

## [7] GRCの引張試験における載荷方法と試験体寸法

- 正会員 ○ 平居孝之 (大分大学工学部)  
 正会員 友沢史紀 (建設省建築研究所第2研究部)  
 正会員 秋浜繁幸 (鹿島建設技術研究所建築部)  
 石井義朗 (日本板硝子GRC部)

### 1 はじめに

GRCは耐アルカリガラス繊維とセメントまたはセメントモルタルから成る新しい複合材料であり、耐アルカリガラス繊維でセメントマトリックスを効率良く補強することにより、従来のセメント系材料にないすぐれた性質を有している。GRC製品は建築土木の分野で発展が期待されており、高強度でかつ不燃性であることから、内外装材料としてすでに実用化されている。GRC製品を利用するにおいて、設計資料の提供と品質管理を行う必要があり、このため、GRCの諸物性を調べるための標準的な試験方法の作成が望まれている。

ここでは、GRCの引張試験をとりあげ、標準的な試験方法として採用するための載荷方法と試験体寸法について研究を行う。

### 2 GRCの引張性状

GRCの引張性状はこれまでに試験結果が多数報告されている。測定方法の差、試験体寸法の差、GRC試験体の成分構成の違いのため報告されている試験結果は相違する点が多く見られるが、それらを総括すると、適切な方法で成形され、耐アルカリガラス繊維が有効に働いてセメントマトリックスを補強しているようなGRCすなわち現在市販実用化されているGRCについて、次の点は引張性状の基本事項として認められる。

- 初期の線形弾性 載荷初期において引張応力と引張歪度の関係は線形弾性を示す。
- 引張比例限界 セメントマトリックスにクラックが発生すると、引張応力と引張歪度の関係は線形からずれはじめる。線形からずれはじめる点を引張比例限界(BOPとも表す。Bend Over Pointの略)と呼ぶ。
- 終局引張強度 比例限界をこえた後、引張応力の増加に対する引張歪度の増加の割合が大きくなりながら、引張応力は最大値に達する。引張応力の最大値を終局引張強度(UTSとも表す、Ultimate Tensile Strengthの略)と呼ぶ。

図1はGRCの引張性状を説明しており、Aで示される部分が初期の線形弾性を、Bの点が引張比例限界を、Cの点が終局引張強度を表している。終局引張強度に達した後は引張応力が低下する。引張歪度は測定方法の違いにより差が生じ、特に終局引張強度に達した後の引張歪度は、測定方法によって大きく異なる。

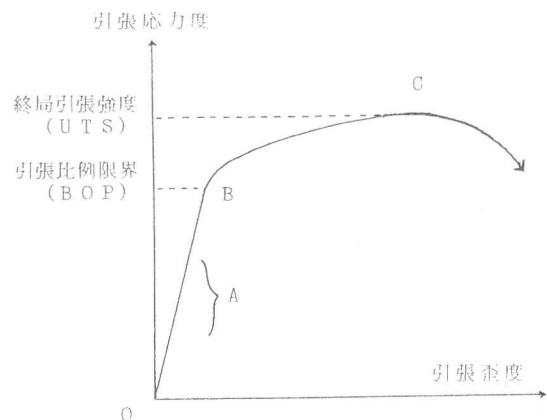


図 1 GRCの引張性状

### 3 荷荷方法と試験体寸法の検討

#### 3-1 選択基準

GRCの引張試験では、前述のGRCの引張性状の指標である初期の線形弾性、引張比例限界、終局引張強度が試験項目になり、引張荷重された試験体に生じる引張応力度と引張歪度を測定することになるが、この場合荷荷方法と試験体の寸法を選択するにおいて次の4点が基準になる。

- 1) GRC製品の標準的な形状の試験体であること
- 2) 測定の対象となる部分は一様断面であること
- 3) 測定の対象となる部分で破断すること
- 4) 測定の対象となる部分が荷荷のための応力伝達の影響を受けないこと

#### 3-2 従来の引張試験

GRCおよび類似の材料の引張試験でこれまで用いられてきた荷荷方法と試験体形状は、大きく分けて、板状または柱状試験体の長さ方向の両端で接着または摩擦により引張荷重を加える、中央部にくびれを付けた柱状試験体の両端をつかんで機械的に引張荷重を加える、円柱試験体の側面に圧縮荷重を加えるの3種類である。GRC製品は種々の寸法形状をしているが、その標準試験方法を考えるにおいては、試験体の形状を代表的なものに統一し、素材としてのGRCを対象にすることになる。従って代表的な形状のものとして板状試験体を用いることになる。

