Gravel	78.5	55.9	Deleterious	T-1 Sand	20.6	106.5	Innocuous
T-4 Gravel	392.3	64.0	Deleterious	T-4 Sand	542.5	212.8	P. Deleterious
T-6 Gravel	72.0	30.0	Deleterious	T-6 Sand	518.8	135.7	P. Deleterious
T-9 Gravel	199.5	84.5	P. Deleterious	T-9 Sand	421.7	131.6	P. Deleterious
T-16 Gravel	74.8	27.7	Deleterious	T-16 Sand	256.4	154.7	P. Deleterious
T-17 Gravel	223.9	65.8	Deleterious	T-17 Sand	497.0	101.9	Deleterious
T-24 Gravel	73.2	35.1	Deleterious	T-24 Sand	588.1	113.8	Deleterious
I-1 Gravel	545.6	94.0	Deleterious	I-6 Gravel	67.4	31.7	Deleterious
I-2 Gravel	383.1	75.1	Deleterious	I-7 Gravel	123.1	25.3	Deleterious
I-3 Gravel	353.1	75.2	Deleterious	I-8 Gravel	372.1	91.6	Deleterious
I-4 Gravel	422.6	111.6	P. Deleterious	I-9 Gravel	347.6	93.5	Deleterious
I-5 Gravel	92.6	54.2	Deleterious				

P. Deleterious : Potential deleterious.

Table V. Chloride contents of concrete cores.

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

Table VI. Prediction of the residual expansion of the damaged concretes according to an accelerated test in a high humidity.

Bridge No.	Maximum expansion* (%)	Possibility expansion	Bridge No.	Maximum expansion* (%)	Possibility expansion
T-1	-0.016	Low	T-24	0.058	High
T-4	0.087	High	I-1	0.050	Low
T-6	0.014	Low	I-3	0.044	Low
T-9	0.060	High	I-7	0.067	High
T-16	0.046	Low	I-8	0.058	High
T-17	0.031	Low			

* During 6 months.

とこれらのコンクリート中の高い塩化物含有量とを考え合わせると、これらの橋脚におけるアルカリシリカ反応によるコンクリートの劣化は、NaClの供給によって促進されている可能性が高い。

8 劣化コンクリートの残留膨張性の予測

8・1 湿気槽中におけるコンクリートコアの膨張試験

Fig. 5は、湿気槽中（38°C、相対湿度 ≥95%）で養生したコンクリートコアのうち、代表的なT-1、T-4、T-6およびT-9橋脚からのコアの膨張曲線を示している。図中のT-9橋脚の膨張曲線のように、養生期間のある時期から膨張量が減少するコンクリートコアも存在した。したがって、橋脚の残留膨張性の予測に用いる膨張量は、湿気槽中における6ヶ月間の養生期間の最大膨張量とした。

このような条件下におけるコアの膨張量と構造物の残留膨張量との相関関係については、現在のところ十分な情報が得られていない。アルカリシリカ反応の診断に関するイギリスの研究グループの報告では、観察されたコアの膨張量がおよそ0.07%以下の場合には、コアを採取した構造物は今後膨張しないと考えられている⁹⁾。本研究の基準値は、イギリスの研究グループの提案値を基に、両試験における膨張量の測定時の温度差を考慮して決定する。すなわち、イギリスの研究グループの0.07%という提案値から、イギリスの測定温度38°Cと本研究の測定温度20°Cとの温度差によるコアの熱膨張量を差引いて、0.052%を基準値とし

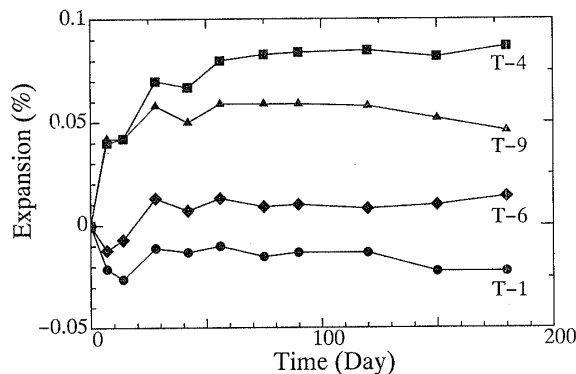


Fig. 5. Expansion curves of concrete cores in >95% R. H. and at 38°C.

