斜張橋ＲＣ塔ケーブル定着構造の検討

本四公団　長大橋技術センター　正会員　　森山　彰
本四公団　長大橋技術センター　正会員　○梁取 直樹

１．はじめに

近年、RC 塔を有する長大斜張橋の建設が増加しており、塔橋脚高が 100ｍを超える施工事例も見られる。従来、国内の斜張橋 RC 塔のケーブル定着構造としては、表－１の左端に示すような交差圧縮型の事例がほとんどであった。この定着方式は充実断面の塔柱を貫通して定着することにより、ケーブル張力を圧縮力として RC 塔に伝達できるという利点がある。しかし、塔が大型化した場合、中空断面にした方が施工数量および重量の減になり、経済性や耐震性の向上につながる。また塔内部での定着部の点検管理も可能となる。本検討は RC 塔を中空断面とし、逆Ｙ型塔の１本柱部のように塔断面が橋軸直角方向に幅を持つ場合の定着部構造を対象とした。表－１に示す鋼桁定着形式と鋼殻定着形式は、鋼構造部分が工費増加の要因となると考えられる。鋼桁定着形式についても別途 FEM 解析により簡易設計を行なったが、一部に応力集中が見られる他、最上段で 5ton 程度の重量となった。鋼殻定着方式はさらに重量が増し、クレーンの大型化をまねく可能性がある。このため、おもに経済的な観点から、なるべくコンクリート構造で対処することを考え、セパレート定着形式の改良として表の右端に示すように、塔壁をつなぐ水平な床を設け、その中に PC 鋼材を設置する構造を検討した。

２．ＦＥＭ解析

想定した斜張橋は中央支間長が 400ｍ、RC 塔の高さは基礎天端より 100ｍ、主桁は桁幅 12ｍの鋼箱桁である。ケーブル定着構造は最上段と最下段を共に検討したが、ここでは最上段の結果を示す。ケーブル張力は温度変化を見込んだ死活荷重時の最大値から 4100kN とした。ケーブル緊張は主桁側で行なうものとし、塔側定着部は固定端とする。塔側のケーブル定着間隔は 3ｍである。定着部の構造を図－１に示す。

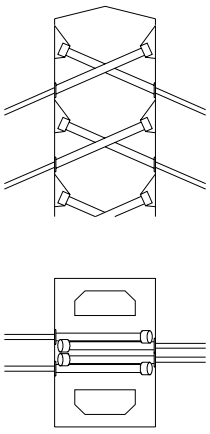
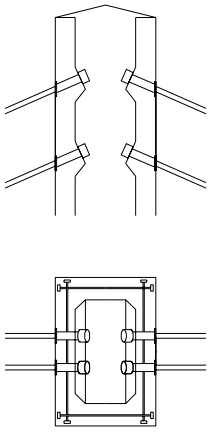
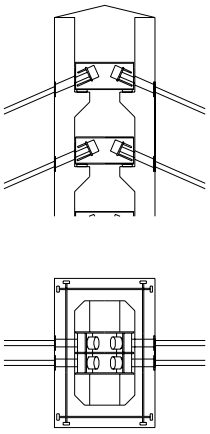
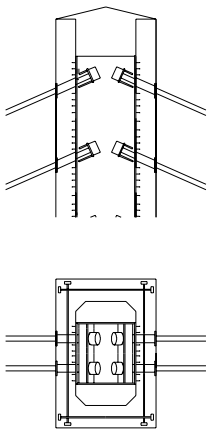
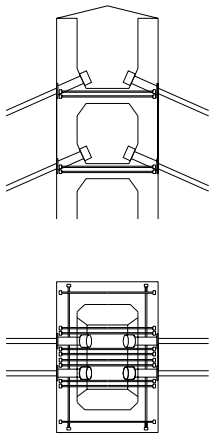
FEM モデルは対称性から塔断面の 1/4 モデルとし、ソリッド要素を用いた。PC 鋼材は直径 32㎜ の鋼棒を半橋につき８本想定し、１本あたり 500kN の有効プレストレスを見込んだ。ケーブル張力と PC 鋼材緊張力は、図－２に示すようにモデル表面に分布荷重として与えた。解析結果として、ケーブル張力およびプレストレス作用時の変形図を図－３に、ケーブル張力のみ・プレストレスのみ・両方の作用時の主応力図を図－４に示す。塔の施工直後でケーブルがまだ架設されていない状態においては、PC 鋼棒によるプレストレスのみが作用した状態が考えられるが、プレストレスのみの主応力図から、有害な応力のないことが確認できる。ケーブル張力とプレストレスが共に作用した場合は、水平床の上面で 1.4N/㎜2 の引張応力が発生している。またケーブルの定着板が接する斜めの面と水平床の上面の隅角部で比較的大きな 5.1N/㎜2 の引張応力が局部的に生じている。解析に用いた張力のうち死荷重は約 64％であるので、恒常的に働く引張力はこれらよりやや小さくなるが、設計上の配慮を必要とする。隅角部の引張応力は、図－３における定着位置の直下の変形具合から、この箇所を中心に大きくなっており、補強筋を設けることが考えられる。また供用時にひびわれが発生する可能性があるが、水平床が作業台となり、かつひびわれ方向が下向きであるので、樹脂注入等の補修は比較的簡便であると考えられる。

