

Project brief 2

プロジェクト紹介【寄稿】

鋼コンクリート複合構造とした 長大中路式アーチ橋の計画・設計

高田 壮進

TAKADA Takeyuki
大日本コンサルタント株式会社
東京支社
構造保全技術部第一計画室
主幹



はじめに

新天門橋は熊本天草幹線道路の内、大矢野バイパスの一部となり、現在天草1号橋として知られる天門橋に並列する橋梁となる。天門橋が3径間連続トラス橋であるのに対し、新天門橋は、鋼PC複合5径間連続中路式アーチ橋で設計をおこなった。

本稿では、新天門橋における橋梁予備設計から橋梁詳細設計までの経緯について報告する。

路線概要

熊本天草幹線道路は、図1に示すように熊本市から天草市に至る延長約70kmの地域高規格道路であり、熊本都市圏と天草地域との交流・連携を強化し、効率的な交通体系の形成を目的に計画されたものである。

その整備効果として、主に以下の4点が期待されている。

- ① 熊本と天草間の交流の強化
- ② 交通渋滞の緩和
- ③ 天草への交通代替路線の確保
- ④ 観光客増加、水産物価値向上

橋梁概要

新天門橋は片側1車線(有効幅員9.5m)で、設計速度60km/hの自

動車専用道路である。橋長が約480m、アーチ支間長が350m以上となるため、設計・施工にあたっては高度な技術力と豊富な専門知識が必要とされる。また、天門橋と並列橋となり、県立自然公園区域内であることを踏まえると景観的な配慮も重要となる。このことから、新天門橋に関する構造・施工技術および橋梁の意匠につい

ての設計・検討を円滑に進めるため、「新天門橋技術検討委員会(委員長・大塚久哲九州大学大学院教授)」を設立し、7回にわたり審議が行われた。この委員会の審議事項は、熊本県ホームページに公表されているので、参考にされたい。

写真1に架橋位置における現況を示す。



図1 新天門橋架橋位置



写真1 現況写真(天門橋)



(第1案) 鋼3径間連続トラス橋



図3 全体模型(中路式アーチ橋案)



(第2案) 鋼PC複合3径間連続エクストラードズド橋



(第3案) 鋼PC複合5径間連続中路式アーチ橋

図2 予備設計比較3案模型

橋梁予備設計

● 設計基本方針

本橋を設計するにあたり、技術検討委員会で審議し決定された設計基本方針は以下のとおりである。

- ・ 初期建設コストおよび維持管理費等のライフサイクルコスト削減を追求する。
- ・ 周辺景観との調和や天門橋との対比に配慮した橋梁デザインとする。

● 景観デザインコンセプト

技術検討委員会で決定されたデザインコンセプトは以下のとおりである。

- ・ 周辺の景観に調和するとともに、現天門橋の繊細でありながら緊

張感を内在する力強さを損なわず、対比的に技術的進歩が見てとれ、地域にも新しい物語が生まれる魅力的な橋を創造する。

● 主要な架橋条件

橋梁形式選定において特に影響を与える架橋条件等を以下に示す。

- ・ 地理条件：天門橋に並列する海上橋であり、景観的な調和や耐風安定性を考慮する必要がある。
- ・ 地形条件：水際の地形は急激に落ち込むため、海中に橋脚を建てる案は水深が深く工費が増大する。
- ・ 交差条件：現橋と高圧電線(架

空線)が近接し、上空制約を受けるため、フローティングクレーンおよび大ブロックによる架設が困難である。

以上の架橋条件を踏まえ、橋梁形式は航路(幅200m、高さ42m)を跨ぐ長大橋として、耐風性や耐震性に優れた構造形式の中から「経済性」「構造的」「施工性」等を考慮し、図2に示す3案を選定した。

- 第1案：鋼3径間連続トラス橋
- 第2案：鋼PC複合3径間連続エクストラードズド橋
- 第3案：鋼PC複合5径間連続中路式アーチ橋

技術検討委員会で審議を行った結果、経済性と維持管理性に優れ、かつ景観においても「三角瀬戸を一跨ぎする姿が地形の状況と並列の関係において調和」している橋梁形式として、第3案の鋼PC複合5径間連続中路式アーチ橋を選定した。

最適案に対し作成した全体模型を図3に示す。

橋梁詳細設計

● 橋梁諸元

- ・ 橋長：463m
- ・ アーチ支間：350m
- ・ 中央支間(鋼桁部)：264m
- ・ 側径間(PC桁部)：97m、102m
- ・ アーチライズ高：63.3m
- ・ アーチライズ比：約1/5.5
- ・ 鋼桁(鋼床版箱桁)：桁高=2.3m
- ・ PC箱桁：桁高=2.0~5.5m

