

鹿島建設株式会社 正員 小谷一三
阿部保彦

I. まえがき

コンクリート構造物の設計は、主として単純な1軸方向応力状態におけるコンクリートの性状を基準にして行なわれているが、実際の構造物の部材内では組合せ応力状態にある場合が多い。特にプレストレストコンクリート圧力容器(PCPV)のように2軸あるいは3軸の圧縮応力を受ける構造物を設計し、その安全性を知るには多軸圧縮応力下におけるコンクリートの性状を知る必要がある。本研究は、当社におけるPCPVに関する開発研究の一環として、設計施工上の基礎データを得る目的で進めているもので、この報文は1軸圧縮強度の異なる4種類の石灰岩砕石コンクリートについて多軸圧縮試験を行ない、破壊限界面を検討した結果を述べるものである。

II. 実験概要

1. 試験機

試験機は、加圧装置3台を直交させた形で立方体供試体(10×10×10cm)に3軸方向から任意の荷重を載荷できるもので、最大荷重は各軸方向とも200tonである。

2. コンクリート

使用したコンクリートは、セメントに早強セメント、細骨材に川砂、粗骨材に石灰岩砕石(5.6号砕石、最大寸法20mm)、減水剤としてポゾリスNo.8を使用したもので、その目標強度(材令28日)を200、300、400、および500 kg/cm^2 の4種類とした。なお、供試体の養生は標準水中養生のみである。

3. 減摩材

載荷板と供試体との間の摩擦力の影響をできるだけ少なくするために減摩材としてテフロンシート(厚さ0.05mm)2枚の間にシリコングリスを挟んだパッドを使用した。その見掛け上の摩擦係数は約0.02となり、摩擦力は減摩材を使用しない場合の15%程度である。

4. 載荷方法

2軸圧縮試験の載荷は、2軸方向の応力比 σ_2/σ_1 を一定に保持しながら破壊に至るまで荷重を増して行く方法である。3軸圧縮試験の場合は、主応力軸(σ_1/σ_2)一定面内での載荷方法であり、図-1に示のように静水圧軸に沿って所定の主応力軸Pまで荷重を増した後に、主応力軸(σ_1/σ_2)一定面内で σ_3/σ_1 の値を一定に保持しながら破壊に至るまで荷重を増減する方法で行なった。なお荷重速度は、最大主応力の方向で2~3 $\text{kg}/\text{cm}^2/\text{sec}$ とした。

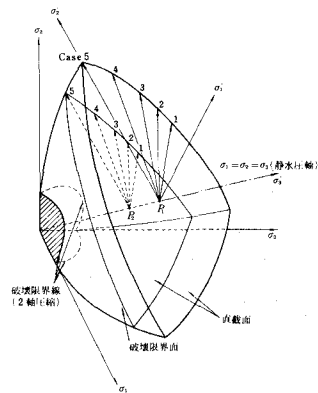


図-1 圧縮破壊限界面

II. 実験結果

1. 1軸圧縮強度

破壊限界面を無次元で示すための基準とする1軸圧縮強度 σ_1 は、多軸圧縮試験の条件と合せて、減摩材を使用した立方体供試体の部分載荷(載荷板9.4×9.4cm)により1軸圧縮試験

表-1 1軸圧縮強度

配合 No.	I	II	III	IV
試験時の強度 (kg/cm^2)				
2軸圧縮試験	343	520	692	210
3軸圧縮試験	345	563	653	210

- 1) 最大主応力方向が打込み方向と平行
- 2) 材令120日以上

を行なったもので、その値を表-1に示す。

2. 多軸圧縮強度および破壊限界面

2軸圧縮強度を1軸圧縮強度 σ_c に対する比で示した破壊限界線は、コンクリートの種類(1軸圧縮強度の相違)に関係なく、ほぼ一本の線で表わされる。2軸圧縮強度の最大は、応力比 $\sigma_2/\sigma_1 = 1/2$ 付近で1軸圧縮強度 σ_c の約1.40倍となり、応力比 $\sigma_2/\sigma_1 = 1/3$ では1軸圧縮強度の約1.25倍を示した。

