

関西国際空港連絡橋における耐震性能照査

西日本高速道路(株)関西支社 正会員 ○野田 翼
 西日本高速道路(株)関西支社 正会員 安里 俊則
 西日本高速道路(株)関西支社 正会員 佐溝 純一

1. はじめに

関西国際空港連絡橋（以下、関空連絡橋）は、平成6年に供用した橋長3,750mの世界最長のトラス橋である。関西国際空港島への唯一の陸上アクセスを担う道路・鉄道併用橋であり、更には電気・ガス等の全てのライフラインが添加されていることから、その重要度は非常に高い。そのため、大規模地震に対して、地震による損傷が限定的なものに留まり、機能回復が速やかに行い得る性能が確保されているか検討を実施した。

2. 橋梁概要

写真-1に関空連絡橋の全景を示す。関空連絡橋は、全長3,750mの海上高架橋である。主要部分は道路鉄道併用の橋長450mの3径間連続トラス形式（支間長150m）が6連で構成されている。図-1に海上トラス橋と海上箱桁橋の標準断面図を示す。海上箱桁部は、道路橋箱桁部が上下線分離構造で中間に鉄道箱桁部で構成されている。海上トラス部は、上下線一体構造となり、トラス桁内を鉄道軌道敷が通る構成になっている。橋脚は鋼製ラーメン橋脚であり、基礎構造は鋼殻フーチングを用いた鋼管杭基礎が採用されている。支承条件は中間橋脚のピポット支承(45,000kN)による2点固定となっている。



写真-1 関西国際空港連絡橋

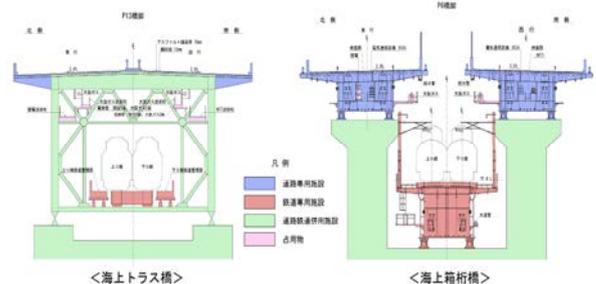


図-1 標準断面図

建設時の耐震設計は、「関西国際空港連絡橋設計・施工委員会 耐震分科会」¹⁾による審議のもとで検討が行われ、静的な $kh=0.24$ の震度法による照査に加え、大地震を考慮した2段階設計を行っている。大地震として、架橋地点における再現期間100年の確率的地震動を採用し、設計加速度応答スペクトル（最大750gal）を定めている。動的解析による降伏点を上限値とした許容応力度法を基本とし、中間支点部の横トラス、下横構、支承については大地震時による断面力で決定している。

4. 照査用地震動

照査用地震動は、「関西国際空港連絡橋 大規模地震対策検討委員会(H25.11~H29.1)にて作成した地震動と

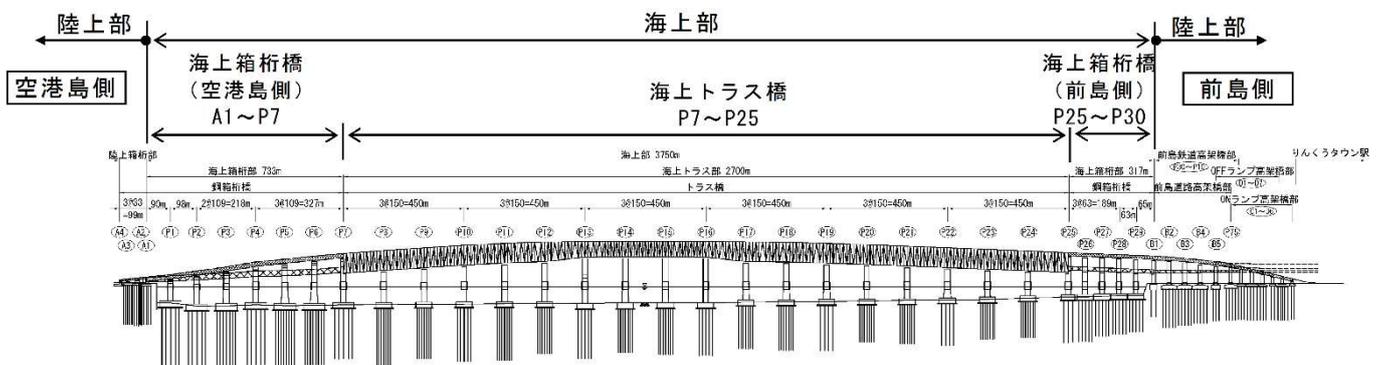


図-2 関空連絡橋 側面図

キーワード 耐震設計, 海上橋, トラス橋, 箱桁橋

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町1-13 西日本高速道路(株)関西支社 TEL06-6344-9374

併せて、道路橋示方書V (H24.3) に示される設計地震動を用いるものとした (表-1)。PS 検層が実施されているボーリング結果を基にサイト波を設定している。

表-1 照査地震動

	地震名称	地震の種類
①	南海トラフ地震	海溝地震
②	上町断層帯地震	内陸直下地震
③	中央構造線断層帯地震	内陸直下地震
④	道示波 (レベル2 タイプI, II)	海溝地震, 内陸直下地震

