

FRP工法による鉄筋コンクリートT桁橋の補強例

建・九州地建久米技術事務所 甲 斐 啓 二

1. まえがき

最近の道路事情から激増する交通量、大型化による重荷重、車輛性能の向上などにより、橋梁部分は設計荷重をこえた車輛が走行しているのが現状である。当該、深江橋は国道202号線福岡県糸島郡=大町地芝に位置し、橋長81.6m、8スパン、幅員5.5m、鉄筋コンクリート単純T桁橋で、大正15年制定道路構造令による旱橋（設計荷重6t/台）であつて、月交通量11,000台による過酷な繰返し荷重と海岸線に近い条件下にあり、このためコンクリート桁・床版など体ひび割れ、部外はく離の現象が生じ鉄筋は露出して相当に腐食が進行し補修補強の要に迫られた。よつて、この補強工事が支障をきたさず施工が容易でその効果が期待されるFRP工法（Fiber glass Reinforced Plastic Method）を採用することとし、架設当時の設計荷重による桁底力とT-20荷重による底力の検討結果をもとに、既設断面における不足鉄筋量に代るFRP量をT桁引張縁側に接着補足を行ない、その効果測定に付しては、施工管理、品質管理および載荷試験を実施して、FRP工法の適応性について若干の考察を行なつた。

図-1. ステンゲージ接着供試体 (15x15x53)

2. 予備試験

施工に先立ち、FRPの接着量を決定するために、コンクリート曲げ供試体（15x15x53cm）にガラスせん断量をええて、FRPを接着補した場合と無接着の場合について、曲げ強度試験を実施し、同時に供試体のコンクリートとFRP合成構造のひずみ量と比較する。以上、試験結果（表-1、図-2）から、

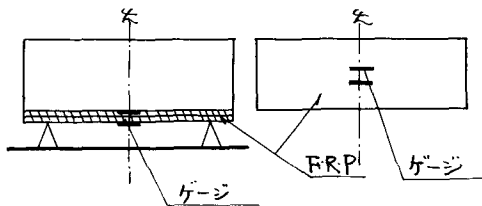


図-2. 曲げ強度

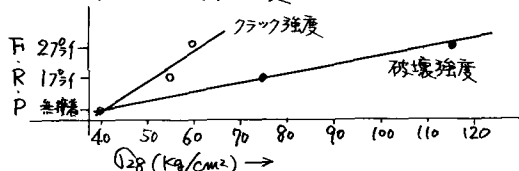


表-1. 曲げ強度・ひずみ

() クラック発生時の強度

- 1). FRP 17031は、無接着に対して、クラック強度は1.4倍、破壊強度は1.85倍。
- 2). FRP 27031は、無接着に対して、クラック強度は1.5倍、破壊強度は2.6~3.4倍。
- 3). ひずみ量は、FRPとコンクリートとの、材質変化でも大差ない。
- 4). FRPとコンクリート供試体は完全接着しており合成構造となる。

3. FRP合成構造による桁断面の検討

従来、鉄筋コンクリートはりにおいては、水平せん断力は付着底力によってコンクリートから鉄筋に伝達される理論から、FRP工法による桁底力は、FRPの含浸接着力を付着力におきかえて、鉄筋コンクリートの場合と同じ方法をもつて計算する。

3-1. 架設時の設計鉄筋量の推定

架	試験-Iの平均 (Kg/cm²)		試験-IIの平均	ひずみ	
0	無接着	17031	27031	27%	FRP
0.8	38.8	90.9 (54.5)	101.2 (56.3)	113.2	2.3

幅員 5.5m であるので、6t車2台並行載荷する。 図-3

曲げモーメント(死荷重) $M_d = 2.500 \text{ t-m}$

" (活荷重) $M_l = 10.400 \text{ t-m}$

$$\lambda = \frac{20}{60+8} = 0.3 \text{ 計算}$$

$$M_{\max} = 12.900 \text{ t-m}$$

$\sigma_{ca} = 40 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$, $M = 15$ とし、

鉄筋量 $A_s = 13 \text{ cm}^2$, 実際の配筋はかなり不正確な配筋であつた。中 25~30mm x 5本 = 30~35 cm^2 の鉄筋量(A_s)と推定された。

これより設計荷重を逆算すると、おおよそ、

12 ton/台 程度で当時の1等橋とも考えられ、いづれに

しても架設当時では大巾な安全設計と推察できる。

3-2. T-20 による底力検討

曲げモーメント(死荷重) $M_d = 2.500 \text{ t-m}$

" (活荷重) $M_l = 35.630 \text{ t-m}$

$$\lambda = \frac{20}{50+8} = 0.34 \text{ 計算}$$

$$M_{\max} = 38.130 \text{ t-m}$$

$$A_s = 57 \text{ cm}^2$$

よって、既存断面に対しての不足鉄筋量は、22 cm^2 。

これより FRP 接着厚は $\frac{\text{不足量}}{\text{FRP 厚}} = 60 \text{ cm}$ 。

実際の施工は、図-6 に示すように既存下桁と整形施工した。

3-3. FRP 補強による底力検討

よる下桁断面の諸値。

$b = 220 \text{ cm}$, $d = 80 \text{ cm}$, $t = 25 \text{ cm}$, $M = 15$ 。

$A_s = 57 \text{ cm}^2$, $M_{\max} = 38.130 \text{ t-m}$ 。

これより底力を算定すると、

$$\sigma_s = 920 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = 30 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{sa} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{せん断底力度 } \tau_h = 3.4 \text{ kg/cm}^2 < 6.5 \text{ kg/cm}^2$$

