

I-A277 炭素繊維シートによる円形鋼管部材の補強

神戸大学工学部 正会員 西野孝仁
神戸大学工学部 三谷 勲

1. はじめに 既存構造物の耐震診断により耐震性に疑問が生じた場合には耐震補強が必要となる。またリニューアルによって構造物の長寿命化を図る場合にも荷重条件が変われば耐震補強が必要となる。既存構造物の耐震補強には経済性、施工性、耐候性に優れた補強材料を用いることが重要であり、これらの条件を満足させるための補強法としては炭素繊維、アラミド繊維などの新材料を用いた連続繊維シートによる補強が有効であると考えられる。コンクリート構造物を対象とした連続繊維シート補強法に関する研究は比較的多数あるが¹⁾、鋼構造物を対象とした研究は皆無に近い。

本研究は鋼構造物の連続繊維シート補強法に関する資料を得ることを目的に、まずその基礎的研究として鋼構造物の耐震性能を決定する主たる要因の一つである局部座屈の発生が炭素繊維シートを補強材として用いることによりどのように改善されるかを円形鋼管部材の短柱圧縮試験により明らかにしようとするものである。

2. 実験概要 試験体の形状・寸法を図1及び表1に示す。試験体は一般構造用円形鋼管(STK400)である。径厚比 D/t は 25、40、58 の 3 種類であり $D/t=58$ の試験体は管厚 t が 6.6mm の鋼管を切削加工することにより作製した。補強材である炭素繊維シートは繊維方向が一方方向である普通タイプの炭素繊維シートを用いた。補強は試験体全長に渡って施すものとし、シートにエポキシ樹脂を浸透させながら試験体の周方向に 3 層巻き付け、試験体全面に接着するボンド形式とした。シートの継手長は 50mm である。補強率は $(AcEc)/(AsEs)$ で定義する。 Ac と Ec は炭素繊維の断面積と弾性剛性、 As と Es は鋼管の周方向の断面積と弾性剛性である。メーカーカタログ値から算出した各試験体に対する補強率を表2に示す。ここに $Ec=2.3 \times 10^5$ Mpa、 $Es=2.06 \times 10^5$ MPa としている。また炭素繊維の破断ひずみは 1.5% である。

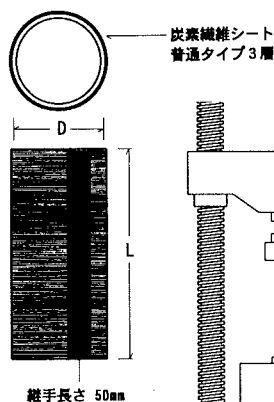


図1 円形鋼管試験体

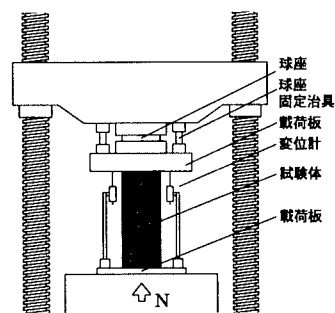


図2 荷重測定方法

表1 試験体概要

径厚比 D/t	直径 D (cm)	管厚 t (cm)	材長 L (cm)	周方向断面積 As (cm ²)	軸方向断面積 As' (cm ²)
25	16.5	0.660	45.0	29.7	32.9
40	16.4	0.408	45.0	18.4	20.6
58	15.7	0.272	45.0	12.2	13.1

表2 補強率

径厚比 D/t	シート層数	炭素繊維量 Ac (cm ²)	補強率 $(AcEc)/(AsEs)$	破断ひずみ ϵ_{cr} (%)
25	3	2.26	0.085	1.5
40	3	2.26	0.137	1.5
58	3	2.26	0.207	1.5

荷重は図2に示す 2000kN 圧縮試験機による単軸圧縮試験であり、試験体の軸方向変形量を変位計を用い、検長 450mm で測定した。また軸方向ひずみ及び周方向ひずみをひずみゲージにより測定した。

3. 実験結果 軸方向耐力 N と軸方向変形 δ の関係を図3に示す。短破線は無補強試験体、実線は補強試験体の場合を示しており、三角印は最大耐力点

キーワード：補強、炭素繊維シート、円形鋼管部材、短柱圧縮試験

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-881-1212 (6051) FAX 078-803-1424

