

V-474

連続繊維シートを用いたヒューム管の補強実験

○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 正会員 藤井 学

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、種々仕様により連続繊維シートを貼り付けたヒューム管の補強の効果を、既存の内面防食工法と比較検討した。

2. 実験概要

2. 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。

試験要因を表-1に、連続繊維及び連続繊維シートの特性を表-2に示す。使用した樹脂は、炭素繊維及びアラミド繊維シートの含浸接着用には、含浸性を考慮した耐酸タイプの常温硬化型エポキシ樹脂(サコートL-510)を用い、ガラス繊維には、上下水道用に使用しているエポキシ樹脂(サコートL-270)を用いて含浸積層した。樹脂モルタルについては、下水道事業団の防食指針案で規定されているセラミックウダー入りエポキシ樹脂(SRセラミックコート)を用いた(表-3)。

2. 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、荷重は管体には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。

3. 実験結果及び考察

3. 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

表-1 試験要因

記号	連続繊維シート	エポキシ樹脂	積層方法
C	炭素繊維シート	サコートL-510	内1層、内2層、外1層、外2層
A	アラミド繊維シート	サコートL-510	内1層、外1層
G	ガラス繊維クロス	サコートL-270	内1層、内2層
S	樹脂モルタル	SRセラミックコート	3mm、5mm

表-2 連続繊維及び連続繊維シートの特性

種類	比重	引張強度 (kN/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	目付量 (g/m ²)
炭素繊維	1.80	3.43	230	300
アラミド繊維	1.39	3.43	72.5	233
ガラス繊維	2.54	1.47	72.5	102*

*軸方向繊維量でクロスとしては203g/m²。

表-3 樹脂の特性

樹脂	比重	引張強度 (kN/mm ²)
L-510	1.1	0.25
L-270	1.3	0.17
SRセラミックコート	1.8	0.12

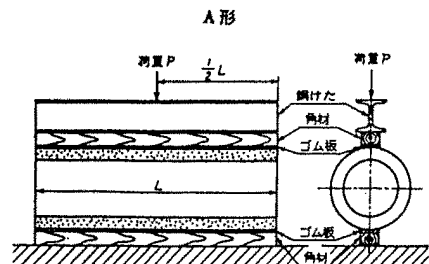


図-1 試験方法

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、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。ガラスクロス積層と樹脂モルタルでは、無補強管の1.5-1.8倍の荷重でひび割れ発生とほぼ同時にライニング塗膜にひび割れが発生する。

3. 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。ガラスクロスや樹脂モルタルを用いた工法でもひび割れ荷重において補強効果を示した。

3. 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。

4. 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) 既存の防食工法であるガラスクロス積層と樹脂モルタル工法でもひび割れ補強効果を示した。特に、繊維による補強を期待できない樹脂モルタル工法で期待以上の補強効果を示した。

表-4 連続繊維シート貼り付けによる補強効果

繊維	貼り付け部位	積層回数	補 強 効 果 (補強管/無補強管)			
			ひび割れ荷重		破壊荷重	
炭素	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
アラミド	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
アラミド	内面	1層	2.5	効果有り	1.2	効果無し
		外面	1.1	効果無し	2.1	効果有り
ガラス繊維	内面	1層	1.5	効果有り	0.9	効果無し
		2層	1.5	効果有り	0.9	効果無し
樹脂モルタル	内面	3mm	1.8	効果有り	1.3	効果無し
		5mm	1.8	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としたときの倍率で表した値

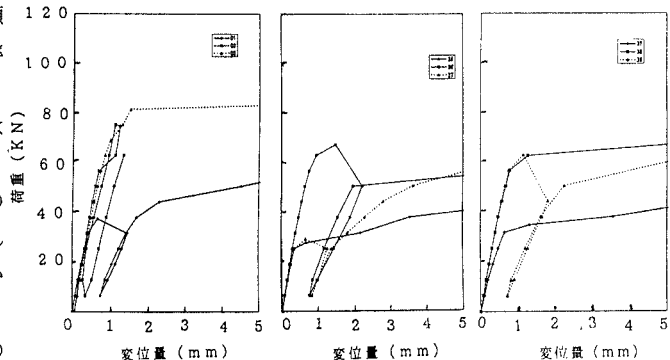


図-2 荷重-変位曲線