

(91) スペーストラスPC複合斜張橋の設計と施工

住友建設(株) 正会員 ○ 杉村 悟
 同 正会員 春日 昭夫
 同 正会員 益子 博志
 同 正会員 新井 英雄

1. はじめに

SBSリンクウェイ橋¹⁾は、シンガポール住友パークライトの工場内に建設される研究棟と、既設の建物を連絡する歩道橋である(写真-1)。本橋が工場の入り口付近に位置することからモニュメント性のある新しい構造が求められ、スペーストラスPC複合斜張橋を採用した。

スペーストラス構造は、コンクリートと鋼トラスを組み合わせる事でそれぞれの材料特性を生かした合理的な構造で、波形鋼板ウェブなど近年の複合構造の新しい流れのひとつとして位置づけられる。

スペーストラス構造を採用した橋梁の実績は、表-1に示すように1990年にフランスで施工されたロワーズ橋²⁾が最初の施工例であるが、斜張橋への適用は本橋が初めてとなる。本構造は、従来の構造と比較して多くの利点を有しているため、将来的には長大斜張橋への適用³⁾が期待できるものと考えられる。

本稿は、シンガポールにおけるスペーストラスPC複合斜張橋の設計および施工上の特徴について報告するものである。

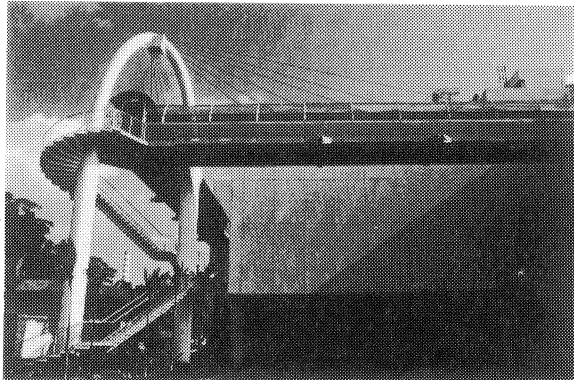


写真-1 SBSリンクウェイ橋

2. SBSリンクウェイ橋の概要

本橋の工事概要は次の通りである。また、一般図を図-1に、主要材料を表-2に示す。

施工場所：住友パークライトシンガポール
 構造形式：2径間連続PC複合斜張橋
 橋 長：63.257m
 支 間：32.560m + 29.847m
 幅 員：2.7m (歩行部1.4m)
 荷 重：群衆荷重 (w=350kgf/m²)

表-1 スペーストラス構造の橋梁実績

	所在地	橋長	最大 支間長	幅員	完成年
ロワーズ橋	フランス	112m	40m	11.2m	1990年
ルーリー高架橋	スイス	950m	42.75m	12m×2	1997年

表-2 主要材料

項目	種別	数量	単位	摘要
コンクリート	主桁	52.2	m ³	σ _{ck} =400kgf/cm ²
	橋脚	16.1	"	σ _{ck} =350kgf/cm ²
鋼管	主桁下弦材	4478.0	kg	φ318.5 t=10.3
	"トラス部材	1962.6	"	φ114.3 t=6.0
	斜材定着部	360.4	"	φ190.7 t=5.3
	主塔	2996.5	"	φ711.2 t=16.0
	橋脚	9085.0	"	φ1016.0 t=16.0
鋼材	主桁	1718.9	kg	12×15.2
	脚頭部	341.1	"	φ32
	主塔基部	133.4	"	φ26
	斜材	233.2	"	1×15.2
鉄筋	主桁	5863.8	kg	D13~D19
	橋脚	2550.6	"	D22

