

炭素繊維シートの活用による透明圧力筒の製作

関西電力(株)総合技術研究所 会員 藤田修一^{※1}
 (株)ニチゾウテック 会員 船越 亘^{※2}

1. はじめに

炭素繊維は高強度、軽量で腐食抵抗性が高く、建設分野においても鉄筋、P C鋼材に替わる既設鉄筋コンクリート構造物の引張・せん断補強材として活用され、阪神大震災の復旧工事でもその利用が報告されている。我々は、土質試験機の1つである大型三軸圧縮試験機の圧力筒の透明化を図るため、炭素繊維で補強したアクリル管の利用を考え、試作、試験を行った。

本論文は、試作した圧力筒の概要とともに、耐圧試験結果に基づくアクリル材に対する炭素繊維の補強効果について報告するものである。

2. 試作機の概要

大型三軸圧縮試験機は、フィルダム築堤材料の強度試験を主目的に設置されており、圧力筒の最大作用内圧は 20kgf/cm^2 である。従来この圧力筒はステンレスで製作されており、その一部に設けられた透明孔からの観察は限られたものであった。試作した圧力筒の概要を図-1に示す。筒体は高さ1300mm、厚さ20mmで、内径700mmの半割りアクリル管を突き合わせることで製作した。継手部は内面に厚さ5mm、幅200mmのEPDMゴムを接着したのみである。炭素繊維は未補強幅60mmを設け（ここから供試体を観察する）、市販のシート状に加工したものを12層重ね、幅30mmで円周状に設置した。本構造では設計内圧 25kgf/cm^2 に対し、アクリル材と炭素繊維が共同して負担するが、炭素繊維間アクリル材の軸方向局部破壊も考慮する必要があると考えられる。炭素繊維シート（以下、シートと略す。）およびアクリル材の材料諸元を表-1に示す。

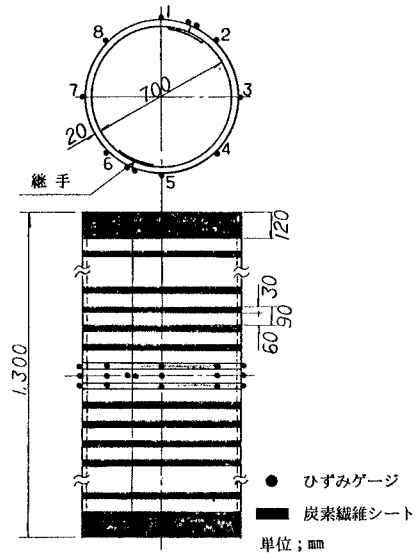


図-1 試作圧力筒の概要と計測計画

3. 耐圧試験

本圧力筒試作後、充水耐圧試験を実施した。計測項目はひずみゲージによる内圧毎の発生ひずみ量で、計測点は図-1に示したように圧力筒中心部におけるシート上の円周方向ひずみ量（2断面）および未補強部アクリル材の円周・軸方向ひずみ量（1断面）で、継手部近傍両側の4点と、等間隔に配分した8点の計12点とした。作用内圧 26kgf/cm^2 時の各ひずみ量計測結果を表-2に示す。

表-1 シート・アクリル材の材料諸元

材料諸元	シート	アクリル
引張強さ (kgf/cm^2)	35,500	740
曲げ強さ (kgf/cm^2)	—	1,100
せん断強さ (kgf/cm^2)	—	630
弾性係数 (kgf/cm^2)	2.35×10^6	3.3×10^4
伸び (%)	1.5	4.0
1層当たり厚さ(mm)	0.165	—

炭素繊維、炭素繊維シート、アクリル、補強、三軸圧縮試験機

※1 〒661 尼崎市若王子3丁目11-20 TEL 06-494-9818 FAX 06-498-7662

※2 〒551 大阪市大正区鶴町2丁目15-26 TEL 06-555-7055 FAX 06-555-7062

表-2 12層補強時ひずみ量計測結果 (単位； μ)

