

FRP緊張材用ノンメタル定着具の開発

長崎大学 工学部 正会員 ○原田哲夫
九州工業大学 工学部 正会員 出光 隆

1. まえがき

FRPロッドを緊張材として用いる場合の最大の問題点は定着法にあり、これまで、筆者らは定着用膨張材(静的破砕剤)の高膨張圧、液圧的な圧力伝播という性質を利用したより確実で、簡便な定着法を開発し、これに関する基礎的な研究を行ってきた。現在、膨張圧を拘束し、ナット定着するためのスリーブには、鋼管を使用している。肝心の定着部が鋼管であれば、「錆びない」、「非磁性」とであるというFRP緊張材の価値は半減してしまい、実用に際してはマイナス要因にもなる。スリーブを、ノンメタル材料で置き換えることができれば、本定着法はすべてノンメタル材料で構成されることになる。本論では、所定の緊張力に対し、耐力および変形抵抗性を有する実用的な定着具を、ノンメタル材料により作製することを目的として、その構成材料、構造等について種々検討した結果について報告する。

2. ノンメタル定着具

2. 1 定着具として具備すべき条件

- ① 定着に必要な膨張圧($>500\text{kgf/cm}^2$)が発生するだけの、スリーブ自体の拘束度が確保できること。
- ② 膨張圧および緊張力に対しての耐力は十分であること。
- ③ 上記の力に対して、緊張力に影響を及ぼすような変形をおこさないこと。
- ④ ①～③の事項が長期的にも保証されること。
- ⑤ 疲労に対して十分安全であること。

2. 2 材料および構造

定着具をすべてカーボン繊維等で作製することが考えられるが、材料としてはまず、2. 1の条件を満たす、できるだけ安価な材料を市販材料の中から選択することを基本とした。今回は、図-1のようにCFRPスパイラル筋および軸方向筋を骨組みとし、そのすきまにi)エポキシ樹脂、またはii)セメントモルタルを充填し、一体化する構造とした。膨張圧によるフープテンションに対して、充填材の強度は無視して、すべてCFRPスパイラル筋で受け持たせ、緊張力に対しては、口元定着を行うので、口元部での圧縮応力は充填材で受け持たせるよう設計した。エポキシ樹脂の場合、単身で使用する以外に、エポキシ樹脂：珪石粉：珪砂=1：0.8：1の割合で混合した場合について行った。この比率は、充填作業性の観点から決定した。エポキシ樹脂は、常温硬化型と加熱硬化型の2種類用いた。セメントモルタルの場合は早強セメントを使用し、w/c=31%、1.2mmアンダーの砂をc:s=1:1.5として高性能減水剤を用いて練り混ぜた。供試体の寸法はシングル用で外径67~75mm、マルチ用で125mmである。

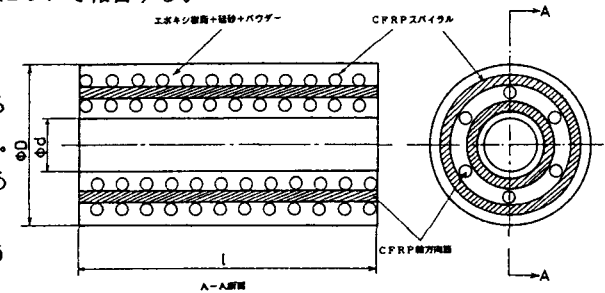


図-1 ノンメタル定着具の概要

表-1 静的引張試験結果

	N O	定着体長 (cm)	CFRP 先端状態	引掛け荷重 (t)	引掛け : A 破断 : B	備考
シン グ ル タ イ プ	S-R-1	15.0	n°5	13.85	B	ノンメタル側口元破断
	S-R-2	14.8		12.0		
	S-R-3	15.2		11.95		
	S-R-4	13.0	21レ-1	14.8	B	スチール側口元破断
	S-R-5	14.9		11.7		
	S-R-6	14.9		8.88	A	ノンメタル側引掛け
	S-R-7	14.2	21レ-1	5.00		
	S-RH-1			12.5	A	スチール側引掛け
	S-RH-2			10.0		
	S-RH-3	25.0	21レ-1	15.0	B	スチール側口元破断
マル チ タ イ プ	S-RH-4			12.0		
	S-RH-5			14.95	A	ノンメタル側引掛け
	S-RH-6		21レ-1 (5本)	17.3		
	S-RH-7			16.5	B	ロッド破断
	S-RH-8	25.0	21レ-1	16.8		
	S-RH-9					
	S-RH-10					
	S-RH-11	25.0	21レ-1 (5本)	52.0	A	ノンメタル側引掛け
	S-RH-12					
	S-RH-13					

