

○サンユレジン（株） 正会員 大西清春 藤村ヒューム管（株）梅田和助
京都大学 正会員 服部篤史 正会員 宮川豊章

1. はじめに

近年、地中での下水道管等に用いられるヒューム管において、使用環境による劣化やひび割れによる漏水に対する補修及び上載荷重に対して十分な強度を有さなくなった場合の補強が問題となっており、有効な補修・補強工法の開発が切望されている。この課題に対して、補修及び補強性能を兼ね備え、耐久性に富み、大きな施工断面を必要とせず、施工性にも優れた連続繊維シートの貼り付けによる補修・補強工法が注目されている。本研究では、ひび割れ発生後及び新設ヒューム管を対象として、その内面及び外面の円周方向に連続繊維シートを貼り付けることにより補修や補強の効果を確認したので報告する。

2. 使用材料及び施工

使用した補強材は、織物構造による複合材料の強度低下をきたさぬために、一方向性炭素繊維織物（トカロUP-70-30）と一方向性アラミド繊維織物（テクノラ）を用いた。

含浸接着用樹脂には、耐酸タイプの常温硬化型エポキシ樹脂（サロートL-510）を用いた。なお、連続繊維シートの特性については表－1に示す。

補強材の貼り付け施工は、下記の手順で行った。

- ① ディスクサンダーによる下地処理
- ② エポキシパテ材による素地調整
- ③ 含浸接着用樹脂塗布
- ④ 連続繊維シート貼り付け・含浸

表－1 連続繊維シートの特性

織 維	炭素繊維	アラミド繊維
繊維目付	3 0 0 g/m ²	2 3 3 g/m ²
シート幅	1 2 . 5 mm	1 2 . 5 mm
樹 脂	L－5 1 0	L－5 1 0
厚 さ	1 mm	1 mm
引張強度	4 . 4 kN/mm ²	2 . 6 kN/mm ²
弾性率	2 3 4 kN/mm ²	9 6 kN/mm ²

3. 実験概要

3. 1 供試管

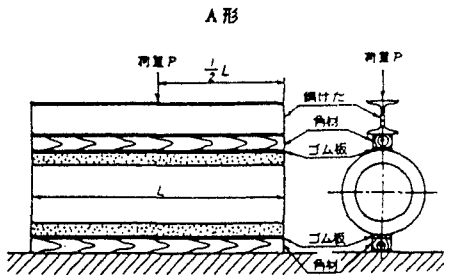
供試管は、JIS A 5303のA形管で呼び径900を用いるが、試験方法からその有効長については800mmとした。

型枠を3つに区切り供試管3本を同時に成形し、その内の1本を無補強管として試験した。

3. 2 試験方法及び測定項目

試験方法は、図－1のJIS A 5303に示された外圧試験方法で行い、荷重は管体にほぼ均等に分布するように鉛直に加える。

測定項目は、無補強管及び補強管のひび割れ荷重と破壊荷重を求め、それぞれの荷重段階に至る供試管の変位量とコンクリート又は補強材のひずみ量を測定した。



図－1 試験方法

4. 実験結果及び考察

4. 1 破壊形態

代表的な供試管の破壊形態は次の様になる。

無補強管では、荷重を加えていくと最初に管内面上下にひび割れが発生する。次に管外面左右にひび割れが発生し、最後に鉄筋（螺線筋）が破断して破壊に至る。

外面補強管では、ひび割れは無補強管とほぼ同じ荷重で管内面上下に発生する。さらに荷重を加えていくと連続繊維シートは破断せず、管内面コンクリートの上下部分が引張破壊し左右部分が圧縮破壊して、無補強管のほぼ2倍から3倍の荷重で破壊に至る。

内面補強管では、無補強管のひび割れ荷重に比べ約2倍の荷重で連続繊維シートが剥離すると同時に管内面にひび割れが発生する。最後まで連続繊維シートは破断せず徐々に剥離を続け、管外面の左右にひび割れが発生した後、無補強管とほぼ同程度の荷重で破壊に至る。

