

(53) アラミドFRP緊張材の使用特性

住友建設(株) 土木部	正会員	則武 邦具
住友建設(株) 技術研究所		中井 裕司
住友建設(株) 土木部	正会員	熊谷 紳一郎
住友建設(株) 土木部	○正会員	水谷 淳

1. はじめに

近年、繊維強化プラスチック(Fiber Reinforced Plastics ; FRP) を緊張材としてプレストレストコンクリート構造物に適用する研究が進められている。FRPといわれている物の中にも、繊維素材の違いにより種類のものがあり、それぞれに特性が異なる。著者らは、その中でも、引張り強度が強く化学的安定性にも優れているアラミド(Aramid) 繊維(帝人(株): テクノラ®) に注目して実用化のための研究開発を行ってきた。

アラミドFRP(以下AFRP) ロッドを実用化するに際しては、現在までに様々な試験を行ってきた。その結果、AFRPロッドは緊張材としてほぼ完成の域に達したと考え、これらの成果を実証するために、AFRPロッドを用いた実橋規模のPC橋梁を建設するに至った。実証橋は住建コンクリート小山工場に建設されており、その概要は図1に示すようである。

実証橋の計画はプレテン橋(L=12.5m 3主桁合成床版橋)とポステン橋(L=25.0m) の2種類で、現在プレテン橋が完成している。特に、プレテン橋の方は緊張材・スターラップ・補強筋など、主桁の全てをAFRPロッドで補強している。

緊張材AFRPロッドについては基本的な特性はすでに把握されているが、実際の施工に係わる使用特性についてはまだ十分には把握されていない。そこで、本橋建設に先立って設計・施工に関連した次のような確認試験を行った。①ロッド取扱確認試験、②溶接火花による耐熱試験、③コンクリート打設試験、④ロッドの耐衝撃試験、⑤伝達長及び端部補強試験、⑥スターラップ曲げ部の強度試験。

本論文は実証橋建設に先立って行った各種の確認試験に基づいて、AFRP緊張材の使用特性について述べるものである。

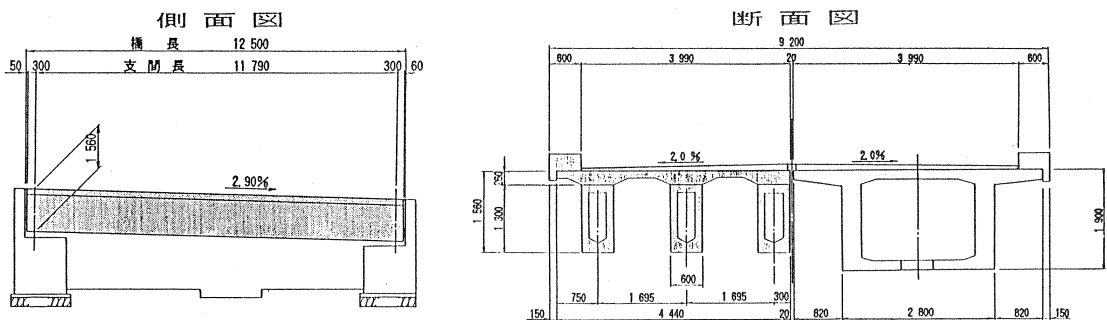


図1 実証橋概要図

2. ロッドの取り扱い確認試験

【試験の目的】 実験室内の試験においては、試験用のロッドは慎重に取り扱われてきた。しかし、実際の施工となると取扱う数量も格段に多くなり、室内試験の様には取り扱われない。そこで、実際の作業を通して想定される過酷な取扱を受けた場合においてもロッドの健全性が保たれるかどうかの確認を行った。

【試験の概要】 長さ7mの試験用ロッドを3本用意し、内1本は無傷のまま残し、他の2本に対しては意図的に過酷な取り扱いを行って、それぞれのロッドの耐力を比較した。想定される過酷な取り扱いとしてはロッドを路面上で引きずり回す、ロッドを路面に擦り付ける、フォークリフトで乗上げる、人が踏んだ状態でロッドを引っ張る、コンクリートブロックにロッドを叩きつけるなどのことを行った。

