

論文

[1139] コアの膨張特性と構造物の劣化予測

正会員 ○高田 潤 (鉄道総合技術研究所)

正会員 立松 英信 (鉄道総合技術研究所)

正会員 立屋敷久志 (三菱鉱業セメント中研)

今泉 裕隆 (三菱鉱業セメント中研)

1. はじめに

アルカリ骨材反応 (以下AARと略す) によってひびわれが現れたり、ひびわれが拡大しつつあるコンクリート構造物については、耐久性を回復させるために、劣化の進行予測を行って適切な処置を講ずることが必要である。また、ひびわれが発生する前かあるいは軽度なうちに、劣化の可能性と進行予測を行い、AARの可能性をチェックすれば、早い時点で処置を行い耐久性の低下を未然に防止することができる。

これらの予測に有効な方法としては採取したコアの膨張量による方法があるが、膨張量は構造物自体に作用している拘束力の大小などによって異なることが指摘されている¹⁾。そこで、これらの影響を調べるため、無筋および鉄筋構造を模擬した大型供試体を作製して自然暴露し、適当な材令にコアを採取し、コアの膨張量を測定した。

今回は、コアの膨張量と供試体の劣化の進行状況との相関性を調べ、コアの膨張量から構造物の劣化の進行を予測する方法について検討した結果について報告する。なお、本試験では反応性骨材として火山岩系と堆積岩系それぞれについて実施しているが、反応の速い火山岩系に限って検討したものである。

2. 試験概要

2.1 大型供試体の作製

(1) 供試体の種類

供試体は無筋構造と鉄筋構造の2種類とし、構造物を模擬するため、 $80 \times 50 \times 100$ (cm) の大型のものとした。鉄筋構造の配筋を図-1に示す。コンクリートの配合は、セメント量 350 kg/m^3 、水セメント比55%、細骨材率47%で、成型後1週間で脱型し、その後24箇月間日当たりのよい屋外に暴露した。暴露状況は最も広い面積を有する面が南側になるよう設置し、南面をA面、西面をB面、上面をC面とし、東西をX、南北をY、上下をZ軸と定めた。

(2) 骨材

粗骨材は、反応性骨材として瀬戸内産輝石安山岩、非反応性骨材として八王子産硬質砂岩を使用し、ベシマムを考慮して反応性骨材の混入率を60%とした。また、細骨材には非反応性骨材と同じ砂岩を使用した。

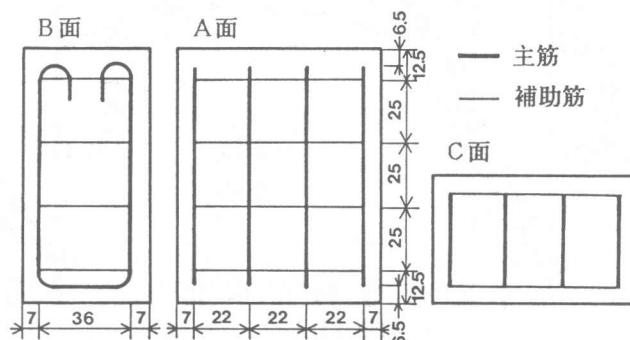


図-1 鉄筋構造の配筋図

(3) セメントおよびアルカリ量の調整

使用したセメントはアルカリ量が0.47% (0.27%Na₂O, 0.31%K₂O)の普通ポルトランドセメントで、セメント中のNa₂OとK₂Oの重量比に従い、試薬のNaOHとKOHを添加して、全アルカリ量を3.0%R₂Oになるように調整した。

2.2 ひずみ測定とコアの採取

脱型後1週間以内に供試体表面にコンタクトチップを取り付け、その時点を経長として、以後4箇月に1回程度の間隔でJIS・A-1129に従って、コンタクトゲージを使用して長さ変化率を求め、この値を表面ひずみとした。また、供試体内部に取り付けた埋め込み型ひずみ計によりZ軸方向の内部ひずみも測定した。コアはφ10×30cmの大きさで、供試体の上部と下部からそれぞれ1本ずつ採取して、JCI基準に従って解放および残存膨張量を測定した。

