

PC緊張材用AFRP 平板ロッドの開発

西 保*
Tamotsu Nishi

小林 正典*
Masanori Kobayashi

伊藤 忠彦*
Tadahiko Ito

湊 康裕*
Yasuhiro Minato

1. はじめに

PC構造物では緊張材として鋼材（高張力鋼）を使用する場合、海洋環境下における塩分腐食、リニアモーターカー用構造物における磁性・通電性等が問題となるケースがある。そのため、鋼材に代わる緊張材の開発が要請されている。

本研究開発は、アラミド連続繊維補強材が有する高耐食性、高強度、軽量、非磁性等などの特長に着目し、AFRPをPC構造物の緊張材として利用しようとするものである。本緊張材の主な特徴は平板ロッドであること、および熱可塑性樹脂により表面が被覆されていることである。

今回の報告では、開発中のAFRP平板ロッドの力学的性質と、温度変化・アルカリ性に対する影響を主として報告する。

2. AFRPの特徴

当該AFRPの構造は、アラミド補強繊維と熱硬化性樹脂との混合物を熱可塑性樹脂によって被覆、一体化したものであり、以下に示す特徴を有している。

- ①未硬化状態のFRP素線を任意の形状に加工後、硬化できる。特に、平板ロッドに加工することで、効率の良いくさび定着が可能となる。
- ②被覆（熱可塑性樹脂層）にリブや溝を付けることが可能であるため、コンクリートとの付着強度の向上を図れる。
- ③熱可塑性樹脂で被覆されているので、外傷に強い。
- ④種々の補強繊維、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂の組み合わせが可能である。

AFRPの概要を表-1に、断面図を図-1に示す。

表-1 AFRPの概要

使用繊維	アラミド繊維（ケブラー49）
マトリクス	ビニルエステル樹脂
被覆樹脂	熱可塑性樹脂（AAS樹脂）
断面形状	5.25mm×39.75mm（被覆樹脂含む） 4.00mm×38.50mm（被覆樹脂除く）

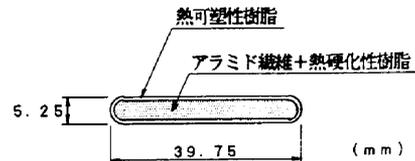


図-1 AFRP断面図

3. 物理的性質

表-2に、当該AFRPの物理的性質を示す。図-2に、荷重-ひずみ関係図を示す。

表-2 物理的性質

使用繊維	アラミド繊維（ケブラー49）
繊維含有率	55vol%
破断荷重	20tf/本
引張強度	130kgf/mm ²
ヤング係数	7.04×10 ⁵ kgf/cm ²
破断ひずみ	1.8%
付着強度	53kgf/cm ² （平均）

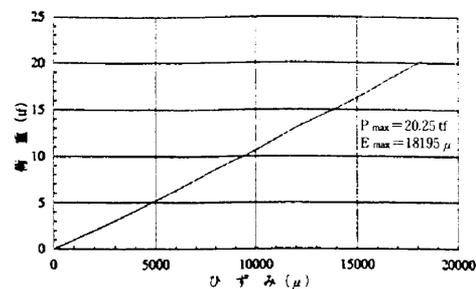


図-2 荷重-ひずみ関係図

付着強度 f_{b0} に関して、一般的にはロッド外周部とコンクリートとの付着強度を指すが、今回の試験では、被覆樹脂と内部FRPとの付着強度となっている。付着性能を向上させるため、ロッド表面の異形加工方法や形状について検討中である。

4. 温度特性および耐久性

表-3に、当該AFRPの温度特性を示す。

*技術研究所土木技術課

表-3 温度特性

条件	強度保持率
150℃/50h	94%
200℃/10h	93%
250℃/5h	75%

温度特性試験結果より、250℃/5hの条件では強度保持率が75%に低下したが、このような厳しい条件下にAFRPロッドが置かれることは極めて少ないため、実用化に向けて問題はないと考えられる。