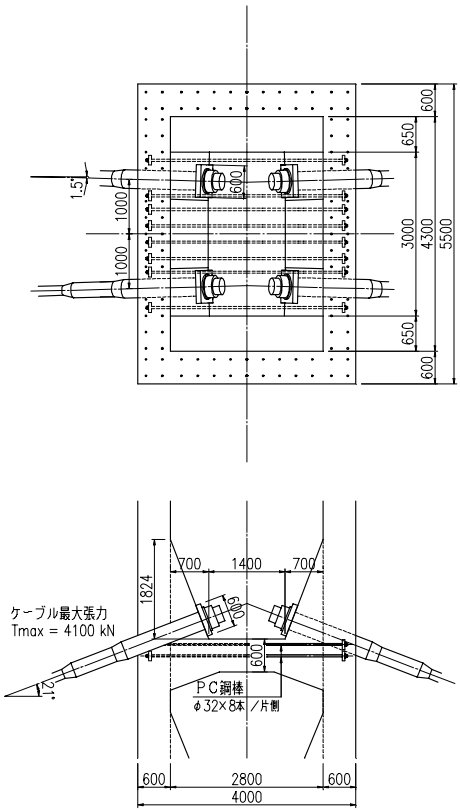
３．まとめと課題

以上より、中空 RC 塔に水平床を設けて PC 鋼材を設置する定着構造は、限られた範囲に発生する引張応力に対処できれば実現可能と考えられる。本検討は死活荷重による応力度のみの解析であるため、実用化にあたっては終局時の破壊形態を実験により確認することが必要である。また全支保工により施工される場合は水平床の施工はさほど支障とならないと考えられるが、移動型枠の場合は工夫が必要と考えられる。本検討が斜張橋 RC 塔のさらなる大型化の一助となれば幸いである。

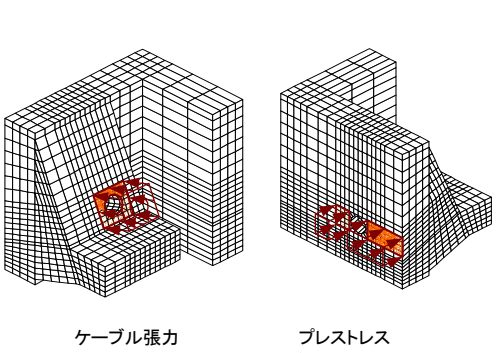
キーワード　斜張橋，ＲＣ主塔，ケーブル定着構造
連絡先　〒651-0088　神戸市中央区小野柄通 4-1-22　本州四国連絡橋公団 長大橋技術センター Tel.078-291-1073

