

V-487

膨張材を用いたコンクリート充填鋼管及びCFRPパイプ柱の圧縮挙動

広島大学 正会員 米倉 亜州夫 広島大学 正会員 田澤 栄一
 広島大学 学生員 ○周 平 (株)フジタ 角 広幸
 極東工業(株) 正会員 岩田 雅靖

1. はじめに

本研究では、CFRP パイプまたは鋼管内に打設したコンクリートの図心位置にシースを配置しておき、その中に静的破砕材と称されている膨張材を注入し、ケミカルプレストレスを導入し、中心軸圧縮試験を行った。このようなコンクリートの圧縮挙動及び圧縮強度を膨張材を用いない場合と比較しながら検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用した CFRP パイプ及び鋼管の寸法を表-1に示す。また、CFRP パイプの材料特性を表-2に、鋼管の引張試験結果を表-3に示す。コンクリートは、セメントに早強ポルトランドセ

表-1 拘束体の寸法及び構成

拘束体の種類	外径 D (mm)	厚み t (mm)	D/t	長さ l (mm)	繊維方向及び積層方法
CFRP パイプ	153.5	1.75	87.7	600	±10° / 90°, 2 層
CFRP パイプ	157	3.5	44.9	600	±10° / 90°, 4 層
鋼 管	165	5.5	27.5	600	

表-2 CFRP パイプの材料特性

繊維の方向及び積層方法	厚み (mm)	軸方向			周方向		
		引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
10° / 90°	1.75	586	74.6	0.105	692	61.7	0.171

メントを用い、配合は W/C=30%, 45%及び 65%の 3 配合とした。コンクリートにケミカルプレストレスを与えるための膨張材の配合は、W/B(水/膨張材比)=30%とした。膨張材は、供試体図心位置のΦ 20mmのシース内に充填した。拘束体とコンクリートの付着力を意図的に切る目的でアスファルトをパイプ内面に塗布した。

表-3 鋼管の引張試験結果

厚み (mm)	引張強度 (MPa)	降伏強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
5.5	424	247	199	0.27

2.2 供試体及び載荷方法

供試体の作成は、図-1 に示すように、拘束体とシースの間にコンクリートを打ち込み、材齢 7 日で供試体を拘束型枠に固定し、膨張材を充填し、すぐにフタをして拘束した。その際、膨張材の膨張圧を直接測るために、内径がシースとほぼ同径の鋼管にも膨張材を充填し、同様に上下を拘束した。供試体を拘束した時点から測定を開始した。10 日後に測定を終了し、直ちに拘束型枠を脱型し、材齢 17 日で中心軸圧縮試験を行った。載荷方法は、供試体の上端、下端ともに十分剛な支圧板を介して拘束体内部のコンクリートのみに荷重を加えた。

3. 実験結果及び考察

本実験に用いた供試体の略称を図-2 に示す。膨張材の膨張圧は、拘束体外周面に貼付したゲージによりひずみを測定し、厚肉円筒理論を用いて計算した(外管法)。厚肉円筒理論を用いてシースと同径の鋼管に膨張材のみを充填した場合の膨張圧試験結果から膨張圧を計算すると 10 日で 60MPa もの膨張圧を生じていた。しかし、図-1 に示すように本実験の供試体の場合、供試体図心位置の膨張材の膨張圧はコンクリートを介して、拘束体に伝わるので、拘束体面における膨張圧は、拘束体の円周方向に貼り付けたひずみゲージのひずみより求めた。その値は、シースと同径の鋼管内のケミカルプレストレスの場合の 1/10 程度となった。これをコンクリートが受けるケミカルプレストレスとした。図-3 にコンクリートと拘束体の合成柱としての荷重-変位関係の代表例を示す。最大変位には大きな差は見られないが膨張材を充填することにより、初期剛性及び柱の耐力が向上する結果となった。図-4 に中心軸圧縮試験を

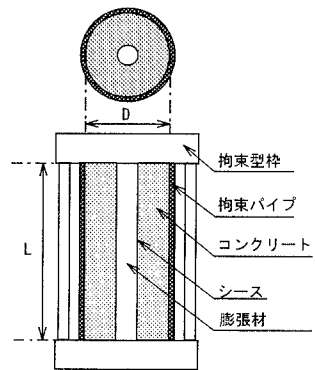


図-1 供試体の断面及び膨張圧試験法

3.5 F 45 - 51 - 5.0						
拘束体の厚み (mm)	拘束体の種類 F:CFRP パイプ S:鋼管	W/C	中心軸圧縮 試験時の コンクリートの 1軸圧縮強度 (MPa)	膨張材の 膨張による ケミカル プレストレス (MPa)		

