

アルカリシリカ反応によりひび割れが生じたコンクリートにおける圧縮応力下での表面ひずみ計測

市民工学専攻：星野 翔太郎

指導教員：三木 朋広

1. 研究の背景と目的

アルカリ骨材反応，特にアルカリシリカ反応（ASR）は，コンクリートの劣化現象の一つである．この現象では，骨材中の鉱物とセメント中のアルカリ成分が反応し，骨材周辺，もしくは骨材内部にゲルが生じる．このゲルの存在によって，コンクリートが体積膨張し，コンクリートにひび割れが生じる場合がある．ASR の膨張が生じたコンクリートは健全なコンクリートと比較して，圧縮強度や静弾性係数の低下など，力学特性の変化が知られている．これまでの関連研究では，ASR 劣化したコンクリートの力学的特性を把握するために，コンクリートの内部ひび割れの観察，ならびに圧縮強度，弾性係数等，圧縮応力下での変形挙動を把握するための圧縮載荷試験を行ってきた．本研究では，圧縮載荷試験において，ひずみゲージならびに画像解析によって載荷軸ならびに直交方向のひずみ計測を行い，コンクリートの圧縮応力下でのポアソン比（本研究では縦横ひずみ比）に与える ASR ひび割れの影響を実験的に検討した．

2. 実験概要

2. 1 供試体

本研究では，断面 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，高さ約 200mm の ASR が生じた角柱供試体を用いた．これらの供試体は約一年間，屋外曝露養生させたものであり，供試体の載荷時の ASR による膨張量は約 $500\text{ }\mu$ であった．

2. 2 圧縮載荷試験

圧縮載荷試験では， 200kN 載荷試験機を用いて，ポストピーク領域において所定の荷重まで載荷して一端 5kN まで除荷するといった繰返し載荷を行った．測定項目は，載荷荷重，軸方向変位，ならびに表面ひずみである．表面ひずみについては，ひずみゲージでの計測，ならびに載荷前と載荷中の所定の荷重毎において，コンクリート表面の画像をデジタルカメラで撮影し，画像解析によって主ひずみ分布を求めた．なお，以後の考察で用いる値として，最大荷重を供試体断面積で除した値を最大応力度として算出している．また，静弾性係数は，応力-ひずみ曲線の最大応力度の $1/3$ の点を含むような直線近似部分の接線剛性として算出した．

2. 3 画像解析によるひずみの計測法

本実験では，ASR コンクリート供試体を対象として，ひずみゲージならびに画像解析によって載荷軸ならびに直交方向のひずみ計測を行った．画像解析では，画像相関法を用いて，解析対象領域を要素分割して変形前後の各節点の座標を算出した．解析対象は，ひずみゲージを貼りつけた面に直交する 2 面とした．その範囲は約 $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ であり，撮影画像のサイズは $8600\text{dpi} \times 5800\text{dpi}$ （以下，A 面と称す）と $4800\text{dpi} \times 3200\text{dpi}$ （以下，B 面と称す）であった．この供試体の側面（A 面と B 面）において，解析対象範囲を $11 \times 11 = 121$ 節点とし，1 要素に相当する輝度値分布領域（サブセット）をそれぞれ $200\text{ dpi} \times 200\text{ dpi}$ ， $140\text{ dpi} \times 140\text{ dpi}$ として要素分割した．この析で求めた範囲の中央部分である 7×7 の 49 節点の座標を用いて，軸方向に 7 箇所，直交方向に 7 箇所の各節点間距離を求め，各荷重における節点間距離の平均値から，軸方向ひずみ，ならびに直交方向のひずみを算出した．

3. 実験結果と考察

3. 1 ASR コンクリート供試体を対象とした画像解析によるひずみの計測

画像解析によって求めたひずみによる応力-ひずみ関係を図-1 に示す．A 面，B 面の画像解析によって求めた結果をそれぞれ示すとともに，両面の軸方向ひずみの平均値もあわせて示す．画像解析による結果を見ると，直交方向のひずみ計測の結果は A 面と B 面の差は大きくないが，軸方向ひずみは大きな差が生じている

キーワード アルカリシリカ反応，圧縮強度，画像解析，ポアソン比

ことがわかる。ここで、A面とB面の測定結果を見ると、画像サイズ、解像度の影響は見られない。また、ひずみゲージの値と比較してみても測定している面の違いはあるものの、平均値は同等程度の値を示している。A面とB面のひずみの差については、本実験では一軸圧縮応力をコンクリート角柱供試体に作用させているものの、平均的に力を作用させることができず、両側面で異なる変形をすることが要因であると考ええる。ただし、それぞれの測定面の平均値を採用することによって、画像解析によって一軸圧縮ひずみを計測できることがわかる。以降の議論では、画像解析によって求めた各方向のひずみの平均値も用いることにする。

