

プレストレストコンクリート用 FRP 緊張材の特性 (5)

——引張強度と試験本数——

Properties of Fiber Reinforced Plastic Rods for Prestressing Tendons of Concrete (5)

——Tensile Strength and Number of Specimen——

魚本健人*・西村次男*・ホッサム ホドホド*

Taketo UOMOTO, Tsugio NISHIMURA and Hosam HODHOD

1. ま え が き

この数年来、コンクリート構造物の補強材として、従来の鋼材の代わりに高強度で耐食性に優れ軽量であり非磁性体といった特徴を有する FRP ロッドの研究開発が活発に進められている。すでに、著者らは各種 FRP ロッド (繊維混入率 $V_f=66\%$) の引張強度特性、繊維と FRP ロッドとの関係、応力—ひずみ曲線ならびにモンテカルロ法を用いた CFRP ロッドの理論強度の推定については前報で報告している^{1)~4)}。

FRP ロッドを鉄筋コンクリート構造物の鉄筋やプレストレストコンクリート (PC) 構造物の緊張材の代替品として利用するためには、FRP ロッドの物理特性を評価し、その試験結果を設計等に反映することが大切である。FRP ロッドの重要な特性である引張強度は、簡単に試験によって求めることができるようにすることが重要で、その際、実際に使用する定着具をも含めた引張強度とバラツキを明らかにすることが実用上大切である。この場合に大切なのは、引張試験を実施する際にその試験本数と得られる強度との関係を明らかにすることであり、その結果から引張試験を実施する場合の試験条件を定めることができる。しかし、FRP ロッドの引張強度と試験本数との関係についての報告は見あたらない。

そこで本研究は、FRP ロッドとして、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維を用いた一方強化プラスチックロッド (それぞれ AFRP ロッド、GFRP ロッド、CFRP ロッドと略記する) を取り上げ、それぞれ繊維混入率が 45%、55% および 66% の試験片をおおの 100 本ずつ引張試験を実施し、引張強度とバラツキ、試験本数と得られる強度との関係、また標準的な引張試験を実施する場合の所要試験本数について検討した結果をとりまとめたものである。

2. 実験概要

実験に用いた FRP ロッドの補強繊維は、アラミド繊維、ガラス繊維、カーボン繊維の 3 種類とし繊維混入率は 45%、55% および 66% とした。いずれの FRP ロッドも直径 6 mm の丸棒状で、一方向に強化されたものでマトリックスはビニルエステル樹脂である。

FRP ロッドの静的引張試験は、各種ロッドについてそれぞれ 100 本ずつ実施した。試験片の長さは、いずれの FRP ロッドも 40 cm とし、試験機は 10 ton オートグラフ (変位制御型) を使い、載荷速度を 5 mm/min とした。なお FRP ロッドの載荷試験は、小林らが開発した 2 つ割りチャック⁵⁾ を用いて実施した。

3. 実験結果と考察

3.1 静的引張強度とバラツキ

図-1 (a~c) は、各種 FRP ロッドの繊維混入率 45%~66% と変化させた時の引張強度と破壊確率との関係を示したものである。これらの結果より (a) の AFRP ロッドでは、バラツキの違いは多少あるものの、繊維混入率が増加すると、引張強度はほぼ繊維混入率に比例して増大している。また (b) の GFRP ロッドは、繊維混入率が 45% および 55% の場合には AFRP ロッドと同様な傾向となっているが、繊維混入率が 66% の場合には引張強度の増大があまり認められない。しかし (c) の CFRP ロッドでは、AFRP ロッドおよび GFRP ロッドの傾向とは明らかに異なり、バラツキも大きく繊維混入率を増しても引張強度の増大にはあまり寄与していない。

図-2 (a~c) は、図-1 の各種 FRP ロッドの引張強度をそれぞれの繊維混入率で割った値、すなわち繊維自身が受け持つ繊維引張強度と破壊確率との関係を示したものである。この図より (a) の AFRP ロッドでは繊維混入率に関係なく繊維引張強度はいずれの繊維混入率でも約 308 kg/mm² となった。 (b) の GFRP ロッドでは繊維混入率が 45% および 55% ではほぼ同じ繊維引張強度とな

