

1

大規模地震動を考慮した
長大斜張橋の計画

新井伸博

ARAI Nobuhiro

大日本コンサルタント株式会社
構造事業部

1—はじめに

臨港道路富山新港東西線は、国土交通省が整備を進めている幹線道路であり、伏木富山港（新湊地区）の航路を跨ぐ自動車専用の臨港道路である¹⁾（図1）。

本稿で紹介する新湊大橋（仮称）は、上記道路が港口部を跨ぐ位置

に架橋される斜張橋であり、当社で平成13年10月より橋梁予備設計を行い、その後、当社を含め建設コンサルタント8社が3ヶ年以上に渡って路線全線の橋梁詳細設計に従事している。

なお、当該業務は北陸地方整備局・新潟港湾空港技術調査事務所

より発注され、技術検討調査委員会（委員長：長井正嗣長岡技術科学大学教授）にて技術審議されている。

2—現場状況

伏木富山港は昭和42年に港口の開削を行い、翌年に富山新港として開港している。しかし、これにより一体であった地域が東西に分断され、それ以来、渡船が住民の交通手段となっていた。

臨港道路富山新港東西線は、延長約3.6km、うち約2.5kmが橋梁である。新湊大橋完成時には渡船に替わって、橋脚に設置する昇降用エレベータと橋梁直下に添架予定の歩道を利用することで、永年分断されていた地域が再び結ばれることになる。

平成19年7月時点では、路線全線のアプローチ部がほぼ完成し、港口部を跨ぐ新湊大橋は、下部工が完成し上部工の工事を待っている状況である（写真1）。

本橋の完成は、海王丸パークに停泊している海王丸のマストの向こうに見える雄大な立山連峰を借景とする、新たな港のシンボルマークとして期待されている（図2）。

3—橋梁計画

新湊大橋は、大空間の航路（幅

で耐震性・耐風性においても他案に優っていると評価された第2案を最良案として選定した。

第2案の構造形式は、中央径間を鋼床箱桁、側径間をPC箱桁とする5径間連続複合斜張橋である。

●2 構造概要

本橋の特徴を整理すると、以下のとおりである（図4）。

航路限界から中央径間長360mを決定し、コスト縮減の観点から主橋梁部の橋長を抑えるため、側径間をPC箱桁、中央径間を鋼箱桁とした鋼・PC主桁が混合する複合斜張橋とした。側径間長60m+60mは、鋼桁で構成される中央径間と重量とがバランスし、負反力が生じない長さとした。

ケーブル構造は長支間になること、路面の高さが高いこと（海面上の最大高が約50m）等から、上部構造の静的および動的安定性を重視して、A型の塔を有する2面吊りとした。

航路高を要することから、地震時上部工慣性力作用位置が高くなるため、主塔やニューマチックケーソン基礎を設計可能な寸法とするには、橋軸方向レベル2地震時の慣性力を減少させる必要があった。そのため、塔と主桁の結合部は、制振ダンパー、免震支承および弾性拘束ケーブルからなる制振システムを介して結合することで、慣性力の低減と適切な分散を



■写真1—平成19年7月時点の現地状況（海王丸パークより）



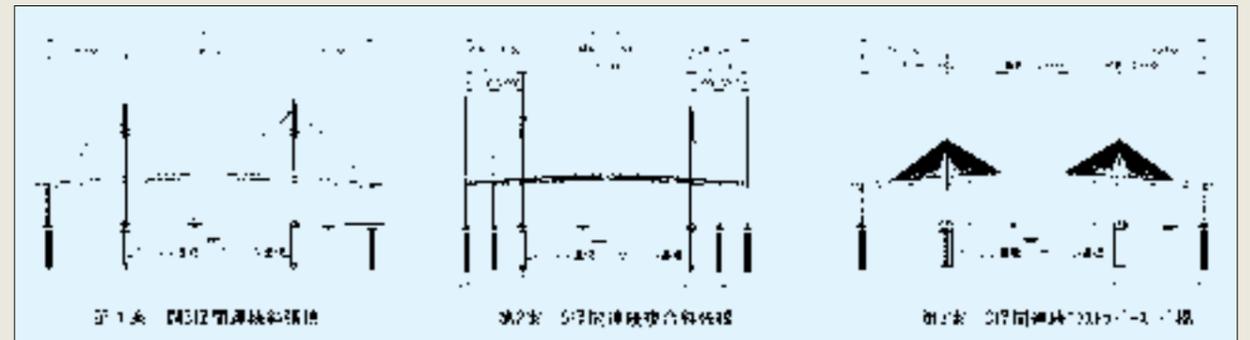
■図2—新湊大橋の完成予想図

270m、クリアランス47m)を跨ぐことから、橋長600m、中央径間長360m、主塔高さ125mの長大斜張橋として計画された。斜張橋の両側取付け部には、6連のアプローチ橋(PC連続箱桁橋)が接続する。

