

プレストレスを受けたFRP合成パイプの曲げ特性

広島大学 正会員 田澤栄一
 広島大学 正会員 米倉亜州夫
 広島大学 学生員 周 平
 広島大学 学生員○角 広幸

1. はじめに

モルタル充填管柱は、軸圧縮力を受けると鋼管の拘束効果（コンファインド効果）により内部のモルタルが3軸圧縮状態になり、大きな強度を発揮することが知られているが、本研究ではFRPパイプ中にモルタルを打設し、1軸方向にプレストレスを導入しモルタルを3次的に拘束したパイプの層厚や繊維の補強方向を変化させて拘束効果及び曲げ特性について予備的な実験を行った。

2. 実験概要

表-1 供試体の品質及び実験結果

2.1 使用材料 本実験

で使用した炭素繊維製パイプは、内径5cm、長さ35cmで直角2方向に積層されたFRPシートをパイプ状に巻き、エポキシ樹脂で固めたものである。表-1に示しているように、パイプ軸方向と繊維方向のなす角度及び巻数によって、5種類のパイプがある。例えばパイプ

パイプ	パイプの概要			PC鋼棒の直径(mm)	有効プレストレス(kgf/cm ²)	終局耐力(tf)	・ 供試体の記号
	積層方法	厚さ(mm)	内径(mm)				
1	90°/0°の方向に4層ずつ巻いたもの	2	50	13 13	0 685	2.43 7.70 11.2	1. Pipe only 1-0, φ13 1-600, φ13
2	45°/-45°の方向に4層ずつ巻いたもの	2	50	13	446	1.44 6.44	2. Pipe only 2-300, φ13
3A	90°/0°の方向に1層ずつ45°/-45°の方向に1層ずつ巻いたもの	1	50	13 13	0 298	0.70 3.56 4.30	3A Pipe only 3A-0, φ13 3A-300, φ13
3B	90°/0°の方向に2層ずつ45°/-45°の方向に2層ずつ巻いたもの	2	50	13 13	0 446 675	3.62 6.00 9.36 7.60	3B Pipe only 3B-0, φ13 3B-300, φ13 3B-600, φ13
3C	90°/0°の方向に3層ずつ45°/-45°の方向に3層ずつ巻いたもの	2	50	13 13 13	0 0 668	6.88 8.20 11.0 10.3	3C Pipe only 3C-0, φ13 3C-300, φ13 3C-600, φ13
Steel Pipe	—	2.4	43	13 13	0 0 823	5.90 6.60 7.50	S Pipe only S-0, φ13 S-300, φ13 S-600, φ13

・供試体の記号は、次の様に省略してある。(例) 1-600, φ13

～はパイプの種類を、—は緊張力を、—はPC鋼棒の直径を表す。PC鋼棒の直径が0となっている場合はパイプにモルタルを打設しただけの供試体を表す。

と繊維のなす角度90°及びその直角方向、つまりパイプ軸方向と繊維のなす角度0°の方向(90°/0°)にそれぞれ4層ずつ巻いたもので厚さ2mmのものである。PC鋼棒は、C種1号φ13mmを使用した。

2.2 実験方法 図-1に供試体の断面図を示す。供試体は表-1に示すようにプレストレス、パイプの層厚及び繊維の補強方向を変化させた。また、比較のために鋼管を用いた場合も試験した。プレストレスはモルタル打設10日後に導入し、その際のモルタルの圧縮

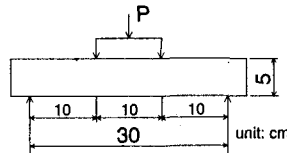


図-2 載荷方法

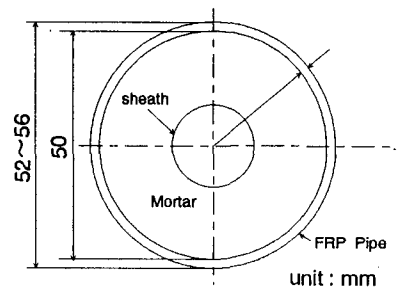


図-1 供試体断面図

強度は約500kgf/cm²でヤング係数は2.52×10⁵kgf/cm²であり電気抵抗線型ひずみゲージによって導入応力のチェックを行った。載荷方法は図-2に示すように2等分点荷重によって載荷した。

3. 実験結果及び考察

写真-1に曲げ破壊後のパイプ内のモルタルのひび割れ発生状況を示す。写真から明らかなようにパイプを切り取ってはがしたモルタルはプレストレスがある場合はほとんど圧縮破壊を生じておらず、さらにせん