た。

Table VIは、各橋脚のコンクリートコアの最大膨張量と残留膨張性を示したものである。Table VIより、T-4、T-9、T-24およびI-7、I-8の5橋脚は、今後さらに大きな膨張量を示すことが予測される。しかし、湿気槽中のコアの膨張量は、全体的に小さく基準値とあまり大きな差がないため、T-24やI-8橋脚など基準値に近い膨張量を示す橋脚では、測定誤差などを考慮すると確定的な判定は困難である。

8・2 飽和 NaCl 溶液中におけるコンクリートコアの膨張試験

Fig. 6は、50°Cの飽和NaCl溶液に浸漬したコンクリートコアの膨張曲線を示したものである。デンマーク法におけるコアの膨張は、浸漬期間が長くなるにしたがって増加し、湿気槽中のようにある材令より減少するという傾向は見られない。また、湿気槽中で養生したものと比較して、全体的に膨張量が大きく、膨張の進行も速いことがわかる。

Strunge, Chatterji and Jensen⁶⁾は、デンマーク法における残留膨張性の明確な基準値を示していないが、コアの膨張量が0.1%未満のものは今後膨張する可能性が低く、0.4%以上のものは今後も膨張が生じるとしている。この提案に基づいて、デンマーク法における残留膨張性は、浸漬後3ヶ月におけるコアの膨張量が0.1%未満のものを「低い」、0.4%以上を「高い」とし、0.1~0.4%の範囲を「不明確」とした。

Table VIIは、各橋梁からのコア浸漬後3ヶ月にお

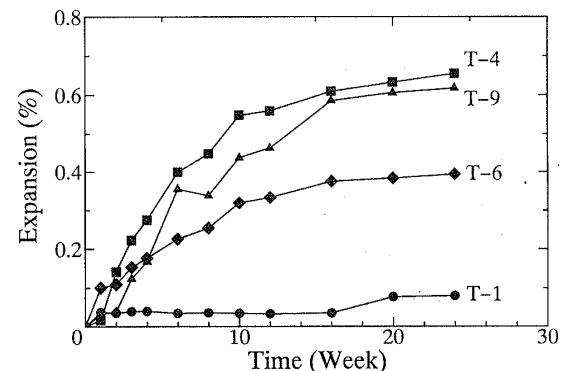


Fig. 6. Expansion curves of concrete cores in saturated NaCl solution.

Table VII. Prediction of the residual expansion of the damaged concretes according to the Danish method.

Bridge No.	Expansion* (%)	Possibility of expansion	Bridge No.	Expansion* (%)	Possibility of expansion
T-1	0.034	Low	T-24	0.151	Indefinite
T-4	0.560	High	I-1	0.051	Low
T-6	0.335	Indefinite	I-3	0.060	Low
T-9	0.463	High	I-7	0.302	Indefinite
T-16	-0.066	Low	I-8	0.080	Low
T-17	0.560	High			

* At 3 months.

ける膨張量と残留膨張性を示したものである。Table VII より、デンマーク法におけるコアの3ヶ月目の膨張量は、Table VI に示す湿気槽中の膨張量よりもかなり大きいことがわかる。また、T-1, T-4, T-9, T-16, I-1 および I-3 橋脚では、デンマーク法における残留膨張性は、湿気槽の結果と同様であるが、T-17 と I-8 では互いに逆の判定結果となっている。

9 デンマーク法における膨張の意義

Fig. 7 は、モルタル供試体の湿気槽および飽和 NaCl 溶液中における膨張曲線を示している。Fig. 8 より、モルタルの膨張量は、湿気槽中においては小さいが、NaCl 溶液に浸漬後に大きく増大していることがわかる。また、Fig. 8 は、各浸漬材令におけるアル