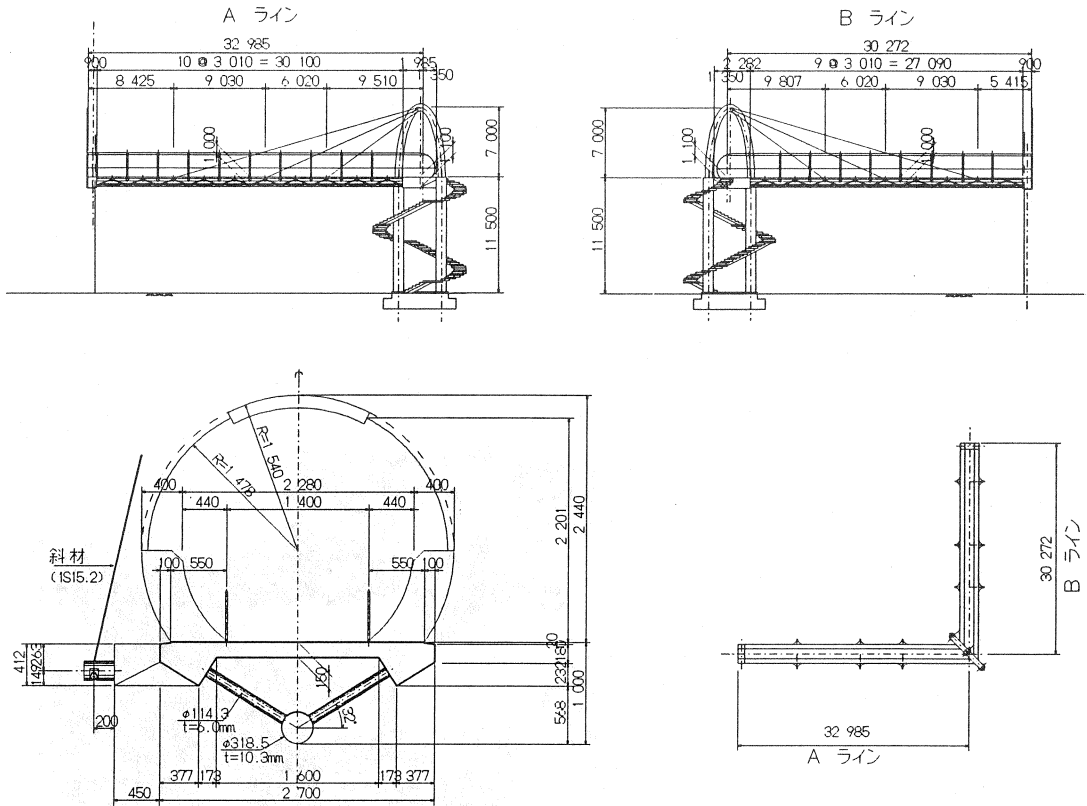


図-1 一般図

3. 構造設計

本橋の構造上の特徴は以下の通りである。

- ・橋梁形式は、中間支点で直角に曲がる平面線形を有する2径間連続PC複合斜張橋である。
- ・主桁は、エッジガーダータイプのコンクリート床板と下弦材、斜材から成る鋼トラス部材を組み合わせたスペーストラス構造である。
- ・主塔は、景観および斜材ケーブルの配置を考慮し、楕円形状を有した構造としている。

3-1 解析モデル

本橋の構造解析には以下の解析モデルを用いた。

- ①トラス部材による2次元骨組モデル(主桁、主塔)
- ②トラス部材による3次元骨組モデル(//)
- ③棒部材による2次元骨組モデル(脚頭部)
- ④FEM解析モデル(主塔頂部)

全体構造解析にあたり①と②のモデルの断面力を比較したところ、主桁部については両モデルの間に大きな差はなかった。しかし、本橋の主桁が中間部で直角に曲がるために斜材から主塔を介して発生するアンバランス力の影響を考慮するため、最終的に②のモデルを採用した。また、③および④は部分的な構造解析に使用した。

解析におけるトラス構造の接合条件は、解析の結果、ヒンジ結合と剛結合の両者の断面力に大きな差はないため、本橋では剛結合として評価した。

3-2 クリープ解析

スペーストラス構造では、鋼部材とコンクリート部材にて主桁が構成されているため、クリープ解析は異種部材が混合した条件で行うことになる。本橋では各部材を立体骨組モデルにて表し解析しているため、コンクリート部材のみクリープの影響を考慮するようにした。クリープ解析は文献4)に基づいて行い、部材のクリープ係数を考慮した剛性マトリクス K_c を換算断面性能に用いて、持続荷重により発生する各部材の2次力を算出した。

3-3 接合部の設計

トラス構造は軸力部材を組み合わせることで全体として曲げやせん断に抵抗するため、部材を一体化させる接合部は、トラス部材の軸力をもう一方のトラス部材に伝達する機構を持つ、構造的に非常に重要な部材である。このため、接合部の設計を行うにあたり、他の部材よりも大きな安全率を考慮する必要があるものと考えられる。

鋼トラス同士の接合についてはガセットによる接合を始め、様々な実験・研究が行われている。一方、コンクリートと鋼トラスの接合部の設計については、設計法に関する研究がほとんどなされていないのが現状である。本橋における接合部は、図-2のような構造とした。曲げモーメント M に対しては鋼製のT型プレートにて抵抗させ、せん断力 S に対しては、スタッドの代わりに配置したU型鉄筋にて抵抗させる設計手法を採用した。この接合構造については、本橋の設計・施工と併行して実物大の模型試験を行うことでその安全性を確認している。