条 件	計測ポイント	1	2	3	4	5	6	7	8	AV.
アクリル	円周方向	4165	4516	4376	4182	4254	4259	4352	3891	4250
	軸 方 向	847	731	651	725	919	834	710	708	766
シ ー ト	上 段	5022	3318	3492	3225	4192	4192	2975	4457	3859
	下 段	4098	2758	2347	2634	3750	2975	5657	3741	3495

ここで、アクリル材の円周方向ひずみ量は、3891～4516 μ で対応する応力が約150kgf/cm²となり、引張強さに対する安全率は5である。軸方向ひずみ量についても問題となるような大きなひずみ量は計測されていない。またシート材の円周方向ひずみ量は、2347～5657 μ で対応する応力は約13,300kgf/cm²で安全率は2.7である。発生ひずみ量のばらつきは、シート接着時の炭素繊維の偏り等若干の不均一性に起因するものと思われる。また、表-2では継手部近傍における発生ひずみ量の計測結果を省略したが、当該点における計測値はアクリル材料が継手部で開放されているため、極めて小さな値を示した。

4. 炭素繊維の補強効果

前記耐圧試験時に作用内圧2.0kgf/cm²増加毎に各ひずみ量計測を実施した。また、シートによる補強実施前のアクリル管単体(この場合はアクリル材継手部の補強のみ実施した)による計測も実施した。そのアクリル部における結果を図-2に示す。ここでアクリル管単体の場合は、可能な加圧範囲として内圧4kgf/cm²以下とした。計測結果より、シート補強効果について以下のことがわかる。

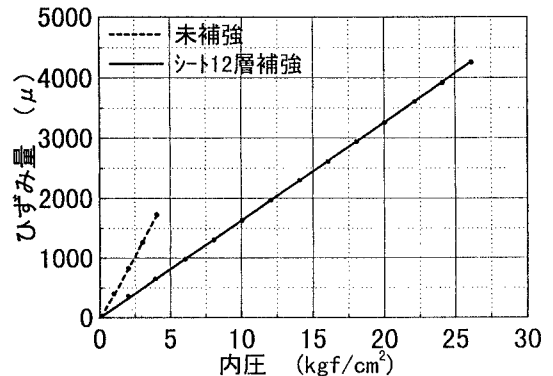


図-2 内圧～アクリル材の円周方向ひずみ量

①.シートの内圧分担率を、{(補強によるひずみ軽減量)/(未補強管の発生ひずみ量)}と定義すると、内圧4kgf/cm²時における未補強管の円周方向ひずみ量は

1719 μ で、補強管のアクリル材の円周方向ひずみ量は652 μ であり、内圧分担率は0.621となる。

②.円周方向ひずみ量の $\pi/3$ 比に対応した軸方向ひずみ量(4250 $\times$ 0.3(ν)=1275 μ)と実測軸方向ひずみ量(766 μ)の和が、シート部を固定端とした梁構造を想定した場合のアクリル材梁に作用する曲げひずみ量と考えると、未補強部アクリル材の軸方向変形量は約0.045mmと極めて小さな変形量と推定され、シート未補強部の存在は補強効果にあまり影響しないと思われる。

③.②の結果より、アクリル材とシートの弾性係数の違いを考慮した等価板厚を考えたシートの内圧分担率は0.674で、①の実測値はこの92%を示しており、ほぼ同様であると判断できる。

また、本圧力筒についてはアクリル材の経年変化が問題になると思われ、製作1年後に同様の耐圧試験を実施した。計測結果は作用内圧10kgf/cm²でひずみ計測値が3%増加した。実験時の環境によるアクリル材表面温度の変化(製作時31.1℃→1年後9.6℃)による弾性係数の変化を考慮すると7～8%大きくなっていると考えられる。ここでアクリル材の弾性係数の経年変化のデータから、製作1年後の変化を想定すると7～8%のひずみ量の増加が考えられ、当初予想した劣化範囲内であり、推定では10年以上の供用期間を有している。

5. おわりに

報告した試験結果により、炭素繊維をアクリル材の補強材として活用した、大型三軸圧縮試験機の圧力筒は供用に堪えるものと判断でき、実用に供している。利用者の意見として、実験供試体の破壊性状がはっきり観察できることは、実験データの解釈等に当たり有効なようである。炭素繊維シートの有効利用の一例として参考になれば幸いである。