カリ/C. F. 比と NaCl 溶液浸漬後の膨張量との関係を表したものである。Fig. 8 より、アルカリ/C. F. 比の増加に伴って膨張量が増加することがわかる。すなわち、デンマーク法における膨張量は、アルカリ量にほぼ比例して増大することがわかる。

デンマーク法におけるコンクリートコアの膨張は、NaCl によるアルカリシリカ反応の促進によるものと考えられるが、その詳細は現在のところ不明である。しかし、1N NaCl 溶液中における反応性骨材含有モルタルの膨張は、NaCl の侵入によってアルカリシリカ反応が促進されるためであることが筆者らの研究において明らかにされている。また、飽和 NaCl 溶液中 (80°C) と湿気槽 (38°C) の養生条件下におけるモルタルの膨張量が非常に良好な相関関係にあるという Larbi と Hudec の実験結果は、NaCl 溶液中のモルタルの膨張はアルカリシリカ反応によるものであることを示唆している。

したがって、デンマーク法において大きな膨張量を示すコンクリートは、アルカリシリカ反応に必要なアルカリと反応性成分をまだ十分に含んでいることを意味すると考えられる。

10 結 論

融氷剤として NaCl を使用している地方で発見された多数の劣化コンクリート橋脚について調査した結果、以下のような結論が得られた。

(1) 顕微鏡観察、力学試験および化学法による反応性試験の結果より、調査したコンクリート橋脚の劣化原因は、すべて反応性の安山岩または流紋岩骨材によるアルカリシリカ反応である。

(2) 蛍光顕微鏡によるコンクリート薄片の観察は、反応性骨材およびセメントペースト中に存在するひびわれを容易に見出すことが可能で、アルカリシリカ反応の診断方法の1つとして有効である。

(3) 劣化したコンクリート橋脚には、多量の塩化物が存在する。これは、融氷剤として散布した NaCl がコンクリート中に侵入したためである。この NaCl によってアルカリシリカ膨張が促進された可能性が高い。

(4) デンマーク法において大きな膨張量を示したコンクリートは、アルカリシリカ反応が継続するのに必

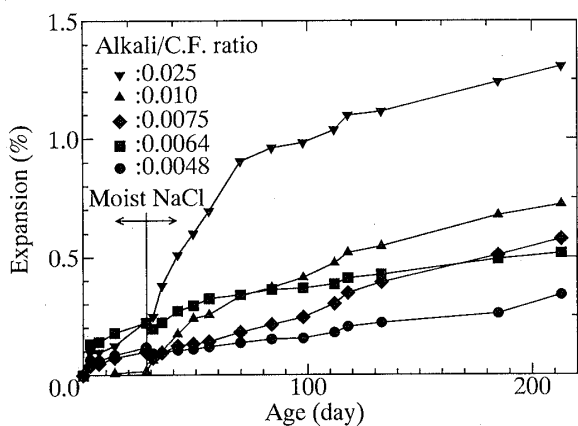


Fig. 7. Expansion curves of C.F.-bearing mortars.

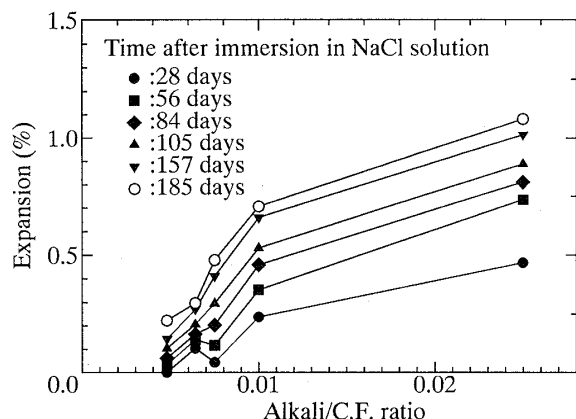


Fig. 8. Relation between alkali/C.F. ratio and expansion after immersion in saturated NaCl solution.

