

(73) PC浮橋(鷹彦スリーカントリー)の設計と施工

オリエンタル建設(株)	東京支店	工事部	正会員	川浦孝一
〃	東京支店	工務部	正会員	横田 勉
〃	東京支店	工務部	正会員	○庭野 隆

1. はじめに

本橋は、茨城県久慈郡大子町の鷹彦スリーカントリー内に完成されたPC(プレストレストコンクリート)製浮橋である。これまでPC浮橋の施工事例は数多くあるが、人あるいは軽車両が対岸へ渡ることを目的としたPC浮橋は国内ではまだ例を見ていない。浮橋は一般に自重および活荷重などの鉛直方向へ作用する力を、橋に働く水の浮力により受け持たせる構造である。浮橋は浮き構造となるため水底地盤の強弱に関係なく設置できるので、架設地点の地盤が軟弱な場合や水深が大きい場合は経済的に有利な形式である。

浮橋の歴史は古く、紀元前330年にアレキサンダー大王が軍事目的に使用した記録があるようである。その後1800~1900年代にも木製、鋼製の浮橋が数例あるが、いずれも詳細な文献がなく明確でない。本格的な施工事例としては、アメリカのシアトル市のワシントン湖に架設された3橋があげられる。これらは、いずれも主要道路の一部に供用されており、PC製あるいはRC(鉄筋コンクリート)製ポンツーンより構成されており、その規模も全長約2000m、全幅約20mとなっている。

本橋は、ゴルフ場が既に営業中であるためコースに与える影響が最小限ですむこと、既存の景観を損なうことのない自然と一体感のある構造とすること、またプレーヤーに威圧感を与えない構造とすることから水面上に浮かぶPC浮橋が採用された。さらにPC浮橋を構成するPC函体は、耐久性の向上、函体自重の軽量化、製作作業の省力化を図るため、コンクリートの補強材としてPC鋼材や鉄筋の代わりにFRP(繊維補強プラスチック)材料を使用している。以下に本橋の設計、施工についての概要を述べる。

2. 橋梁概要

本橋は、6基のプレキャストPC函体を連結した浮橋部と場所打施工による橋台、係留用のアンカーブロックおよび受台により構成されている。橋台部は護岸付近の水深が20~30cm急激に浅くなっているために設置することとした。またPC函体の連結部の下にある受台は、年1回水抜きを行い、池内の清掃をする際に、PC函体が池の底に接地し防水用に張られたシートを損傷しないように配慮したものである。係留用のアンカー形式についてはコンクリートブロックの重量で受け持たせる重量式とした。また床版部は周囲の景観を考慮し、木製床版とした。左右50cmずつ張出し部を設け、プランターの置けるスペースを確保した。

PC函体は、長さ7.60m、幅3.00m、高さ1.00mである。その構造概要を図-1に示す。PC函体は隔壁を有する底のない箱桁を

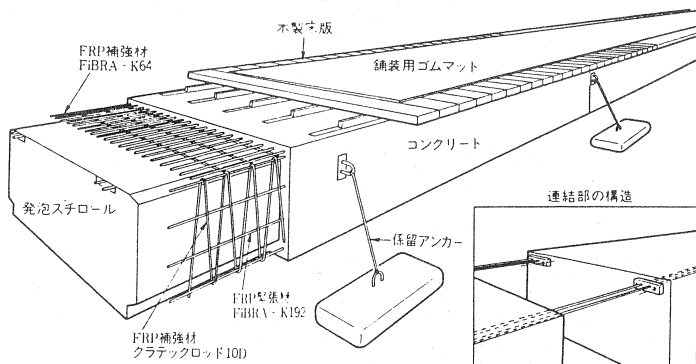


図-1 構造概要

コンクリートで形成し、内空部に発砲スチロールを埋めた構造である。コンクリートの補強材としては、側壁部に緊張材としてFRP緊張材(FiBRA-K192)を使用し、スターラップ材としては連続のらせん状に成形加工したFRPスターラップ補強材(クラテックロッド-10D)を使用した。また上床版部、隔壁部にはメッシュ状に組み立てられたFRP補強材(FiBRA-K64)を配置した。6基のPC函体の連結は、発砲スチロール断面の上部にあらかじめ設けていたダクトにFRP緊張材(FiBRA-K256)4本を6基の函体全長にわたって挿入し端部で緊張する方法とした。ダクト部はグラウトをせずにアンボンドケーブルとしている。函体と函体の間には厚さ10cmのネオプレンゴム板を函体断面上側に2箇所配置し函体通しをフレキシブルな構造としている。

