

FIP シンポジウム1997(南アフリカ)に参加して

庭野 隆*1・高橋 輝光*2・品川 清和*3

1. はじめに

FIP(Federation Internationale de la Precontrainte : 国際プレストレストコンクリート連合)のシンポジウムが南アフリカのヨハネスブルグで開催された。今回、プレストレストコンクリート技術協会理事の横浜国立大学池田尚治教授を団長とする視察団(プレストレストコンクリート技術協会主催)の一員としてシンポジウムに参加し、あわせて香港、南アフリカの橋梁を見る機会を得たのでその概要を報告する。

2. FIPシンポジウム

2.1 会議概要

今回のシンポジウムは、1997年3月10日から12日まで3日間、南アフリカのCSSA(The Concrete Society of Southern Africa : 南アフリカコンクリート学会)との合同主催により、Santon Sun & Towers Intercontinental Convention Centreにおいて開催された。前年度は、イギリスのロンドンにて同じくシンポジウムが開催されている。

今回は、世界33カ国から登録者や同伴者を含めて総勢約350名の参加者があった。表-1に主要各国の事前登録者数を示す。日本からも産学各界から総勢約40名の参加があり、開催国の南アフリカに次ぐ規模であった。

また、R. Lacroix 教授(フランス : Freyssinet 社)、G.



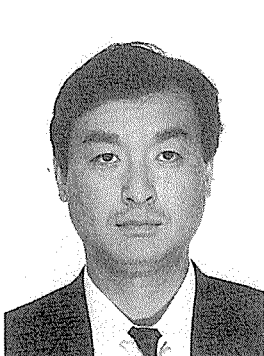
写真-1 ウェルカムパーティでのセレモニー

表-1 主要各国の事前登録者数

国名	登録者数	同伴者数	国名	登録者数	同伴者数
南アフリカ	132	16	ポルトガル	11	3
日本	40	5	ドイツ	10	2
フランス	17	1	オランダ	8	3
イギリス	13	3	インド	8	1
ハンガリー	12	1	ベルギー	8	0

Somerville 教授(イギリス : British Cement Association)をはじめ各国から著名な学者や技術者が顔を揃え交流を深めていた。

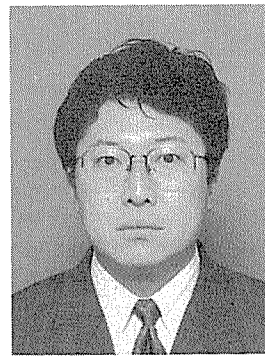
「発展へとつづくコンクリートの道(The Concrete Way



*1 Takashi NIWANO
オリエンタル建設㈱
東京支店
工務部
技術チーム 課長



*2 Terumitsu TAKAHASHI
ドービー建設工業㈱
東京支店
設計部 設計課長



*3 Kiyokazu SHINAGAWA
ピーシー橋梁㈱
本社 技術部
設計第二課 係長

to Development)」をシンポジウムのテーマとして、各国からPCに関する最新の技術について、24のセッションにわかれて、約100題の発表が行われた。シンポジウムのプログラムを表-2に示す。また会議と平行して展示会、ポスターセッション、見学ツアーも開催された。

表-2 FIPシンポジウム1997のプログラム

3月10日(月)	午前	オープニングセレモニー 基調講演		
	午後	セッション 1.1 橋梁	セッション 2.1 耐久性	セッション 3.1 ハイパフォーマンス コンクリート
		セッション 1.2 橋梁	セッション 2.2 経済性	セッション 3.2 フライアッシュと スラグコンクリート
3月11日(火)	午前	セッション 1.3 トンネル	セッション 2.3 コンクリートと環境	セッション 3.3 特殊コンクリートと 混和剤
		セッション 1.4 設計	セッション 2.4 コンクリートと環境	セッション 3.4 コンクリート材料
	午後	セッション 1.5 設計	セッション 2.5 研究: コンクリート構造物	セッション 3.5 発展途上国の コンクリート
		セッション 1.6 設計	セッション 2.6 研究: ビルディング	セッション 3.6 構造物の メンテナンス
3月12日(水)	午前	セッション 1.7 特殊環境下の構造物	セッション 2.7 研究および試験: 橋梁	セッション 3.7 構造物の メンテナンス
		セッション 1.8 その他の構造物	セッション 2.8 研究および試験: 一般	セッション 3.8 構造物の補強
	午後	基調講演 閉会式		

