

V-276 アルカリ・シリカ反応によって劣化したコンクリートの残留膨張の予測

金沢大学工学部 S. Chatterji
 金沢大学工学部 正会員 川村 満紀
 金沢大学工学部 ト部 達也
 金沢大学工学部 学生員 ○小阪 拓哉

1. まえがき アルカリ・シリカ反応(ASR)によって損傷を受けた構造物の膨張が継続するかどうかを早期に予測することは、その構造物の補修及び維持管理において非常に重要であるが、このような構造物の残留膨張量に関する信頼できる評価法はまだ未だないのが現状である。本研究は、最近、著者の一人らによって提案されたコンクリートの残留膨張量の予測に関する新しい試験法(デンマーク法)を我が国における構造物に適用することによって、その有用性を検討し、さらに、偏光及び蛍光顕微鏡による薄片観察の結果との関連性について考察することを目的としたものである。

2. 実験概要

2-1. 残留膨張試験法(デンマーク法) コア供試体($\phi 5.0 \times 10$ cm)を十分に吸水させた後基長を測定し、50℃の(a)飽和NaCl溶液中、(b)湿潤砂中及び(c)水中に浸漬し、時間にとまなう長さ変化を測定した。

2-2. コンクリート中の骨材のアルカリ反応性試験及び薄片の作製 ASRによって損傷を受けたと思われる27ヶ所の橋梁のピアからコンクリートコア(直径5cm)を採取し、まず各河川を代表する7橋梁からのコアの残留膨張試験及びコンクリート中の骨材のアルカリ反応性試験(化学法)を行った。さらに、27橋梁より採取したコアより薄片を作製し、偏光及び蛍光顕微鏡によるコンクリート組織の観察を行った。

3. 結果及び考察

3-1. 残留膨張試験 図1及び図2は、それぞれ水中及び湿潤砂中におけるNO.24橋からのコアの膨張量の経時変化を示したものである。水中に浸漬したコアはほとんど膨張していない。湿潤砂中においては、1つのコアは最初の1週間以内に約0.1%程膨張しその後24週まで徐々に膨張が進行しているが、他の1本はやや収縮する傾向を示している。水中及び湿潤砂中における初期のコア供試体の長さ変化は、応力解放によるものと思われるが、これら同一橋梁からの2本のコアの膨張挙動が相違する原因は不明である。図3は、NaCl溶液に浸漬したNO.24橋からのコアの膨張量の経時変化を示したものである。図3より、NaCl溶液中に浸漬すると、コア中の未反応の反応成分の反応が促進され、膨張が大きく進行していることが分かる。このことは、橋梁NO.24のピアのコンクリートには、まだ未反応の反応成分が残っていることを示している。また、2つのコア供試体間の膨張挙動の相違は、たまたま、これらのコアに含まれていた反応成分を含有する骨材粒子の大きさ及び反応成分のアルカリ反応性の度合の相違により生じたものと思われる。図4は、NaCl溶液中におけるNO.1橋からのコアの膨張量の経時変化を示したものである。NO.1橋からのコアは、NaCl溶液中において全く膨張を示さないことより、橋梁NO.1のピアのコンクリートにおいては、すでに反応が完了したか又は、反応成分が含有していなかったかのいずれかであると考えられる。

3-2. 薄片観察及び骨材のアルカリ反応性試験 コンクリート中の骨材のアルカリ反応性(化学法)の結果を表1に示す。この表より、NO.1のコア供試体中の細骨材を除き、すべて有害と判定されている。また、全体として細骨材が粗骨材よりも大きなSc値を示していることが分かる。表2は、薄片の骨材部分の顕微鏡観察により得られた結果を示したものである。この表より、27橋梁のコンクリート中に含まれている反応性骨材の岩石名は、安山岩、流紋岩、チャート、玄武岩であり、大部分のコンクリート中には、安山岩及び流紋岩の存在が確認された。また、一部分のコンクリート中には少量のチャートや玄武岩が含まれていた。全体として、安山岩粒子の反応性は流紋岩粒子よりも高いようである。従って、図3における同一橋梁のピアからの2つのコア間の膨張挙動の相違は、たまたまそれらに含有される反応性の高い安山岩骨材粒子と、比較的反応性の低い流紋岩骨材粒子の含有量の相違によるものと推察される。また、表1及び表2より、NO.1橋梁のコンクリートには、反応性の骨材が含まれていることが分かる。従って、NO.1のコアがNaCl溶液中において膨張しなかったのは、反応がすでに完了しているためと考えられる。

4. 残留膨張の予測 表3は、飽和NaCl溶液中のコアの24週における最終膨張量を示したものである。7橋梁のうちNo.1, No.16の2橋梁からのコアは全く膨張を示さず、これらのコンクリートにおいては、すでに反応は完了してしまったものと思われる。残り5橋梁からのコアは、NaCl溶液中において大きな膨張を示して

