

反応性骨材を用いたコンクリートの膨張特性

福岡大学 ○正員 添田 政司
辰本 朋子
正員 江本 幸雄
正員 大和 竹史

1. まえがき

最近、アルカリ骨材反応によると思われるコンクリート構造物の異常な膨張ひびわれ現象が多く報告されるに伴い、骨材のアルカリ反応性試験の必要性が増加してきている。現在おもに行われている試験方法は岩石学的分析法(顕微鏡観察, X線粉末回折方法), 化学的方法(ASTM C289), およびモルタルバー法(ASTM C 227)等である。このうちモルタルバー法は比較的信頼性が高い試験方法とされているが, 試験の結果を得るのに長期間を要することや, 骨材を粉砕しているため, コンクリートの膨張率と異なるのではないか, 反応性骨材の含有率によっても異なるのではないか等の問題点がある。このような状況から, 本研究では, 九州内で実際に被害を与えた輝石安山岩砕石を用いて, モルタルとコンクリートとの相関性や早期判定方法, 更に, シリカフェームがアルカリ骨材反応の膨張抑制効果に及ぼす影響について検討したものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料 セメントは普通ポルトランドセメント (Na_2O 等量0.59%)を, 反応性骨材は輝石安山岩砕石を, 非反応性骨材には角閃岩砕石を用い, 砂は海砂を用いた。これらの骨材の性質および化学法による溶解シリカ量Sc, アルカリ濃度減少量Rcの値を表-1 に示す。シリカフェームは国内産で比重2.24, 比表面積26,550 cm^2/g である。

(2) 実験方法 コンクリートの膨張を測定する供試体は $\phi 10 \times 20$ cmの円柱である。配合は表-2 に示す配合で粗骨材(G) 中の反応性骨材(G_R)が占める割合 G_R/G を0~100%とし, コンクリート中のセメント重量に対するアルカリ量を等価 Na_2O 量(%)で表し, これを0.57~2.0%に変化させ同一条件に対し供試体を3本作製した。なお, シリカフェームを混入したものはセメント重量の内割に対して5, 10, 20%とした。表-3 にこれらの組み合わせを示す。モルタルは, $2.5 \times 2.5 \times 28.5$ cmの供試体でASTM C227に従いセメント:骨材=1:2.25, 水セメント比はフロー値が105~120になるように調整した。供試体はそれぞれ打設後24hで脱型し, 所定の材令で測定を行った。養生温度は38℃および80℃とし湿度はいずれの場合も100%である。

3. 実験結果および考察

図-1 はモルタルとコンクリートの膨張量の材令による変化を等価 Na_2O 別に示したものである。図より等価 Na_2O が0.57% の場合はモルタルもコンクリートも膨張はほとんど生じていない。等価 Na_2O が1.2%の場合は材令6ヶ月でもモルタルバーの膨張は約0.1%に対し, コンクリート供試体は0.01% とほとんど膨張していない, 等価 Na_2O が2%の場合も材令6ヶ月でモルタルは0.26% に対し, コンクリートは0.8%であった。又, コンクリートはモルタルに比べ膨張が遅れて出てくるようであり, 材令6ヶ月程度では収束せずに膨張する傾向にあった。これらのことよりモルタルとコンクリートでは膨張特性に多少の相異点が認められた。図-2 は

表-1 骨材の性質及び化学試験結果

試料名	比重	吸水率(%)	Rc (mmol/l)	Sc (mmol/l)	判定
輝石安山岩	2.63	1.89	89	757	有害
角閃岩	2.87	0.62	27	17	無害
海砂	2.57	1.32	57	8	無害

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
		C	W	S	G
54.1	43	320	173	764	1122

表-3 試験ケース

G_R/G	等価 Na_2O (%)		
	0.57	1.20	2.00
100	○	○	○
75	—	○	○
50	—	○	○
25	—	○	○
0	—	—	○