断ひび割れは皆無である。パイプ状の梁の場合、最終的にはパイプの繊維の座屈あるいは引張破断によって破壊に至る。つまり外部のパイプが破壊しない限り、たとえ内部のモルタルにひび割れが生じてモルタル片は飛散しないため外力に抵抗できると思われる。

次に、終局耐力とプレストレスとの関係を図-3に終局耐力とパイプの補強率(層厚)との関係を図-4に示す。本実験ではモルタル断面に対するパイプ断面の割合が大きく、曲げ耐力の向上効果はプレストレスよりもパイプの層厚による影響が大きいという結果となっていることがこれらの図から分かる。しかし、繊維方向がパイプ軸方向

(0°)及び円周方向(90°)であるパイプ1の場合、プレストレスによる曲げ耐力の増加は約45%と著しいことが図-3より分かる。これは、 90° の繊維方向が拘束効果に最も効率が良く、 0° の繊維方向と曲げ応力の方向が一致しているためだと考えられる。

逆にFRPの層が厚くパイプのみの強度でもかなり強いパイ

プ3Bや3Cでは、モルタルをパイプ内に打設しただけで曲げ耐力は相当大きくなるが、プレストレスによる耐力の向上はほとんど見られなかった。すなわち十分な拘束になっていなかったと考えられる。この結果から見てFRPのモルタル断面に対する補強材比をもっと小さくすることにより、プレストレスによる拘束効果が有効に発揮されると思われる。

図-5は、パイプにモルタルを充填した場合、さらにプレストレスが約 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$ である場合についての荷重とたわみの関係を示している。本実験で用いた供試体は、スパン30cmと小さいのにたわみは20~30mmまで達しているものがあり靱性が飛躍的に増大することが明らかとなった。プレストレスを導入すると変形能力は大きくなるが、同一荷重におけるたわみはプレストレスを導入しない場合よりも小さくなる。

4. まとめ

- (1) 三次元拘束することにより、せん断ひび割れの発生は皆無であり、靱性は大幅に向上する。
- (2) パイプ1の場合、プレストレスを約 $600\text{kgf}/\text{cm}^2$ ほど導入することにより曲げ耐力が約45%増大した。

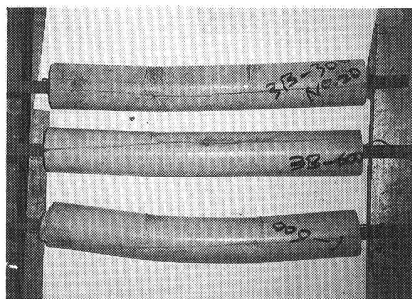


写真-1 破壊後のモルタルの状況

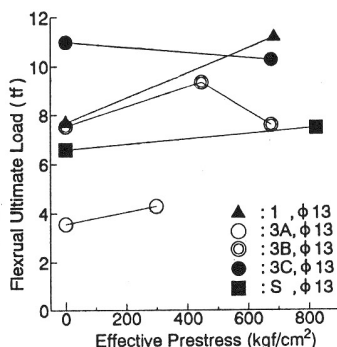


図-3 終局曲げ耐力-有効プレストレス

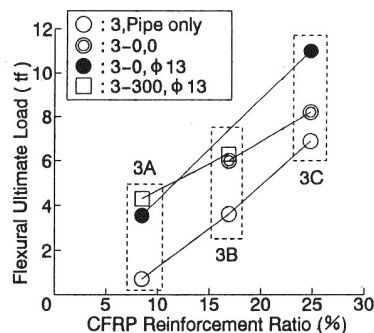


図-4 終局曲げ耐力-パイプの補強率

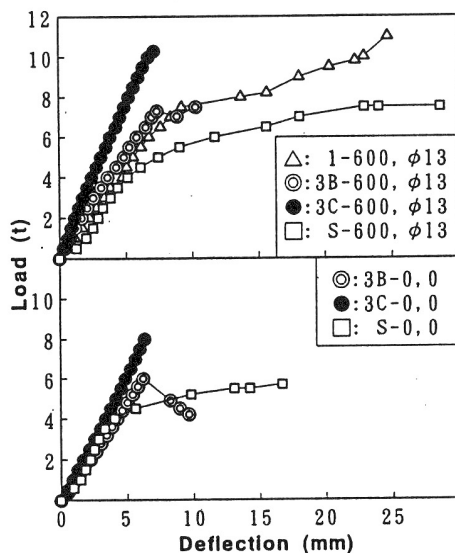


図-5 荷重-たわみ