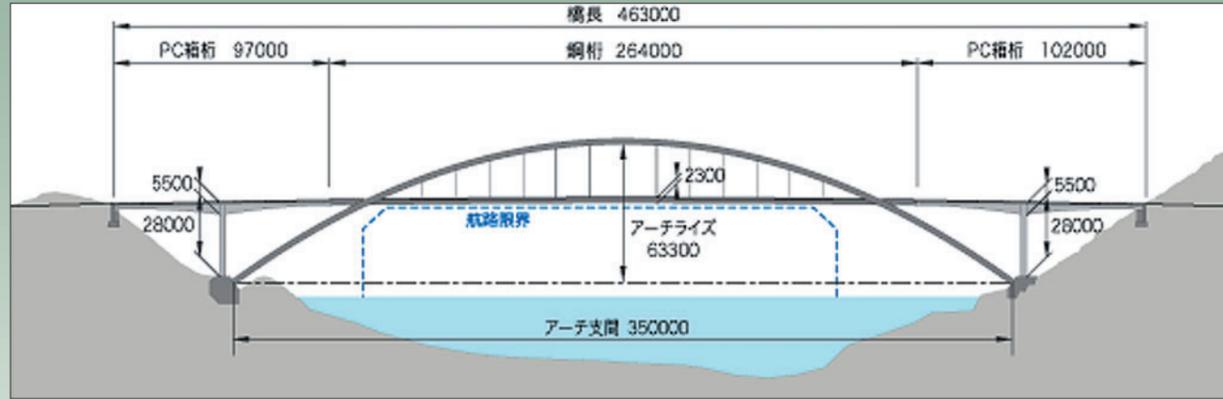


図4 新天門橋 橋梁全体一般図

- ・橋台：逆T式橋台
- ・橋脚：RC壁式橋脚(H=28.0m)
- ・使用材料
 - 鋼アーチ部：SM490Y、SM570
 - PC桁部： $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$
 - RC橋脚： $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$
 - 吊材：PCケーブル

●構造設計

長大アーチ橋はアーチ基部に大きな水平力が作用するため、タイ(引張部材)により抵抗する形式が

多いが、本橋梁は側径間をPC Tラメン形式とすることで、コンクリートの重量を、タイ部材の代替としていることに大きな特徴を有している。また、維持管理作業の軽減を目的に、総部材数および鋼材の露出面積を極力低減する工夫を行なっている。

