

鹿島建設株式会社 正員 小谷一三
 “ “ 阿部保彦
 東京大学大学院 学員 丸山一

I. まえがき

プレ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解析し、長期に亘って安全に使用するためには、多軸圧縮応力下におけるコンクリートの性状と知り必要がある。

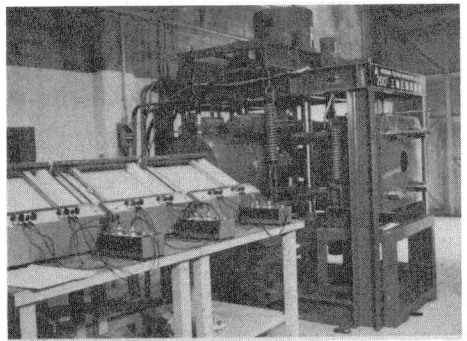
本研究は、当社におけるPCPVに関する開発研究の一環として、設計施工の基礎データを得るために進められているもので、この報文は、2軸圧縮応力を受けたコンクリートの性状について述べるものである。

II. 実験概要

(1) 試験機

試験機は、加圧装置3台と直交させに形ど立方体試体(10×10×10cm)に3軸方向から任意の荷重と載荷できるもので、最大荷重は各軸方向とも200tonである(写真-1参照)。

ひずみ測定装置は、載荷板間の変位と差動トランスで検出し、荷重-ひずみの関係と直接X-Yレコーダで記録する機構になっている。



(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、粗骨材に石灰岩碎石(5,6号碎石、最大寸法20mm)、減水剤としてホソリスN0.8を使用したもので、その目標強度(材令28日)を300, 400, および500kg/cm²の3種とした。なお、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2.005mm)2板の間にシリコンブリスと挟入パッドを使用した。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%程度に減少する。

(4) 載荷方法

載荷は、2軸方向の応力比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行った。なお荷重速度は、最大主応力の方向で2~3%/sとした。

III. 実験結果

(1) 1軸圧縮強度

2軸圧縮強度の基準とする1軸圧縮強度 σ_c を求めるために、減摩材を使用した立方体試体について、全面載荷(載荷板20×20cm)および部分載荷(載荷板9.4×9.4cm)による1軸圧縮試験を行った結果、両者の強度の間に有意な差が認められなかったため、1軸圧縮強度 σ_c は、2軸圧縮試験の条件と合せたため、表-1に示す小型載荷板を使用した場合の値とした。

表-1 1軸圧縮強度

配番号 (目標強度%)	I (300)	II (400)	III (500)
試験時強度(%)	343	520	692

* 載荷方向のコンクリートの打込み方向と平行

(2) 2軸圧縮強度

2軸圧縮強度と1軸圧縮強度 σ_c に対する比が図-1に示す。最大主応力の方向とコンクリートの打込み方向と平行にした試験と3種類のコンクリートについて行った結果、これらの破壊限界線は、コンクリートの種類(

1軸圧縮強度の相異)に関係なく、ほぼ一本の線が表わされる。2軸圧縮強度の最大は、応力比 $\sigma_1/\sigma_2 = 1/2$ 付近で1軸圧縮強度の約1.40倍となり、応力比 $\sigma_1/\sigma_2 = 1/2$ 付近では1軸圧縮強度の約1.25倍を示した。一方、最大主応力の方向がコンクリートの打込み方向に平行でない場合の破壊限界は、(a)中間主応力の方向とコンクリートの打込み方向と垂直な場合、(b)中間主応力の方向とコンクリートの打込み方向と平行な場合とで形状および大きさが異なり、また前記した場合の破壊限界線とも多少異なる。本実験の範囲内では、これらの破壊限界線相互に有意な差があると思われ、コンクリートの異方性と示しているように思われる。

(3) 破壊モード

1軸圧縮応力を受けにコンクリートの立方体供試体は、載荷方向に平行な無数のきれつにより破壊し、無数の柱状片に碎けた。

2軸圧縮応力を受けに供試体は、非載荷面にほぼ平行な多数のきれつにより破壊し、多数の扁平な破片が生じた。しかし、載荷条件(応力比 σ_1/σ_2 、最大主応力の方向)による破壊モードの相違は見られなかった。