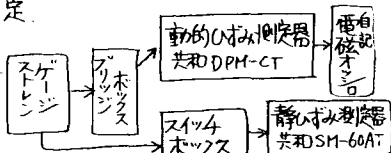
$$\text{付着底力度 } \tau_o = 2.9 \text{ kg/cm}^2 < 7.0 \text{ kg/cm}^2$$

以上、いづれも許容底力度内で、十分安全である。

4. 載荷試験

4-1. 測定

ひずみ測定



たわみ測定 …… タイムルゲージ (1/100 mm)

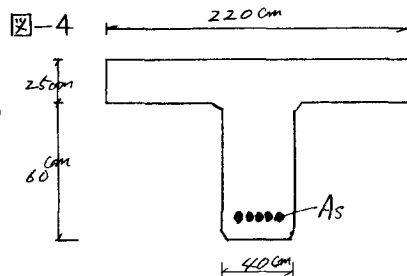
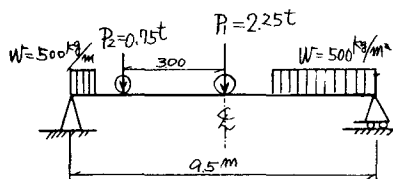


図-5

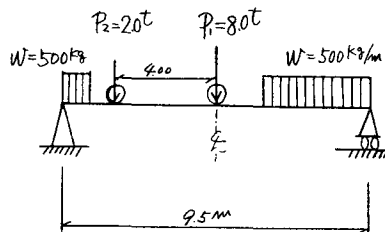


図-6 施工図

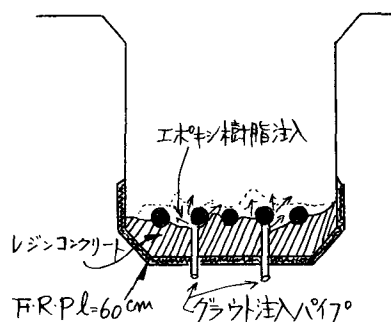
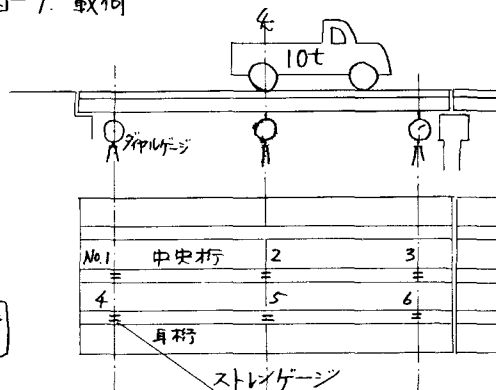