*東京大学生産技術研究所 第 5 部

研 究 速 報

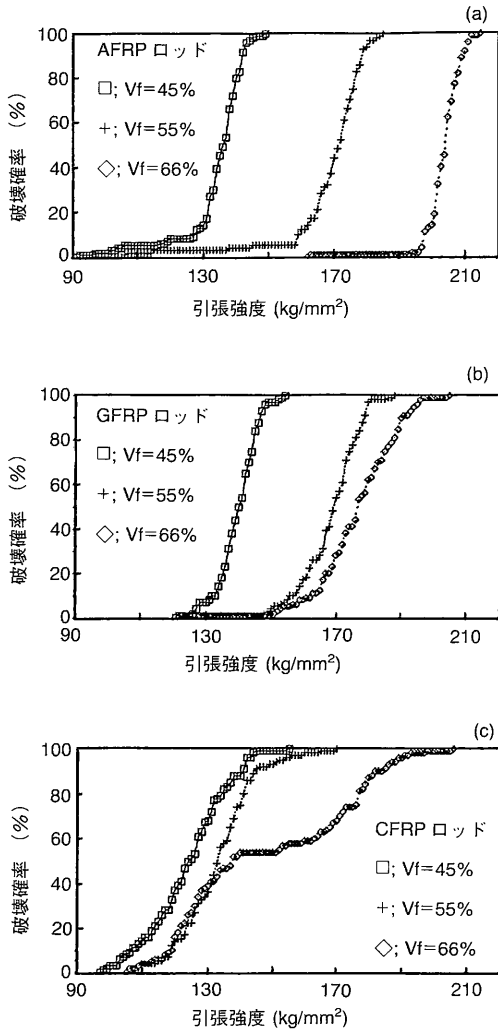


図-1 各種 FRP ロッドの引張強度と破壊確率

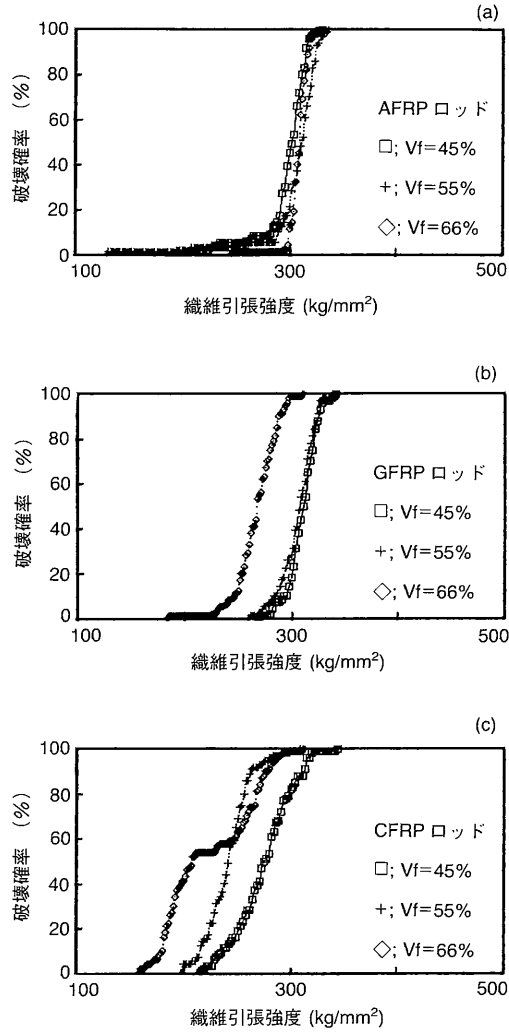


図-2 各種 FRP ロッドの繊維引張強度と破壊確率

るが、繊維混入率が66%になると繊維強度は約270kg/mm²に低下する。この結果より、GFRP ロッドでは繊維の限界混入率が存在するのではないかと考えられる。一方、(c)の CFRP ロッドでは、AFRP および GFRP ロッドとは異なり、繊維混入率45%で275kg/mm²、55%で242kg/mm²、66%で213kg/mm²となり繊維混入率の少ないものほど繊維引張強度は高くなっている。この原因として考えられるのは CFRP ロッドは、AFRP ロッドおよび GFRP ロッドと異なり伸びが少ないため定着具の局部応力の影響を受けやすく本来の繊維強度が十分に発揮されなかったものと考えられる。

3.2 引張強度と試験本数

図-3 は、上記の各種 FRP ロッド100本の引張試験結果を基に、試験片本数 (n) を3本から90本までランダムにおのおの100回選び出し、各平均強度を求め、その最大値と最小値を100本で実施した平均強度との比を示した図である。この図から明らかなように、繊維混入率によって多少の違いはあるが、同じ試験片本数で100本の平均強度に最も近いものは GFRP ロッドであり、CFRP ロッドが最もバラツキが大きい。たとえば同じ試験片本数10本であっても、100本の平均強度に対し AFRP ロッドでは約±5%~9%、GFRP ロッドでは約±2%~3%、CFRP ロッドでは約±17%~12%の範囲に平均強度が分布することになる。