コンクリートの膨張量と材令の関係を反応性骨材の混入率(G_R/G)別に示したものの一例である。等価 Na_2O が1.2%の場合はほとんど膨張しなかったために G_R/G の差はほとんど認められなかったが、等価 Na_2O が2.0%の材令6ヶ月での膨張は $G_R/G=100\%$ が0.8%に対し $G_R/G=50\%$ で0.22%、 $G_R/G=25\%$ で0.2%であり、 G_R/G が50~25%付近で最大膨張を示した。このことより等価 Na_2O 2.0%でのベシマムは50~25%にあると思われる。図-3は養生温度を80℃で72~96時間保ち、その後20℃に下げて16時間保った後に測定を行った、モルタルとコンクリートの膨張率と材令の関係である。図よりモルタル、コンクリートともに、アルカリ量が増すにつれて膨張率は増加し、モルタルの膨張は材令10~14日で収束し、コンクリートでは約20日ではほぼ定常状態となった。これを図-1の40℃の場合と比較すると定量的にはほぼ同様な傾向を示しており、骨材反応の危険性を短期間にある程度判定できるのではないかと考えられる。図-4はシリカフュームを混入した場合の膨張率と材令の関係を示したものである。図よりシリカフューム無混入の膨張率は材令6ヶ月で0.21%に対し、混入率5%、10%および20%ではそれぞれ約0.15%、0.12%および0.01%となり、シリカフューム混入率の増加に伴い膨張率は小さくなった。又、シリカフュームの混入によって膨張の発生はやや遅れる傾向を示した。しかしながら、シリカフューム混入率が5%、10%の少量では、膨張率は0.1%以上となるので、アルカリ骨材反応を防止するためにはシリカフュームを20%程度混入しなければならないと考えられる。図-5は動弾性係数と材令との関係である。動弾性係数は図-1の膨張率とかなり相関性が認められ、等価 $Na_2O=0.57\%$ 、1.2%では材令1ヶ月以降の伸びは小さくほぼ定常であるが、2.0%では材令1ヶ月から急激に低下しその低下率は約30%の低下であった。このことから、動弾性係数の数も、アルカリ骨材反応試験の一指標になるのではないかと考えられる。

3. まとめ 本実験の範囲内で以下のことが判った。(1) モルタルとコンクリートでは膨張量が若干異なるようであるが、コンクリートもモルタルと同様にアルカリ量や G_R/G に大きく作用される。(2) 高温養生(80℃、100%RH)は、供試体の膨張傾向を材令14日程度の短期間に定性的に把握できる。(3) シリカフュームの混入によって膨張抑制効果が認められた。(4) 動弾性係数と膨張率にかなりの相関性が認められた。なお、本研究は九州橋梁・構造工学研究会のコンクリート耐久性分科会の一部によって実施したものである。

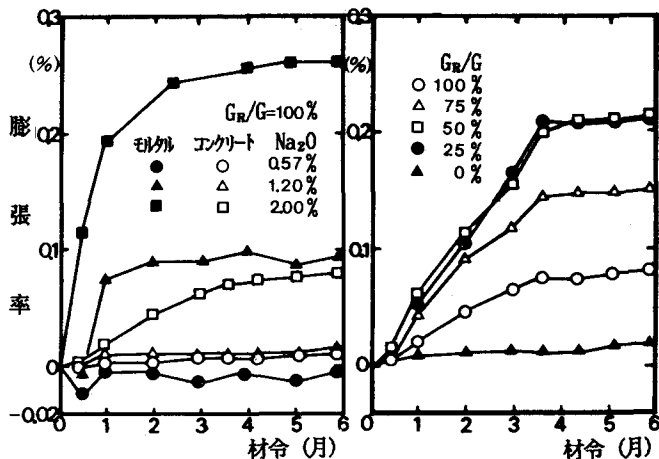


図-1 モルタルとコンクリートの膨張曲線

図-2 反応性骨材率の影響

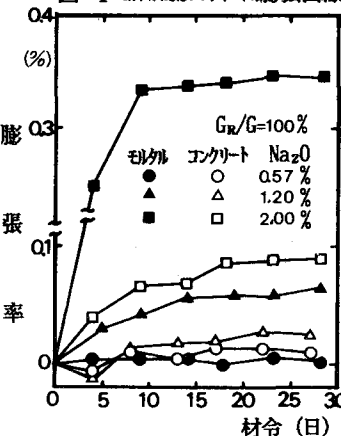


図-3 促進法による膨張曲線

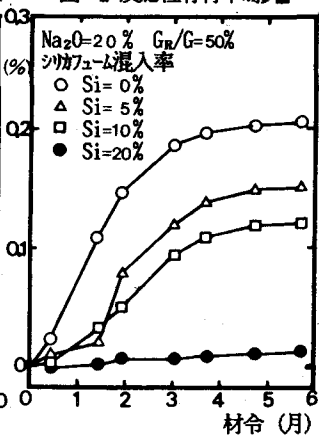


図-4 シリカフューム混入による膨張曲線

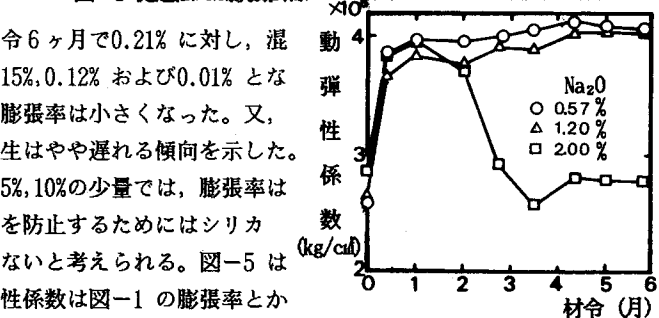


図-5 動弾性係数の変化