

三軸拘束による高靱性コンクリートの力学的特性

広島大学 正会員 米倉 亜州夫
広島大学 学生員 角 広幸

広島大学 学生員 周 平
広島大学 学生員 ○松林 博文

1. はじめに

構造材料として最も多く利用されているコンクリートは、経済性や耐久性に富み、非常に優れた材料である。

従来からコンクリートの評価は、一般に圧縮強度で判断されることが多い。しかし最近では、コンクリートの破壊挙動を考える上で、単に強度が高い低いという議論だけではなく、破壊時の靱性が問題とされるようになってきている。

コンクリートの靱性向上の手段として、コンクリートを横方向に拘束することによって見かけ上の圧縮靱性を高めるコンファインド効果と呼ばれるものがあり、先の阪神大震災においてもこの特性は改めて見直されている。本実験では、軸方向の圧縮応力と横拘束により三軸拘束状態となるコンクリートの力学的特性を把握することを目的とする。

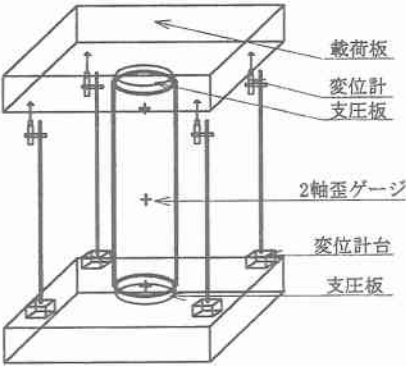


図 1 中心軸圧縮試験載荷方法

2. 実験概要

拘束体として使用したCFRPパイプまたは鋼管内にコンクリートを打設し、コンクリート断面のみに荷重を加えるかたちで図 1に示すような載荷を行い、拘束体および内部コンクリートの挙動を調べた。

拘束体として用いたCFRPパイプの種類を表 1に示す。表中の繊維方向および積層方法の欄は、CFRPパイプの構造を示しており、例えばAの場合、パイプの最も内側にパイプ軸方向から±10°の方向に厚さ1.00mmの炭素繊維シートを、そのすぐ外側には90°の方向に厚さ0.75mmのものを、そしてまた±10°、90°、と交互に積層し、合計4層の構造となっている。同様に、BおよびCもそれぞれ表に示す繊維方向のシートを2層および4層に積層している。また鋼管には、外径16.53cm、厚さ0.60cm、長さ60.00cmのものを使用した。

次に本実験に使用した供試体の一覧を表 2に示す。表中の付着状態の欄は、拘束体と内部コンクリートとの付着面の状態を示しており、アンボンド型とは、拘束体内面にアスファルトを塗布することにより拘束体と内部コンクリートの付着を意図的に弱めたものであり、またEB型¹⁾とはアスファルトを塗布していないものを意味する。

表 1 CFRP パイプ一覧

名称	寸法(cm)			繊維方向 および 積層方法
	外径 D	厚さ t	長さ L	
A	15.70	0.35	60.00	±10° 1.00mm 90° 0.75mm 計4層
B				±10° 1.75mm 90° 1.75mm 計2層
C				±45° 0.875mm 計4層

表 2 供試体一覧表

名称	拘束体	付着状態	W/C (%)	無拘束供試体 (φ15×60cm) の圧縮強度 σ _{cp} (kgf/cm ²)
FA30EB	CFRP(A)	EB 型	30	668
FA30U	CFRP(A)	アンボンド型		
S30U	鋼管	アンボンド型		
FA30U2	CFRP(A)	アンボンド型	45	459
FA45EB	CFRP(A)	EB 型		
FA45U	CFRP(A)	アンボンド型		
FB45U	CFRP(B)	アンボンド型		
FC45U	CFRP(C)	アンボンド型		
S45U	鋼管	アンボンド型	65	238
FA45U2	CFRP(A)	アンボンド型		
FA65EB	CFRP(A)	EB 型		
FA65U	CFRP(A)	アンボンド型		
S65U	鋼管	アンボンド型		
FA65U2	CFRP(A)	アンボンド型		

(名称の例)