である。また点線は補強材が負担すると考えられる軸方向耐力であり、0.2%オフセット時の無補強試験体の耐力と補強試験体の耐力の差から求めた。長破線はこの耐力を無補強試験体の耐力に加算した場合の耐力である。炭素繊維シートの圧縮剛性は負担軸方向耐力より求めると $1.5 \times 10^4 \text{MPa}$ となる。補強することにより最大耐力は無補強の場合に比べて増大するが、これは炭素繊維シートの軸方向の圧縮抵抗によるところが大きいと考えられる。最大耐力時の変形量は $D/t=25$ 、 $AcEc/AsEs=0.085$ の場合を除き無補強の場合に比べ増大する。 $D/t=40$ 、 $AcEc/AsEs=0.137$ の場合には 1.5 倍、 $D/t=58$ 、 $AcEc/AsEs=0.207$ の場合には 3 倍に増大し、 $D/t=25$ の無補強試験体の最大耐力時の変形量にほぼ等しくなる。最大耐力の決定要因は $D/t=25$ 、 $AcEc/AsEs=0.085$ の場合と $D/t=40$ 、 $AcEc/AsEs=0.137$ の場合にはシートの引張破壊であるが、 $D/t=58$ 、 $AcEc/AsEs=0.207$ の場合はシートの圧壊であった。無補強の場合及び $D/t=25$ 、 $AcEc/AsEs=0.085$ の場合と $D/t=40$ 、 $AcEc/AsEs=0.137$ の場合には鋼管壁が外側へはらみ出す形の局部変形が生じたが、 $D/t=58$ 、 $AcEc/AsEs=0.207$ の場合には鋼管内側に局部変形が生じた。炭素繊維シートの破壊点近傍における最大耐力時の周方向ひずみは $D/t=25$ 、 $AcEc/AsEs=0.085$ の場合と $D/t=40$ 、 $AcEc/AsEs=0.137$ の場合には約 1%、 $D/t=58$ 、 $AcEc/AsEs=0.207$ の場合には約 0.5%であった。したがって $D/t=58$ 、 $AcEc/AsEs=0.207$ の場合には炭素繊維シートに軸方向力を負担させない補強形式を採用することによって最大耐力時の変形量をさらに増大させることが可能であると考えられる。炭素繊維シートの破壊は $D/t=40$ 、 $AcEc/AsEs=0.137$ の場合のみが重ね継手部以外で生じており、また何れの試験体とも全層が同時に破壊することはなかった。

4. 結論 円形鋼管部材の軸圧縮挙動に対する炭素繊維シートの補強効果を明らかにするため短柱圧縮試験を行い、以下の結論を得た。

- 1) 炭素繊維シート補強は一軸圧縮を受ける円形鋼管部材の局部座屈発生を抑制し、最大耐力時の変形量を増大させることが可能である。
- 2) 径厚比が 40 で補強比が 0.137 の場合及び径厚比が 58 で補強比が 0.207 の場合の最大耐力時の軸方向

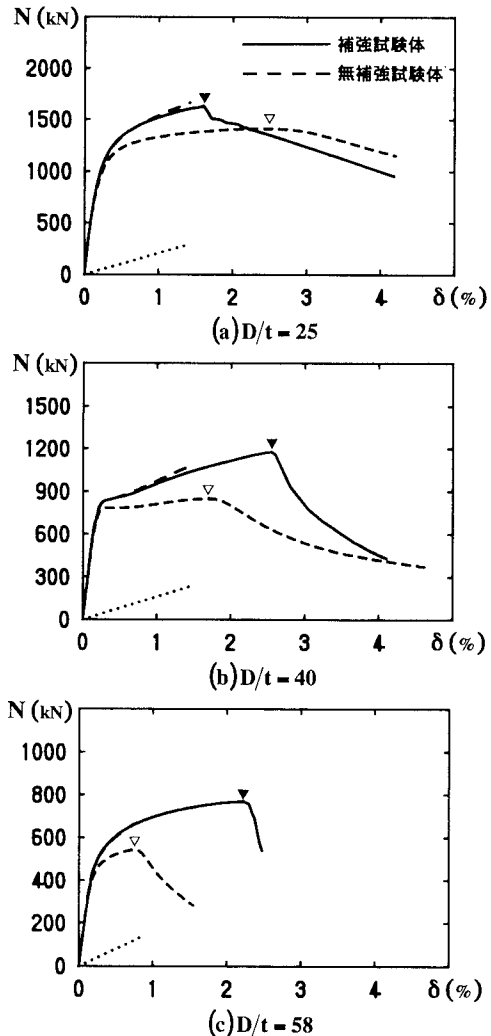


図3 軸方向耐力-軸方向変形関係

変形量は径厚比が 25 で無補強の場合にほぼ等しくなる。

謝辞 炭素繊維等の補強材関連資材及び資料は三菱化学（株）より御提供頂いた。また試験体の製作には三菱化学（株）の長谷川幸英氏と神戸大学工学部工作技術センターの義澤康男技術官に御協力頂くとともに、実験には当時神戸大学4年生の三重野真由君に御協力頂いた。併せて厚く御礼申し上げます。

参考文献 1) 例えば、中塚、小牟禮建一、田垣欣也：炭素繊維シートを用いたコンファインドコンクリートの軸応力度-軸ひずみ度特性：コンクリート工学論文集、第9巻第2号、pp.65~78、1998年7月