

北海道大学工学部

正員 ○ 高田 宜之

"

"

奈良 久

"

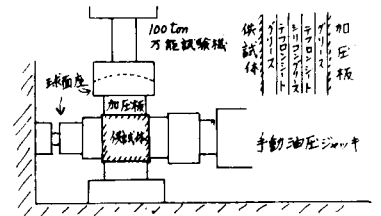
"

藤田 嘉夫

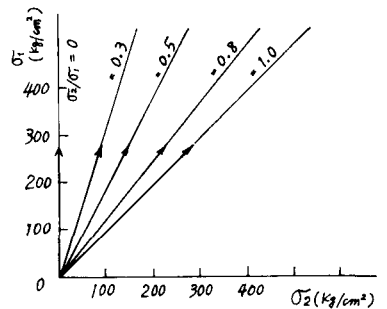
1. まえがき 一般に2軸応力状態におけるコンクリートの変形、ひびわれおよび破壊等の力学的特性は単軸応力状態のそれらとはかなりの相異が認められているが、単軸圧縮による変形特性にしても厳密には低応力状態からすでに、それらの初期弾性定数、ポアソン比等に従った変形挙動を示さず、載荷面での摩擦による拘束や、微細ひびわれの発生、セメントペースト部の流動等の影響を受けている。2軸応力状態においてはこれらがより複雑な形で影響をおよぼしているものと考えられる。ここでは2軸応力状態の変形、ひびわれ発生および破壊について、供試体載荷面の摩擦を出来るだけ取り除いた単軸圧縮試験と4種類の応力比をもつ2軸圧縮試験と、セメントペースト、モルタルおよびコンクリート供試体について行ない、単軸応力状態と2軸応力状態との破壊特性を比較検討するものである。

2. 材料、供試体および実験方法 普通ポルトランドセメント、標準砂、川砂利を用い、 $w/c = 0.4, 0.5$ および 0.6 の3種類のセメントペースト、同様に3種類の水セメント比で $s/c = 1$ のモルタル および同様に3種類の水セメント比、砂セメント比で $s/s = 2$ のコンクリートで、 $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ 立方体の供試体各15個を、表面仕上げ精度 10 mm 以上の型枠を用いて作成し、 20°C の水中養生、材令28日で載荷試験を行なった。載荷装置として 100 ton 万能試験機と 100 ton 手動油圧ジャッキを組合せた2軸載荷装置を試作した。加圧板は精度 10 mm 以下、たて、よこ各 9.5 cm 厚さ 4 cm の銅板を用い、減摩材として 0.05 mm 厚のテフロンシート2枚とシリコングリースおよびグリースを層状に(1図)配した。載荷はたて、横の応力比 σ_2/σ_1 を $0, 0.3, 0.5, 0.8$ および 1 とし2回の如く行なった。各荷重の検出、指示および記録にはロードセル、増幅器、XYレコーダーを用いた。一部供試体については、埋め込みゲージ(試作)による内部歪、表面歪の測定を行ない、またひびわれの発生状況はひびわれ弾性波とマイクロホン、増幅器、シンクロスコープ、ユニバーサルカウンタを用いて、観察し計測した。

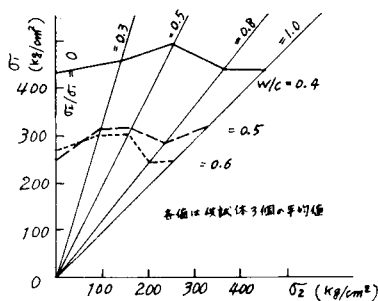
3. 実験結果および考察 3, 4, 5図に各々セメントペースト、モルタル、コンクリート供試体の単軸および各種応力比で載荷して得た圧縮強度を示す。ペーストおよびモルタル供試体においては $w/c = 0.4$ で $\sigma_2/\sigma_1 = 0$ (単軸) と $\sigma_2/\sigma_1 = 1$ の場合強度に大差はなく、セメントペースト



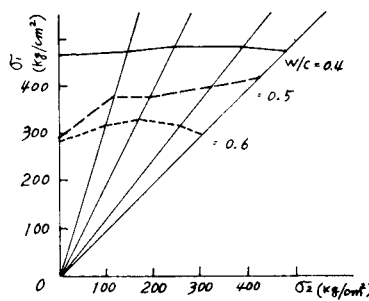
1図 載荷装置



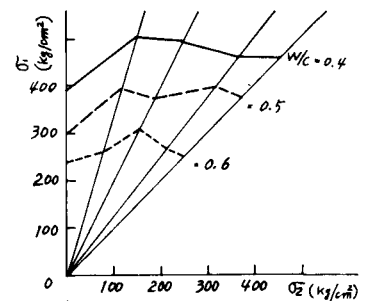
2図 載荷方法



3図 セメントペーストの破壊強度



4図 モルタルの破壊強度



5図 コンクリートの破壊強度



写真 1

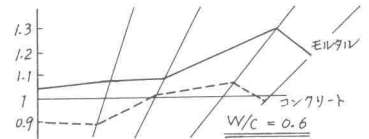
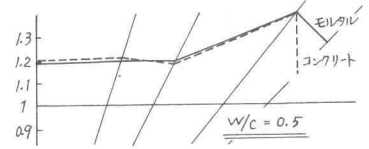
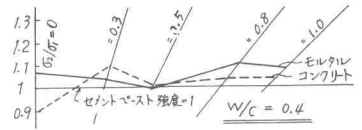