3. FRP補強材

FRP補強材とは、コンクリートの補強材として炭素、アラミド、ビニロン、ガラスなどの連続繊維に、エポキシ樹脂などの結合材を含浸、硬化させて成形したものである。FRP鋼材は、一般に次のような特長を有している。

表-1 FRP補強材の諸元

- ①高耐食性：鋼材と異なり錆びる心配がない。
- ②高強度：鉄筋の2倍程度、PC鋼棒と同程度の引張強度がある。
- ③軽量：鋼材に比べて1/4~1/5と、きわめて軽量である。
- ④非磁性：鋼材などの金属材料と異なり磁化しない。

種別	呼び名	公称直径 (mm)	断面積 (mm ²)	引張強さ (tf)	重量 (g/m)
FiBRA	K64	8.0	42.0	6.4	60
FiBRA	K192	14.0	135.0	19.2	180
FiBRA	K256	16.0	180.0	25.6	240
クラテックロッド	10D	10.0	78.5	6.3	112

この浮橋では、各種あるFRP補強材のなかで、アラミド繊維を組紐状に編んで棒状に成形したFiBRAと、ビニロン繊維を棒状に成形したクラテックロッドを使用している。FiBRAは、三井建設(株)、(株)神戸製鋼所、神鋼鋼線工業(株)による共同開発商品で、クラテックロッドは、(株)クラレによる開発商品である。FRP補強材の諸元を表-1に示す。

4. 設計概要

本橋の全体一般図を図-2に示す。

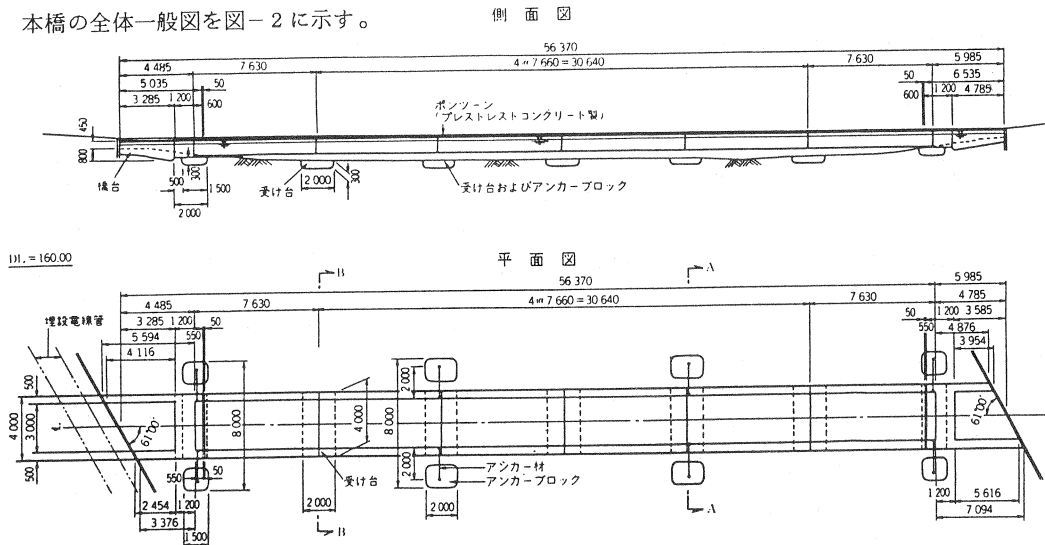


図-2 全体一般図

本橋の設計は、個々のPC函体の安定計算および部材計算と連結部、係留部の検討を行った。PC函体に導入するプレストレスは運搬時および池内の水がなくなり受台に設置した状態でコンクリート下縁に引張力が発生しないよう決定した。また水に接する部分での金属性の定着具および支圧板の配置を避けるためプレテンション方式を採用した。つぎに連結部および係留部に関しては、側方よりの風と波による作用力に対して十分に抵抗できるよう連結緊張材およびアンカーブロック重量を決定した。