表面ひずみの測定箇所とコアの採取箇所を図-2に示す。表面ひずみの測定箇所は、A面のX軸方向〔①～②, ②～③, ③～④〕, B面のY軸方向〔⑤～⑥, ⑦～⑧, ⑨～⑩〕, B面のZ軸方向〔⑪～⑫, ⑫～⑬, ⑬～⑭, ⑭～⑮〕であり、コアは、無筋、鉄筋ともにA面からY軸方向に2本ずつ3回、C面からZ軸方向に2本ずつ1回採取した。

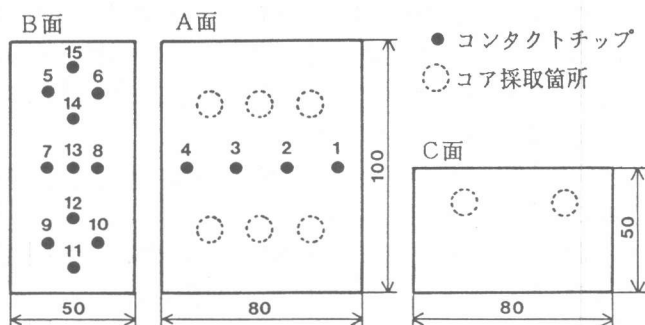


図-2 コンタクトチップ位置とコア採取箇所

3. 結果および考察

3.1 コアの膨張特性

3回の材令において採取したコアについて、JCI基準に従って求めた解放および残存膨張量を図-3～5に示す。

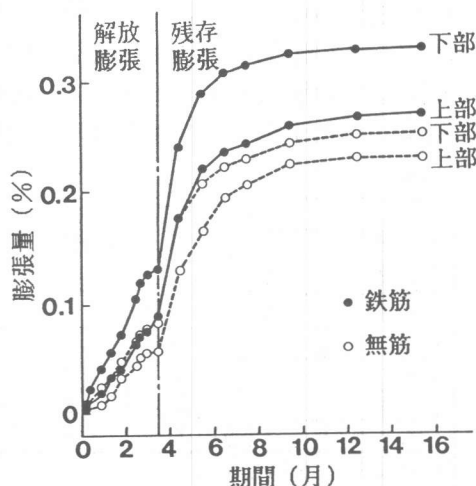


図-3 材令7箇月採取コアの膨張特性

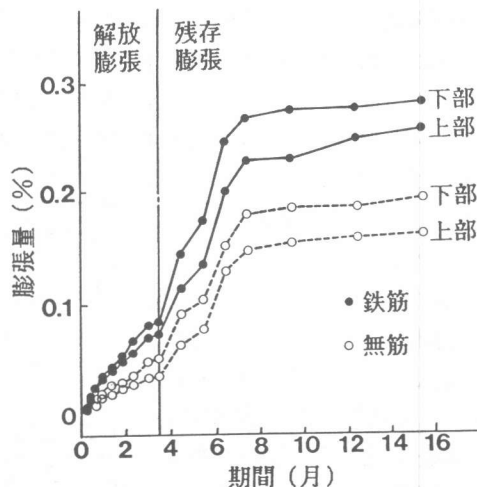


図-4 材令9.5箇月採取コアの膨張特性

第1回目のコアは、0.1~0.2mm程度のひびわれが明らかに現れた7箇月時点で採取したものであり、解放膨張量は、無筋構造で0.06~0.08%，鉄筋構造で0.08~0.13%，残存膨張量は、それぞれ0.17%，0.19%程度である。第2回目のコアは、最大ひびわれ幅が0.4~0.5mmとなり、急激に劣化が進んだ9.5箇月で採取したもので、解放膨張量は、無筋構造で0.03~0.04%，鉄筋構造で0.07~0.09%，残存膨張量は、それぞれ0.12~0.14%，0.17~0.19%となり、いずれも7箇月で採取したコアより小さくなっている。この間わずか2.5箇月しか経過していないが、高温多湿の夏期にあたり大型供試体の劣化が急速に進んだ時期である。その後、約1年を経て大型供試体はさらに劣化が進み、ひずみがほぼ終局に達したと考えられる21箇月で第3回目のコアを採取した。この場合の解放膨張量は0.005~0.03%で非常に小さく、促進養生後も無筋構造から採取したものは大きな膨張を示さないようである。以上のように、劣化が現れ始めた段階で採取したコアは、解放膨張量も残存膨張量も大きいが、劣化の進行に伴って両者とも次第に小さくなる。