2.2 開 会 式

開会式では、CSSA会長B. Raath氏、ノーベル平和賞受賞者F. W. de Klerk氏、FIP会長M. Virlogeux氏ら3氏による挨拶が行われ、ヨハネスブルグのシンポジウムが成功するようとの賛辞が述べられた。続いて、FIPメダルの授賞式が行われ、以下の方々を受賞された。

- Charles Liebenberg博士(南アフリカ)
- Bob Park教授(ニュージーランド)

2.3 会 議 内 容

会議は、テーマごとに3つの会場に分かれて行われ、各セッションは座長による発表者の紹介、15分程度の発表の順で進行し、最後に質疑応答が行われた。会場では全部で105編の論文が発表され、これらが3冊の論文集にまとめられている。

(1) 基 調 講 演

開会式に引き続き基調講演があり、まずC. Mc Millan氏(SACE会長)が「南アフリカにおけるPCの動向」と題して、南アフリカのコンクリート構造物の実績、課題および今後の展望について講演された。

次いで、R. Walther教授(FIP名誉会長)が「欧米の最近のPCの動向」と題して、ヨーロッパおよび北米で最近施工された種々の構造物を比較しながら講演された。教授

は講演のなかで、“技術力の向上は大切であるが、それ以前に普通のことを立派にやり遂げることが大事である。”と述べ、技術者はいたずらに長大化や高層化の競争をするのではなく、地味でも良い構造物を造るべきであることを強調されていた。

最後に、C. R. Alimchandani氏(FIPインド副会長)が「東アジアおよびオーストラリアのPCの動向」と題して、東アジアおよびオーストラリアの特徴的なコンクリート構造物について講演された。

(2) 論 文 発 表

論文は設計・施工、性能および材料の大きく3つのテーマに分けられた。それぞれのテーマはさらに8つのセッションに分割され、合計24のセッションにて発表が行われた。

論文集に収録された105編の論文のうち、日本からは4編が発表された。セッション1.1橋梁では岩崎氏(大成建設)が鉄道橋のPC斜版橋である名取川橋梁の施工法について、同じくセッション1.2橋梁では登田氏(住友建設)が世界最長の吊床版橋である夢吊橋の施工についてそれぞれ発表された。また、セッション2.8研究および試験では飯塚氏(フドウ建設)がプレキャスト製コンクリート柱の地震特性の実験について、セッション3.2フライアッシュおよびスラグコンクリートでは、杉田教授(八戸工業大学)が高活性珪灰を用いたコンクリートの研究についてそれぞれ発表された。

2.4 閉 会 式

閉会式ではI. Player博士、B. Bruce氏および次回開催国であるオランダのコンクリート協会会長であるH. Oud氏ら3氏による基調講演の後、Raath氏、Virlogeux氏両名による閉会の辞によって、3日間にわたる南アフリカシンポジウムの幕が閉じられた。

(1) 今後の開催予定

今後FIPとしては、1998年5月にオランダで開催されるアムステルダム会議が最後となり、翌年の1999年からはFIPとCEBが統合されFIBと呼ばれる新組織となる。FIBとしての最初のシンポジウムは、1999年10月にチェコのプラハで開催される予定である。