一方、斜材と下弦材の鋼管継手の設計については、文献5)に基づいて行った。図-3に示すように、鋼管分岐継手において主管の塑性変形およびパンチングシアーに対する終局耐力を、 θ や g をパラメータとしてそれぞれ算出した。

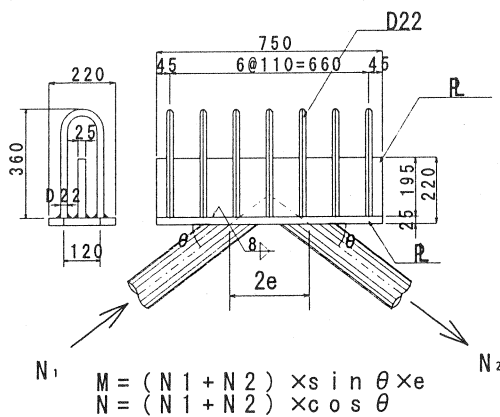
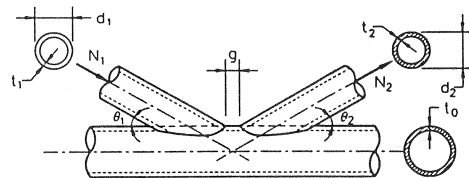


図-2 コンクリート・鋼トラス接合部詳細図



主管の塑性変形に対する終局耐力

$$N_1 = \frac{f_{ps} \cdot t_1^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1.8 + 10.2 \frac{d_1}{d_2} \right) \cdot f(\gamma, g') \cdot f(n')$$

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

パンチングシアーに対する終局耐力

$$N_1 = \frac{f_{ps}}{\sqrt{3}} \cdot t_1 \cdot m \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \sin^2 \theta_1}$$

f_{ps} : 鋼管の降伏応力度

$f(\gamma, g'), f(n')$: 継手形状、荷重係数により決まる変数

図-3 鋼管継手の設計手法

3-4 主桁の設計

コンクリート床板の設計は、橋軸方向はPC部材、橋軸直角方向はRC部材として設計した。図-4に橋軸方向におけるコンクリート床板の曲げモーメント図および軸力図を示す。作用断面力に対し、斜材ケーブルの他、図-5のようにコンクリート床板内に12S15のPCより線を2本配置している。

鋼トラス部材の設計は、作用軸力に対して鋼管の有効座屈長を考慮した許容応力度にて設計した。下弦材については曲げ応力度の照査も行った。

最終的に、本橋の主桁の重量は1.6tf/mと大幅な軽量化を図ることができた。

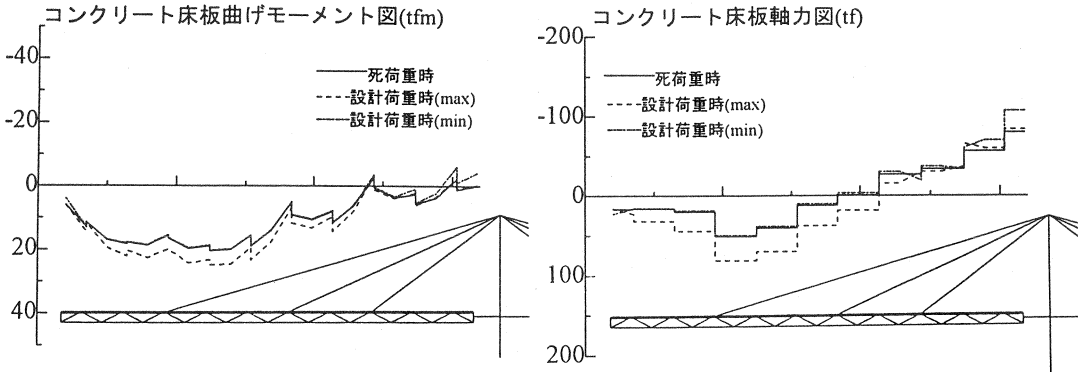


図-4 コンクリート床板断面力図

3-5 脚頭部の設計

脚頭部の設計は、図-6のように2次元モデルに主桁・主塔から伝達される断面力(曲げモーメント、せん断力、軸力)を载荷して解析を行った。そして、発生断面力に対して32mmのPC鋼棒を8本配置した

