

V-311 アルカリ・シリカ反応に関する研究(その1)

—— コンクリートの膨張に及ぼす拘束等の影響 ——

畿大林組技術研究所 正会員 新開 千弘 久保田昌吾
同 上 正会員 芳賀 孝成 正会員 喜田 大三

1. ま え が き

アルカリ・シリカ反応(以下ASRと呼ぶ)による膨張は、コンクリート中のアルカリ度や各種養生条件などによって大きく影響されることが知られているが、これらを実構造物の被害実態と対応させ、被害状況を適確にとらえることは、現状においてはかなり難しい。そこで、 Na_2O 等価アルカリ量(以下アルカリ量と呼ぶ)、含水状態、拘束状態などが、主としてコンクリートの膨張に与える影響について基礎的資料を得るための実験を行った。本報は、この結果について中間報告としてまとめたものである。

2. 実験概要

表-1 実験要因と組合せ

実験 No.	要 因	供 試 体 寸 法	粗 骨 材	等 価 アルカリ量	養生条件	拘 束 条 件
I	1	10×10 ×40cm	硬質砂岩 輝石安山岩	0.88%	40℃ RH=95%以上	
	2			1.40%		
	3			2.00%		
	4					
II	養生条件	10×10 ×40cm	輝石安山岩	2.00%	40℃留水浸漬 40℃ 乾 燥	
III	1	10×10 ×40cm	輝石安山岩	2.00%	40℃ RH=95%以上	拘束棒φ=11mm
	2					拘束棒φ=17mm
	3					拘束棒φ=23mm
IV	1	30×20 ×200cm	硬質砂岩 輝石安山岩	2.00%	40℃ RH=95%以上	有 筋
	2					P=0.47%
	3					無 筋
V	1	2.5×2.5 ×18.5cm	硬質砂岩 輝石安山岩	0.88%	38℃ RH=95%以上	
	2			1.40%		
	3			2.00%		
	4					

1) 実験要因 : 検討を行った要因と組合せは表-1に示す通りで、それぞれ要因ごとにI~Vに分類した。

2) 使用材料と配合 : 粗骨材には輝石安山岩砕石($\text{Sc/Rc}=694/165 \text{ mmol/l}$)および硬質砂岩砕石を使用し、細骨材には砂を使用した。セメントには、アルカリ量0.88%の普通ポルトランドセメントを使用し、アルカリ量の調整にはNaOH溶液を使用した。コンクリート配合は表-2に示す通りである。また、実験Vについては、前述の粗骨材を粉碎し、ASTM C-227(モルタルバー法)に準ずる方法で試験した。

表-2 コンクリート配合

スノンプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 重 量 (kg・m ³)			
				水	セメント	細骨材	粗骨材
12	2	50	46	197	358	803	936

3) 供試体 : 各供試体の寸法は、表-1に示す通りである。なお、実験IIIは供試体にφ11, 17, 23mmの拘束棒を通し端部を鋼板で固定した一軸拘束供試体を、実験IVの有筋はD10を4本配筋した供試体を使用した。

4) 脱型・養生 : 実験I~IIIについては材令2日で脱型し、以後表-1に示す各条件で養生を行った。実験IVは材令5日で脱型し、以後8週間室内気中養生を行った後、40℃ RH=95%で養生を行った。

5) 測定項目 : 各試験の測定項目は表-3に示す通りである。なお、膨張率の測定は、実験IVはコンタクトゲージ法、その他はダイヤルゲージ法によった。また、鉄筋応力の測定は2本の鉄筋計によった。

3. 実験結果と考察

図-1に実験I、IIにおける膨張率、相対動弾性係数、重量変化率と材令の関係を示す。アルカリ量の違いによる膨張率の比較では、2.0%のものは他の1.4%、0.88%のものに比べてかなり大きい。また相対動弾性係数についても同様の傾向が見られる。コンクリートの圧縮強度および静弾性係数については、図-2に示す様に材令28日における標準養生と促進養生の比が、強度の場合は低下を示さないが、アルカリ量2.0%の静弾性係数の低下が著しい。図-3は実験Vにおけるモルタルの膨張率と材令の関係を示したものである。コンクリートに比べて同一アルカリ量での膨張率が著しく大きい。これは、反応性骨材とセメント量の比がコンクリートの場合2.55であるのに対してモルタルは2.69と異なり、アルカリ量を実質的に大きいこと

表-3 測定項目

実験 No.	測 定 項 目
I	膨張率、動弾性係数、圧縮強度、重量、ひびわれ観察
II	膨張率、動弾性係数、重量、ひびわれ観察
III	膨張率、重量、ひびわれ観察
IV	膨張率、鉄筋応力、ひびわれ観察
V	膨張率、重量

や、骨材の粒径、実績率など骨材の表面積の相違が影響しているためと思われる。

含水状態による膨張率の相違は、図-1に示す様に留水中にあるものが湿潤状態に比べて材令17週で約1.8倍大きく双方ともに重量損失がなく飽水状態にあるにもかかわらず、湿潤に比べて水中の方が著しく膨張を促進している。