表1は、GRCおよび類似の材料の板状試験体を用いた引張試験の概要である。試験体の両端をチャックで固定し、摩擦によるかあるいは機械的に荷荷するものも多く、またボルトを介して荷荷する方法も試みられている。いずれの場合も荷重伝達部分となる試験体の端部において、補強材を接着するか巾を中央部より大きくするなどの方法で補強し、長さ方向の中間に位置する断面の一様な測定部で最終的な破断が起こるよう計画されている。

表 1 GRCおよび類似材料の板状試験体による引張試験

材料	試験体		荷荷方法	試験項目 <sup>*</sup>	備考
	形状	寸法の一列 mm			
GRC	一様断面	150, 25, 10	チャック摩擦	UTS	文献1)
SFRC		450, 100, 16	ボルト機械的	UTS, Et	文献2)
PFRC		300, 50, 6	チャック摩擦	UTS, BOP	文献3)
木材	中央くびれ	390, 20, 5	チャック摩擦 (一部チャック機械的)	UTS, BOP, Et	JISZ2112
金属		400, 50, 9		UTS, (BOP)	JISZ2201, Z2241
プラスチック		120, 25, 2		UTS, BOP	JISK6911, K6745, K7113

\* UTS: 終局引張強度 BOP: 引張比例限界 Et: 引張ヤング係数

#### 3-3 試験体の形状の予備試験

GRCの試験体は、作成上の理由から厚さが1cm程度の板状試験体が標準的なものとして考えられ、測定の対象となる部分の幅は、平面的な等方性を考慮して耐アルカリガラス繊維の長さと同程度以上であることが望ましく4cm前後必要である。

図2は、試験体の形状を検討するために行った予備試験の結果の一部を示したもの

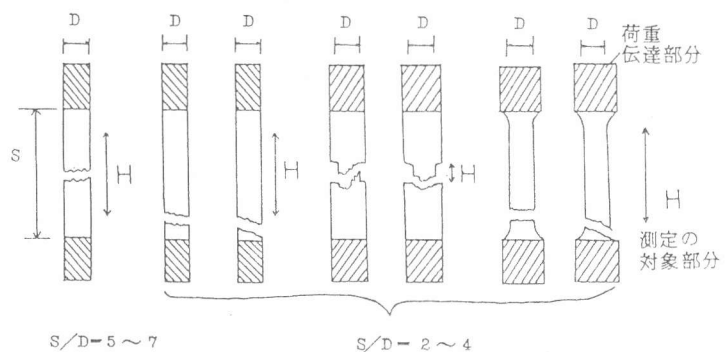


図 2 予備試験

である。中央にくびれを付けた試験体を用いても、これまで報告されているような、荷重伝達部分の間隔  $S$ （これをスパンと呼ぶ）が試験体の巾  $D$  の 2 ～ 4 倍である試験方法では、測定の対象となる部分で破断する試験体が少ない。これに対して、短冊状の一様断面の試験体であっても巾  $D$  に比べてスパン  $S$  の大きい場合は、測定の対象となる中央部で破断することが多い。従って、試験体を測定の対象となる中央部で破断するためには、中央部にくびれを付けるより、巾  $D$  に比べてスパン  $S$  を大きくすることが重要である。このことから試験体の形状は、厚さが 1 cm 巾が 4 cm 程度の一様断面の板状が前提になり、スパンの値の決め方が問題となる。

### 3-4 荷重方法の試験

一様断面の板状試験体を用いる場合の荷重伝達方法として図 3 に示すイ～ホの 5 種類が考えられる。これらについて、スパンと巾の比を変えた試験体の引張試験を行い、破断位置と試験体のスパン巾比の関係を調べると、図 4 になる。試験体の端部を補強せずにそのままチャックではさむ方法は、図 4 の × 印で示されるように端部で破断する試験体が多く、荷重方法として適当でない。ゴムシートを挿入して締め付ける方法は、試験の準備に手間を要し、また荷重時にゴムシートがすべるので、標準的な荷重方法として採用することは無理である。合板または鋼板を接着しボルトを介して荷重する合板接着法と鋼板接着法、アルミ板を接着して補強した端部をチャックではさみ摩擦により荷重するアルミ板接着法の 3 種類は、スパンを長くすることにより測定の対象となる試験体の中央付近で破断が生じており、適切な荷重方法と考えられる。標準的な方法という観点からは、剛性が大きい鋼板あるいはアルミ板を利用する方法が望ましい。合板接着法は、