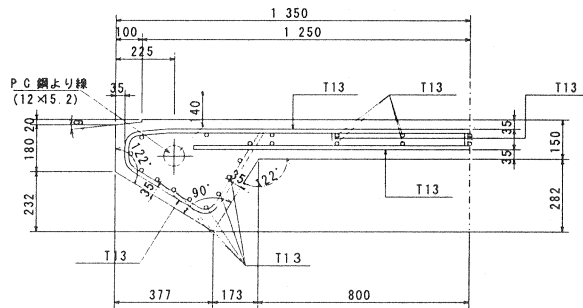


図-5 主桁断面詳細図

3-6 斜材定着部および主塔の設計

主桁側の斜材定着部の構造を図-7に示す。主桁上に架設されるフードパネルと斜材のクリアランスを確保するため、主桁の外側にコンクリートと鋼管からなる張り出し定着部を設けた。斜材張力によって、張出し部付け根に作用する曲げモーメントに対しては、鋼管内に高強度モルタルを充填して対応した。

主塔側の定着部は、主塔頂部に集中配置となる。局部応力の解析はFEMモデルにて行い、各々の部材寸法を決定した¹⁾。また、斜材から主塔基部に伝達される曲げ応力に対しては、図-8のように主塔基部をリブプレートにて補強し、橋脚との一体化のために26mmのPC鋼棒を配置した。

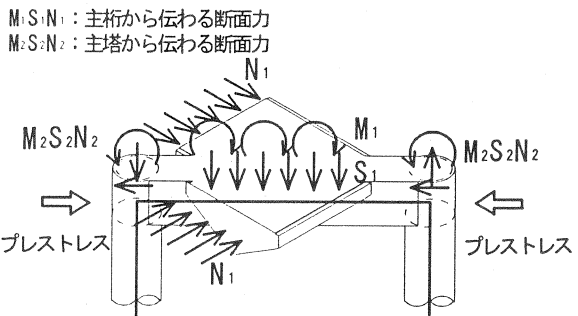


図-6 脚頭部の解析モデル

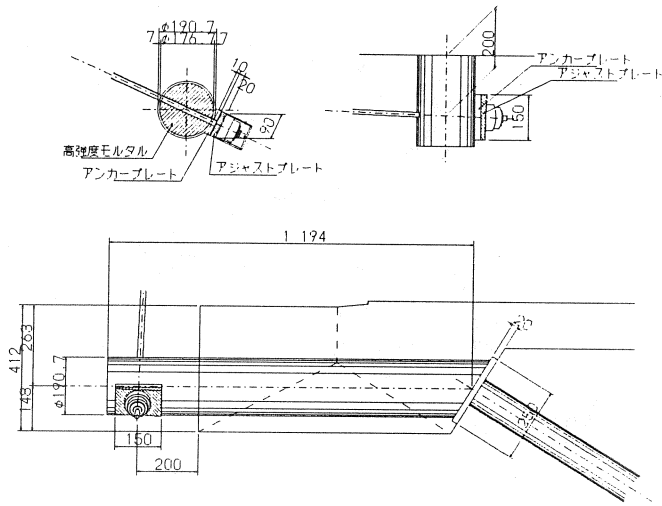


図-7 主桁斜材定着部詳細図

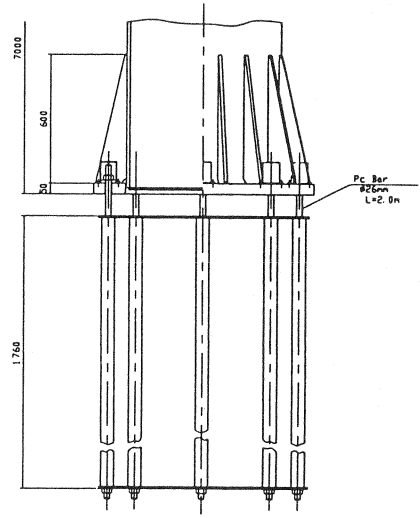


図-8 主塔基部詳細図

4. 施工

4-1 主桁の施工

主桁の施工は支保工上にて行った。鋼トラスおよび接合部は全て工場製作とし、シンガポールの工場で作成を行い、1スパン分(30m)をトレーラーにて現地まで搬入し、トラッククレーンで一括架設した(写真-2)。本橋は主桁断面が逆三角形形状であるため、写真-3のような受け架台を設けて架設時の安定性を確保した。

トラスの架設後、コンクリート床版部および脚頭部の配筋を行った。脚頭部は床版、横梁および橋脚の鉄筋やPC鋼材の配置が集中しており、トラス接合部もシーブや斜材ケーブルの定着鋼管が配置されているため、特に施工精度に留意した。コンクリートを打設・養生後、主桁および横梁のPC鋼材を緊張した。

