

# 四国横断自動車道（阿南～徳島東） 長大橋新町川橋の設計について

西原 優太

四国地方整備局 徳島河川国道事務所 (〒770-8554 徳島県徳島市上吉野町3丁目35)

新町川橋は四国横断自動車道（阿南～徳島東）に計画されている、橋長500m（中央径間250m）の鋼3径間連続鋼床版箱桁橋である。本橋下を大型船が通航するため桁下高が高く、縦断勾配が大きいため速度低下への対策が求められた。さらに道路橋耐風設計便覧の適用範囲外であるため耐風安全性の検討が必要であった。また、航行安全性を確保した設計が求められた。

キーワード 長大橋、耐風設計、風洞実験、操船シミュレーション

## 1. 四国横断自動車道（阿南～徳島東）

四国横断自動車道は、阿南市を起点に、徳島市、高松市を経て大洲市に至る延長約440kmの高規格幹線道路である。そのうち阿南～徳島東間は、国土開発幹線自動車道建設会議において決定された新直轄方式により整備される区間である。本区間の延長は17.7kmで暫定2車線での供用を目指している。道路構造は第1種第2級である。徳島県東南部は高規格幹線道路の空白地帯となっているが、本区間の整備により徳島市から徳島県東南部への移動時間が短縮され、産業活動の活性化や災害時の緊急輸送道路としての効果が期待されている。

四国横断自動車道（阿南～徳島東）の新町川に架かる新町川橋（以下、本橋とする）は中央径間250mの鋼3径間連続鋼床版箱桁橋であり、航路上に架設する。本橋の設計では桁下高の確保が求められ、なおかつ本橋の位置が津田IC、徳島東ICから近いことによる縦断勾配が大きくなり、速度低下回避車線の検討が必要であった。また、中央径間250mであるため道路橋耐風設計便覧をそのまま適用することができないが、長大橋では渦励振が発生しやす

いことから耐風安全性の確保が必要であった。そのうえ、本橋地下の比較的浅い位置に吉野川から運ばれてきた礫層があるが、層厚が薄いため、支持層の選定が困難であった。さらに、航路を通航する船舶の航行安全性にも考慮する必要があった。本稿では本橋の設計および航行安全性の検討について報告する。



図-2 位置図（新町川橋）



図-1 位置図（阿南-徳島東）

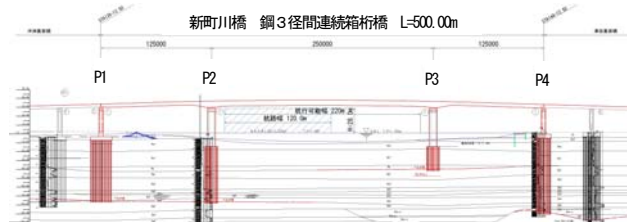


図-3 新町川橋側面図

## 2. 新町川河口部の概況

新町川は、吉野川に並行し、東西に流れる川で、本橋の架設位置では常時自己流はほぼなく、潮汐の影響による流れが支配的である。年間を通じ、東西の風が卓越し、冬場は西風、夏場は東風が吹く。よって夏場、外洋からの波が大きくなる。河川中央には航路が設定され、フェリー等の大型船が通過する。また、上流部にはマリーナ等があり、小型から大型まで多くの船舶が往来する。

新町川の航路は、可航幅220m（航路幅120m＋余裕幅100m）、航路高を計画高水位+28.0mに設定されている。本橋の周辺はフェリーおよび貨物船の回頭域となっており、本橋の設計においては、航路の確保と航行安全性の確認が求められた。



図4 新町川河口部の状況

## 3. 車線運用の検討

新町川の航路高は計画高水位+28.0mに設定されている。うえ、徳島東IC ONランプノーズ端から本橋までは、約700mしか離れていないため、ランプから本橋までの縦断勾配約3%となった。またランプ縦断勾配が約6%となっていることから、ONランプから合流する大型車が十分に加速できない可能性がある。道路構造令の解説と運用に「高規格幹線自動車道は、自動車の高速交通を確保するため必要な道路であり、地域の状況に応じて必要な通行機能が確保できる適切な道路構造を採用すべきである。」と定義されていることから、四国横断自動車道では付加車線の検討等により設計速度に近い走行速度を確保できるように努める必要があった。

ONランプの縦断勾配が約6%と大きいため、ONランプを加速する大型車の本線合流時の速度は45km/hになると推定され、暫定形の片側1車線の運用では合流前に70km/hだった本線速度は56km/hまで低下すると推定される。そこで完成形断面を利用した速度低下回避車線を整備し、徳島東IC合流部から新町川渡河部まで走行円滑性・安全性の向上を図ることとした。