1) 第13回コンgres

1998. 5.10-16 オランダ・アムステルダム

2) FIBシンポジウム

1999.10.13-15 チェコ・プラハ

3. 橋 梁 視 察

3.1 カプスイモン橋(香港)^{1),2),3)}

(1) 概 要

カプスイモン(Kap Shui Mun)橋は、香港(Hong Kong)の新空港から香港島までの連絡道路のうち、新空港が建

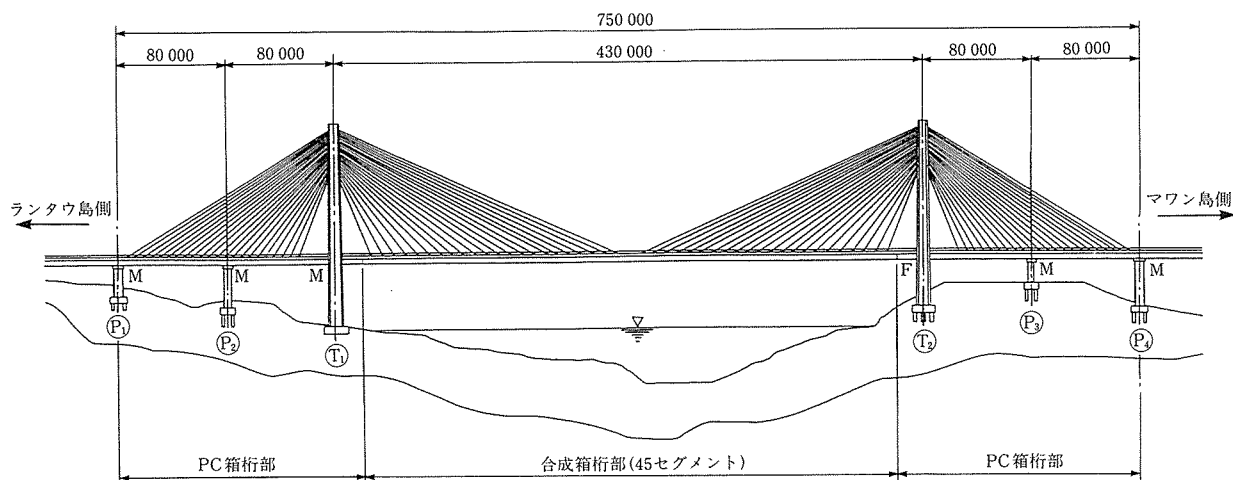


図-1 カプスイモン橋側面図

表-3 工事概要

施工場所	香港 ランタウ島～マワン島
構造形式	5径間連続複合斜張橋(ダブルデッキ)
橋長	750.000m
支間	80.0m+80.0m+430.0m+80.0m+80.0m
幅員	35.200m
施工法	側径間 押し出し工法 中央径間 張出し工法
施工主	香港政庁(路政署)
施工工	熊谷組・前田建設・横河ブリッジ・日立造船JV

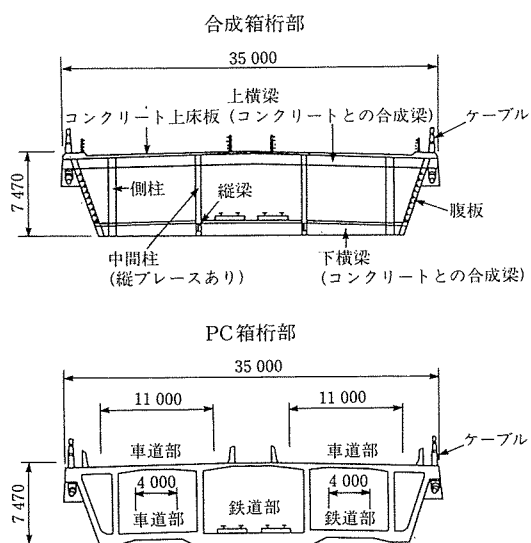


図-2 断面図

設されるランタウ島と九龍寄りのマワン島とを結ぶ、カプスイモン海峡に架設される5径間連続複合斜張橋(二層式)である。完成後は道路・鉄道併用の斜張橋としては世界最大の支間となる予定である。