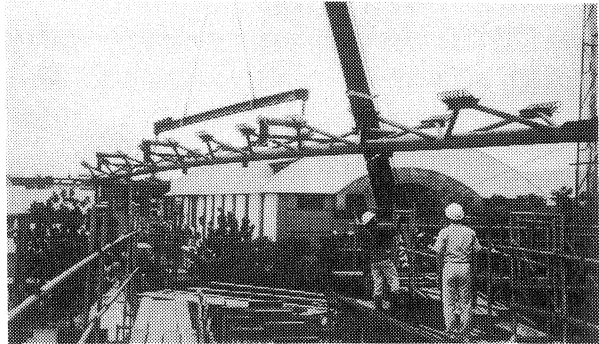


写真-2 トラス材の架設

4-2 主塔の施工

主塔は直径700mmの鋼管を曲げ加工する必要があり、また塔頂部の斜材定着部の構造が複雑なため、日本国内で製作して3分割したものを現地へ搬入後、現場溶接にて組み立ててクレーンにて架設した。

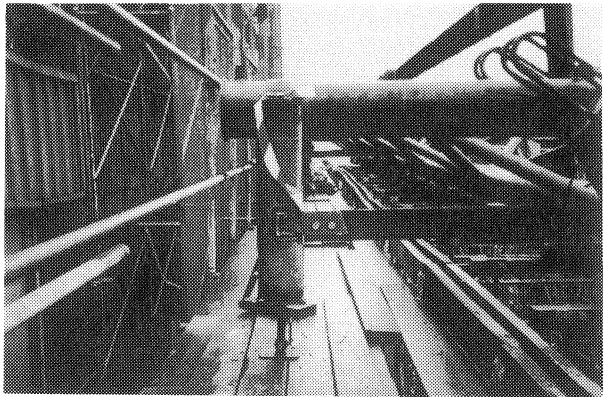


写真-3 斜材定着部受け架台

4-3 斜材工

斜張ケーブルは、工事の省力化に配慮し、工場製作されたポリエチレン被覆のエポキシシンダストランド(1S15.2)を採用した。

斜材ケーブルの緊張は、所定の長さのケーブルを塔頂部に引き込んで仮定着した後、下段ケーブルから上段ケーブルに向かって主桁側から左右の径間を交互に緊張した(写真-4)。

張力導入後、支保工を解放して張力調整を行った。張力管理は、緊張時および張力調整時共に圧力計の読みおよび伸び量を管理することで行った。なお、張力調整後、振動法によるケーブル張力の確認も併せて実施した。

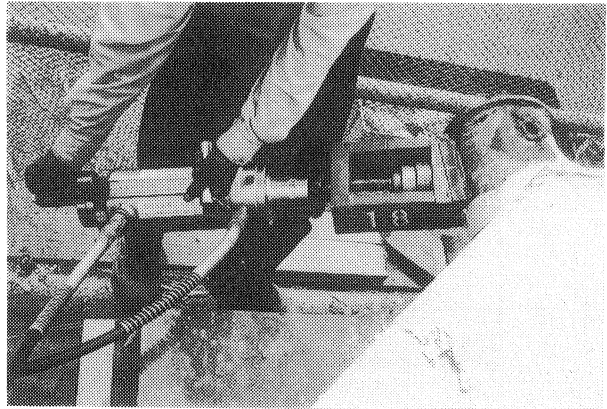


写真-4 斜材の緊張

5. おわりに

以上、SBSリンクウェイ橋の設計と施工の特徴について述べた。スペーストラス構造の設計については、接合部の合理的な構造や、解析モデルを含めた適切な設計手法の確立といった点が今後の課題として挙げられる。また、施工方法についても、プレキャストセグメント化、外ケーブルの併用など長大斜張橋への適用のための検討が必要と考えられる。

現在、接合部の合理的構造、設計手法の確立のための模型実験を実施中であり、近日中に報告ができるものと思われる。本報告がスペーストラス構造斜張橋の建設に際して、その一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 春日, 益子, 杉村: SBSリンクウェイ橋の設計と施工, 橋梁と基礎, pp2~8, 1997 7
- 2) S.Montens, "Le Pont Experimental sur la Roize", Travaux, pp28~45, 1992 7
- 3) J.Muller, "Les ouvrages d'art autoroutiers", Travaux, pp88~94, 1990 12
- 4) 本間, 森田: 不静定PC構造物のクリープによる影響, プレストレストコンクリート, Vol.19, pp24~35, 1977 8
- 5) "Constructional Steel Design", Elsevier Applied Science, 1992