図-7. 載荷

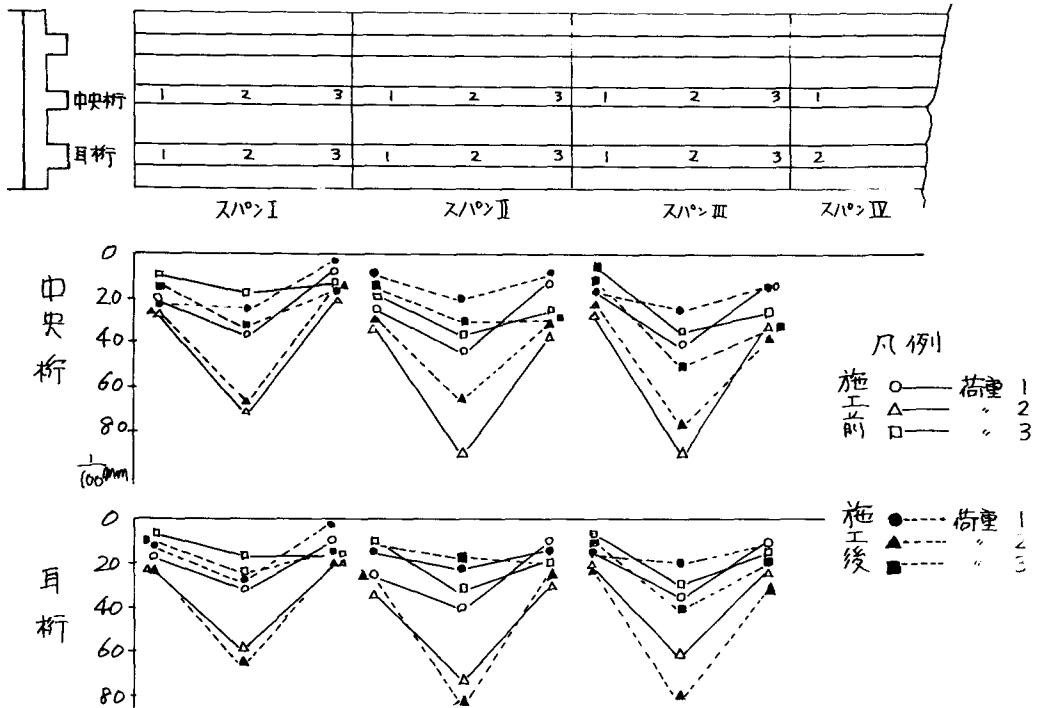


測定方法は、図一七に示すように、中央桁、耳桁（1本）の各桁の中央、両端にストレングージをセツトし、載荷は、試験車後輪をゲージ位置に停止させた。この時の各変を測定した。なお、動ひずみ測定は試験車を20 km/hで走行させた。この他一般車輛の走行時も車輪を逐次し計測した。

4-2 結果

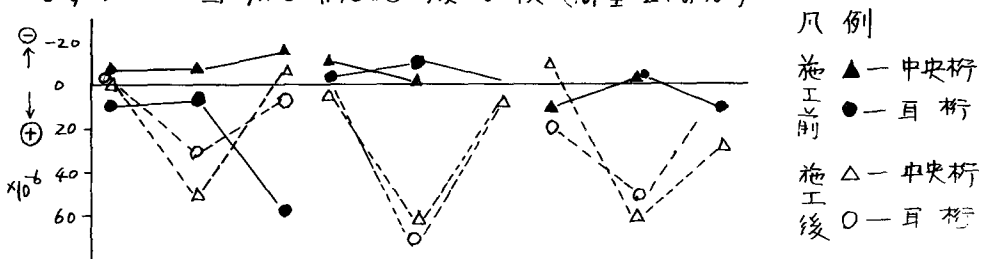
④ たわみ量

図一八 施工前と施工後の比較



⑤ ひずみ

図一九 施工前と施工後の比較 (荷重・2における)



施工前は桁自体に相当のクラックが生じていた為、静動ともひずみが正常にあったかどうか判定しにくい、即ち、ひずみが各測点においてアンバランスに記録されたことから推察すると、桁における応力分布がクラックの影響で正常になり、次に動ひずみは重機搭載トラックで 111.5×10^6 が最高に、おおむね 60×10^6 程度である。施工後の追跡調査で静ひずみは全般的に前に比べて小さい。また、値はほとんど④テンションにあって、引張縁における正常な応力分布と考へる。動ひずみは前回と同一荷重条件下でないが大型ダンプ(満載) 90.7×10^6 を最高に $40 \sim 50 \times 10^6$ 程度に記録された。

図-8のたわみ量は、全測点とも施工後は施工前に比べて小さい値を示している。

5. おわりに.

F・R・P工法を採用し、工事施工した全点から次の事項を結論づける。

(1). 施工性

- 1). F・R・P工法は、まったく交通を止断することなく、交通に支障をよえず施工することが出来るので、現在の重交通下での施工は十分可能である。
- 2). 自動車による振動の影響を受けないようにするため、できるだけ早く樹脂硬化させ安定させる必要があるが、これはエポキシ樹脂の特性で可能である。
- 3). 桁の長さ、幅、不陸等に対して、ガラスせん付は簡単に現場で裁断調整できるので容易に順応するので施工しやすい。

(2). 材料

- 1). F・R・Pは、ガラスせん付を骨材とする複合構造であるので、材料特性からヤング率、強度が大きいので、鉄筋コンクリート構造力学上ではコンクリートの補強材として、鉄筋に代る材料として有効である。
- 2). コンクリート自体が多孔質であることを利用して、表面または内部までエポキシ樹脂を含浸させて、塩害、凍化等の耐水性、耐食性の効果が見られる。
- 3). エポキシ樹脂の使用は、気候、特に気温に左右されるので養生温度差による性質に影響を考慮する必要がある。

(3). 施工管理・検査

- 1). F・R・P接着前の被着体の前処理……下地整正・清掃。
 - 2). グラウト注入……注入孔の間隔、注入量。
 - 3). エポキシ樹脂の混合・攪拌。
 - 4). F・R・Pの完全接着・早期硬化……可使時間・気温。
 - 5). 養生および仕上げの問題
- 以上、施工上検査・管理の問題点となった。

(4). 総合的考察

- 1). 効果判定から、施工後は正常な応力が見られるので、グラウト注入とF・R・Pによる接着補強効果があつたと解する。
- 2). F・R・Pの効用面で、接着長および補強量の決定には計算だけでは、解決し難い問題を含んでいるので、本論のわずかな全点では結論が出なかった。
- 3). F・R・P工法の実用性については、可能性を含む工法として将来の学術研究や施工調査が待たれる課題である。