

廃棄物を充填した薄肉鋼管の曲げ強度特性について

佐賀大学理工学部 学○浦崎竜也 正 鬼塚克忠
日本建設技術(株) 正 原 裕 正 横尾磨美

1. はじめに

我が国では、従来、斜面の安定化対策としてロックボルトやグラウンドアンカーを受圧構造物と併用して抑止する工法が多く用いられてきた。これらの工法は当初、防錆に対する検討がなされていなかったため腐食による事故が危惧されていた。そのため、地盤工学会において「永久アンカーは二重防錆によることを原則とする。」とされた。そこで、著者らはロックボルト工法における防錆を目的としてステンレス製の薄肉鋼管を用いることをこれまで提案してきた。

一方、大量生産、大量消費、大量廃棄型の経済社会活動の背景に、5,110 万 t の一般廃棄物や約 40,500 万 t の産業廃棄物が排出されている現状がある¹⁾。今後も、廃棄物の増大や多様化および最終処分場の残余容量不足といった問題が懸念される。このことから、廃棄物の再利用を目的とし、薄肉鋼管により二重防錆されたロックボルト用鋼棒の代替品として表-1 に示す廃棄物を利用した。今回は、その強度について薄肉鋼管有りとし、その強度特性について報告する。

2. 試験方法

(1)試験体作製

表-1 に示すように薄肉鋼管内に廃棄物を投入した後、セメントミルクを充填し、長さ 1 m の試験体を作製した。この時、フィルムパトローネを用いて試験体を作製する際には、薄肉鋼管内にそのまま投入した。空缶は、径の小さい薄肉鋼管内に投入する場合には、缶が薄肉鋼管に入る大きさに圧縮して投入し、径の大きい薄肉鋼管内に投入する場合はセメントミルクが充填しやすいように缶の上下に穴をあけた。試験体は、28 日養生後、薄肉鋼管有りとし、その強度特性について報告する。

(2)試験方法

JIS A 1106 のコンクリートの曲げ強度試験では、一辺が 15 cm の正方形断面で長さが 53 cm 以上の試験体を用いることになっている。本研究では、ロックボルト材や杭材としての利用を提案しているため、断面形状による誤差を減らし、径の異なる材料強度を比較するために円形断面の試験体を用いることにした。試験体の長さは薄肉鋼管の外径に対して約 3 倍とした。

(3)計算方法

円形断面の試験体を用いた場合の曲げ強度式⁴⁾を導入する。曲げモーメントを M、断面二次モーメントを I、中立軸までの距離を y とすると、コンクリートの曲げ応力度 σ_c は、 $\sigma_c = M / I \times y$ … ① と表され、このとき、 $I = \pi \times D^4 / 64$ … ② $y = D / 2$ … ③ D : 薄肉鋼管の径である。

(a)試験体が、引張側表面のスパン方向の中心線の 3 等分点の間で破壊した場合、式①②③より $\sigma_c = 16 \times P \times L / (3 \times \pi \times D^3)$ … ④ P : 試験機の示す最大荷重 L : スパン

(b)試験体が引張側表面のスパン方向の中心線の 3 等分の外側で破壊し、かつ 3 等分点から破壊断面と中心線との交点までの距離がスパンの 5% 以内である場合、式①②③より

$$\sigma_c = 16 \times P \times a / (\pi \times D^3) \quad \dots ⑤$$

a : 破壊断面とこれに近い方の外側支点との距離を、引張側表面でスパンの方向に 2 箇所測ったものの平均値

表-1 薄肉鋼管と試験体作製の材料

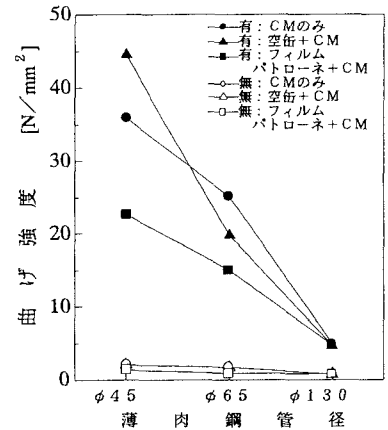
薄肉鋼管の材質	ステンレス(SUS304)		
薄肉鋼管の内径 (mm)	45	65	130
薄肉鋼管内材料	・フィルムパトローネ ・空缶 (スチール缶)		
セメントミルク	普通ポルトランドセメント 水セメント比 w/c = 45%		