(2) 設計

橋梁の設計は、橋梁計画(橋梁形式決定)から詳細設計までを、JVとは直接利害関係のない設計コンサルタントを雇用し、設計業務を行なわせる事が契約書で義務付け

られており、設計・製作・施工・検査等に関する基準はBS(British Standard)に準拠することが定められている。

斜張橋部の主桁は、側径間がPC箱桁構造となっており、中央径間が鋼とコンクリートの合成箱桁構造、主塔が高さ150mのコンクリート構造の複合斜張橋として計画・設計され、中央径間の主桁は箱桁構造で上下フランジをコンクリート、腹板を鋼とし、コンクリートと鋼はスタッドジベルで合成した死活荷重合成桁である。

主桁の支持条件は、マワン側の塔とコンクリート桁とは剛結とし、これ以外の支点は全て、可動軸で支えている。主桁のアップリフト対策として、側径間の中間橋脚及び端橋脚にホールダウンケーブルを設けて対処している。

コンクリート桁と合成箱桁との連結部は、PC鋼棒とスタッドジベルにより力の伝達を行う構造とし連結部のセグメントは予め側径間ヤードでコンクリート桁に連結され、側径間桁の押し出し架設の手延桁として用い、架設完了後はそのまま本体構造になるように計画されている。

(3) 斜材システム

ケーブルは亜鉛メッキした直径15.7mmのストランドにグリースとポリエチレンを被覆したアンボンドPC鋼より線を、1ケーブルに61～108本使用しており、現場製作斜材としては世界最大である。

定着システムはDW社ボンドソケットシステムを採用している。このシステムは斜材緊張後に珪砂を混ぜたエポキシ樹脂をソケット内に充填・固化させることにより、クサビに作用する変動荷重をソケット効果により低減させ、定着部の耐疲労性能を高めようとするもので、定着部の防食性も高くなっている。

斜材施工は、ケーブルの架設・緊張後、半割のPE製外套管を溶着し、順次吊り上げる方法で行っている。なおこの外套管の継手は、防水継手の工夫がなされており、

グラウトは行っていない。

(4) 主桁の地組立・架設

鋼桁と上下コンクリート床版は、地組立ヤードで一体化され、1つのセグメント(合成箱桁断面部材)が製作される。地組立ヤードは中央にバジドックを配置し、その両側にそれぞれ5つのステージを準備した。

各ステージは①鋼桁組立と添接部塗装②下床版打設③上床版打設④付属物取付け⑤養生・予備ステージで、2週間の架設サイクルに合わせて稼働し重量約500トンのセグメントの組立が完成した。

そのセグメントをスライディングにより台船に搭載し、架設のために閉鎖された海峡を曳航し、架設地点で直下吊りされ、セグメントを吊り上げ架設した。

(5) コンクリート床版の施工

コンクリート床版の厚さは、標準部分で250mmコンクリートの設計基準強度は50Mpa(≒500kgf/cm²)で高強度のコンクリートを使うことにより床版厚を小さくし、桁の軽量化を図ることができた。

合成構造であるという構造特性から、コンクリートの物性試験は通常の強度試験のほかにヤング率・クリープ・乾燥収縮などの諸量を測定し、その値を用いて構造計算の最終精算を行った。

(6) 品質管理

品質管理はISO 9001に従って行われることが契約書に明記されており、JV組織内に品質管理技術者を置き、設計から施工に至るまでの品質管理を行なった。

発注者側のコンサルタントから派遣された検査員が常駐し、日常の作業や品質管理業務のほとんど全てが立会いのもとで行われ、その結果については必ず記録を残し、さらに品質管理技術者がそれを確認し、サインを残すという一連の手順が要求された。

