

コンクリートの打設方向がアルカリ骨材反応による膨張性状に及ぼす影響

Effect of Placing Direction of Concrete on Abnormal Expansion due to Alkali Silica Reaction

小 林 一 輔*・出 頭 圭 三*
Kazusuke KOBAYASHI and Keizoh SHUTTOH

1. ま え が き

本研究は、反応性物質を含む岩石を粗骨材に使用し、打設方向を変えて製作したコンクリート試験体の、無拘束状態での自由膨張量と一軸拘束状態での拘束応力を測定し、自由膨張量や拘束応力に対するコンクリート打設方向の影響や自由膨張量と拘束応力との関係について検討したものである。

2. 実 験 方 法

2.1 使用材料

セメントは $R_2O=0.8\%$ の普通ポルトランドセメント、細骨材は富士川産の川砂（比重 2.62, 吸水率 1.56%, F.M.=2.79), 粗骨材は東北地方から入手した第三紀中新世の両輝石安山岩の碎石（最大寸法 20mm, 比重 2.75) を使用した。なお、この安山岩中には約40%の火山ガラスが含まれていることが、偏光顕微鏡観察によって確かめられた。実験開始に先立って、ASTM C 227に準拠したモルタルバー試験を実施したが、細骨材はセメント中のアルカリ量が Na_2O 換算で1.64%とした場合に有害な膨張を生じないこと、粗骨材は Na_2O 換算アルカリ量1.04%の条件で6か月後に約0.2%の膨張を生じることを確認した。コンクリートの配合は表-1に示すとおりであり、アルカリ量が Na_2O 換算でセメント重量の1.50%となるようNaOH（試薬特級）で調整した。

2.2 試験体の製作と試験方法

無拘束状態で自由膨張量を測定した試験体は、 $10 \times 10 \times 40$ cmの角柱で、試験体両端面に長さ変化測定用のプ

ラグを埋め込んだものである。試験体は $20^\circ C$ で1日湿空養生してから脱型し、基準長を測定した後、湿布に包みビニール袋に密封して $40^\circ C$ の恒温槽中に保管した。測定は、前日に試験体をビニール袋に密封したまま $20^\circ C$ の恒温室に移し、試験体温度が $20^\circ C$ になってから行った。測定はダイヤルゲージ（精度 $1/1000$ mm）を用いて行い、測定材令は1, 2, 4, 8週、以後4週ごととした。

一軸拘束状態で拘束応力を測定した試験体は図-1に示す形状であり、コンクリート部分の寸法は $10 \times 10 \times 35$ cmである。拘束用のPC鋼棒は、JIS G 3109 C種1号に該当する $\phi 11$ mmのもので、コンクリートとの付着を防ぐため、周囲にビニールシートを巻き、さらにグリースを塗布してからコンクリート内に埋め込んだ。拘束鉄筋比は0.96%である。試験体は打設後 $20^\circ C$ で1日湿空養生した後脱型し、湿布に包みビニール袋に密封して $40^\circ C$ の恒温槽中に保管した。拘束応力は、試験体端面に設置したロードセル（容量10t）で荷重を測定して算出した。荷重の測定は、恒温槽に保管後1日経過して試験体温度が安定した後に開始し、以後1日1回測定した。

試験体の打設方向は、膨張量および拘束荷重の測定方向（試験体長軸方向）に平行な場合（縦打ち）と直角な場合（横打ち）の2方向とした。締固めは棒状バイブレーターを用いて行い、縦打ち試験体は3層、横打ち試験体は2層とした。試験体本数は、各条件とも2本ずつである。

3. 実 験 結 果

3.1 自由膨張量

自由膨張量の測定結果を図-2に示す。自由膨張量は材令30日頃から急激に増加し、モルタルバーでの有害判定基準値である0.1%を約40日で上回った。その後膨張量の増加速度は次第に緩やかになり、材令200日でほぼ平衡状態となっている。同じ条件で製作した2体の試験体の膨張量の差は約0.02%であり、試験体による差は小さい。