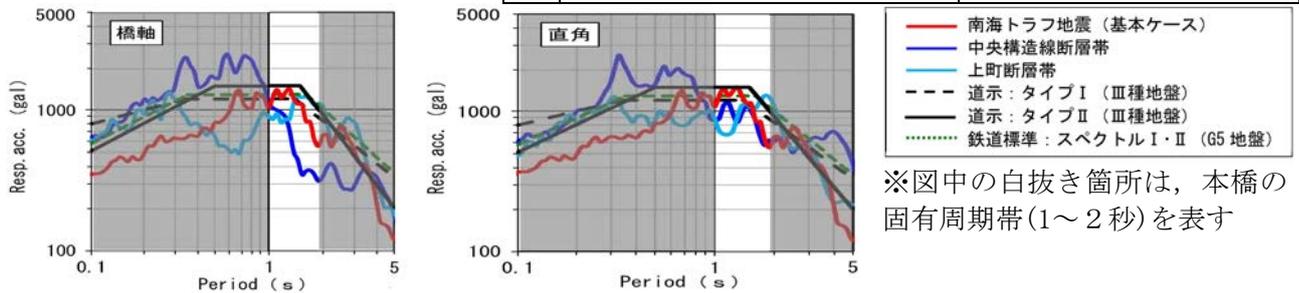


図-3 加速度応答スペクトル比較

5. 耐震性能

関空連絡橋は、道路と鉄道の併用橋であり、道路橋示方書²⁾ (以下, 道示) および鉄道構造物設計標準³⁾ (以下, 鉄道標準) に基づき要求性能を設定するものとした。道示と鉄道標準との比較を表-2 に示す。(1)目標耐震性能と照査項目, (2)落橋防止システム, (3)「落橋」の取り扱いについて道示と鉄道標準の違いを確認した。関空連絡橋を道示での B 種の橋, 鉄道標準での重要度の高い構造物として設定すると基本的に要求性能は同じになることを確認した。支承部での照査指標は道示と鉄道標準では、各部材によって異なるものの、鉄道標準での「損傷レベル2」における許容値は降伏点以下であることを確認した。

関空連絡橋の性能として、「地震発生後 24 時間以内に緊急車両の通行が確保できる状態」を要求性能として設定している。要求性能を満足するためには、橋脚、支承等の部材照査を満足させるだけでなく、「段差防止構造」、「落橋防止システム」を設けることによって橋としての機能が応急復旧程度で速やかに回復できるものと考えられる。表-3 に設定した目標性能と照査項目を示す。

表-2 道示と鉄道標準の比較

項目	「道路橋示方書」と「鉄道標準」の整理
(1) 目標耐震性能と照査項目	<p>「道路橋示方書」 支承: 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 下部構造: 損傷の修復を容易に行い得る限界の状態</p> <p>「鉄道標準」 支承: 無損傷(損傷レベル2)(許容値: 降伏点以下) 下部構造: 場合によっては補修が必要な損傷(損傷レベル2)(許容値: 許容曲率以下)</p>
(2) 落橋防止システム	<p>「道路橋示方書」 設定した耐震性能の照査に加え、落橋防止システムを設ける</p> <p>「鉄道標準」 落橋防止装置を設置する 支承部を構成する各装置が設定した損傷レベルに対応した設計限界値に至らないことを照査し、これが支承部全体の照査に変わるものとしている</p>
(3) 「落橋」の取り扱い	<p>「道路橋示方書」 上部構造が下部構造から逸脱して落下した状態だけでなく、落橋や倒壊には至ってないが、落橋に至る可能性がある変状が生じたために安全性への懸念から長期に通行止めせざるを得ない状態も致命的な状態に相当する。</p> <p>「鉄道標準」 構造物を構成する部材のいずれか一つが破壊の限界状態に至った場合を構造物の破壊と等価なものとして仮定し、部材破壊の限界状態を照査することによって構造物の破壊の照査に代えてもよい。</p>

表-3 海上トラス橋における目標耐震性能

対象部材	目標耐震性能と照査項目	設計区分
道路専用施設	<p>上部構造 (鋼床版) 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ※地震の影響を支配的に受けないため、照査は省略</p>	道路橋
道路鉄道併用施設	<p>上部構造トラス部材 (主部材) 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ・ひずみ照査: 降伏ひずみ以下</p>	道路橋
	<p>上部構造トラス部材 (二次部材) 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ・ひずみ照査: 降伏ひずみ以下</p>	
	<p>支承 (鋼製支承) 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ・支承本体及び取付部: 1.7×許容応力度以下</p>	
	<p>下部構造 (鋼製橋脚) 状態 照査項目 損傷の修復を容易に行い得る限界の状態 ・許容曲率照査 (ひずみ照査): 許容値以下 ・残留変位照査: 許容残留変位以下</p>	
鉄道専用施設	<p>鉄道縦桁 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ※地震の影響を支配的に受けないため、照査は省略</p> <p>橋支承 状態 照査項目 力学的特性が弾性域を超えない限界の状態 (降伏させない) ・支承本体及び取付部: 1.7×許容応力度以下</p>	鉄道橋

6. 照査結果

現況の耐震性能照査の結果、海上トラス部では、上部構造、下部工構造、支承構造の許容値を超過すること、海上箱桁部では、支承構造が許容値を超過することが確認できた。

7. おわりに

本稿において、海上橋かつ道路鉄道併用橋の関空連絡橋の耐震性能照査について整理した。施工方法を考慮した耐震補強工法を選定し R3 年度より、関空連絡橋の耐震補強工事に着手していく予定である。

参考文献

- 1) 空港連絡橋の設計・施工に関する調査検討 (委託) 業務(その2), 関西国際空港(株), S63.4
- 2) 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 H24.3
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, 鉄道総合技術研究所, H24.9