また、表-4に、当該AFRPの耐久性（耐アルカリ性、耐薬品性）試験結果の一覧表を示す。

表-4 耐久性（耐アルカリ性、耐薬品性）一覧表

条件	強度保持率	重量減少率
pH13/20℃/30日 [*]	95%	0.1%
pH13/60℃/30日 [*]	95%	0.0%
pH13/20℃/90日 [*]	107%	0.0%
pH13/60℃/90日 [*]	80%	0.7%
人工海水 3%NaCl ^{**}	98%	0.4%
飽和 Ca(OH) ₂ ^{**}	99%	0.3%
トルエン ^{**}	106%	3.5%
5% NaOH/pH12 ^{**}	100%	0.3%
10% H ₂ SO ₄ ^{**}	95%	0.3%

^{*} pH13アルカリ溶液 → Ca(OH)₂+NaOH

^{**} 20℃/30日

5. 定着

当該AFRP平板ロッドの定着具はくさび方式を採用している。ロッド形状（平板）の特徴を生かして、ロッドの面部分の拘束だけでなく、側方を拘束するタイプの定着具もある。

表-5に、くさび定着引張試験の種々のケースにおける定着効率一覧表を示す。なお、表中の定着効率の値は、両端をチャックで掴んだ単純引張試験の場合の破断荷重に対するくさび定着引張試験の破断荷重の割合（定着効率）を示したものである。

引張試験状況図を図-3に、くさび方式定着具を図-4に示す。

表-5 定着効率一覧表

条件	定着効率 α
側方拘束有/被覆樹脂面加工無	0.96
側方拘束無/被覆樹脂面加工無	0.91
側方拘束無/被覆樹脂無	0.73
側方拘束無/被覆樹脂面加工有	0.94
側方拘束無/被覆樹脂面傷付/薬品	0.80

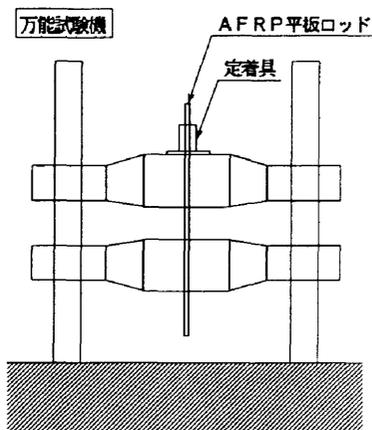


図-3 引張試験状況図

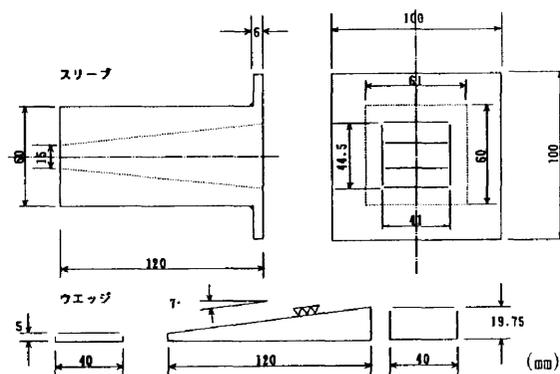


図-4 くさび方式定着具

くさび定着引張試験結果により確認された事項を以下に示す。

- ①被覆樹脂の無い場合 ($\alpha = 0.73$)と比べて、被覆樹脂の有るAFRP平板ロッドのくさび定着効率が良い ($\alpha \geq 0.91$)。
- ②ロッドに対して側方拘束が有る場合、定着効率が非常に良い ($\alpha = 0.96$)。
- ③ロッドに対して側方拘束が無い場合でも、被覆樹脂の有るAFRP平板ロッドを使用すれば、定着効率に関しては問題はない ($\alpha \geq 0.91$)。
- ④被覆樹脂の表面加工が無い場合、定着効率が低下する ($\alpha = 0.91$)。

6. おわりに

PC鋼材代替の緊張材として、熱可塑性樹脂により表面被覆したAFRP平板ロッドの開発を始め、今回は、基本物性、温度特性、耐久性、定着に関する報告を行った。今後は実用化に向けて、各種性能試験、複数本ロッドの定着具、ジャッキ等の開発を進める予定である。