

レユニオン島の新設沿岸道路（広幅員のプレキャストセグメント箱桁橋） の設計・施工（後編）

— Reunion Island's New Coastal Road : A Viaduct with a Wide Precast Deck and Piers —

著：Thierry Duclos, Brahim Djessas, Fahed Chebbi, Romain Leonard
訳：会誌編集委員会海外部会

マダガスカル島の東のインド洋に位置するレユニオン島の現在の4車線の沿岸道路は、大規模な落石が発生したため、新設沿岸道路に切り替えることが決定された。これにより、レユニオン島の東の主要都市サン・ドニと、この西約20 kmにあるラ・ポッサシオン近郊の商港間の交通の安全性と利便性は大きく向上する。この新設沿岸道路は12.5 km以上に渡りほとんどが海上にあり、7連の高架橋5.4 km、グランシャループ高架橋および海沿いの堤防道路6.7 kmから構成される。本橋は広幅員（28.9 m）で薄いウェブを有し、サイクロン、波浪、そして地震発生地域にあるため、これらの環境条件を考慮した構造設計を行った。新設高架橋の設計・施工に関する契約は2014年に締結され、2018年または2019年に完成予定である。本稿では、ラ・ポッサシオン近郊の商港付近で製作したプレキャストセグメントを張出し架設工法にて海上架設した高架橋の設計・施工について報告する。

キーワード：プレキャスト、セグメント、プレストレス、せん断キー、有限要素法

3. 上部工

(2) セグメント製作時の検討

本橋は、標準的な内外併用のPC鋼材配置を採用している。内ケーブルは施工時荷重に対して配置し、外ケーブルは完成系の荷重に対して配置している。各径間には、外ケーブル偏向用の中間横桁を2箇所ずつ設けている。

必要鋼材量を検討するため、有限要素解析ソフトウェアSOFiStiKを使用し、2つのモデルを作成した（図-6）。1つ目のモデルでは、シエアラグの影響とプレストレスの応力分布を解析するためにシェル要素を使用した。この解析により、広幅員箱桁断面の形状による影響を考慮した局部応力を算出した。2つ目のモデルではビーム要素を使用し、施工ステップやクリープを考慮した解析を行った。

セグメント製作では、セグメントは次のセグメントを打設する前に横締め鋼材の緊張を行う。これはセグメント間のたわみ差を小さくし、製作時の接合面形状を保持することで、架設時のセグメント接合誤差をなくすためのものである。セグメント架設時の施工サイクルを維持していくためには、プレキャストセグメント工法の特徴的な問題点を洗い出し、既往の類似工事を分析しフィードバックする必要がある。

(3) 架設時の検討

セグメントの架設は、吊下げ式架設術を用いた張出し架設工法により行う（図-7）。

セグメントの接合時には、コンクリート内部または鋼製の外付け定着突起に配置する仮設鋼棒により引寄せを行った。また、せん断キー（図-8）を設置し、接着剤が硬化するまでのずれを抑制した。なお、この鉛直接合面は、通常のコンクリート打継面とは異なる設計を行

っている。

参考文献1)に示すように、接合部にエポキシ系接着剤を使用すると、内ケーブルのプレストレスにより構造的連続性が得られる。参考文献2・3)で推奨された方法により接合部の構造安定性を確認し、参考文献4・5)における研究成果により施工計画を立てた。

下底板および上床版に粗に配置したせん断キーは、セグメントの接合を容易にするだけでなく、セグメント同士のずれやたわみ差により発生する局部応力を抑えるために配置している。接合時には、横締め鋼材のプレストレスによるクリープと収縮により、張出し床版先端でたわみが生じている。そのたわみを確認するために、SOFiStiKの有限要素モデルによる詳細な解析を実施した。解析では以下のたわみの影響を検討した。

1. 熱変形によるそり現象
2. 横方向緊張時のたわみ
3. 製作ヤードでの仮置き時のたわみ
4. 架設中の吊上げ時のたわみ

そり現象は、セグメントが細長くない場合は、幅と長さの比 w/l が6から7を超える場合に留意する必要がある。

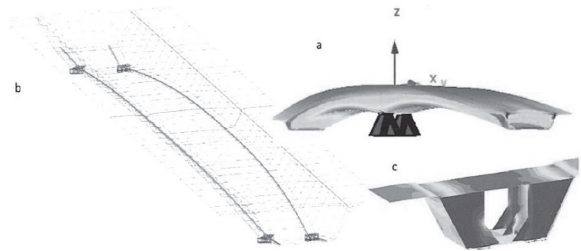


図-6 SOFiStiKモデル：a) 張出し施工部；
b) 中央径間部；c) MGVS



図 - 7 吊下げ式架設桁を用いた張出し架設工法



図 - 8 標準断面のせん断キー

る。NRLプロジェクト ($w=28.9\text{ m}$) では、そり現象に留意すべき箇所は柱頭部セグメントと第1セグメント V1 との間の第1接合部のみであった。そり現象は、セグメントの接合面に隙間を生じさせる水平方向の変形を生じ、その影響は次の接合へと累積される。そこで、V1 と VSP の間の接合部は現場打ち接合部とすることで、そり現象を吸収させることとした (図 - 9)。