要なアルカリと反応性成分をまだ十分に含んでいると考えられる。

(5) 本研究で調査したコンクリート橋脚のように NaCl の影響を受けるコンクリート構造物においては、デンマーク法は、残留膨張性を予測する方法として非常に有効である。

コンクリート薄片の顕微鏡観察における反応性岩石の同定は、Dr. Chatterji 氏の協力により実施されたものであり、氏の協力に対して感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 中野錦一, 小林茂広, 有本義晴, セメント技術年報, **38**, 106 (1984).
- 2) 西村新蔵, 矢村 潔, 林 昭富, 土木学会第42回学術講演会講演概要集, **5**, 428 (1987).
- 3) アルカリ骨材反応調査研究委員会, “アルカリ骨材反応調査研究委員会報告”, 208 (1989) (社)日本コンクリート工学協会
- 4) K. M. Andersen and N. Thaulow, *Petrography applied to concrete*, 71 (1990).
- 5) A. D. Jensen, K. Eriksen, S. Chatterji, N. Thaulow and I. Brandt, *Petrographic analysis of concrete*, Danish Building Export Council Ltd. (1989).
- 6) H. Strunge, S. Chatterji and A. D. Jensen, *il cemento*, **3**, 158 (1991).
- 7) 川村満紀, 竹内勝信, 杉山彰徳, コンクリート工学年次論文報告集, **15-1**, 923 (1993).
- 8) 岡田 清, “コンクリートの耐久性” p.93 (1986) 朝倉書店
- 9) British cement association, *The diagnosis of alkali-silica reaction*, 26 (1992).
- 10) 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, **15-1**, 917 (1993).
- 11) J. A. Larbi and P. P. Hudec, *Cement and concrete research*, **20**, 73 (1990).

書 評

コンクリート工事 現場技術者の手引き 《生コンの使い方》 第5版

長瀧 重義, 友澤 史紀 (監修)

(1993年, (社)セメント協会, B 6判, 60ページ, 定価1000円)

セメントの起源は紀元前3～4世紀のピラミッドに使用された例にまでさかのぼるが、近代的なセメントとしては1824年イギリスの Joseph Aspdin の発明によるものとされている。以来150年あまりの歴史を有しており、この間これを用いたセメントコンクリートは土木・建築物の主要構造材料の一つとして汎用的に使用されてきた。

セメントコンクリートは、技術にそれほどの熟練を要しないこと、経済的であること、耐久的事であること、取り扱いが容易であること、材料の調達が可能であることなどの利点を有している。しかし良好なコンクリートを製造・施工するためには何の配慮も必要でないということでない。昔からいわれているように、良い材料、適切な配合、入念な施工は不可欠であり、所要のプロセスを経る必要がある。数年前にコンクリートの早期劣化が話題になったことがあるが、急速施工の要請、材料の変化、労働力不足による合理化施工などのために十分な配慮を怠ったことも大きな要因の一つとして考えられる。

コンクリート工事に携わる上で基本的に守るべきことは JIS をはじめ、建築学会建築工事標準仕様書および土木学会コンクリート標準示方書などに明記されており、技術者は本来このことをわきまえているはずである。しかしながら示方書などの規準類は堅苦しく記述されており読みにくいという点は否めない。また、コンクリート工事はいくつかの専門業者に細分されており、責任の区分や所在が不明確なる場合が時折みられる。

本書はコンクリート工事にかかる要点を簡潔にまとめて解説したものである。内容的には目新しいものではなくあたりまえのことが記述されており、必読書というほどのものではないが、現場で少し余分に時間ができたとき、あるいは通勤時間にざっと目を通して気を引き締めるにはもってこいかなと思う。大きさも携帯に便利のようにポケット版でページ数も薄くまとめられている。巻末に改訂された JIS も掲載されており、ポケットに忍ばせておくには好都合であろう。

(大阪市立大学工学部 眞嶋 光保)