3. 実験結果および考察

3. 1 拘束度と膨張圧

エポキシ樹脂単身では、弾性係数が小さく、膨張材の膨張による変形が大きくなって充填後48時間の膨張圧は 370 kgf/cm^2 であった。そこで、弾性係数を大きくして拘束度を増すために、珪石粉と珪砂を混ぜたところ、 $10.3 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ になり、48時間の膨張圧は 625 kgf/cm^2 となった。セメントモルタルでは、 $26.7 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ で、 500 kgf/cm^2 以上の膨張圧が得られた。定着に必要な膨張圧を確保するためには、 10^5 kgf/cm^2 のオーダー以上の弾性係数を有する材料で作製する必要があると考えられる。

3. 2 静的引張試験

ノンメタル定着具は口元定着とし、他端は鋼管スリーブによるナット定着である。FRP緊張材は、CFRPストランド(φ12.5)を用いた。実験結果を表-1に示す。シングル用では、鋼管スリーブ側の不備で、FRP緊張材の破断荷重の80~90%で引き抜けたり、破断した供試体があったが、いずれの場合もノンメタル定着具の破損はみられなかった。

3. 3 長期載荷試験

供試体は次の2体である。

No. 1 供試体 (ノンメタル定着具口元定着 [A])

— (鋼管ナット定着)、定着部間ロッド長 $L=30 \text{ cm}$ 、

No. 2 供試体 (ノンメタル定着具口元定着 [B])

— (ノンメタル定着具口元定着 [C])、 $L=80 \text{ cm}$

12tfまで緊張・除荷を繰り返し、3回目の12tfで定着した。[C]は、12tfで緊張した状態で膨張材を充填したのち、口元定着を行った。12tfで定着するまでの[A]スリーブの側面軸方向のひずみ分布を図-2に示す。口元側で 3500×10^{-6} とかなり大きい

が、自由端にいくにしたがって急激にひずみが小さくなっている。各点のひずみの経時変化を図-3に示すが、大きなひずみを示していた口元側においても、ひずみはほとんど増加していない。緊張力低下の経時変化を図-4に示す。同じ定着部間長 $L=30 \text{ cm}$ で、両端とも鋼管スリーブ・ナット定着の場合とNo. 1 供試体とは、わずか44時間までの比較ではあるが、低下の割合はほぼ同様といえよう。

エポキシ樹脂は一般に変形が大きく、また温度によって特性が急激に変化することも予想されるなど、今後とも検討を重ねていく必要がある。しかし、今回試作して検討した範囲では、実用に供し得る可能性は十分あると思われる。最後に、材料および実験に対しご協力いただいたショーボンド建設(株)ならびに東京製綱(株)研究所の各位に感謝申し上げます。

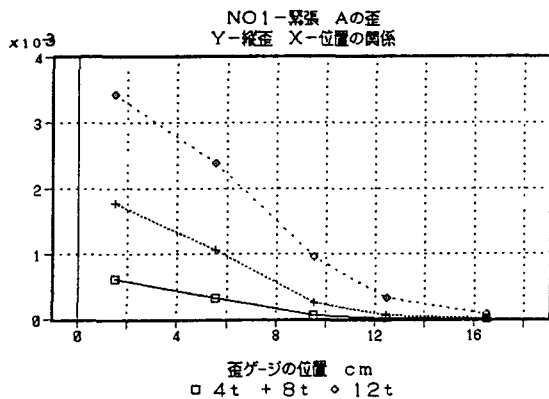


図-2 側面軸方向ひずみ分布

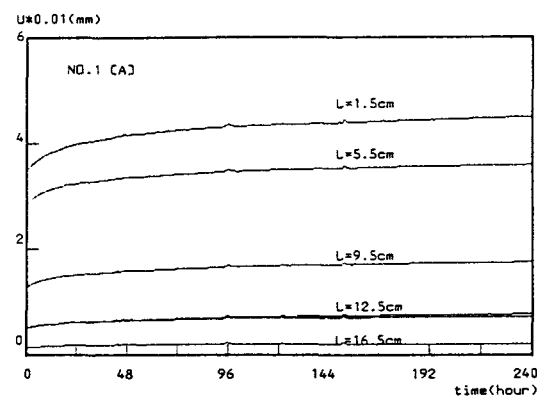


図-3 側面ひずみの経時変化

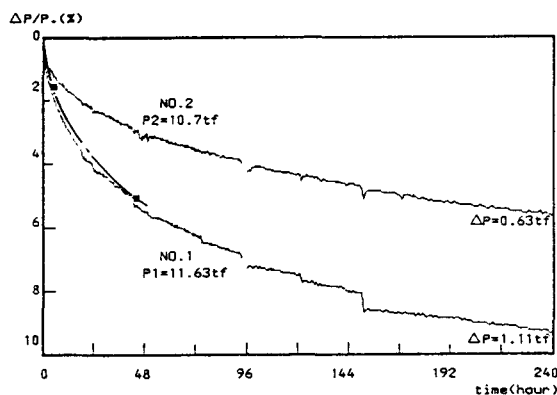


図-4 緊張力の経時変化