写真 2

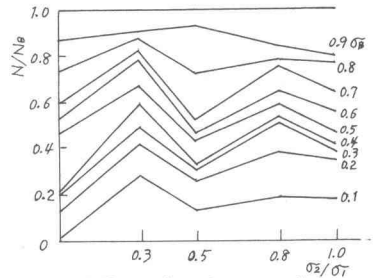


写真 3

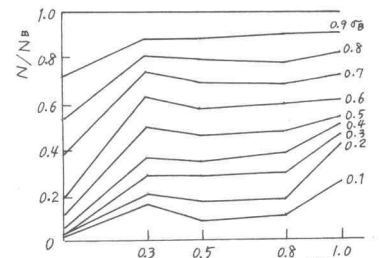
トの $\sigma_2/\sigma_1 = 0.5$ で 10% 程度の増加が認められ、水セメント比が大になるに従って、応力比 α 近傍での強度の増加が認められる。コンクリート供試体においても、これら中間の応力比で強度が増加する傾向を示し、1軸、2軸の差がセメントペーストあるいはモルタルに比して大であることが認められる。写真 1, 2, 3 に供試体の破壊状況の 1 例を示す。6 図は $w/c = 0.4, 0.5, 0.6$ のモルタルおよびコンクリート供試体の各応力比の強度を同じ水セメント比のセメントペースト供試体の強度を 1 として比較したもので、載荷面での摩擦の影響を一応取り除いた形で表わしたものである。これより明らかなように応力比が大になるに従って強度がやや増加する傾向を示し、コンクリートにおいては 1 軸または応力比 α の 3 において強度の減少が認められる。これらの傾向は骨材のクラックアレスト作用あるいは粗骨材とセメントペースト界面のボンドクラックの発生、さらには応力比の増加によるこれらクラックの発生方向が 2 軸応力によって限定されるためと考えられる。次にセメントペーストとコンクリート供試体の低応力状態から破壊時までの内部ひびわれ発生状況を、前述の方法により観測した結果を 7, 8 図に示す。図より明らかなように、セメントペースト、コンクリート供試体とも 2 軸応力状態においては 1 軸に比してかなり早期にひびわれが発生していることが認められ、またコンクリートに比してセメントペースト供試体ではより低応力状態から発生していることが認められる。これら低応力状態でのひびわれは直接破壊に結びつかないが、変形その他見かけ上の物質定数に大きな影響を与えるものと考えられる。またコンクリート供試体においては骨材によるクラックアレスト作用が認められる。9 図は載荷面での摩擦の影響を調べたため、埋め込みゲージを自由面に垂直に、載荷面より 1 cm 位置と中央位置に配置して得た値の比を表わしたものでおおむね 0.8 近傍で変化している。10 図に本実験の載荷面の摩擦係数の測定結果を示す。11 図は摩擦係数と 2 軸圧縮強度の最大値とプロットしたもので、他のデータも参考にした。以上実験的には載荷面での摩擦係数を直接 0 にすることは出来ないが、このように低摩擦においては、より単軸応力状態での強度に近接することが判明した。



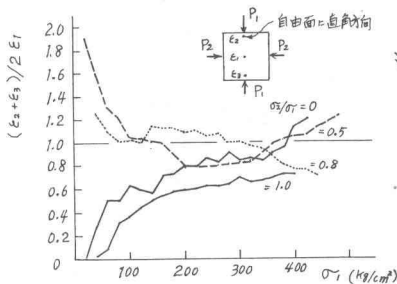
6 図 圧縮破壊強度比



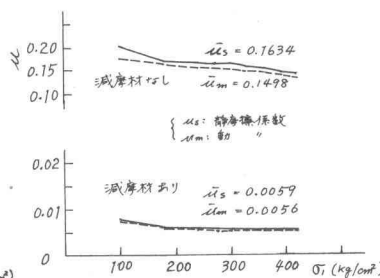
7 図 セメントペーストのクラック信号



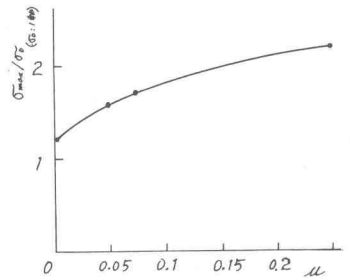
8 図 コンクリートのクラック信号



9 図 埋め込みゲージによるひずみの比



10 図 載荷面摩擦係数



11 図 $\sigma_{max}/\sigma_0 - \mu$ 曲線