打設方向の影響は、膨張量が大きくなるとともに明瞭

表-1 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				セメント	水	細骨材	粗骨材	NaOH
20	8±1	40	44	488	195	755	1,002	4.41

*東京大学生産技術研究所 第5部

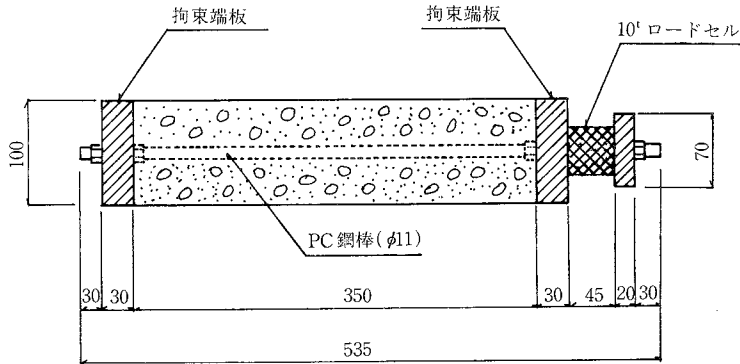


図-1 一軸拘束状態試験体

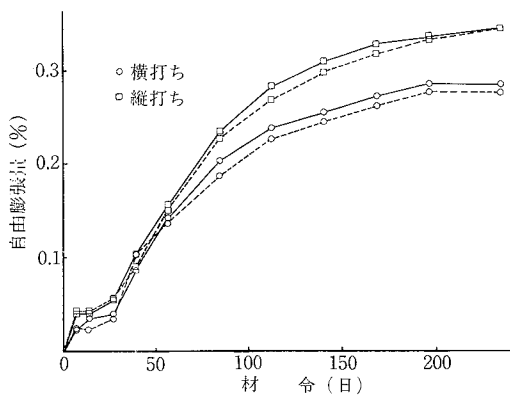


図-2 自由膨張量測定結果

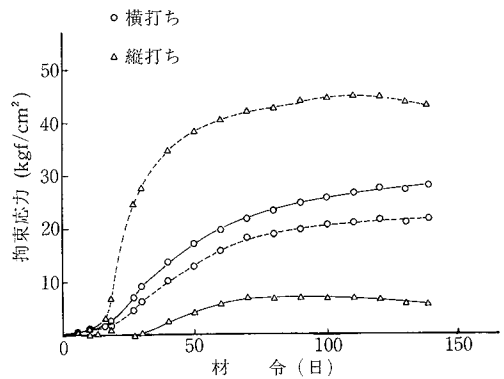


図-3 一軸拘束応力測定結果

になり、縦打ち試験体の膨張量が横打ち試験体に比べて0.05~0.06%大きくなった。この値は全膨張量の約20%に相当する。

3.2 拘束応力

拘束応力の測定結果を図-3に示す。拘束応力は試験開始後約15日間はほとんど発生せず、以後急速に増加している。

横打ち試験体の拘束応力は25~30kgf/cm²の範囲にあり、試験体による差が約20%程度生じていた。

縦打ち試験体の拘束応力は2本の試験体で大きく異なっており、拘束応力が大きい試験体では約45kgf/cm²に達したが、小さい試験体では約30日後まで拘束応力が発生せず、最大値も約7kg/cm²となり、異常に小さい値を示した。この原因は縦打ちによって試験体を成形する場合、上部に設置した拘束端板とコンクリートの間に若干の空隙が残ったためであると考えられる。このような場合には膨張によりコンクリートが端板に密着するまで拘束応力は生じないことになる。