上記の解析以外に、セグメント間のたわみ差を把握するため、以下の解析を行った。1つ目は、横締め鋼材緊張と仮置き時に発生するたわみを算出するため、SOFiSTiK によって時間に依存する要因を考慮した解析を行った。

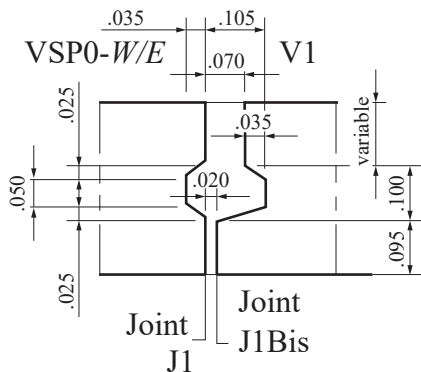


図 - 9 ノンマッチキャスト接合部詳細

なお、精度よく接合するため、接合時にせん断キーに作用するせん断力を接合面に発生する圧力により確認した。2つ目は、架設時の吊上げの影響を解析により算出した。3つ目は、接合部の挙動を確認するため、セグメントを架設桁まで運搬するために使用する低床セミトレーラーの荷重作用下における上床版のたわみを算出した。

セグメントは仮置き時の解析を反映した形状管理を行った。構造解析より算出する上げ越しおよびそのほかの変形もセグメントの形状管理に反映させた。なお、本橋では橋脚や基礎もプレキャスト化を行った。

4. 下部工

サイクロン時、サイクロン時の波浪および、施工時の安全性を確認するため、橋脚と基礎の解析を行った。解析の結果、地震時、船舶の衝突時、サイクロン時の橋脚および基礎の耐荷性を確認した。

橋脚と基礎は2分割し、2回で架設することとした。海面より高さ1.5 mの位置に接合部を設けたため、接合部は海中ではない良い条件での施工が可能となった。

1つ目の下部工セグメントは直径20～23 mの直接基礎および橋脚下側で構成されている。この構造にすることで、接合部を海面より高くすることが可能となる。直径は、支承条件および掛違い橋脚であるかどうかによって異なる。セグメントの重量は、約3 200～4 200 tになる。

2つ目の下部工セグメントは、端部に仮支承と本支承を有する脚頭部である。このセグメントは、重量が1 000～2 000 tであり、MGVSPを支持する部材である。

架橋位置での架設は、最大4 800 tまで吊り上げることができる大型クレーン台船を使用して行われる (図 - 10)。架設は、1回目の曳航で1つ目の下部工セグメントを架橋位置まで運び、吊上げ架設を行う。次に2回目の曳航で2つ目の下部工セグメントおよびMGVSPを運び、それぞれ吊上げ架設を行う。

施工順序は図 - 11 に示すとおり、フェーズ3 (大型クレーン台船によるMGVSPの架設) の次のステップは、

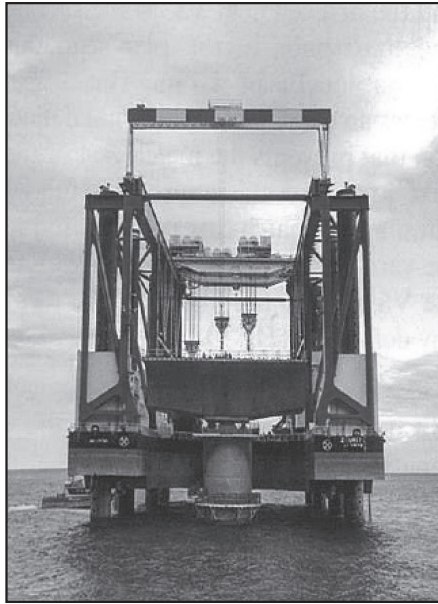


図 - 10 大型クレーン台船を使用した MGVS の建設 (Sebastien Marchal)