いることから、これらのコンクリート中には、まだ反応成分が残っていると判断される。

5. 結論 ASRによって損傷を受けたコンクリートコアの薄片観察と飽和NaCl浸漬膨張試験結果の両者を考慮することによって、ASRによって劣化したコンクリート構造物の残留膨張を予測することが可能と考えられる。飽和NaCl溶液中において、全く膨張が発生しなかったNO.1及びNO.16橋梁のコンクリートは、将来膨張することはないと予測される。しかし、NaCl溶液中において、大きな膨張を示した他の5橋梁のコンクリートの膨張が継続するか否かは、その構造物の置かれている環境条件(特にNaClの供給の有無)及び残存するアルカリ量に依存する。

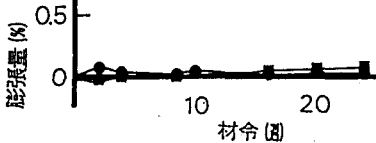


図-1 NO.24コアの膨張曲線(水中)

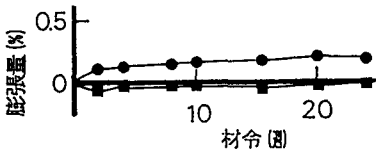


図-2 NO.24コアの膨張曲線(湿潤砂中)

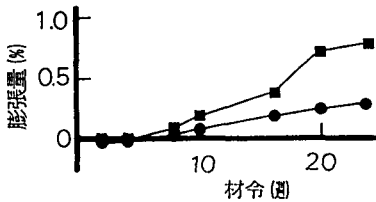


図-3 NO.24コアの膨張曲線(飽和NaCl溶液)

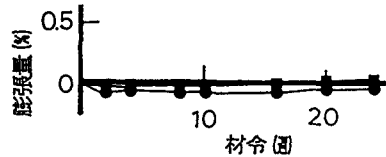


図-4 NO.1コアの膨張曲線(飽和NaCl溶液)

表-1 骨材のアルカリ反応性 (mmol/l)

橋梁名		Rc	Sc	判定
NO. 1	粗	55.9	78.5	有害
	細	106.5	20.6	無害
NO. 4	粗	64.0	392.3	有害
	細	212.8	542.5	有害
NO. 6	粗	30.8	72.0	有害
	細	135.7	516.8	有害
NO. 9	粗	105.4	175.0	有害
	細	131.6	421.7	有害
NO. 16	粗	27.7	74.8	有害
	細	154.7	256.4	有害
NO. 17	粗	65.3	224.0	有害
	細	101.9	497.1	有害
NO. 24	粗	35.2	73.3	有害
	細	113.8	588.2	有害

表-3 NaCl溶液中のコアの24週における膨張量

橋梁名	膨張量(%)
NO. 1	-0.007
NO. 4	0.540
NO. 6	0.350
NO. 9	0.629
NO. 16	-0.099
NO. 17	0.648
NO. 24	0.517

表-2 薄片の顕微鏡観察結果

橋梁名	粗骨材				細骨材			
	安山岩	流紋岩	チャート	玄武岩	安山岩	流紋岩	チャート	玄武岩
NO. 1	○, R	○	○	-	△	○, R	○	-
NO. 2	-	○, R	-	-	△, R	○, R	-	-
NO. 3	○, R	○, R	-	○	○, R	○, R	-	-
NO. 4	○, R	-	-	-	○, R	△, R	-	○
NO. 5	○, R	○, R, F	-	-	○, R	○, R, F	○, R	-
NO. 6	○, R	○, R	-	-	○, R	○, R	-	-
NO. 7	○, R	○, R	-	-	○, R	○, R	-	-
NO. 8	○, R	-	-	-	○, R	○, R	-	-
NO. 9	○, R	-	-	-	○, R	○, R, F	-	-
NO. 10	○, R	○	-	-	○, R	○	○, R	-
NO. 11	○, R	○	-	-	○, R	-	-	-
NO. 12	-	○	-	-	○, R	○, R	○, R	-
NO. 13	-	○	-	-	○, R	△	-	-
NO. 14	○, R	○	-	○	○, R	△	-	-
NO. 15	○, R	-	-	-	○, R	-	-	-
NO. 16	○, R	△	-	-	△, R	○, R, F	○, R	-
NO. 17	○, R	○, R, F	-	-	△, R	○, R, F	-	-
NO. 18	○, R	○, R	-	-	○, R	○, R, F	-	-
NO. 19	-	○, R	-	-	○, R	○	-	-
NO. 20	-	○	-	-	○, R	-	△	-
NO. 21	○, R	○, R, F	-	○	○, R	○, R, F	○, R	-
NO. 22	-	○	○	-	○, R	○, R	○, R	-
NO. 23	-	-	-	-	○, R	○, R	-	-
NO. 24	○, R	○, R	-	-	○, R	○, R	○, R	-
NO. 25	-	-	-	-	-	-	-	-
NO. 26	-	○, R, F	-	-	○, R	○, R	○, R	-
NO. 27	-	○	-	-	○, R	△, R	-	-

註) 各岩石の含有量を下記のように分類した。

○: 多い ○: 普通 △: 少ない -: 無
R: 反応進行中 F: 岩石中の微細粒子(反応性の有無は不明)