アーチリブ(図5)は維持管理作業の軽減を目的に、ソリッドタイプとした。また、アーチ面外方向の抵抗力を増加させるために、バスケットハンドル型を採用した。

鋼桁(図6)は維持管理部材の軽減を目的に、閉断面箱桁を採用した。また、床版は鋼床版を採用した。

耐風安定性を確保するために、一般的に用いられるフェアリング部材のような付加部材による対策

は行わず、剥離干渉法による対策を行った。

吊材はケーブル形式を採用し、維持管理作業を路面上から行えるよう、ケーブル定着はピン定着方式(図7)とした。

部材結合はTラメン部の他、アーチリブと補剛桁交差部(図8)、アーチリブ基部において剛構造を採用した。端部の両橋台は可動とした。

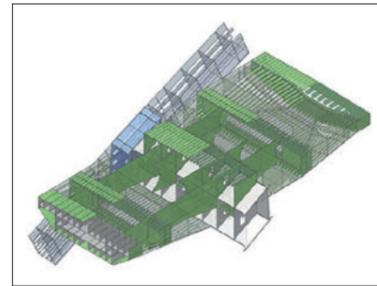


図8 アーチリブ・補剛桁交差部

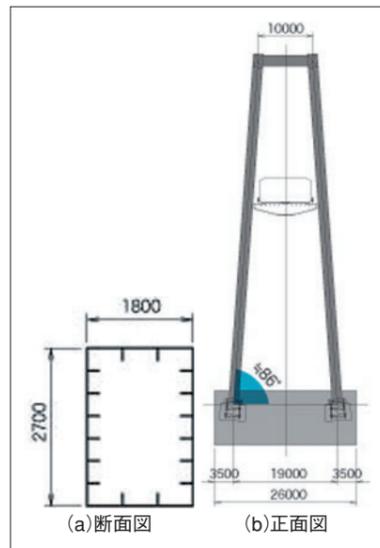


図5 アーチリブ断面・正面図

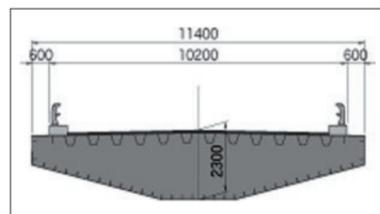


図6 鋼桁断面図

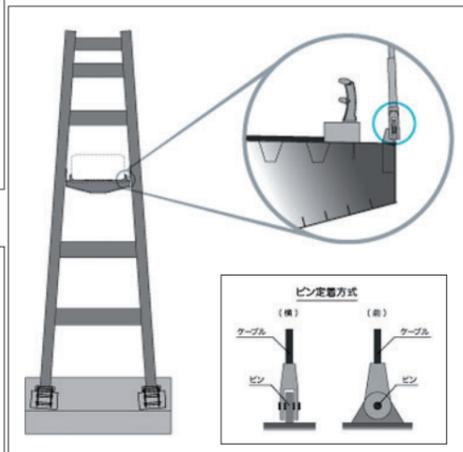


図7 ケーブル定着方式

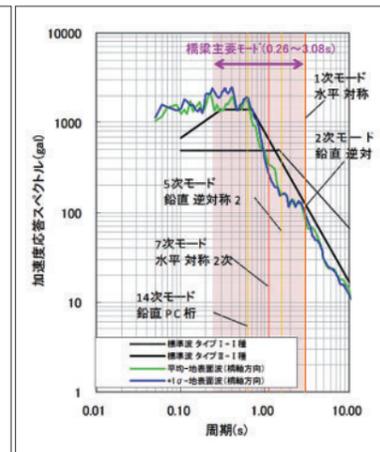


図9 加速度応答スペクトル(橋軸方向、布田川・日奈久断層)



図10 動的複合非線形解析モデル

●耐震設計

本橋は支間長200mを超える長大橋に分類されるため、レベル1地震およびレベル2地震による耐震性を確保する他、架橋近傍で想定される最大級の地震動(想定断層によるサイト波)に対しても照査を行った。対象とした、地震断層は「雲仙断層帯」および「布田川・日奈久断層帯」を用いた。図9は道路橋示方書に示されている標準波形とサイト波の加速度応答スペクトルを示したものである。本橋の主要モード(0.3~2.7sec)の帯域では、サイト波のほうが大きくなっている箇所もある。

本橋は構造全体系がスレンダーであるため、材料非線形性の他、幾何学的非線形性を考慮した、動的複合非線形解析をファイバーモデル(図10)により解析を行った。

●耐風設計

一般的にアーチ橋は、耐風安定性に優れている橋梁形式ではあるが、本橋は、①全体的にスレンダーな形状をしていること、②天門橋と並列橋になることから、構造完成系に対する耐風性能の確認



写真2 2次元風洞模型(新天門橋単独時)

のため2次元風洞実験(写真2)を、架設系に対する耐風性能の確認のため3次元風洞実験(写真3)を行った。

2次元風洞実験は、閉断面一箱桁となる補剛桁に対し、「新天門橋単独時」「天門橋・新天門橋並列時」のそれぞれについて、渦励振およびギャロッピングの発現について実験を行った。実験の結果、渦励振は発生するものの許容振幅以内に収まること、ギャロッピングについては照査風速を超えても発現しないことを確認した。

3次元風洞実験は、架設系における耐風安定性について実験を行った。架設系において、最も構造的および耐風安定性に劣ると考えられる状態を想定した。「アーチリブは併合しており、PC桁と併合される直前の系」と「アーチリブおよびPC桁は併合しているが、補剛桁が併合直前の系」の2ケースについて、「新天門橋単独時」「天門橋・新天門橋並列時」のそれぞれについて、一様流および乱流による実験を行った。その結果、有害な振動の発現は見られなかった。

●維持管理計画

新天門橋の維持管理手法として、既に策定されている「熊本県の橋梁の維持管理」に関する基準類を基に、長大アーチ橋および複合橋として、本橋特有の維持管理対象を追加して、『新天門橋 維持管理マニュアル(案)』を策定した。主な特徴は、本橋特有の重要部位(剛結部、鋼コンクリート接合部)の維持管理上の留意点を明らかにしたこと、塗装等の劣化分析のために定点観測ポイントを設定したことである。

■おわりに

本業務は予備設計1年、詳細設計2年と長期にわたる業務であった。

この間、熊本県および技術検討委員会を含む「産・官・学」が一体となり、情熱を持って取り組んだ結果、天門橋と比較しても、技術の進展がみとれる橋梁を設計することができたと自負している。

<参考>
熊本県ホームページ
(<http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/94/sintenmonkyou.html>)



写真3 3次元風洞模型(新天門橋・天門橋並列時)



写真4 完成予想図