1) 安定計算

安定計算は連結前の個々のPC函体で行い、上載荷重 $w = 100 \text{ kg/m}^2$ を考慮し、つぎの3ケースについて検討しその安定性を確認するとともに乾げんの算定を行った。

- ①床版上無載荷時
- ②上載荷重満載時
- ③上載荷重半載時

表-2 安定計算結果

	全体重量(t)	重心	乾げん (m)	G M
無載荷時	17.150	0.532	0.398	0.841
満載時	19.430	0.608	0.298	0.698
半載時	18.290	0.572	0.348	0.764

浮体の安定は次式より確認した

$$GM = I \cdot \gamma / W - (G - C) > 0$$

ここに I : 喫水面の長軸に対する断面2次モーメント

γ : 水の単位体積重量

W : PC函体と上載荷重の重量

G : 重心

C : 浮心

5. 施工概要

施工は製作ヤードでのPCプレキャスト函体の製作作業とゴルフ場内の架設現場での作業に大別される。またゴルフ場がすでに営業されていることから架設現場での作業内容は極力簡易的なものに制限された。その施工手順は図-3に示す。以下それぞれの作業内容の概要を示す。

1) プレキャストPC函体の製作

プレキャストPC函体の製作は、製作ヤードにて行った。プレテンション方式であるのでH鋼による簡易アバット(反力装置)を2列製作し、1列のアバットにPC函体を3基セットし計6基を同時に施工した。これは工期的な制約により1基ないし2基ずつ製作できなかったためである。養生は特別な促進養生は行わず、材令7日でプレストレスを導入した。FRP緊張材の緊張状況およびコンクリート打設前の状況を写真1, 2に示す。

2) 橋台、アンカーブロックおよび受台の施工

橋台、アンカーブロックおよび受台の施工は、あらかじめ池の水抜きを行ったのち、架設箇所の防水シートをいったん剥いで施工部分を30cm程度掘り下げてくぼみをつけ、そのくぼみに合わせてシートの修復を行った。その後受台を除く橋台およびアンカーブロックには型枠を配置し、コース外に止めたポンプ車から配管してコン

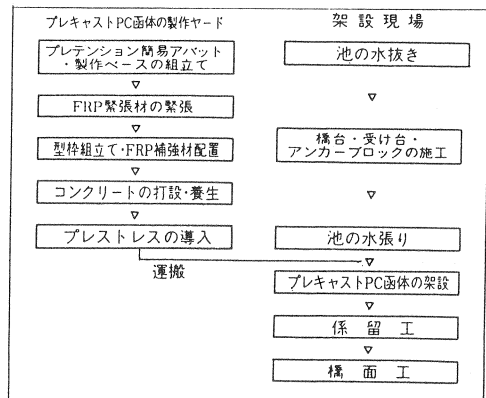


図-3 施工手順

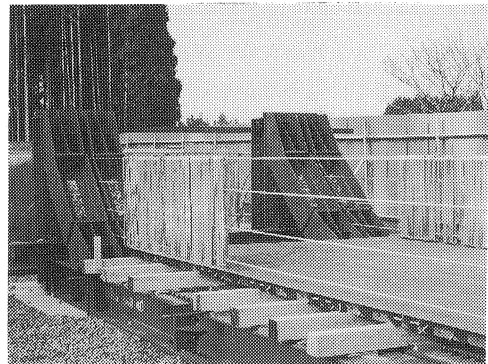


写真-1 緊張状況

クリートを打設した。コンクリートは防水シートの上に打設されており、地盤とは縁が切れている。上記施工終了後、架設のため直ちに水張りを開始した。

3) PC 函体の架設および連結

プレキャストPC 函体の架設はコース内の芝を傷めないようにベニヤ板および鉄板を敷いて保護した後、200t トラクタークレーンを据え付け、製作ヤードより運ばれてきたPC 函体を順次池内に降ろした。降ろされたPC 函体をモータ付きのボートにて所定の架設位置まで曳航しあらかじめ橋台間に張られたワイヤに仮止めした。すべてのPC 函体が所定の位置に仮止めを完了した後FRP 緊張材を6基のPC 函体の全長にわたって挿入し、緊張を行い各PC 函体ごとの連結が終了した。上記作業は当初より定休日のみと制限されていたが1日で終了した。