(4) ひずみ性状

2軸圧縮応力を受けにコンクリートについて測定したひずみの代表例と応力比 $\sigma_1/\sigma_2 = 1/2$ 、 $1/3$ および $1/1$ (1軸)について図-2に示す。最大主応力度とその作用方向のひずみとの関係を示した曲線の初期勾配は、弾性理論からも当然のように、応力比 σ_1/σ_2 の増加に伴って大きくなり、非載荷方向のひずみとは逆に小さくしている。

図-2から求めた平均応力度比 σ_m/σ_{max} と体積ひずみ ϵ_v との関係を図-3に示す。これによると、2軸圧縮応力を受けにコンクリートは、ひずみと測定した範囲内($\sigma_m/\sigma_{max} = 0.6$ 付近まで)では体積減少を示し、 σ_m の増加に伴って体積減少の割合が増加している。また、 $\sigma_m/\sigma_{max} = 0.5$ 付近までは、応力比 σ_1/σ_2 に関係なく、 σ_m/σ_{max} と ϵ_v との関係はほぼ等しい曲線を示している。今回の実験では、供試体の破壊による衝撃によりひずみ測定装置が損傷する危険性があったため、ひずみの測定を途中で中止した。したがって、体積が最小となる点は明らかでない。

2軸圧縮応力下におけるコンクリートのひずみは、1軸ひずみの重ね合せにより求めると仮定した場合のポアソン比と最大主応力度比 σ_1/σ_2 との関係を図-4に示す。これによると2軸圧縮応力下におけるコンクリートのポアソン比は、応力の増加に伴って僅かに増加する傾向を示し、ひずみの測定を行なった σ_1/σ_2 の範囲では0.25~0.31となり、応力比 $\sigma_1/\sigma_2 = 1/2$ および $1/3$ ではほとんど差はないようである。また、1軸圧縮応力下におけるポアソン比は、0.26~0.40を示し、2軸圧縮応力下受けにコンクリートのひずみと、1軸圧縮ひずみの重ね合せにより求めることは難しいように思われる。

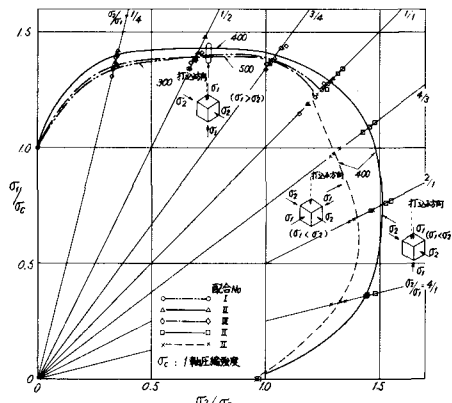


図-1 2軸圧縮強度試験結果

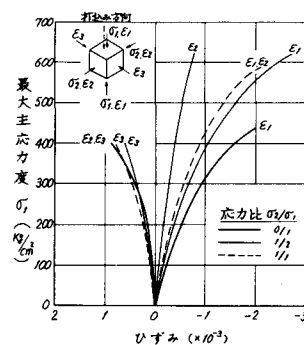


図-2 2軸圧縮応力下におけるコンクリートの最大主応力度-ひずみ曲線

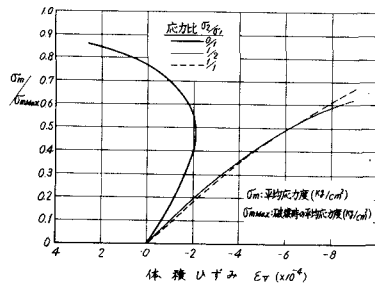


図-3 平均応力度比と体積ひずみの関係

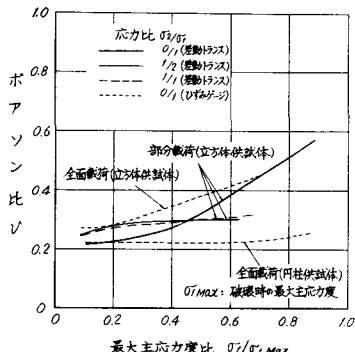


図-4 ポアソン比と最大主応力度比との関係