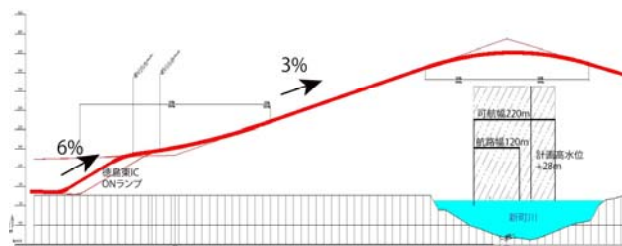


図5 縦断面図（徳島東IC～新町川橋）

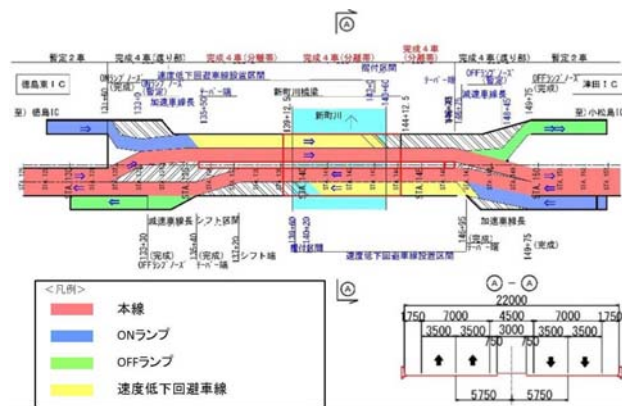


図6 車線運用形態（徳島東IC～津田IC）

道路構造令の解説と運用に示される登坂車線の設置必要区間の設計より、登坂車線の必要区間は許容最低速度に回復してから「許容最低速度+5km/h程度」とし、終点側のテーパ長は60mとした。その結果、徳島東IC ONランプノーズ端から942mの区間に速度低下回避車線を整備することとした。

本橋位置は津田ICからも約600mと近いことから、同様の検討を行い、津田ICから徳島東ICへ向かう車線についても速度低下回避車線を整備することとした。その結果、本橋は暫定形の供用時に完成幅員での整備が必要となった。

## 4. 設計における課題

中央支点の作業構台等の余裕を考慮したうえで可航幅220mを確保し、なおかつフェリー等の大型船が通過できるよう航路高28mを確保することが求められたため、本橋の橋梁形式は中央径間250mの鋼3径間連続鋼床版箱桁橋に決定した。

詳細設計にあたっては以下の3つの課題が発生した。

### ① 耐風安全性の検討

中央径間長が200mを超えるため、道路橋耐風設計便覧の適用ができない。一方で、長大橋では耐風安全性の確保が課題となっており、本橋と同形式の鋼床版箱桁橋である東京湾アクアラインでは渦励振が発現し問題となった事例<sup>1)</sup>もあることから、耐風安全性の検討が求められた。

② 支持層の検討

P3橋脚位置では比較的浅い位置に吉野川から運ばれてきた礫層(Dg1)があるが、層厚が薄いため、支持力・圧密性状等を把握したうえで支持層とするか否か判断が求められた。

③ 航行安全性の検討

船舶の航路及び回頭域となっていることから、工事中及び橋梁建設後の船舶航行に対する安全対策について検討が求められた。

(1) 耐風安全性の検討

本橋は予備設計段階では総幅員がB=28.64mであり、箱桁高が6m、壁型防護柵を含めた有効計画高はD=6.85mと桁高が高く、桁高・幅員比B/D=4.18の小さな、空気力学的に鈍い断面で計画されていた。このようにB/Dの小さな断面形状の長径間の橋梁においては、曲げモードの限定的な振動である渦励振や風速の増加とともに振動振幅が増加し最終的には落橋につながる発散振動であるギャロッピングの発現が危惧される。したがって、桁断面を対象とした風洞実験によって耐風安全性の検証を行う必要があり、二次元剛体縮尺模型を用いた風洞実験を行うこととした。

乱さない風洞気流中に、コイルバネで支持された二次元剛体部分模型(縮尺1/80)を設置し、以下の実験ケースでの空力弾性振動(渦励振、自励振動)の発生を調査することとした。

- ① 模型断面から地覆・高欄等を取り去った原断面
- ② 地覆・高欄(壁高欄含む)付きの通常断面Ⅰ、Ⅱ
- ③ フェアリング
- ④ 通常断面Ⅱ+フラップ
- ⑤ フェアリング+フラップ
- ⑥ 通常断面Ⅱ+剥離干渉断面(カバー長:1~3m)