実験Ⅲにおける拘束棒の鉄筋比と膨張率の関係を図-4に示す。材令3週程度の膨張が小さい状態では、膨張率と鉄筋比がほぼ比例関係にあるが、大きな膨張を示す長期材令では拘束による膨張抑制力が強くなり、鉄筋比が増すとともに膨張率が大幅に小さくなる。さらに、無拘束供試体の膨張速度が遅くなる材令17週ごろでは、鉄筋比が大きい場合に膨張率の低下が見られた。これらの結果から、拘束下での膨張量は、その膨張力によって大きな影響を受け、膨張速度が遅くなる時期では、膨張力も低下することが推察される。ちなみに、拘束棒のひずみから推定した膨張力は最大30Kg/cm²程度である。

また、図-5に示すひびわれ観察結果では、拘束供試体のひびわれが非拘束方向に集中し、拘束によって抑制された膨張が非拘束方向に集中していることがうかがえる。

実験Ⅳにおける膨張率および鉄筋応力の経時変化を図-6に示す。膨張率は、11週において有筋が無筋の約60%であり、実験Ⅲの鉄筋比と膨張率の関係にほぼ対応している。鉄筋応力は、11週において約2400Kg/cm²と非常に大きな値となり現在もおお増加傾向を示しており、ASRに抗ずる力が鉄筋に集中することにより鉄筋が降伏することも考えられる。

4. あ と が き

今回の実験によって、拘束下でのASRによる膨張状況やそれによって生ずる鉄筋の応力状態などを確認することができた。今後は、ASRを生じたり型供試体の曲げ耐力試験などについても実験を行う予定である。なお、本研究は、当研究所プロジェクトチームとして実施しているもので、標記発表者以外に、中根淳室長および住野正博、十河茂幸、千野裕之各研究員の参加があったことを付記する。

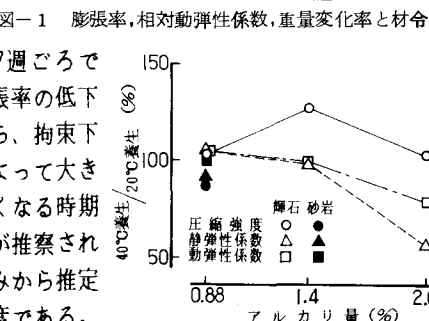
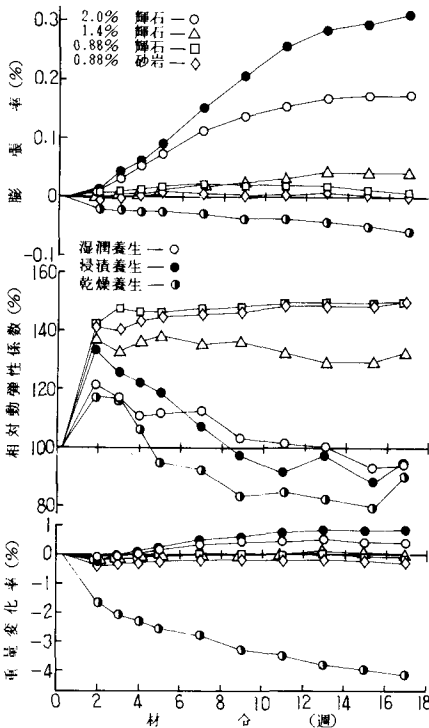


図-2 アルカリ量と強度、弾性係数

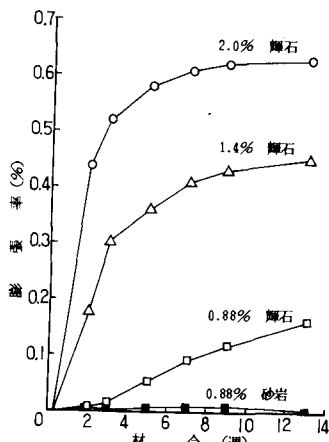


図-3 膨張率と材令(モルタル)

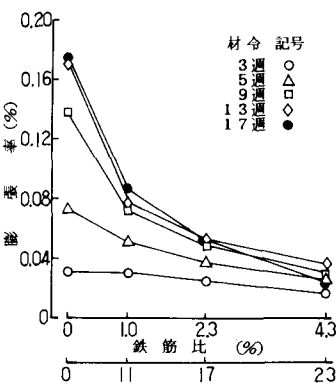


図-4 鉄筋比と膨張率

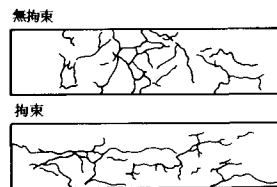


図-5 ひびわれ観察結果

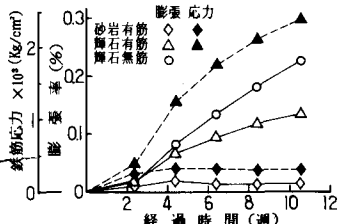


図-6 膨張率、鉄筋応力の経時変化