【試験結果】 過酷な取り扱いをしたにもかかわらずロッドの耐力はそれほど低下しなかった。この試験結果より、通常の現場での取り扱い方であれば問題はないとの確信を得た。ただし、ロッドに角折れが生じたり、表面の樹脂層が剥がれ母材繊維が傷つけられたような場合には、その箇所が弱点となるため取り扱は慎重に行う必要がある。

3. 溶接火花による耐熱試験

【試験の目的】 現場での施工を考えた場合、緊張状態のロッドの近傍で溶接を行うことも考えられる。その場合、溶接の火花によりロッドが損傷を受けるかどうかの確認を行う。

【試験の概要】 3.1tf(0.6Pu)で緊張した状態のロッドの真上で溶接を行ない、溶接火花を直接ロッドに当て、それによりロッドが破断するかどうかを見る。その場で破断しなかった場合には、破断まで荷重を加えて引張強度の低下があるかどうかを確認する。

【試験結果】 ロッドに焦げ跡が付くほどに溶接火花が接触してもロッドは破断しなかった。その後、ロッドの破断強度を調べた結果、ロッドの破断強度は $P_u = 5.6tf$ であり、溶接火花による引張強度の低下も認められなかった。

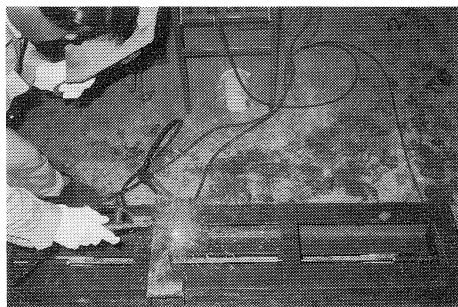


写真1 ロッド近傍での溶接作業

4. コンクリート打設試験

【試験の目的】 緊張された状態のロッドに、実際に現場で作業されているようにしてコンクリートを打設した時に、ロッドの破断や強度低下を来さないかどうかを確認する。

【試験の概要】 3.1tf(0.6Pu)で緊張した状態のロッドの真上1.2m及び1.5mの高さからコンクリートを打設し、その状況を見る。また、棒パイプレータを直接ロッドに当て、ロッドが損傷を受けて破断するかどうか調べる。

【試験結果】 打設高さ1.2m, 1.5mでコンクリートを打設しても異常はなかった。パイプレータを直接ロッドに当てても表面の樹脂及び異形化繊維が若干荒れただけで、特に問題は生じなかった。試験の結果通常のコンクリート打設が行えることが確認された。

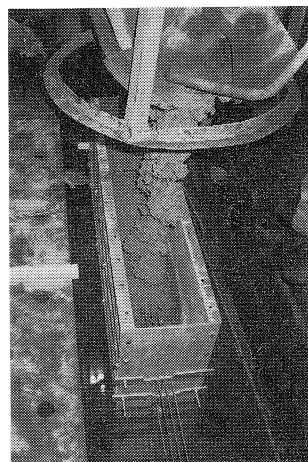


写真2 コンクリート打設状況

5. ロッドの耐衝撃試験

【試験の目的】 施工中には緊張したロッドの上に物を落とす事もある。そうした場合に、その衝撃によりロッドが破断しないかどうか、ロッドの耐衝撃性についての検証を行う。

【試験の概要】 全長8mのH型鋼にロッドを0.8Puで緊張定着させ、固定金具でスパンが任意に調整できるように支持する。ロッドの上に重錘を自由落下させ、ロッドが破断するかどうかを見る。重錘の落下高

を変えていき、ロッドが破断する最小の高さをしらべる。重錘の重量は約5kgfである。試験では、重錘がスパンの中央に正確に落下するようにガイドパイプを通して落下させた。