図-2 供試体の略称

行った全供試体の最大耐力と 1 軸圧縮強度の関係を示す。供試体の高さ中央断面で測定された拘束体の 2 点の軸方向及び周方向ひずみの平均値を中央断面のひずみ (ε_z , ε_θ) とした。載荷されるまでに膨張材の膨張により生じたひずみを含めたひずみに対し、鋼管は Mises の降伏条件と Prandtl-Reuss の流れ則を用い、CFRP は異方性材料とし弾性理論を用いて、それぞれ平面応力状態と仮定して拘束体の軸方向及び周方向応力 (σ_z , σ_θ) を求めた。載荷前に生じていた応力を含めた荷重-応力関係を図-5 に示す。膨張材を充填した場合、載荷初期から軸応力が急激に増えだす。これは、膨張材の膨張によりコンクリートと拘束体との付着が高められ、荷重の一部を拘束体が受け持ったためと考えられる。

また、図-3 上の鋼管を拘束体に用いた供試体の応力経路を図-6 に示す。膨張材を充填した供試体と充填していない供試体は、異なる応力経路で降伏曲面に達している。また、図から明らかなように膨張材を充填した供試体の拘束体は膨張圧により、載荷による応力を受ける前に周方向の降伏強度の約 25% を受け持っていることになる。つまり載荷により生じる内圧を鋼管が負担できる能力は膨張圧分だけ小さくなってしまふ。

一般に拘束されたコンクリートの最大応力 (σ_{cmax}) は、1 軸圧縮強度 (f_c)、拘束係数 (k) 及び側圧を用いて簡便な次式で表現される。

側圧 (σ_r) は、拘束体の周方向応力 (σ_θ) を用いて式 (2) により求められる。

$$\sigma_{cmax} = f'_c + k\sigma_r \quad (1)$$

$$\sigma_r = 2t\sigma_\theta/D \quad (2)$$

ここに、 D : 拘束体の内径、 t : 拘束体の厚み

上記の条件で解析したコンクリートの最大応力-側圧関係を縦軸、横軸ともに 1 軸圧縮強度 (f_c) で除して無次元化し、図-7 に示す。図より膨張材を充填した柱の拘束係数 (k) が向上していることが分かる。この原因は、拘束されたコンクリートの見かけの 1 軸圧縮強度が向上したためと考えられる。

4. 結論

コンクリートと拘束体の合成柱ととらえた場合、膨張材を充填すると膨張により付着が高まるため初期剛性が向上し、圧縮耐力も向上した。また、拘束係数も向上した。

5. あとがき

本研究は、広島大学と企業 4 社との共同研究である「SUPCOM」の研究の一環として行われたものであり、実験に際しては学部生の川水浩二君の協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

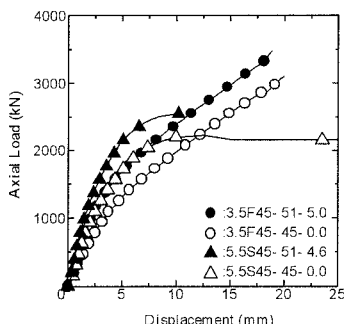


図-3 荷重-変位関係

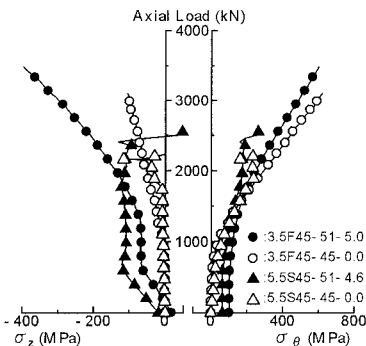


図-5 荷重-拘束体の応力

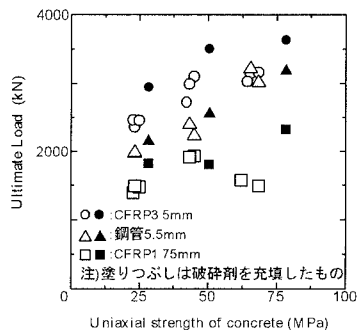


図-4 最大荷重に及ぼす

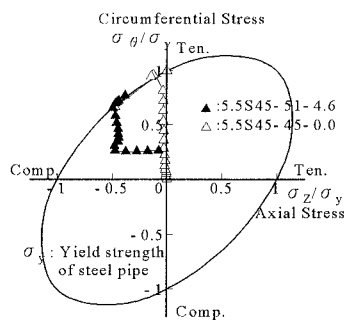


図-6 鋼管の応力経路

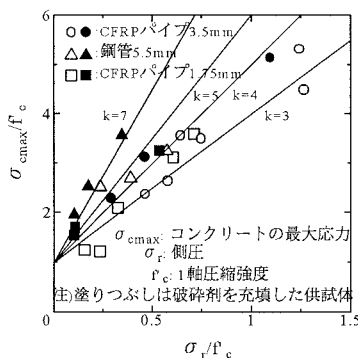


図-7 コンクリートの最大応力-側圧