材料の入手と加工が容易であり、鋼板あるいはアルミ板が利用出来ないときの補助的な荷重方法として使える。

- 標準荷重方法 { 鋼板接着法
- { アルミ板接着法
- 補助的荷重方法 合板接着法

### 3-5 試験体寸法の試験

荷重された試験体は、均一な応力の条件で試験されているのではなく、荷重伝達のため鋼板、アルミ板、合板の接着された端部で応力分布にみだれが生じる。図 5 は、端部における応力のみだれを解析した結果を示したもので、補強板を接合した端部から試験体の巾  $D$  と同じだけ離れると応力のみだれは 1% 以内になっている。巾と同じだけ離れば応力の分布状態が均一になると考えてよいことは、

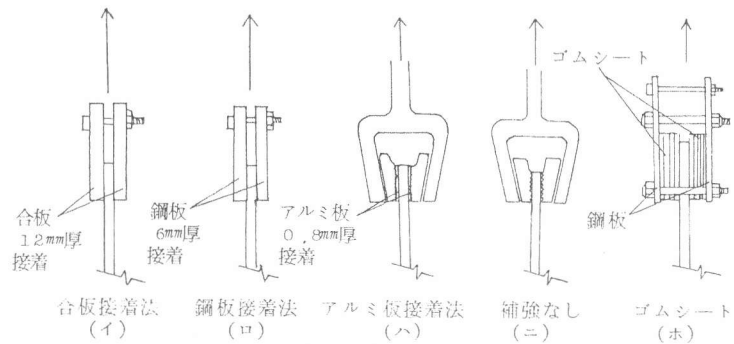


図 3 荷重方法

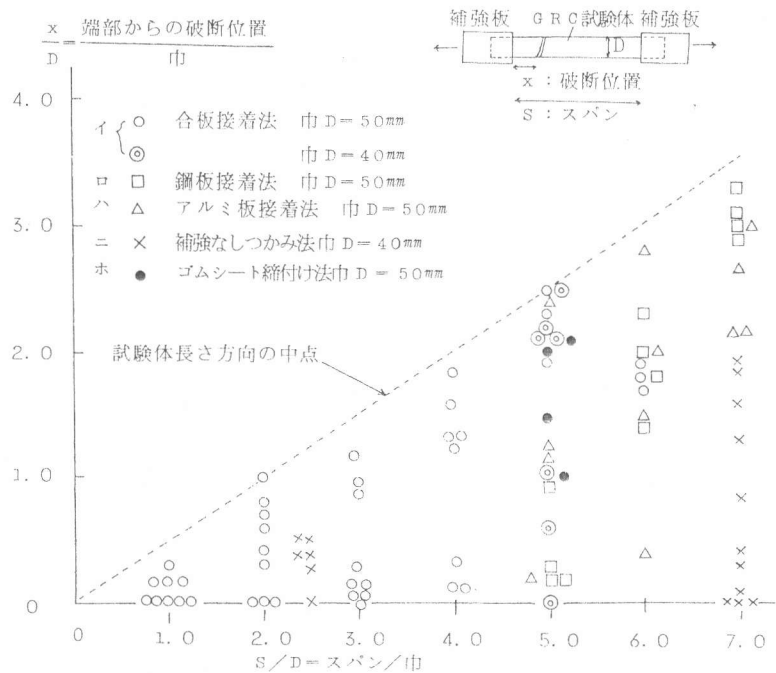


図 4 破断位置とスパン巾比

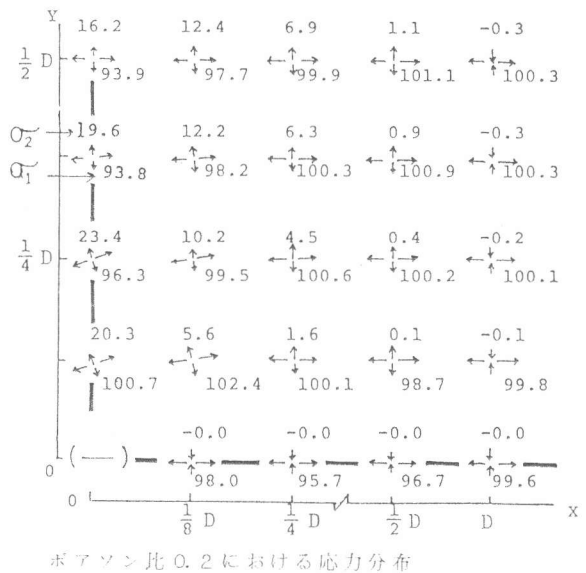
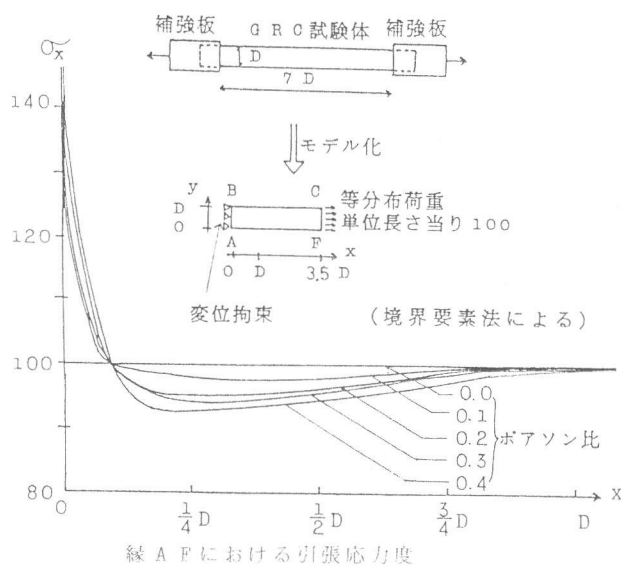


図 5 端部における応力のみだれ

4) サンプソンの定理からも裏付けられる。従って破断位置が補強板の接着部より試験体の巾以上離れている場合に、試験結果として採用するのが合理的であり、また測定の対象となる部分もこの位置に設定することが望まれる。

鋼板接着法、アルミ板接着法、合板接着法において、図4のように、スパンSが巾Dの6~7倍の試験体の場合は、破断位置が補強板の接着部より試験体の巾以上離れている。これに対して、スパンSが巾Dの5倍以下の試験体の場合は、補強板の接着部の近くで破断するものが多くなる。以上のことから、試験体の長さは、巾の7倍をスパンとし両端で補強板を接着する長さを加えた値が適切と考えられ、試験機のクロスヘッドの間隔等を考慮すると、GRC引張試験の標準試験体として図6の寸法が結論される。