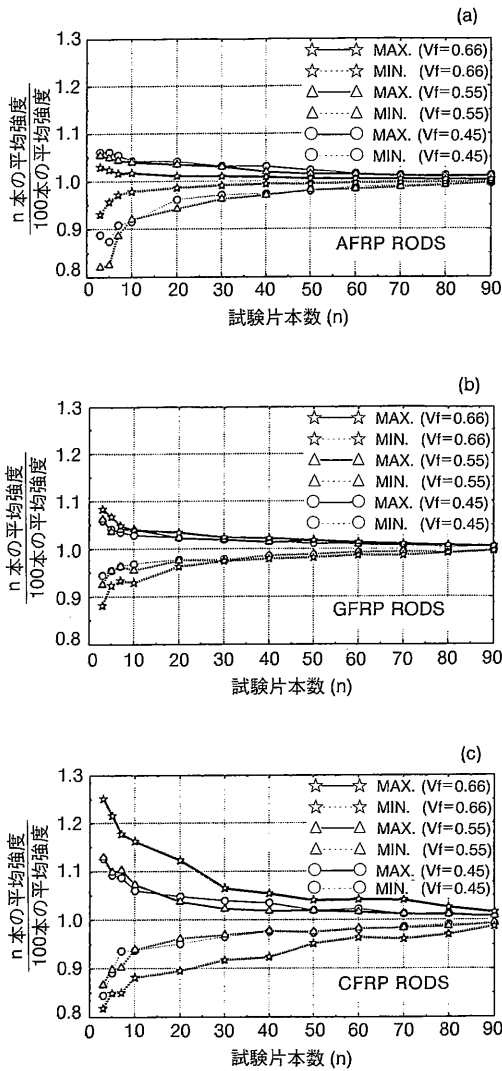


図-3 平均強度比と試験片本数の関係

これらの結果より、本研究で実施した繊維混入率45%～66%の範囲では、得られる平均強度の範囲が100本で行った場合の±10%以内になるように試験本数を設定するならば、AFRP ロッドでは試験本数を10本以上、GFRP ロッドでは5本以上、CFRP ロッドでは30本以上必要となることが明らかとなった。なお、土木学会の「連続繊維補強材の引張試験方法 (試案)」⁶⁾では「試験

片の本数を5本以上」としているが、本研究の結果を考慮すると試験本数5本ではAFRPロッド、GFRPロッド、CFRPロッドのいずれの場合にも、得られた試験結果の平均値は100本で行った場合と10%以上の誤差を生じる可能性が高く、より多くの試験を実施しなければその強度を評価するためには不十分であるといえよう。

4. ま と め

本研究で得られたことをまとめると次の通りとなる。

- ① AFRP および GFRP ロッド (V_f=66%を除き) では、繊維混入率を増すことにより引張強度はほぼ繊維混入率に比例して増大する。しかし、CFRP ロッドでは繊維混入率を増大させても繊維混入率に比例した強度増加は認められなかった。
- ② FRP ロッドの引張強度を求める場合に必要とされる試験片本数はロッドの種類により異なり、本研究の範囲では100本で行った結果との誤差を±10%とすると、AFRP ロッドでは10本以上、GFRP ロッドでは5本以上、CFRP ロッドでは30本以上必要となる。
- ③ 土木学会の引張試験方法 (試案) では、5本以上の試験を実施することになっているが、本実験で使用したFRPロッドでは10%以上の誤差を生じることになる。

最後に本研究を実施するにあたり、千葉工業大学卒論生大高勝正君に実験の協力を得たことを記し、感謝の意を表します。
(1992年5月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 魚本, 西村: プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(1), 生産研究, 第42巻, 第5号, 1990.5
- 2) 魚本, ホドホド: プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(2), 生産研究, 第43巻, 第3号, 1991.3
- 3) 魚本, 西村: プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(3), 生産研究, 第43巻, 第5号, 1991.5
- 4) ホドホド, 魚本: プレストレストコンクリート用FRP緊張材の特性(4), 生産研究, 第44巻, 第4号, 1992.4
- 5) 小林一輔: FRP製プレストレストコンクリート緊張材用定着装置, 生研リーフレット, No. 158, 1987
- 6) 土木学会: 連続繊維補強材の引張試験方法 (試案), 連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用, コンクリートライブラリー72, 1992.4