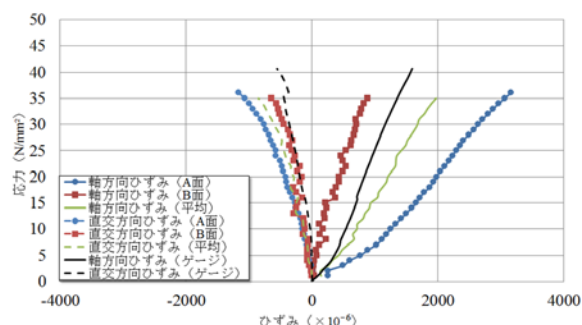


図-1 画像解析による応力-ひずみ関係

3. 2 ASR コンクリート供試体を対象とした画像解析による縦横ひずみ比の計測

ひずみゲージを用いたひずみ計測では、ひび割れの発生によって载荷軸直交方向の変形が大きくなり、载荷に伴って直交方向ひずみの値が大きくなることがわかる。ここでは、ひずみゲージで計測した縦横ひずみ比と、画像解析で求めた値の比較を行う。応力-縦横ひずみ比の関係を図-2にそれぞれ示す。ひずみゲージで計測した縦横ひずみ比をみると、弾性域である最大応力度の約 1/3 時に 0.2 程度の値を示しており、最大応力度に近い最大応力の 90% 時は弾性域ではないため 0.2 以上の値を示していることがわかる。一方、ASR 供試体の応力度が小さい時点での縦横ひずみ比が小さくなっていることがわかる。

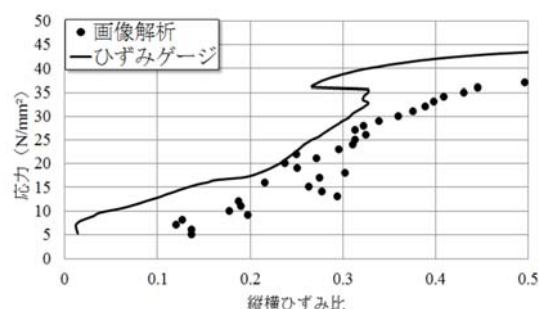


図-2 画像解析による縦横ひずみ比推移

最後に、画像解析によって求めた縦横ひずみ比の値を用いて、健全コンクリート供試体と ASR コンクリート供試体の比較するために、それぞれの結果を図-3にまとめる。縦軸は、各応力度を最大応力度で除して無次元化している。最大応力度の約 40% ~ 50% までの応力範囲における縦横ひずみ比を比較していくと、健全コンクリート供試体の値が最も小さい値を示している。これは、ASR コンクリート供試体では、今回対象とした供試体では膨張量が 500 μ 程度であったが、既に表面から観察できるひび割れが生じており、さらにはコンクリート内部においてもひび割れが生じていることが考えられるため、そのような 3 次元的なひび割れの影響によって直交方向のひずみの値が増大しやすいことが要因であると推察する。ただし、本研究で示したデジタル画像を積層化によるコンクリートの内部におけるひび割れの 3 次元的に可視化の結果とあわせて、応力-ひずみ関係において弾性挙動を示す領域の挙動解明を行う必要があり、今後の課題として指摘する。

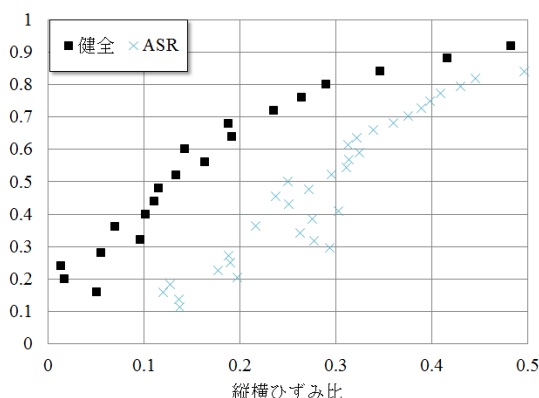


図-3 縦横ひずみ比健全供試体との比較

4. まとめ

- (1) 供試体各面を撮影し、画像解析を用いてひずみの計測を行いひずみゲージが示す値と同程度のひずみの値を妥当な精度で計測できることがわかった。
- (2) 圧縮载荷試験において、アルカリシリカ反応が生じたコンクリートのポアソン比に相当する縦横ひずみ比を計測し、ASR 供試体では弾性挙動を示す応力範囲において、0.2~0.3 程度の値をとり、健全供試体より大きな値をとることがわかった。

参考文献

- 1) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書，2005.8