3. 試験結果

式④⑤を用いて求めた曲げ強度の試験結果を表一2 と図一1 に示す。薄肉鋼管の有無による曲げ強度を比較すると、薄肉鋼管無しの場合よりも薄肉鋼管有りの場合が明らかに大きい。径が異なる試験体の強度を比較すると、径が大きくなるほど強度が小さくなる。材料別に見ると、フィルムパトローネについては薄肉鋼管有りと薄肉鋼管無しのφ130の試験体の強度はそれぞれ約4.7N/mm²と約0.8N/mm²であり、フィルムパトローネを混入しない場合の強度とほぼ同じである。しかし、薄肉鋼管無しのφ45とφ65の試験体の強度は約1.4N/mm²と約0.9N/mm²であり、セメントミルクのみの場合の強度の1/2～2/3程度である。さらに、薄肉鋼管有りのφ45とφ65の試験体の場合も、セメントミルクのみの試験体強度の1/2～2/3程度で、約22N/mm²と約15N/mm²という結果になった。空缶については、フィルムパトローネの場合と同様にφ130の試験体強度は薄肉鋼管有りと無しの両ケース共にセメントミルクと同等の曲げ強度値を示した。しかしながら、φ65の薄肉鋼管有りの試験体強度はセメントミルクのみの場合の4/5程度である約20N/mm²となった。逆に、φ45の薄肉鋼管有りの試験体の曲げ強度値はセメントミルクのみの試験体の曲げ強度値の約1.3倍である約44N/mm²を示した。

表一2 薄肉鋼管の有無による曲げ強度 (単位: N/mm²)

薄肉鋼管の有無 薄肉鋼管の内径 (mm) 薄肉鋼管内材料	有			無		
	45	65	130	45	65	130
セメントミルクのみ (CM)	35.99	25.14	4.93	2.08	1.73	0.74
空缶+CM	44.57	19.83	4.63	2.32	1.79	0.81
フィルム パトローネ+CM	22.66	14.96	4.72	1.37	0.90	0.80



図一1 薄肉鋼管の径の違いによる曲げ強度

4. まとめ

- 1) 薄肉鋼管有りの試験体の強度が薄肉鋼管無しの試験体強度よりも大きな曲げ強度値を示したのは、薄肉鋼管の拘束効果が大きいと考えられる。
- 2) 試験体の径が大きくなる程、曲げ強度は小さくなった。径がφ45やφ65のような小口径のロックボルト、杭材料として空缶を用いることは可能である。フィルムパトローネについては、地盤状況や上載荷重などの条件により利用することができる。一方、φ130のような径の大きなものは、廃棄物を薄肉鋼管内材料として有効利用できると考えられる。
- 3) フィルムパトローネに比べて空缶の場合が強度が大きいのは、空缶自体の強度が薄肉鋼管内部で強度増加に作用し、相乗効果が現れたものと思われる。フィルムパトローネの内部は、セメントミルクが充填されにくいために強度低下の原因になったと考えられる。
- 4) 載荷試験後の試験体の破壊ゾーンは、缶と缶、フィルムパトローネとフィルムパトローネの継ぎ目である。

参考文献： 1) 環境庁：平成11年版環境白書。

2) 横尾磨美・鬼塚克忠・原裕・行武靖二：従来のロックボルト工法と産業廃棄物を用いたロックボルト工法との比較，平成10年度土木学会西部支部研究発表会，pp780-781，1999。

3) 横尾磨美・鬼塚克忠・原裕・浦崎竜也：廃棄物を充填した薄肉鋼管の圧縮・引張強度特性について，平成11年度土木学会西部支部研究発表会，投稿中。

4) 大塚浩司・庄谷征美・外門正直・原忠勝：(第三版) 鉄筋コンクリート工学限界状態設計法へのアプローチ，技報堂出版，pp60-61，1997。