3軸圧縮試験の結果から得られた破壊時の各方向応力度($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$)について1軸圧縮強度 σ_c を用いて無次元化した $P = \sigma_1/\sigma_c$ と $r/\sigma_c = \frac{1}{3}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{1/2} / \sigma_c$ との関係を4種類のコンクリートの各Caseについて図示したところコンクリートの種類(1軸圧縮強度の相違)に関係なくほぼ一本の曲線となる(図-2, 3参照)。

これらの結果から、無次元化したコンクリートの破壊限界面は、コンクリートの1軸圧縮強度に関係なく、一つの面で表わされ、その直截面を他の実験結果と合わせて図-4に示したがつて、破壊限界面の形状は、三角錐のやや膨らんだ形となり直截面の大きさは主応力比 σ_2/σ_1 の増加に伴って大きくなっているが、その増加割合は次第に減少していることがわかる。直截面の大きさは各実験結果で異なり、本実験と小林²⁾の実験(川砂利を使用)との間ではコンクリートの使用材料を除いて試験条件がほぼ同じであるが本実験で求められた直截面の大きさは小林²⁾のそれより小さく、さらに2軸圧縮限界面の形状および大きさにも差がみられ、コンクリートの破壊限界面はコンクリートの使用材料の影響を受けることを示しているものと思われる。またLaunay³⁾の実験結果と比較すると使用材料、減摩材、載荷方法、破壊の定義など試験条件が異なり、これらのコンクリートの破壊限界面の形状および大きさに影響するものと思われる。

3. 破壊モードおよび破壊の定義

3軸圧縮試験では供試体に非載荷面が残されていないため、1軸および2軸圧縮試験のように供試体が破壊し破片を生ずることがない。したがって、3軸圧縮試験における破壊は最大主応力方向の荷重一むずみ曲線が横軸(むずみ軸)に平行となりこれ以上荷重が上昇しない点と定義した。

Ⅴ. まとめ

コンクリートの破壊限界面は1軸圧縮強度を用いて無次元化すれば、1軸圧縮強度に関係なく(ほぼ一つの面)で表わすことができる。しかし、これはコンクリートの使用材料および試験条件が同じである場合にのみ成立するものと思われる。

参考文献 1)土木学会第28回年次学術講演会概要集、V-78 2)小林昭一、小柳治：材料第16巻170号

3)P. Launay, H. Gachon: ACI Seminar, 1970

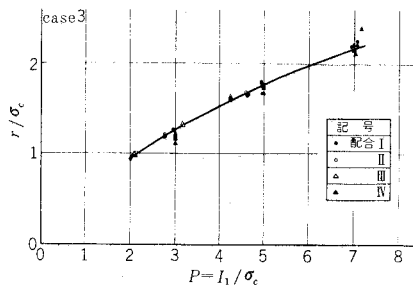


図-2 I_1/σ_c と r/σ_c との関係

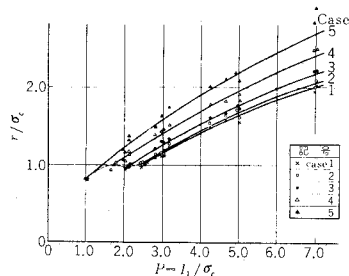


図-3 I_1/σ_c と r/σ_c との関係

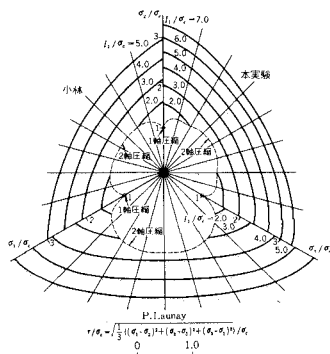


図-4 破壊限界面の直截面の比較