表－1 斜張橋ＲＣ塔定着部の比較（逆Ｙ型塔の１本柱部を想定）

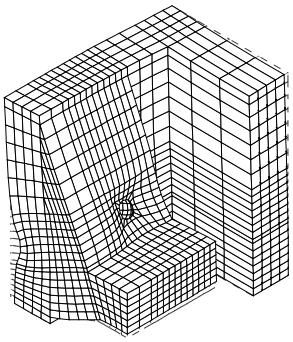
名称	交差圧縮定着	セパレート定着	鋼桁定着	鋼殻定着	水平床付きセパレート定着
形状					
特性	ケーブル張力を直接、圧縮力として塔に導入することができる。 塔上部の重量が大となり、耐震上不利になる。 定着部は塔内部から点検管理することができない。	ケーブル張力を橋軸直角方向PC鋼材により塔側面に伝達し、橋軸方向PC鋼材により抵抗する。 H型塔のように橋軸直角方向幅が狭ければ適用可能。逆Y型塔を想定している本検討においては困難と考えられる。	ケーブル張力の水平成分は鋼桁で抵抗する。鉛直成分は塔壁内部の張出し部からRC塔に伝達する。 鋼桁が重くなるので、クレーンの能力に応じて分割して製作しなければならない。	ケーブル張力の水平成分はおもに鋼殻で抵抗させる。鉛直成分はジベルを介してRC塔に伝達する。 鋼材部分が多いので、経済的にするためには定着部を塔上部に集中させた方がよい。 吊り上げ重量によってはクレーンが大型化する。	ケーブル張力の水平成分は水平床のPC鋼材で抵抗する。 鋼構造がないので、経済化が図れる。最上段はかなりのPC鋼材を必要とする。 破壊性状の確認と、長期的な変状に注意する必要がある。
適用例	矢作川橋ほか多数	尾瀬大橋、スエズ運河橋	アレックス・フレーザー橋	なぎさブリッジ	今回検討



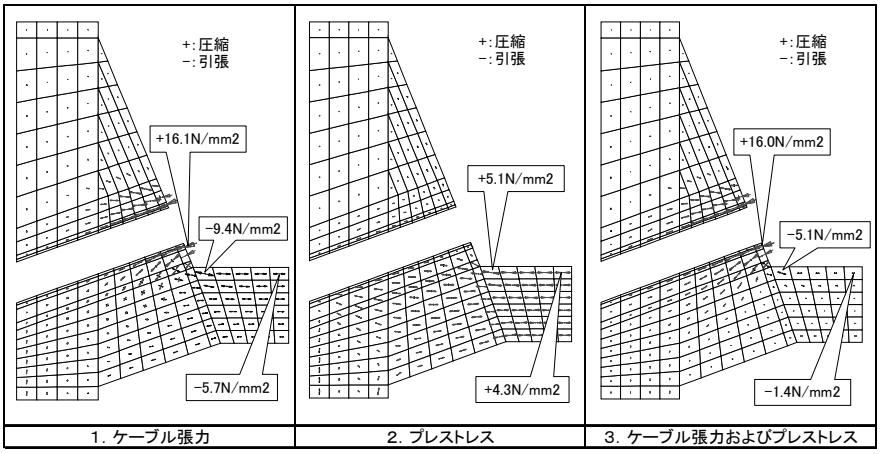
図－１　最上段定着構造



図－２　ＦＥＭモデルと荷重



図－３　変形図
（ケーブル張力＋プレストレス）



図－４　主応力図

参考文献

- 「PC 斜張橋・エクストラドーズド橋　設計施工基準（案）」平成 12 年 11 月（社）プレストレストコンクリート技術協会