F: 拘束体の種類
P: CFRPパイプ
S: 鋼管

A: 繊維方向
30: ±10°
45: ±15°
65: ±45°

EB: 付着状態
EB: EB型
U: アンボンド

3. 実験結果および考察

・圧縮耐力および軸変位

水セメント比(W/C)45%のコンクリートを用いた供試体の荷重 - 軸変位関係を図 2 に示す。ここで、プレーンとはプレーンコンクリートつまり($\phi 15 \times 60 \text{cm}$)の無拘束供試体を意味する。CFRPパイプAおよびB、または鋼管を拘束体として使用したものは、いずれも耐力および終局時の軸変位がプレーンコンクリートを大幅に上回っている。CFRPパイプCを使用したFC45Uは、耐力はそれほど増加していないが、終局後も軸変位が増え続けている。

・軸方向応力 - ひずみ関係

図 2 に示した供試体の中央部における軸方向応力 - ひずみ関係を図 3 に示す。本実験ではコンクリート断面のみに載荷しているが、いずれの供試体も拘束体に軸方向ひずみが生じていることから、拘束体も荷重の一部を分担していると仮定し、載荷荷重から拘束体の分担荷重を差引いて内部コンクリートの断面積で除したものを図中の軸方向応力としている。横拘束による圧縮靱性の向上は図 3 からも明らかである。

・八面体応力 - ひずみ関係

水セメント比(W/C)65%および30%のコンクリートを用いた供試体の中央部における八面体垂直応力 - 体積ひずみ関係を図 4 に示す。拘束体にCFRPパイプAを使用した場合、EB型、アンボンド型共にW/C=65%の低強度のものは体積減少しているのに対し、W/C=30%の高強度のものは途中から体積膨張に転じている。この違いには以下のような原因が考えられる。低強度のコンクリートは内部空隙が多いため、軸方向には高圧縮応力により空隙が潰れ、密実なものへと変化しながらひずみを生じるが、横方向には拘束を受けているためひずみが小さく、結果的に体積減少していることになる。一方高強度コンクリートは、もともと低強度のものより組織が密実であるため、軸方向ひずみとともに、拘束体をも押し拡げるほどの横方向ひずみが生じ、結果的に体積膨張していることになる。

鋼管を拘束体として使用した場合、低強度、高強度共に体積減少しているが、これは、鋼管の弾性係数が大きく、またその厚みが内部コンクリートの横方向ひずみを拘束するのに十分なものであったため、体積減少という結果になっていると考えられる。

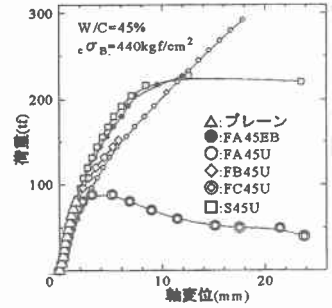


図 2 荷重 - 軸変位関係

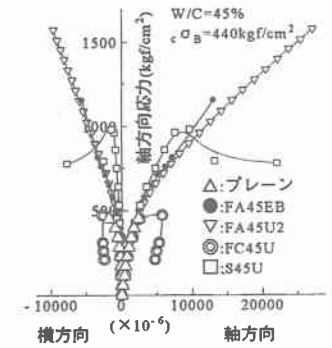


図 3 軸方向応力 - ひずみ関係

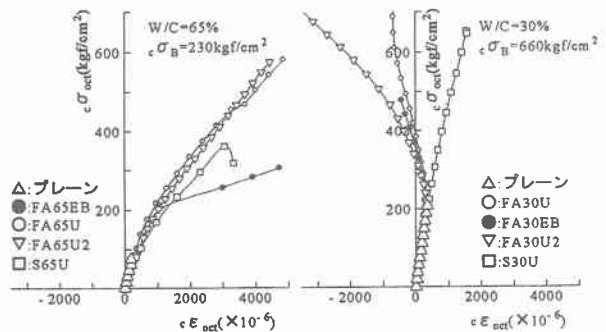


図 4 八面体垂直応力 - 体積ひずみ関係

4. まとめ

- I. 横方向を拘束されたコンクリートは、圧縮耐力および終局時の軸変位が同寸法の無拘束コンクリートを大幅に上回り、圧縮靱性が向上する。
- II. 三軸拘束下のコンクリートの体積挙動は、その一軸圧縮強度(配合)および使用した拘束体によって異なり、解析する上でこれらのことを考慮すべきである。

【参考文献】1) 藤井堅他: ボンド型およびアンボンド型モルタル充填鋼管長柱の座屈強度特性, 鋼構造論文集, Vol.1, No.2, pp47~56, 1994