次に、無筋と鉄筋の構造の違いに注目すると、採取直後のコアの観察や測定において、骨材の割裂状態、ゲルの浸出状態をはじめ、圧縮強度や静弾性係数などの力学的性質も類似しており、構造形式は異なっても劣化度は同程度である。しかし、採取時期を問わず、鉄筋構造から採取したコアは無筋構造から採取したものより解放および残存膨張量が明らかに大きい。

この違いは、図-6に示すように、材令21箇月において、最もひずみが大きい無筋構造と最もひずみが抑制されている鉄筋構造のZ軸方向から採取したコアの膨張量を比較すると、極めて顕著に現れており、拘束の大小はコアの膨張量に大きく影響する。この原因については、ゲルの化学的性質や吸水能が拘束状態によって異なることなどが考えられるが、詳細は今後の解明に待たねばならない。

3.2 解放膨張と残存膨張

供試体の劣化が進むと、残存および解放膨張量が小さくなることは前述のとおりであり、両者の関係を図-7に示す。この図から明らかなように、いずれの材令で採取したコアでも、両者は正の相関を有している。また、筆者らがこれまでにに行った多くの構造物の調査結果²⁾から、図-8に示すように、両者には一次の相関があることを確認している。

従って、コア採取後直ちに促進養生を開始し、残存膨張量のみでも構造物の劣化予測は十分可能であり、試験期間を大幅に短縮できる。ただし、今回の供試体試験を構造物の調査結果と比較

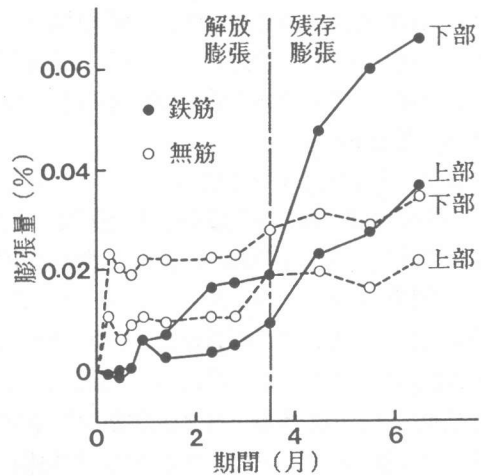


図-5 材令21箇月採取コアの膨張特性

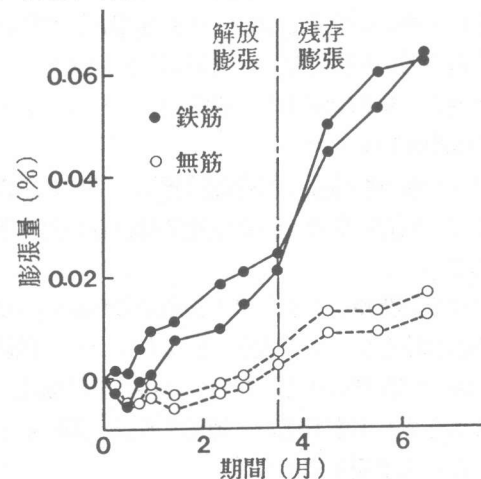


図-6 Z軸方向採取コアの膨張特性

すると、残存膨張量が大きい。今回の供試体試験ではアルカリ量をかなり高く設定したことによる影響も考えられ、今後、アルカリ量や骨材の岩種の違いに関する検討も必要であろう。