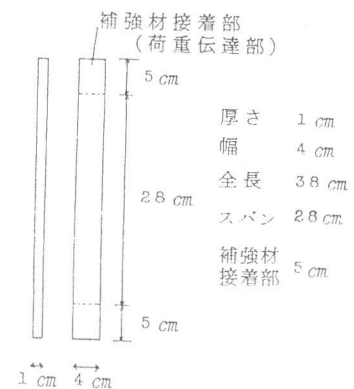


図 6 試験体標準寸法

#### 4 むすび

GRCの引張試験において、測定の対象となる試験体中央部分で試験体を破断させるには、従来の試験方法のように巾に対するスパンの比が小さい試験体ではなく、巾に対してスパンの大きい試験体を用いることが必要である。標準試験体は長さ38cm 巾4cm 厚さ1cmの一様断面で、両端において各々長さ5cmを荷重伝達部分とすることが適切である。荷重伝達部分の影響による応力分布の乱れは、試験体の巾以上荷重伝達部分から離れるときわめて小さくなる。

謝辞) 本研究は、社団法人建築研究振興協会GRC研究委員会において昭和57年に行われたものである。委員会は、岸谷考一(委員長, 東大) 菅原進一(東大) 福島敏夫(建研) 三島清敬(旭硝子) 中西正俊(清水建設) 勝畑安雄(竹中工務店) 一家権俊(小野田セメント) 中野昌之(小野田セメント) 渡辺邦孝(日本セメント) 富沢彬(旭硝子) および講演者と連名者で構成されている。尽力いただいた委員会の各氏に感謝の意を表します。

文献 1) F.J.Grimer, M, A, Ali, Mag, of Concrete Research, Vo. 21, NO 66, 1969, PP23-30, 2) B.R, Walkus, A. Jannszkiewicz, J. Jeruzal, J, of. ACI, 10, 1979, PP1079-1092 3) 大岸佐吉, 棚橋勇, 小野博宣, セメント技術年報 35 1981, PP514-517 4) S.P. Timoshenko, J.N. Goodier, Theory of Elasticity, 3rd. Ed, P39, McGraw-Hill.