4. 2 補強効果

連続繊維シート貼り付けによる補強効果を表-2に示す。

外面補強管においては、ひび割れ荷重に対する補強効果は示さなかったが、破壊荷重において顕著な補強効果を示した。繊維の弾性率が高い炭素繊維の方がアラミド繊維より補強効果があり、積層回数の効果もはっきりと現れた。

内面補強管においては、破壊荷重の補強効果は示さなかったが、ひび割れ荷重において補強効果を示した。しかし、破壊形態で述べたように、シートの剥離を伴うひび割れであり、繊維の種類や積層回数の影響は小さい。アラミド繊維の補強効果が比較的大きかったのは繊維の靱性が影響している事も考えられる。あらかじめひび割れを発生させた供試管についても、新管補強と同程度のひび割れ補強効果を示した。

4. 3 鉛直変位

ひびわれ発生付近の荷重-変位曲線を図-2に示す。ひび割れ発生までの変位量は、外面補強管の場合無補強管とほぼ同じ変位量であった。内面補強管の場合は、無補強管に比べ2～2.5倍の変位量がありひび割れ補強効果を示している。

5. まとめ

(1) 連続繊維シートによる外面補強管の場合、ひび割れ荷重に対する補強効果はないが、破壊荷重を大幅に改善する。連続繊維シートの剛性が大きいほど補強効果があり、アラミド繊維より炭素繊維の方が補強効果がある。また、積層回数を増すことにより補強効果は増大する。

(2) 内面補強管の場合は、破壊荷重に対する補強効果はないが、ひび割れ荷重では補強効果を示した。破壊形態が連続繊維シートの剥離を伴うひび割れであり、繊維の種類や積層回数の影響は外面補強管に比べ小さい。また、ひび割れ発生までの変位量からもひび割れ補強効果を確認できた。

(3) あらかじめひび割れを発生させた供試管を炭素繊維シートで補強した供試管でも、新管に補強した場合と同じひび割れ補強効果を示した。

表-2 連続繊維シート貼り付けによる補強効果

適用管	繊維	貼り付け部位	積層回数	補 強 効 果 (補強管/無補強管)			
				ひびわれ荷重		破壊荷重	
新管	炭	内面	1層	2.0	効果有り	1.0	効果無し
			2層	2.3	効果有り	0.8	効果無し
	炭	外面	1層	1.3	効果無し	2.9	効果有り
			2層	1.1	効果無し	3.6	効果有り
補強管	アラミド	内面	1層	2.5	効果有り	1.2	効果無し
		外面	1層	1.1	効果無し	2.1	効果有り
埋設管補強	炭素繊維	内面	1層	2.0	効果有り	0.9	効果無し
			2層	2.3	効果有り	1.0	効果無し
			3層	2.5	効果有り	1.3	効果無し

注1) 補強効果を無補強管と比較して無補強管の荷重を1としたときの比率で表した値

注2) 埋設管補強管の試験はあらかじめひび割れ荷重まで載荷して、ひび割れを発生させた供試管を用いた。補強した供試管のひび割れ荷重は、炭素繊維が剥離し再びひび割れが目視できた時の荷重とした。

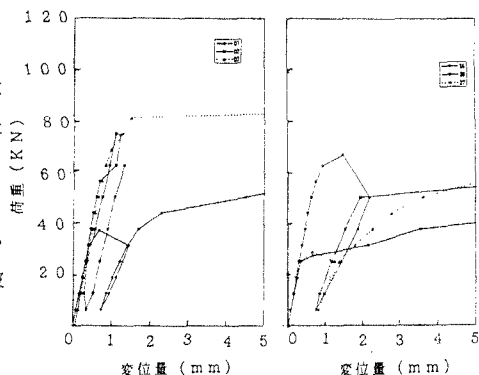


図-2 荷重-変位曲線

- | | |
|-------------|---------------|
| 01 無補強供試管 | 25 無補強供試管 |
| 02 炭素繊維内面1層 | 26 アラミド繊維内面1層 |
| 03 炭素繊維内面2層 | 27 アラミド繊維外面1層 |