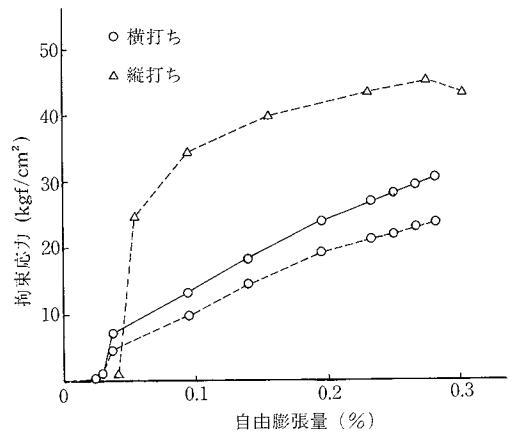


図-4 自由膨張量と拘束応力の関係

拘束応力が大きな縦打ち試験体と横打ち試験体の拘束応力を比較すると、縦打ちの拘束応力は約2倍となっている。また、縦打ち試験体の拘束応力は約100日で最大値を示し、以後減少したのに対し、横打ち試験体の拘束応

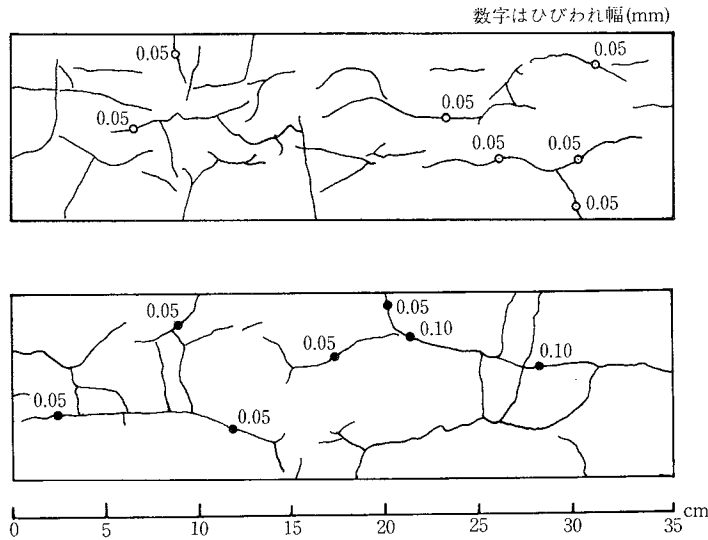


図-5 拘束試験体ひびわれ発生状況 (縦打ち)

力は長期的に増加しており、拘束応力の発生傾向に違いが見られた。

3.3 自由膨張量と拘束応力の関係

自由膨張量と拘束応力の関係を図-4 に示す。自由膨張量が大きくなると拘束応力も大きくなる傾向が見られる。特に横打ち試験体では、初期段階を除いてほぼ自由膨張量の増加に比例して拘束応力も大きくなっている。

3.4 ひびわれ

無拘束試験体のひびわれは、材令 6～8 週の間で発生した。この材令は膨張量がほぼ 0.1% を越える時期に相当しており、有害判定基準値として 0.1% の膨張量を用いることは、ひびわれ発生の有無を判定しているのとはほぼ同じ結果になるものと考えられる。なお、ひびわれの発生状況に打設方向の影響は認められない。

拘束試験体は湿布に包んで密封したため、ひびわれ発生時期を確認することはできなかった。材令約 140 日でのひびわれ発生状況の 1 例を図-5 に示す。打設方向の影響は認められなかった。

4. 考 察

コンクリートの打ち込み方向によってアルカリ骨材反応による膨張量に差を生ずる原因については以下のように考えられる。すなわち、図-1 に示したような梁状のコンクリートを縦打ちにより成形した場合にはブリージングによる水の移動は拘束方向に生じるが、横打ちによって成形した場合に水の移動は拘束方向と直角な方向に生じ、しかもその程度は高さの差により、前者が著しい。ブリージングによって水が移動する方向に対しては連続した毛管孔隙を形成しやすく、この傾向は縦打ちの場合に顕著であると考えられる。アルカリ骨材反応の進行には Na^+ 、 K^+ 、 OH^- などを溶存する孔隙水の移動が深くかかわっているため、孔隙水の移動が容易に行われる縦打ちの場合に膨張が大きくなったものと思われる。

(1987年 6月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 瀬野康弘, 白木亮司, 小林一輔: モルタルバー法に関する 2, 3 の実験的考察, 第 42 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 1987