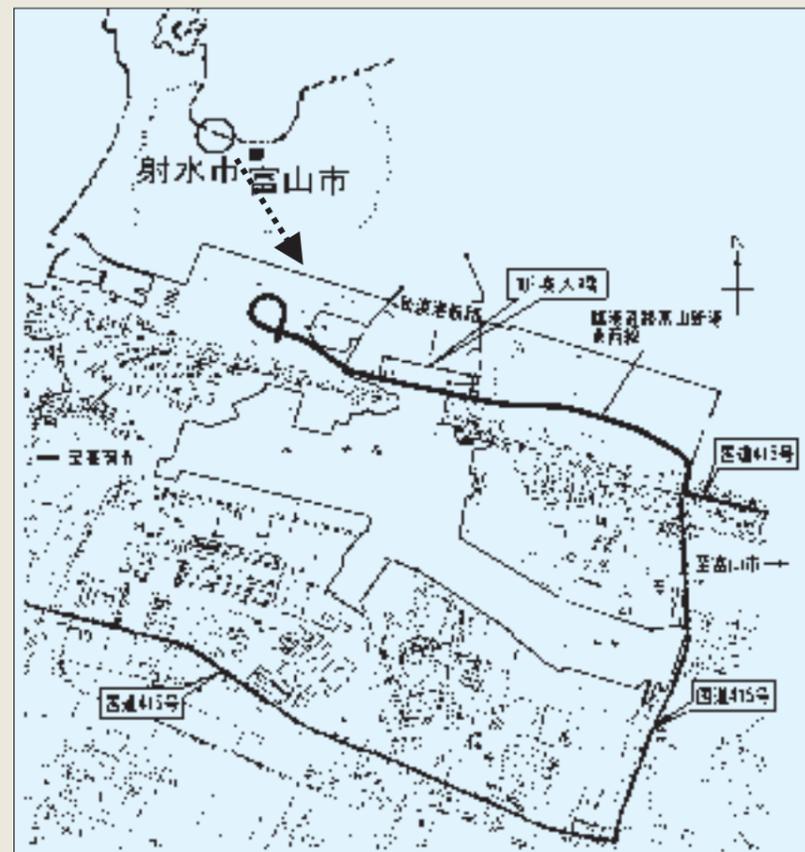
●1 橋梁形式

本橋の形式比較では、航路条件の確保や、幅員に比べて支間長が大きいことから耐震性や耐風性を重視し、これらの条件に適応可能な橋梁形式として3案を選出した（図3）。

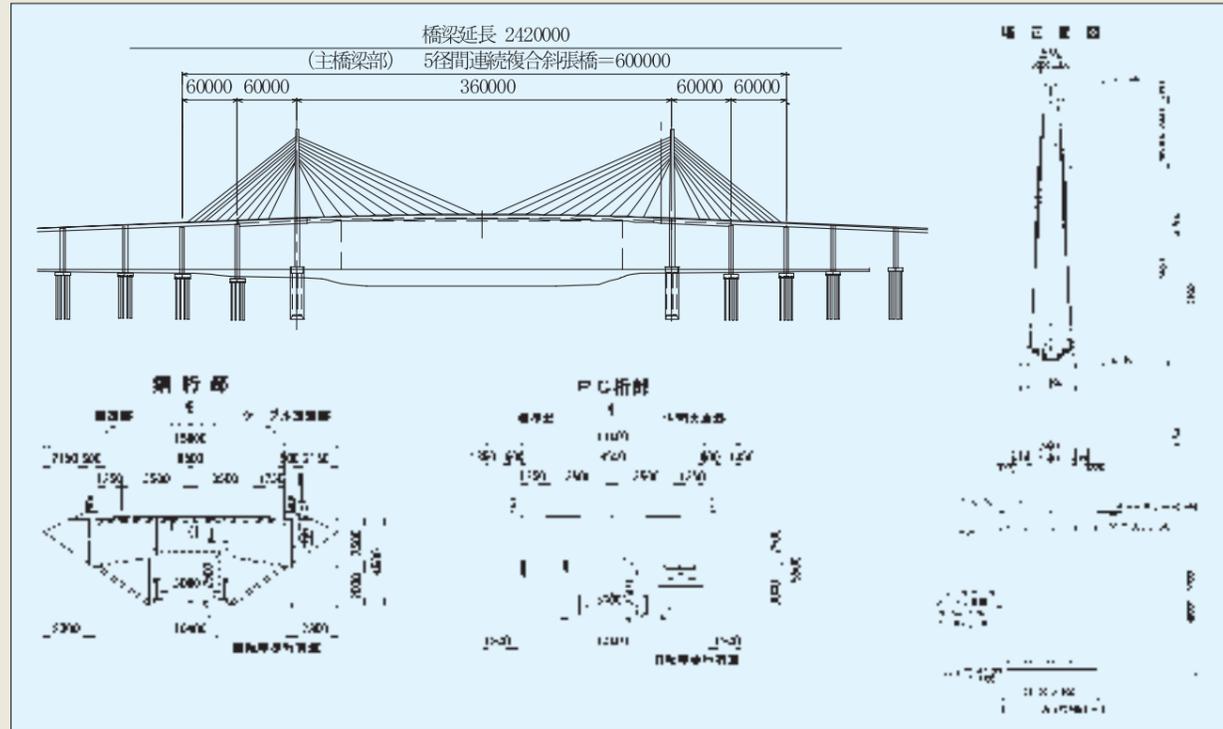
検討の結果、建設費が最も安価



■図3—橋種比較案（縦横比1：2）



■図1—新湊大橋（仮称）位置図



■図4—新湊大橋一般図

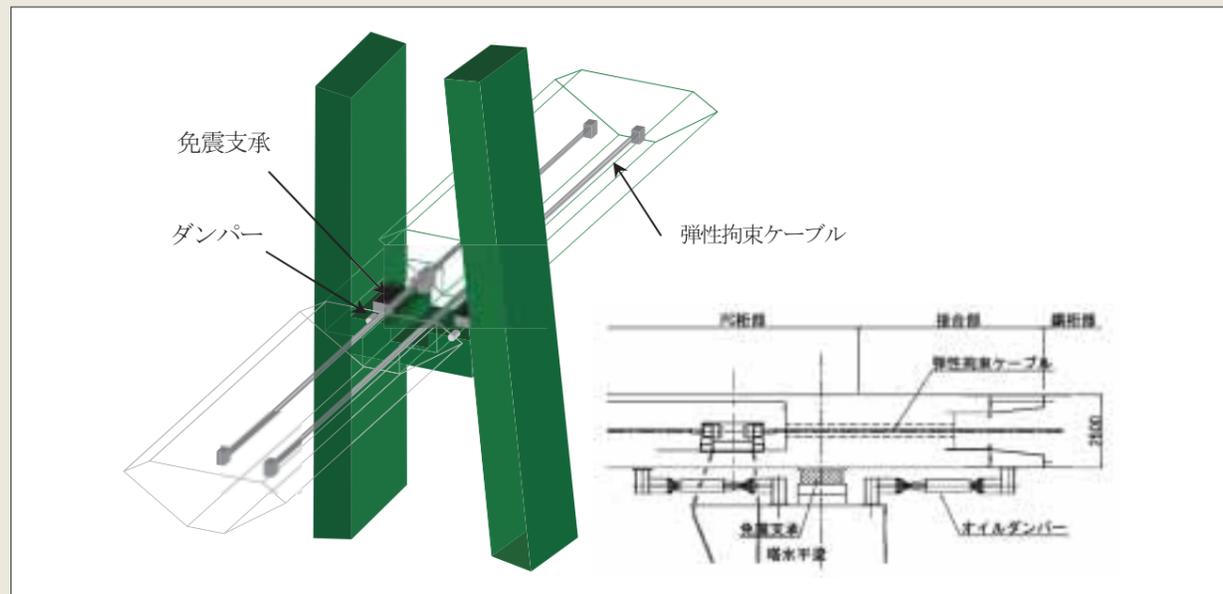
■表1—制御システムの概要

構造	部材	目標耐震性能(レベル2地震動)
上部構造	塔、主桁ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度が降伏応力度以下 橋軸直角方向地震時のPC桁の曲げひび割れは許容
下部構造	RC橋脚	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚基部の曲げひび割れを許容 応答塑性率が許容塑性率以下 残留変位が橋脚高さの1%以下 発生せん断力がせん断耐力以下
	基礎	<ul style="list-style-type: none"> 基礎の限界状態を超えない 基礎アンカーボルト発生応力度が降伏応力度以下