3.3 コアの膨張量による劣化予測

コアの膨張量は、同じ劣化度の段階で採取しても供試体の拘束状態によって異なる。また、供試体自体のひずみも拘束の有無で大きく違ってくる。そこで、各供試体から採取したコアの膨張量とコア採取後のそれぞれの供試体のひずみとの相関について検討した。

その結果、コアの膨張量とコア採取後の供試体の表面ひずみの関係は、図-9に示すように、無筋構造の表面および内部では約1.26、鉄筋構造の表面では約0.8、内部では約0.2となる。なお、表面ひずみは供試体のXあるいはY方向とZ方向の平均値とした。これらの比を目安とすれば、コアの膨張量は、無筋および鉄筋構造物各部のコア採取後の劣化をある程度定量的に予測するのに活用できることが明らかになった。

4. まとめ

大型供試体から採取したコアの膨張量と大型供試体の劣化進行との相関性について検討した結果、コアの膨張特性と、構造物の劣化予測を行う方法について、以下の知見が得られた。

- ① コアの解放膨張量と残存膨張量との間には正の相関があり、残存膨張量のみの測定で構造物の劣化予測が可能である。
- ② コアの膨張量に対するコア採取後の供試体のひずみの割合は構造によって大きく異なり、とくに鉄筋構造の内部では非常に小さくなる。この比を鉄筋比、構造物の大きさなどを考慮して補正すれば、高い精度で構造物の劣化予測ができる。

今回は、火山岩系骨材を使用した場合の結果に限って報告するが、今後は、現在暴露試験中である堆積岩系骨材を使用した大型供試体により、岩種の違いにも着目しながら、コアの膨張特性とその結果を利用した劣化予測法について検討していきたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 日本コンクリート工学協会耐久診断研究委員会：コンクリート構造物の耐久性診断・評価手法に関する基準案 1988, p.p.5~9
- 2) 高田他：アルカリ骨材反応とコアの膨張特性、骨材資源、通巻No.75, 1987, p.p.133~141

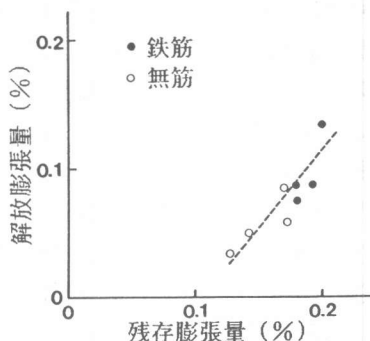


図-7 コアの解放膨張量と残存膨張量の関係 (大型供試体)

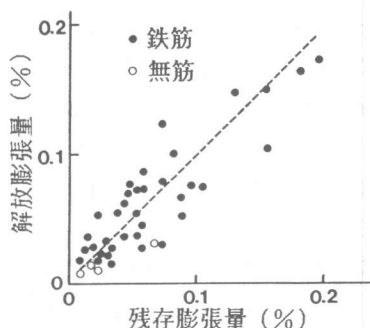


図-8 コアの解放膨張量と残存膨張量の関係 (構造物)

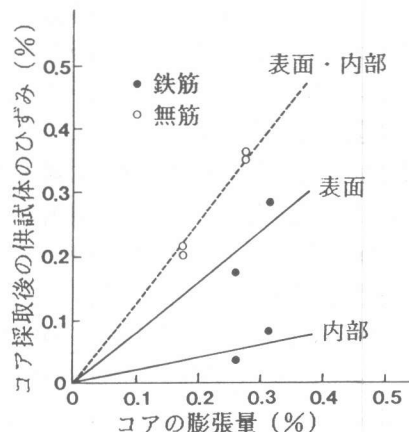


図-9 コアの膨張量と大型供試体のひずみの関係