(7) カプスイモン橋のまとめ

カプスイモン橋は1992年12月に着工され、1997年5月完成を目標に現在(1997年4月)工事が進められており、香

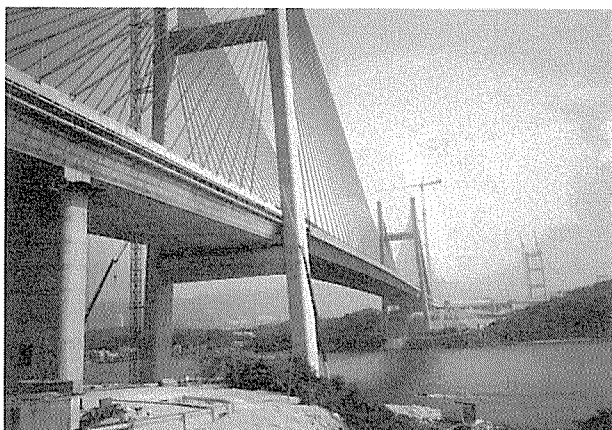


写真-2 カプスイモン橋全景

港新空港開港・香港中国返還に合わせて開通祝賀式典が計画されている。さらに本橋はランドマーク橋梁のイメージがあり、施工技術の積極的な研究開発も盛んであり、今後大いに参考になる橋梁であると思われる。

3.2 南アフリカの橋梁^{4),5)}

FIPシンポジウム終了後、3月13~14日の両日にわたって、国道2号線に架かるコンクリート橋の橋梁視察を行った。この国道2号線は、南アフリカの最南端のケープタウンから海岸沿いにダーバンまでを結ぶ道路であり、特にポートエリザベスまでは、美しい街々、海、海岸線および原生林などが続き、通称「ガーデンルート」と呼ばれている。

FIPシンポジウムが開催されたヨハネスブルグは、比較的平坦な地形であったため、大規模な橋梁は少なく、スレンダーなPCプレキャストセグメントによる跨道橋が大半であった。一方、橋梁視察を行ったガーデンルートに架かる橋は、幅200~500mの渓谷を渡るコンクリートアーチ橋3橋とPC方杖ラーメン橋1橋であり、またその規模は、かなりのものであった。図-3にそれらの形状を示す。

南アフリカにおいて、橋梁設計の実施の際には、イギリスの設計基準であるBS5400を基本としている。荷重は、活荷重、風荷重、地震荷重に関しては、独自の基準であるSouth Africa Bridge Codeを適用している。活荷重には、基本的にNA, NB, NACの3種類があり、長大橋においてはNAC荷重という600tfのトレーラー荷重が支配的となる。

風荷重は、風荷重の構造物への動的効果を考慮して次式により評価している。

$$P_v = 0.47 \cdot C_p \cdot Z^{0.28} \quad (\text{KPa})$$

南アフリカでは、1969年9月に起きたマグニチュード6.3の地震以来、橋梁に耐震設計を取り入れるようになっている。南部海岸沿い(ガーデンルートを含む)は、改正メルカリ震度階で6に相当する地震加速度0.04~0.08Gをもとにして、最大地震加速度0.1Gで設計している。