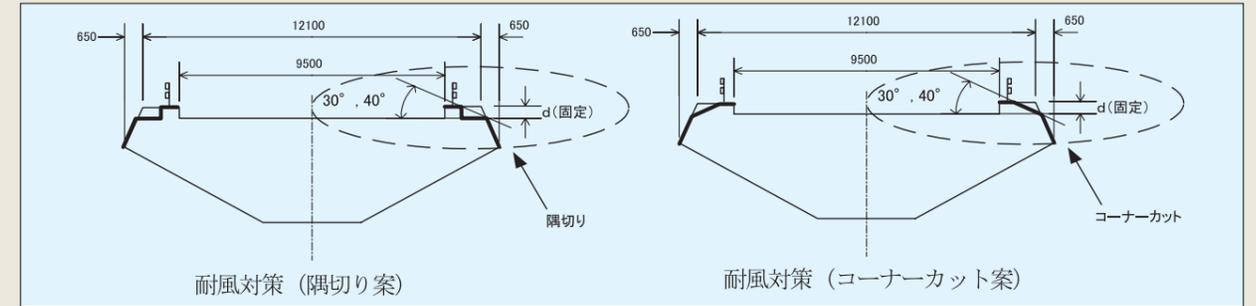
図り、阪神・淡路大震災以後の新しい耐震設計を満足するように計画した。

また、主塔や主桁の部分模型風洞実験等の検討結果より、耐風対策と耐風上有利となる基本形状を選定して耐風安定性を確保した。

なお、冬季の自転車・歩行者の通行の利便性を考慮して、車道の下に



■図5—塔近傍の制振システム配置図



■図6—主桁の耐風対策案

全天候型の自転車歩行者道を吊り下げる構造とし、透明の外装板により眺望も確保している。

4—耐震設計

設計に際して、阪神・淡路大震災のような大規模地震に耐え得る耐震性を付与するため、地震時保有水平耐力法の概念に則って保有すべき耐震性能を整理し、動的解析によって耐震性能を照査した²⁾。

●1 目標耐震性能

本橋はB種の橋に該当しており、レベル2地震動に対し本橋が保有すべき目標耐震性能(許容損傷度やその位置等)を設定した(表1)。そして、動的応答解析によって挙動を検証し、目標耐震性能を確保していることを確認した。

●2 耐震設計概要

制振ダンパー、免震支承および弾性拘束ケーブルからなる制震システムを導入することにより、橋軸方向レベル2地震時の変位を最小にした。これにより塔下ケーソン基礎の設計を可能とした(図5)。

PC桁の剛性として、ひび割れの発生を考慮して低減した剛性を用いることにより、橋軸直角方向レベル2地震時の主桁曲げモーメントを抑制した。この結果、主桁設計が可能となった。

5—耐風設計

本橋梁は中央径間長360mを有する柔構造であること、さらに桁断面の幅高さ比が約3と比較的小さいこともあり、道路橋耐風設計便覧に従った検討によると、桁について渦励振、フラッターおよびギャロッピング(鉛直たわみ発散振動)の発生が予想された。また、主塔についても現行の矩形断面を採用した場合、同様に渦励振などの発生が予想された。

そこで、主桁および主塔の部分模型を用いた2次元バネ支持風洞試験を実施し、基本的な空力振動性状を把握するとともに有効な対策案を検討した。

●1 主桁

耐風性評価で問題となる実橋の鉛直たわみ・ねじれの振動モードは中央径間部分で卓越し、側径間の寄与が極めて小さいことが判明し、中央径間の鋼桁のみを対象とした試験を行った。試験は、縮尺1/50の部分模型を使用した。

桁バネ支持試験では、基本断面に対する空力振動性状の把握を行ない、抑制すべき有害振動に対しては、図6に示すように、隅切りやコーナーカットといった各種耐風対策による制振効果を調査した。

桁の三分力試験では、基本断面と対策後断面の三分力(抗力、揚力、空力モーメント)を計測し、静的風荷重で採用されている抗力係数の妥

当性および空力対策前後の静的空気力の変化から対策の妥当性を検証した。

●2 主塔

主塔はA型形状であり、高さ方向に塔柱断面が変化していること、2本の塔柱間隔が大きく変化していることが特徴である。塔柱単体の空力応答が変化のほか、橋軸直角方向の風が作用する場合、塔柱が並列状態となることから、塔柱の間隔により空力的相互干渉影響が大きく変化する。

このため、高さ方向に異なる3断面を対象とした試験を行ない、これらを総合して主塔本体の耐風性を評価し、塔柱断面に隅切りを設けた。各部分模型の縮尺は主桁と同様に1/50とした。

6—あとがき

本稿の新湊大橋は、完成すると日本海側で最大級の斜張橋となる。設計に際して、阪神・淡路大震災のような大規模地震に耐え得る耐震性を付与するためには、レベル2地震時の応答を低減することが求められた。

本橋の事例を参考に、制振ダンパー、免震支承および弾性拘束ケーブルからなる制震システムは、長大橋梁の耐震設計のキーワードとして今後とも研究されることを望みたい。

<参考文献>

- 1) 『臨港道路東西線パンフレット』国土交通省北陸地方整備局・伏木富山港湾事務所
- 2) 『新湊大橋(仮称)の計画と設計』橋梁と基礎2007第41巻第4号