

モルタル・コンクリートの圧縮破壊条件の比較

京都大学 正員 丹羽義次, ○小林昭一, 小柳 治

1. まえがき; 著者らは, 等方, 均質と見做される脆性材料の巨視的破壊条件が, 主応力空間内の凸曲面として, 一義的に表わされることを前提として, 既にモルタル, 富配合コンクリートの普通コンクリート, および軽量コンクリートの圧縮域における破壊曲面を決定した。^{(1)~(3)} ここでは, これらの破壊曲面の比較検討を行なう。

2. 実験; 立方供試体を用い, 三軸応力状態の下での圧縮破壊試験を主体とした。使用材料は, 普通ポルトランド・セメント, 豊浦標準砂, 吉野川産の砂, 砂利, ライオナイト造粒系人工軽量骨材) 細粗骨材である。コンクリートの示す配合を Table-1 に示す。モルタルの配合比は水:セメント:砂 = 0.6:1.0:2.0 とした。供試体寸法は, モルタルは $10.7^{cm} \times 10.7^{cm} \times 10.7^{cm}$ コンクリートでは $10.5^{cm} \times 10.5^{cm} \times 10.5^{cm}$ である。モルタル供試体上面は, ストレート・エッジを用い, またコンクリート供試体上面は, 打設後数時間を経て磨きガラス板を用いて平滑に仕上げた。打設後 24 時間を経て脱型し, 試験前日まで水中養生(温度 $20^{\circ}C$)を, また最後の 1 日は空中養生(温度 $20^{\circ}C$, 湿度 $90 \pm 5\%$)を行なった。試験時材令はモルタルは 56 日, コンクリートは 28 日である。実験に際しては, 供試体端面と載荷板間の摩擦を減少させる目的で両面にシリコン・グリースを塗布した軟かいゴム・シート (0.23^{mm} 厚)を使用した。これにより見掛けの摩擦係数は, 減摩材を使用しない場合の見掛けの摩擦係数 $0.46 \sim 0.65$ の約 2%, $0.008 \sim 0.012$ にまで減少した。モルタルでは, カップ・グリースを使用したので, 見掛けの摩擦係数は $0.15 \sim 0.24$ にしか減少していない。二軸載荷試験は, 荷重比 $P_2/P_1 = 1/4, 3/4, 1/2, 1/4$ および $1/10$ とした。比例載荷を主体し, その他に載荷経路の破壊強度に及ぼす影響を調べる目的で, 定順序載荷および任意経路による載荷も行なった。三軸試験は, 主として Fig-1 の OP に沿って, 所定の主応力 I_1 まで載荷し, この値 I_1 を一定に保ちつつ, case 1 ~ case 5 に沿って主応力を変化し, 破壊に到らしめた。なお, モルタルでは比例載荷を主体とした。その他に, 定順序載荷および任意載荷をも行なって, 載荷経路の影響をも調べた。

	Max (mm)	C (kg/cm ²)	W (kg/cm ²)	W/C (%)	S/C (%)	S' (kg/cm ²)
0C	15	418	174	44	50	860
P	15	200	164	27	51	982
h.C.	15	417	179	44.7	41.6	558

Table 1 Mix proportion

	Aver. (kg/cm ²)	Coef of Var. (%)	No of Spec
Mortar	323	2.8	26
Rich C.	436	8.0	27
Poor C.	149	5.8	19
Light C.	298	2.0	16

Table 2. Uniax. Compr. strength

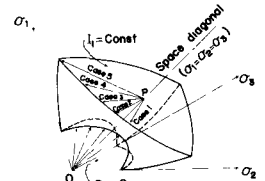
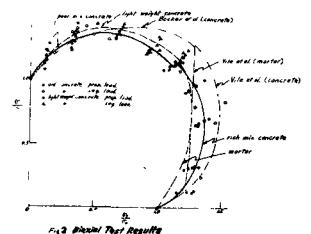
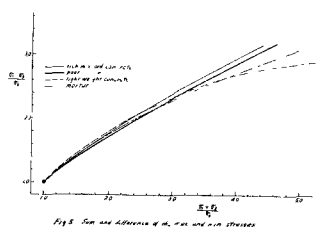
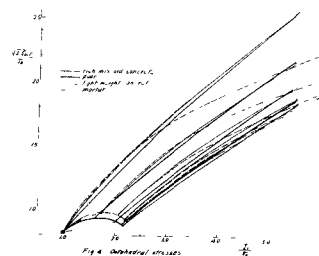
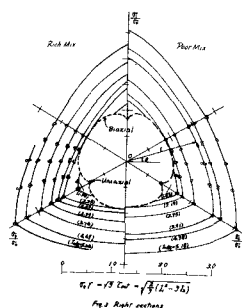