まず、原断面に壁型中央分離帯・両端部防護柵を設置した場合とメタル製中央分離帯・両端部防護柵を設置した場合を比較したところ(表-1)、壁型中央分離帯・両端部防護柵を設置した場合には極めて大振幅(倍振幅約90cm)となっており、壁型防護柵を用いた場合の本橋の耐風安全性の確保は極めて難しいといえる。一方、メタル製中央分離帯・両端部防護柵を設置した場合には振幅が小さくなっていることからメタル製中央分離帯・両端部防護柵を設置した断面(通常断面Ⅱ)の耐風応答性を検討することとした。

次に、フェアリングおよびフラップの効果を検討するため、フェアリングのみ、通常断面Ⅱ+フラップ、フェアリング+フラップの3ケースについて風洞実験を行った。フェアリングのみ設置した場合に若干の改善効果がみられたが、フラップの設置は制振効果が確認されなかった。

剥離干渉部材の検討では、張り出し長1m、2m、3mで比較したところ、張り出し長の増加に伴って応答量が

減少していることが分かった。さらに多段剥離干渉部材の効果を検討するために、下面傾斜角、下面の2次剥離点、側面高さを変化させて風洞実験を行った。その結果を表-2に示す。実験結果より、最も倍振幅が小さくなった実験ケースである桁断面3mの張り出しで、張り出し長の3/4の位置で下フランジから15度で立ち上げた線の交点に剥離点を追加した図-8の形状を中央径間の断面とすることとした。



図-7 風洞実験中の模型

表-1 防護柵の影響

実験ケース (通常断面)	倍振幅 (実橋換算値)
I. 原断面+壁型中央分離帯・両端防護柵	約90cm
II. 原断面+メタル製中央分離帯・両端防護柵	約20cm

表-2 剥離干渉部材の効果

実験ケース	倍振幅 (実橋換算値)
1m張り出し、 $\theta L=25.3^\circ$	約60cm
2m張り出し、 $\theta L=25.3^\circ$	約70cm
2m張り出し、 $\theta L=15.0^\circ$ 、3b/4で屈折	約70cm
2m張り出し、 $\theta L=20.0^\circ$ 、3b/4で屈折	約90cm
2m張り出し、 $\theta L=20.0^\circ$ 、3b/4で屈折、側面2.5m、 $\theta U=18^\circ$	約60cm
2m張り出し、 $\theta L=20.0^\circ$	約100cm
3m基本断面、 $\theta L=25.3^\circ$ 、側面2.5m	約20cm
3m張り出し、 $\theta L=15.0^\circ$ 、1b/4で屈折	約10cm
3m張り出し、 $\theta L=15.0^\circ$ 、1b/2で屈折	約5cm
3m張り出し、 $\theta L=15.0^\circ$ 、3b/4で屈折	約4cm
3m張り出し、 $\theta L=20.0^\circ$ 、3b/4で屈折	約5cm
3m張り出し、 $\theta L=10.0^\circ$ 、3b/4で屈折	約8cm

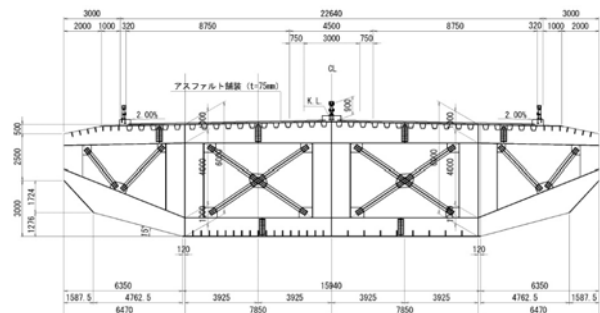


図-8 風洞実験で決定した標準部桁断面

## (2) 支持層の検討

本橋のP3橋脚基礎での柱状図を図-9に示す。平均N値が30を超える層はDg1, Dg3, Dg5の3層であるが、Dg3, Dg5は層厚が非常に薄く、支持層になり得ない。Dg1も層厚が薄いですが、Dg1およびDg1より下の層に沈下のおそれがないければ支持層として選定できる可能性があった。

Dg1を支持層と考えられるか否かを判断するために、学識経験者に意見を求めたところ、Dg1直下のDc2は海生であり、層としての圧密傾向は不明であるが、砂層や礫層が介在している箇所は、陸化によって水が抜けて過圧密となった可能性が高いとの意見を得た。さらに、Dg1を支持層とする上でDc2が力学的に過圧密であることが言えれば、Dg1を支持層として問題ないという意見を得られたことから、圧密試験を実施することとした。