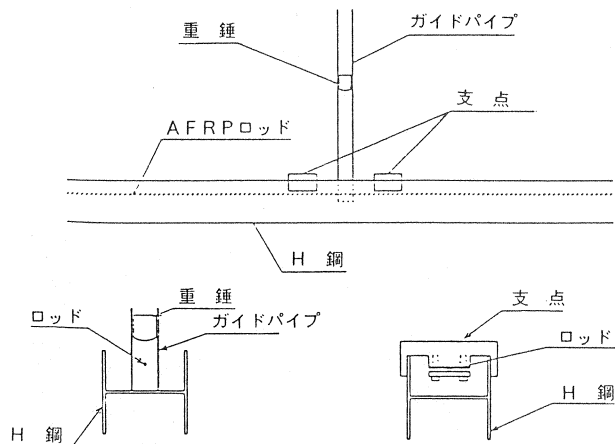


図2 試験の概要

【試験結果】 試験の結果は図3に示す様である。支持スパン40cmでは落下高さが100cmでロッドの破断が生じている。支持スパンが120cmでは落下高さが260cmでロッドの破断が見られ、破断が生じる支持スパンと落下高さの関係はほぼ線形関係にある。実際のプレテン橋の施工では、ロッドは12.5mの支持スパンで緊張状態にあり、試験の結果によれば、仮に5kgfの物を25mの高さから落しても大丈夫である。

6. 伝達長及び端部補強試験

【試験の目的】 今回の実証橋ではプレテン橋の緊張材としてφ6mmのAFRPロッドを3本束ねたものを用いた。AFRPロッドはコンクリートとの付着性能が良く、プレストレス導入時の伝達長はPC鋼材に比べて短いと予想されるが、その反面、端部の補強に注意を払う必要がある。そこで、プレストレス導入時の伝達長及び端部の補強方法を検討するために、φ6mmのAFRPロッド3本束ねの緊張材を用いた供試体を作り伝達長及び端部補強の試験を行った。同時に、この試験の供試体を製作する過程において、緊張材を多数本同時に緊張する場合の作業性の確認を行った。

【試験の概要】 供試体は実証橋に用いるプレテン桁の下フランジ部を模して作った。即ち、供試体寸法は図4に示す様である。AFRPロッド3本束ね緊張材は、かぶり50mm、間隔100mmで計12本配置した。初期緊張力は緊張材1本あたり12.3ton、総緊張

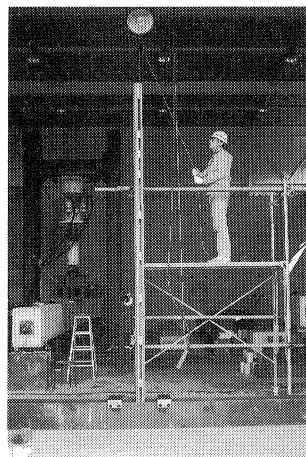


写真3 重錘落下試験

側面図

断面図

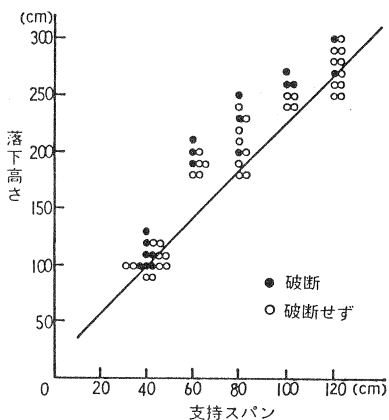


図3 ロッドの耐衝撃試験結果

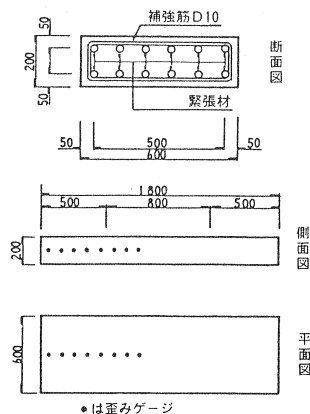


図4 供試体寸法図

力147.6tonを目標とした。端部の補強はSD30の鉄筋D10を使用し、配置間隔50mm・100mm・150mmの3種類について試験した。コンクリートは設計強度500kgf/cm²の早強コンクリートを使用し、蒸気養生後30時間後にプレストレスを導入した。プレストレスは供試体の表面歪みを計測することにより求めた。