Fig. 1 Loading paths



3. 結果; 単軸圧縮強度を一括して Table-2 に示す。この値を二軸, 三軸試験結果の無次元表示の基準に選ぶ。二軸圧縮強度を無次元化して, Fig-2 に示す。二軸圧縮強度増加は $\sigma_3/\sigma_1 \div 0.6$ で, σ_3/σ_1 の最大が 約 40%, その割合は, 富配合コンクリートが, 貧配合コンクリートより若干大きいが大差はなく, また軽量コ

ンクリートは、普通コンクリートより若干大きい(最大約9%)程度である。定順序載荷による結果は中空印で示してある。これより、二軸圧縮強度は、載荷経路の影響を受けないと考えてよい。モルタルでは、コンクリート程の強度増加は認められなかった。三軸圧縮試験の結果より求めた破壊曲面の直截面($I_1/2 = \text{一定}$)の例Fig-3に示す。因中 $\sigma = \sqrt{3} \sigma_{cc}/\sigma_0$, $\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{1/\sqrt{3} \sigma_0 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \right)$ と与えられるので、 $I_1/2$ に対して $\sqrt{3} \sigma_{cc}/\sigma_0$ をプロットした八面体応力表示は、破壊曲面の特性を表わしているといえることができる。八面体応力表示をFig-4に示す。貧富両配合コンクリートの破壊曲面には、大差は認められない。静水圧の低い範囲($I_1/2 < 3.5$)では、普通および軽量コンクリート両破壊曲面間に殆んど差は認められないが、静水圧が次第に高くなると($I_1/2 > 3.5$)軽量コンクリートでは、膨張の割合が普通コンクリートより小さくなり、また直截面の形状も静水圧増加と共に丸味を帯びてくる傾向にある。この原因は進行性内部破壊にあると考えられよう。モルタル破壊曲面は普通コンクリートの曲面と大差ないと考えて良いであろう。最大、最小主応力の和と差による表示をFig-5に掲げた。各曲線は近似的な破壊条件を表わしていると考えてよい。貧富両配合のコンクリートでは殆んど差は認められない。軽量コンクリートにおいても $(\sigma_1 + \sigma_3)/\sigma_0 \approx 3.5$ までは普通コンクリートと殆んど差はないが、この値を越えると曲線の勾配は緩かとなる。



三軸圧縮試験においても、こゝで行なつた実験範囲では、載荷経路の影響は認められなかった。従つて破壊曲面を求める際には、 $I_1 = \text{一定}$ 平面内の載荷経路による方が精度的に有利であろう。なお破壊断面の角度は一定せず、剪断破壊としてのいわゆる内部摩擦角は求められなかった。

4. おわりに；軽量コンクリートでは、静水圧の高い場合に、若干の差は認められるが、モルタル、コンクリートの破壊曲面形は、無次元主応力空間内で一致すると考えられよう。従つて、一軸圧縮強度を基に、二軸および三軸組み合わせ圧縮応力状態における強度を推定することが可能となる。

- 文献； 1) Niwa, Y. and Kobayashi, S.; "Failure Criterion of Cement Mortar Under Triaxial Compression", Memo. of Faculty of Eng., Kyoto Univ. XXIX, part I, pp. 1~15 (1967)
 2) 小林昭一・小柳治；"コンクリートの圧縮破壊における破壊条件", 材料印刷中
 3) 丹科義次・小柳治・小林昭一；"人工軽量コンクリートの三軸圧縮破壊条件", 土木学会論文集, 143号, pp. 28~35 (昭42)