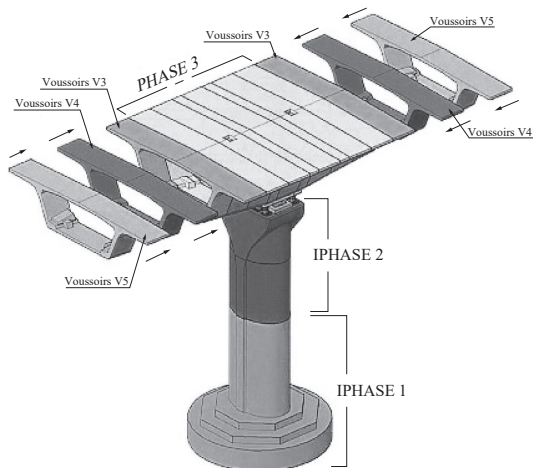


図 - 11 橋脚の施工 (フェーズ1と2) と MGVS の施工 (フェーズ3)

張出し架設部の施工となる。そのため、フェーズ3までの大きな課題は、波浪や暴風のなかで下部工セグメントおよびMGVSを正確に架設することである。

最初に建設した高架橋(7連目)は2017年7月に完成し、高架橋(5・6連目)は執筆時点で完成する(図-12)。残り的高架橋(1~4連目)の建設は、所定の架設サイクルを維持し、2018~2019年に全工区を完成させる予定となっている。

5. おわりに

オールプレキャスト化した高架橋を施工するためには、現場での施工に影響するすべての要素を正確に把握し、架設に反映する必要があるため、多くの詳細な解析が必要になる。それらの解析を行うことによって、製作ヤードでのセグメント製作から架橋位置での架設まですべての過程におけるセグメントの挙動を予測することが可能

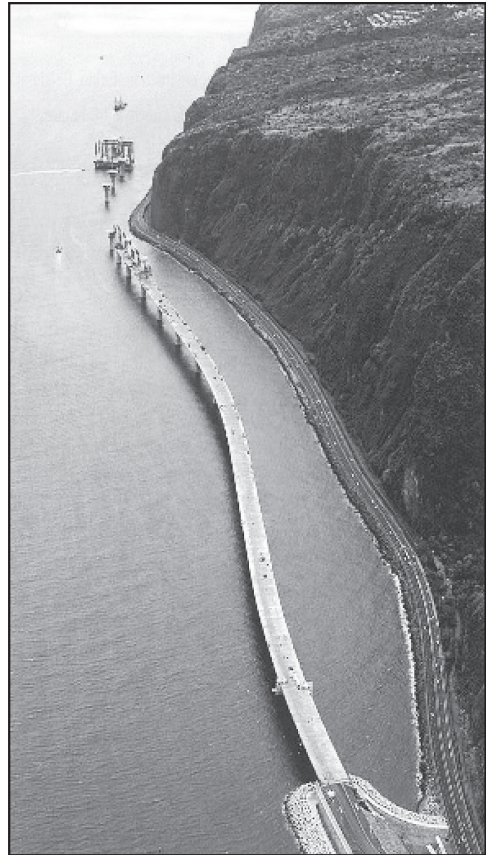


図 - 12 高架橋(6・7連目)の上空から見た全景

となる。これまで、異常なたわみによる架設の中断は発生しておらず、また、許容値以上のたわみは確認されていない。なお、詳細な解析は必要ではあるが、プレキャストセグメント工法の経験豊富な専門家の指導が必要であることに留意する必要がある。

参考文献

- 1) Podolny W, Jr, Muller JM. Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges. New York: Wiley, 1982.
- 2) Barras P, de Matteis D, Derays J-F, et al. Prestressed Concrete Bridges Built Using the Cantilever Method. Bagnaux: SETRA, 2003.
- 3) EN 1992. Design of concrete structures-Part 1-1: General rules and rules for building-Part 2: Rules for bridges. European Standards. 2004.
- 4) Axel Rombach G. Dry joint behavior of hollow box girder segmental bridges. Paper presented at: fib Symposium 2004.
- 5) Zhou X, Mickleborough N, Li Z. Shear strength of joints in precast segmental bridges. ACI Struct. 1. 2005; 102 (1) 3-11.

This article was first issued in SEI (Structural Engineering International), 2018, Volume 28, Number 2, page 111-117

* : 会誌編集委員会海外部会委員
堀田 尚史 (首都高速道路(株))
渡邊 秀知 (㈱ピーエス三菱)
佐藤 千鶴 (㈱ 銭高組)
田中 慎也 (㈱ IHI インフラ建設)
森田 遼 (鹿島建設(株))

【2019年8月30日受付】