

関西国際空港連絡橋におけるサイト波の作成

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○児嶋 基成

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 中谷 隆生

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は海上橋かつ道路鉄道併用橋で、架橋位置の地盤は図-1 に示すように軟弱地盤が厚く堆積し、空港島側に傾斜している。また、本橋の橋長は 3.75km と長いことから、空港島側と前島側で工学的基盤までの深さに差が大きく、異なる地震動となることが考えられた。さらに、本橋付近には多数の断層の存在が指摘されており、本橋への影響が懸念されたことから、大規模地震対策検討を実施するにあたり、架橋位置の地盤特性を考慮したサイト波の作成が必要となった。本稿では、本橋の耐震性能照査において照査用地震動として用いるサイト波の作成方法及び作成結果について報告する。

2. サイト波の作成方法

サイト波の作成フローを図-2 に示す。

「卓越周期帯の把握」は、本橋の動的特性を考慮した地震動を設定するために必要であり、本橋の全長をモデル化した全体モデルによる固有値解析を実施し、本橋の卓越周期帯が 1～2 秒程度であることを把握した。

「本橋への影響が大きい断層の抽出」は、本橋付近の複数の断層から、本橋への影響が大きい断層を抽出するために必要であり、内陸直下地震は、大阪府で過去に実施された結果¹⁾を基に他の断層帯も含めて応答を確認した結果、中央構造線断層帯、上町断層帯の 2 断層を選定した(図-3)。また、南海トラフに起因した海溝地震による被災が危惧されることから、海溝地震は南海トラフ地震(基本ケース)²⁾を選定した。

「地震動作成に必要な諸特性の設定」は、地震動を算出するために必要であり、地震は図-4 に示すように、震源断層の破壊(震源特性)によって発生した地震波動が伝播(伝播経路特性)し、サイト近傍の地盤構造の影響(サイト増幅特性)を受けて構造物を振動させるものであることから、それぞれの諸特性について設定した。

内陸直下地震では、大阪府で過去に実施された結果¹⁾を基に各震源モデルについて、断層の傾斜角、すべり角、強震動生成域によるパラメータスタディを実施した上で、本橋への影響が大きい震源特性を設定した。海溝地震は内閣府より公表されている南海

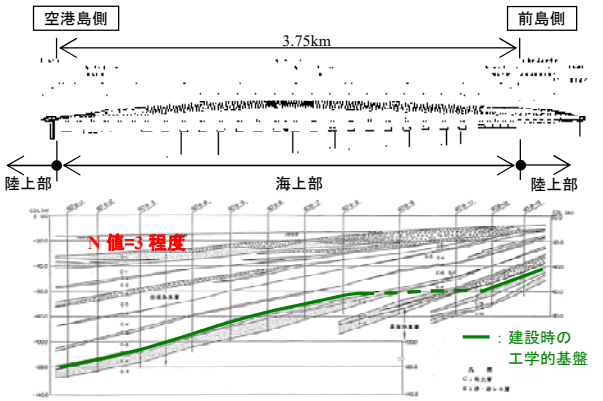


図-1 地層縦断面図

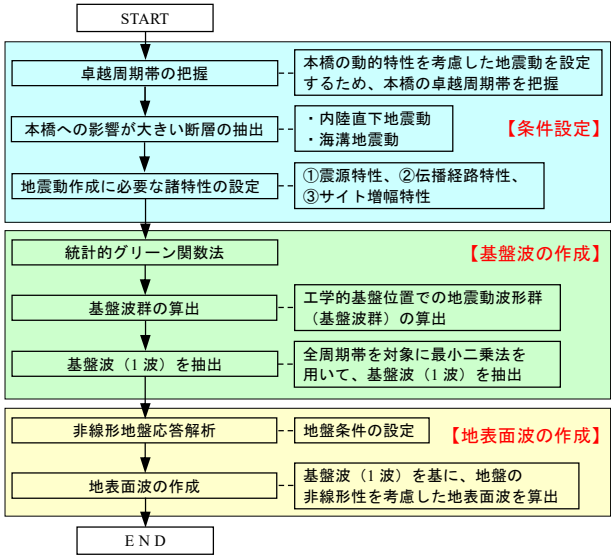


図-2 サイト波の作成フロー



出典:「J-SHIS 地震ハザードステーション」の主要活断層帯地表トレースに断層名、架橋位置を追記
図-3 対象とした断層(内陸直下地震)

キーワード 海上橋, 道路鉄道併用橋, 照査用地震動作成, サイト波, 統計的グリーン関数法, 地盤応答解析
連絡先 〒532-0002 大阪府大阪市淀川区東三国 4-13-3 NEXCO 西日本コンサルタンツ(株)大阪支店 TEL06-4807-7735

トラフ地震（基本ケース²⁾の震源特性を参照した。伝播経路特性は、既往の研究成果^{3),4)}に示される式を参照した。サイト増幅特性は既往の研究成果⁵⁾の評価方法を参照し、空港島及び田尻町で過去に観測された地震観測記録を用いて、本橋における経験的サイト増幅特性（=観測スペクトル/基盤スペクトル）を算出した。