4) 係留工および橋面工

係留は、あらかじめPC 函体の横に設置した8箇所のアンカーブロックに取付けていたアンカーロープ(長さ調整装置を含む)を浮橋の所定の位置にセットし、測量しながらアンカーロープの張力調整を行った。橋面の重量が作用しアンカーロープが緩むため、張力調整は、橋面工終了後再度調整を行った。橋面は、あらかじめ加工した木製床版をPC 函体上に取付け、通路部(幅員3m)には舗装用ゴムを敷設した。

6. あとがき

以上FRP補強材を全面的に採用したPC浮橋の設計施工について概要を述べた。今後海洋施設の需要が高まるにつれて浮遊構造物の適用の機会も増えるものと思われる。それらの構造としてPC構造物は、プレストレスによりひびわれ制御ができ、耐久性を確実なものとするため適している。さらに今回のようにFRP補強材を使用することにより耐久性、作業性の向上が図れ、また構造物の軽量化にもつながり、その効果は大きいものと考えられる。本稿が今後の浮遊構造物に関して多少なりとも参考となれば幸いである。

参考文献

- 松井, 木原, 佐藤, 片岡: 「米国橋梁技術調査団報告」, 橋梁と基礎, Vol. 10, No. 5, 1976. 5
 手塚, 川浦, 庭野: 「FRP補強材を使用したPC浮橋の概要」, 土木施工, Vol. 33, No. 9, 1992. 9
 土木学会: 「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

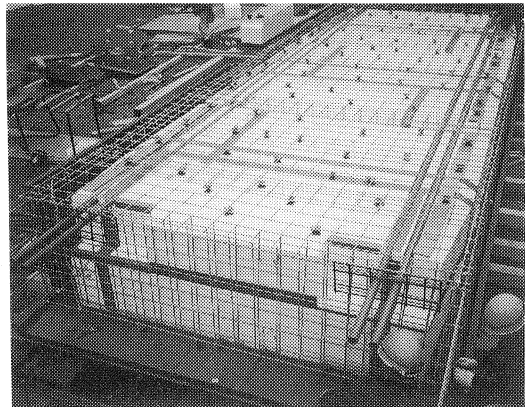


写真-2 FRP材, 型枠組立状況

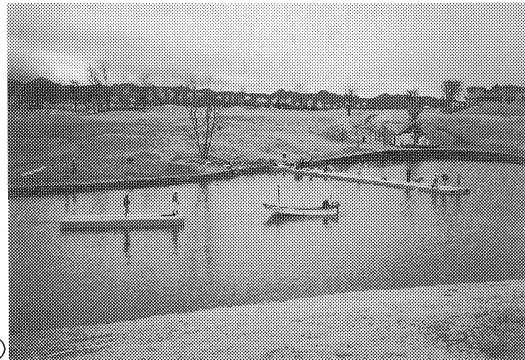


写真-3 架設状況

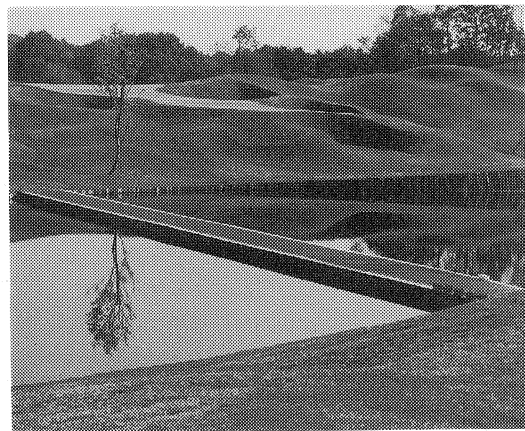


写真-4 完成写真