以下に視察をした橋梁の概要を簡単に紹介する。

(1) Bloukrans橋

コンクリートアーチ橋としては、アフリカで最長であり、世界第4位の橋長である。渓谷とよく調和している。他の橋梁にも言えるが、日本の橋梁に比べ、鉛直材が極めて細い。

本橋は、エル・セントロ波による動的解析を行い、柱と床版の接合条件を剛結、ピン結合、すべり結合の3種類を設け、地震時の応答の改善を図っている。

なお、竣工年度は1983年である。

構造諸元は、橋長451m、幅員16m、アーチスパン272m、アーチライズ62m、アーチ厚3.6mである。

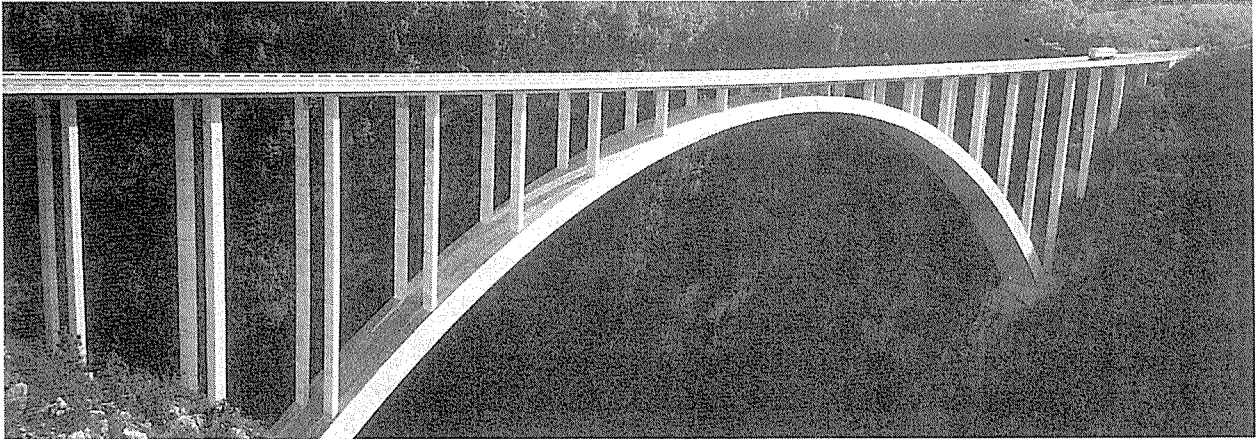
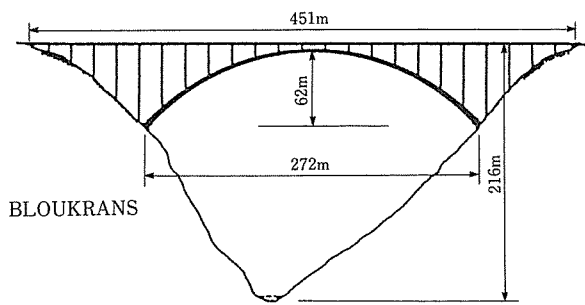
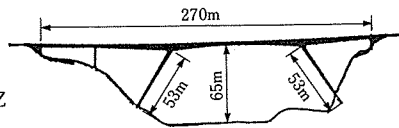


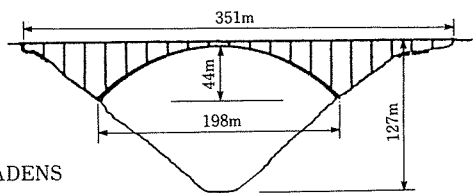
写真-3 Bloukrans橋



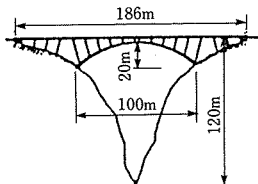
BLOUKRANS



GOURITZ



VAN STADENS



STORMS RIVER

図-3 南アフリカ視察橋梁

この橋梁の視察の際には、アメリカのFIP視察団とたまたま一緒になり、しばらく日米友好を深めた。

(2) Gouritz River橋

PC方杖ラーメン橋としての規模は、世界第1位である。

その施工方法は、図-4に示すとおり、まず、橋脚施工後、両岸にピロンを設置し、移動作業車により橋台側から橋脚頭部まで張出し施工を行った。次に、側径間側が完成した後、ピロンを撤去し、移動作業車により、中央径間の施工を行い橋梁を完成させた。