表-3に圧密試験の結果を示す。Dc2は過圧密状態であることがわかったため、Dg1を支持層とすることとした。道路橋示方書・同解説 IV下部構造編においても、「N値から判断して良質な支持層と考えられる層でも、その層厚が薄くその下に相対的に弱い層又は圧密層がある場合」には沈下の影響を検討して判断するように記されており、Dc2が過圧密状態であり沈下のおそれがないことからDg1は「良質な支持層」と判断できる。

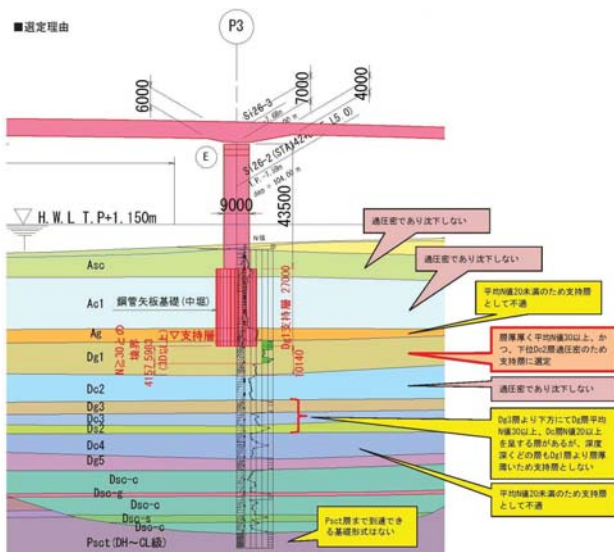


図-9 P3橋脚の支持層選定

表-3 Dc2の圧密性状

深度 (m)	層厚 (m)	有効土被り圧 P(kN/m <sup>2</sup> )	圧密降伏応力 Pc(kN/m <sup>2</sup> )	過圧密比 Pc/P	圧密性状
45.50	1.60	421.5	601.1	1.43	過圧密
50.50	5.00	466.5	600.5	1.29	過圧密
52.55	2.05	485.0	-	-	-

## (3) 航行安全性の検討

本橋下部工は、新町川の両岸から仮栈橋を仮設し施工する。航路北側の下部工であるP2を施工する際には、仮栈橋の周囲に仮設する予定の汚濁防止膜が航路に干渉する。そのため、下部工施工中は航路をシフトすることとなる。しかし、これまでは航路幅+100mの余裕幅があったが、余裕幅が狭まることで、フェリーや貨物船の航行安全性が低下する懸念があった。また、橋梁建設後においても新規に橋脚を設置することから、図-10に示す作業手順で航行安全性の検討を今後実施することとした。

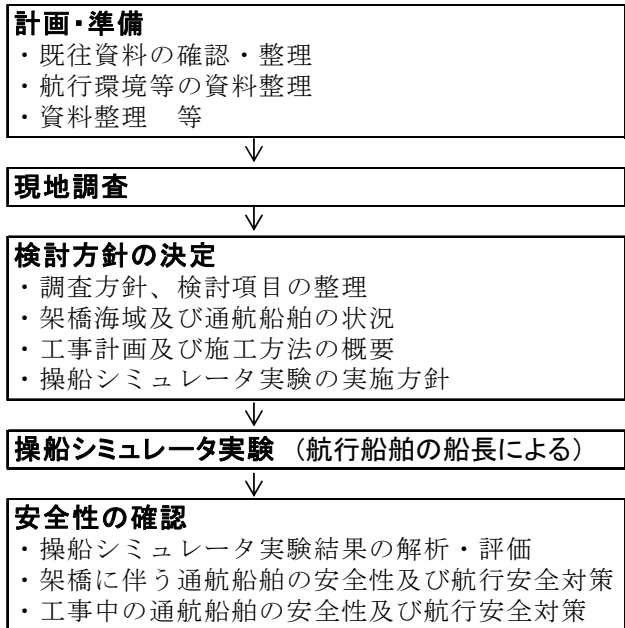


図-10 航行安全性の検討フロー

## 5. まとめ

本橋の設計では、懸念される車両の速度低下を回避するための車線設置検討及び道路橋耐風設計便覧適用範囲外のため実験等による耐風安全性等に考慮し、設計を実施した。

なお、航行安全性の検討については、現在、学識経験者・海事関係者等からなる「新町川における船舶の航行安全検討調査委員会」を設置し、本橋の施工中及び施工後の影響についてビジュアル式操船シミュレータ実験を行い、船舶の航行安全性を確認しているところである。

### 参考文献

- 1) 吉田好孝, 藤野陽三, 佐藤弘史, 時田秀往, 三浦章三郎: 東京湾アクアライン橋梁部鋼箱桁橋に発現した渦励振の振動制御, 土木学会論文集 vol.633, pp.119-134, 1999.