基盤波は、条件設定で設定した震源特性、伝播経路特性、サイト増幅特性を用いて、本検討では複数ある算出手法の中から、本橋の卓越周期帯を評価でき、最適と考えられる統計的グリーン関数法を適用した。また、各諸特性の不確定性を考慮するため、工学的基盤位置での地震動群（以下、「基盤波群」という）を作成し、得られた基盤波群の中から平均+標準偏差に近似する1波を抽出して、対象断層における基盤波とした。

地表面波は、建設時の土質調査結果に基づき、地盤傾斜も考慮した地盤条件を設定し、工学的基盤面よりも上層の地盤を二次元有限要素モデル（図-5）で表現した地盤応答解析により、抽出した1波の基盤波を下端から入射して、図-5に示す着目地点1～3の地表面波を作成した。

3. 地表面波の作成結果

作成した各サイト波の地表面波から加速度応答スペクトルを算出し、比較した結果を図-6に示す。比較した結果、着目地点3（前島側）に対して、着目地点1（空港島側）の方が各サイト波ともに応答値が小さくなる傾向であり、着目地点による明確な地震動の違いが見られたことから、作成した地震動に架橋位置の地盤傾斜による影響が反映できていることを確認した。また、周期帯によっては、「道路橋示方書⁶⁾」に示される加速度応答スペクトルを上回る地震動もあり、特に、本橋の卓越周期帯では着目地点3（前島側）において「道路橋示方書⁶⁾」よりも大きくなる可能性がある地震動を作成することができた。

4. まとめ

本橋の照査用地震動として架橋位置の地盤特性を考慮したサイト波を作成した。得られた事項を以下にまとめる。

- 1) 空港島側と前島側における地盤傾斜の違いによる影響を反映した地震動が作成できた。
- 2) 本橋の卓越周期帯を対象とし、本橋への影響が大きい地震動が作成できた。

なお、本橋の耐震性能照査において、鉄道橋としては地点最大の地震動を想定してサイト波を、道路橋はサイト波に加えて「道路橋示方書⁶⁾」のレベル2地震動でも照査を行っている⁷⁾。

最後に、本橋のサイト波作成にあたり、「関西国際空港連絡橋 大規模地震対策検討委員会（委員長：土岐憲三立命館大学衣笠総合研究機構教授）」から貴重なご意見をいただきました。ここに記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 「大阪府自然災害総合防災対策検討（地震被害想定）平成19年3月 報告書」大阪府、2) 「南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）強震断層モデル編」内閣府中央防災会議、3) 「全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性（2002）」、4) 「関西地域におけるサイト増幅特性の再評価（2002）」、5) 「経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討（1997）」、6) 「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（2012）」(社)日本道路協会、7) 「関西国際空港連絡橋における耐震性能照査」令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会

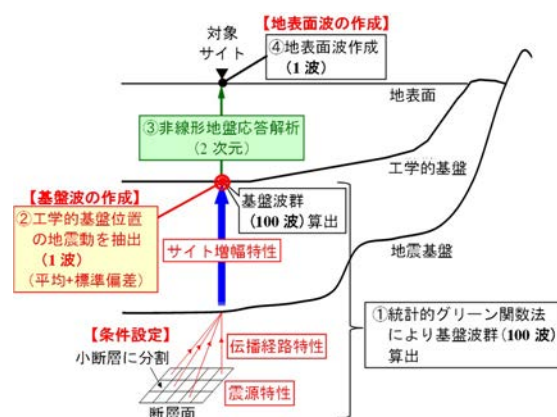


図-4 地震動の作成イメージ

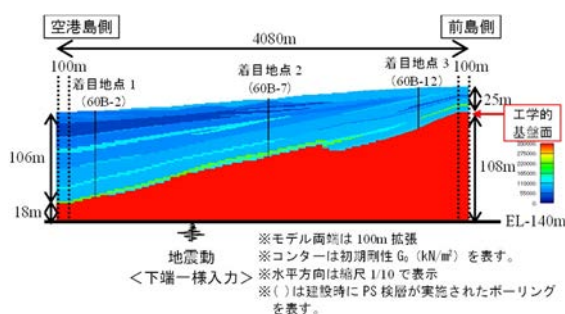


図-5 二次元有限要素モデル図

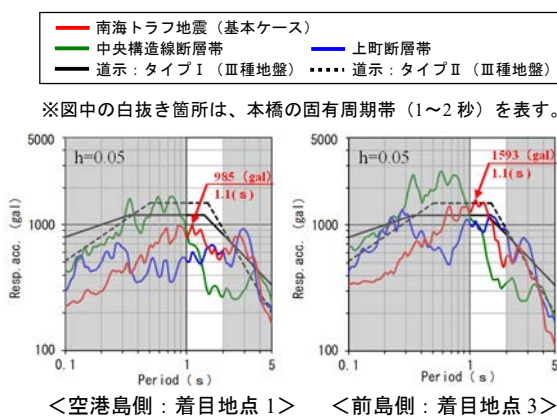


図-6 地表面波による加速度応答スペクトル（橋軸方向）