構造諸元は、橋長270m、幅員16m、最大支間105m、橋脚高53mである。竣工年度は1977年である。

本橋梁の隣の鋼トラス歩道橋上に、バンジージャンプの施設があり、観光客が65m下の谷底をめがけて「スリ

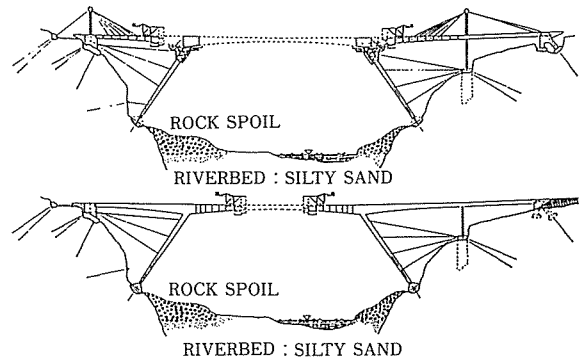


図-4 Gouritz River橋の施工



写真-4 Gouritz River橋

ー、ツー、ワン、ゴー！」のかけ声とともに、飛び降りていた。ちなみに、我が視察団からの参加者はいなかった。

(3) Van Stadens橋

本橋は、南アフリカの橋梁視察で最初に訪れた橋梁である。国道2号線をおりて、下から見た景観は壮大であった。本橋の鉛直材は、特に細く、円柱形状である。

構造諸元は、橋長351m、幅員16m、アーチスパン198m、アーチライズ44mである。竣工年度は1970年である。

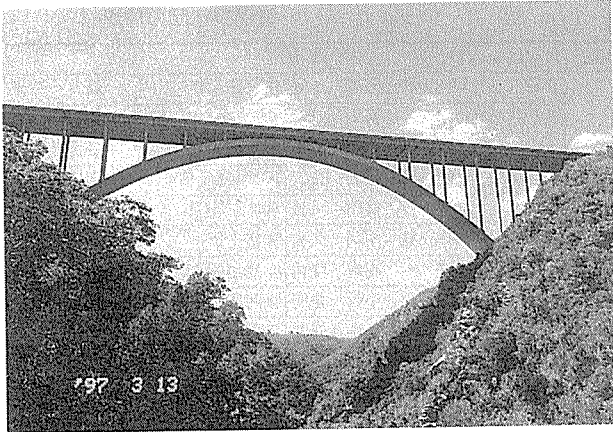


写真-5 Van Stadens橋

(4) Storms River橋

本橋は、視察した橋梁で最も古く竣工年度は1954年である。そのためか橋梁の規模もやや小さい。

この橋の特徴として、鉛直部材が斜めになっていることがあげられる。アーチリング上は両岸側へそれぞれ傾斜し、橋台付近は中央側へ傾斜している。それが景観的にも良いアクセントとなっている。

構造諸元は、橋長186m、幅員16m、アーチスパン100m、アーチライズ20mである。

この橋梁のためには、森林博物館、ドライブインがあり、溪谷とマッチした橋梁の景観は、観光名所の一つとなっている。

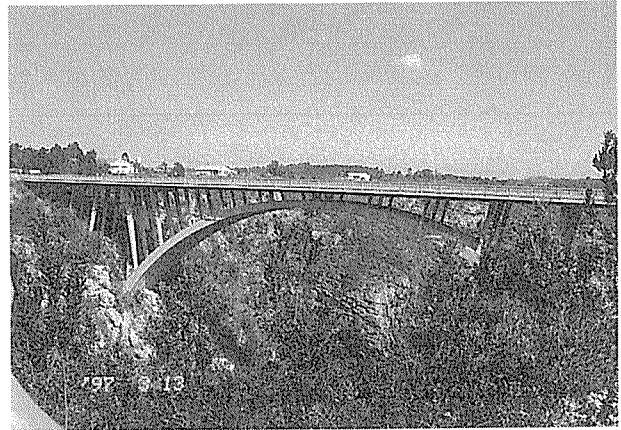


写真-6 Storms River橋

参 考 文 献

- 1) Building for the Future : Hong Kong Government New Airport Projects coordination Office
- 2) Kap Shui Mun Bridge and Ma Wan Viaduct : Government of Hong Kong Highways Department
- 3) 香港政庁発注 香港汲水門橋パンフレット：横河ブリッジ・日立造船共同企業体
- 4) A C Liebenberg, V Trumpelmann, R D Kratz, Developments in bridge, with special reference to concrete arch-type bridge in South Africa, The Civil Engineer in South Africa, pp.141~154, April, 1984.
- 5) A C Liebenberg, V Trumpelmann, R D Kratz, The planning, design and analysis of Bloukrans Bridge, The Civil Engineer in South Africa, pp.159~172, April, 1984.

【1997年 5月15日受付】