【試験結果】 プレストレス導入直後のコンクリートの表面歪みは図5に示す様であった。図5より、AFRPロッド3本束ね緊張材を用いた場合のプレストレスの伝達長は250mm～300mmである。また、補強筋を100mmピッチで配置した供試体の端部には割裂ひびわれが生じた。試験の結果より、プレテン橋の施工は次の様に行うこととした。①緊張材のかぶりは十分にとる。②緊張端の補強は定着端より最低300mmの区間行う。③端部の補強筋のピッチは50mmとする。

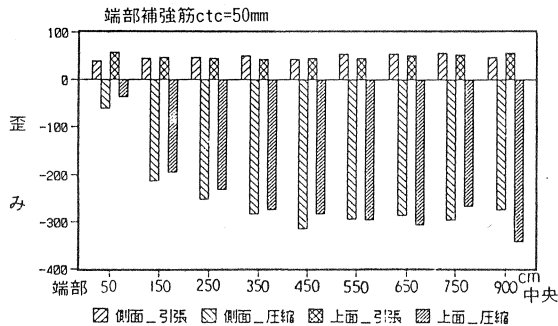


図5 プレストレス導入によるコンクリート表面歪み

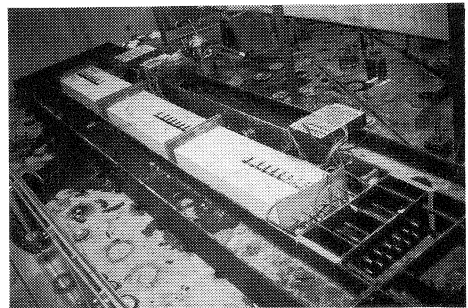


写真4 供試体製作

7. スターラップ曲げ部の強度試験

【試験の目的】 一般にFRPを鉄筋代替に用いる場合、曲げ加工部が弱点となる。プレテン橋においては鉄筋をいっさい使わず、スターラップもφ8mmのAFRPロッドを用いることとした。そこで、φ8mmAFRPロッドの曲げ加工部の強度試験を実施し、せん断補強筋としての可能性について検討した。

表1 曲げ加工部引張試験供試体の種類

供の試種体類	A	B	C	D	E
供試体の概要図					
備考	補強材はφ8mmAFRPロッド				鉄筋D10

【試験の概要】 曲げ加工部の強度は(250×200×200)のコンクリートブロックにφ8mmAFRPロッドの曲げ加工部を埋め込み、引抜き試験を行うことによって評価した。試験は表1に示す5種類の供試体について行った。

表2 曲げ加工部引張試験結果

【試験結果】 試験の結果を表2に示す。曲げ部近傍の付着を考慮するかしないかで強度の評価は異なるが、曲げ部の強度はおよそ通常の強度の4割程度は見込めるものと考ええる。

供の試種体類	引張最大荷重 (tonf)					平均最大荷重 (tonf)	強度比
	1	2	3	4	5		
A	○1.47	○3.52	○3.50	○2.15	○2.88	2.70	0.30
B	○4.79	*5.13	*6.27	—	—	5.40	0.60
C	○2.69	○2.81	○3.92	—	—	3.14	0.35
D	○4.32	*5.69	○4.14	—	—	4.72	0.52
E	◇3.73	◇3.81	◇3.80	◇3.70	◇3.99	3.81	1.00

○: 曲げ部破断 ◇: 直線部破断 *: すべり

8. まとめ

以上述べてきたように、実証橋建設に先立って緊張材アラミドFRPロッドの使用特性に関する各種の試験を行った。これらの試験結果に基づいて「施工の手引書」を作成して実証橋の施工を行った。