

東南海・南海地震動とそれによる地震被災の検討

A study on seismic motion and earthquake disaster mitigation caused by Tohnankai and Nankai Earthquakes

北村道夫*・小谷野喜二**・東島義郎***

KITAMURA Michio, KOYANO Yoshiji and HIGASHIJIMA Michio

* 前(財)沿岸技術研究センター 企画部 主任研究員

** (財)沿岸技術研究センター 研究主幹兼第一調査部長

*** 国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾空港技術調査事務所 所長

More than fifty years have run their course the 1946 Nankai Earthquake and they are apprehensive that another severe earthquake may occur in the near future. The probability that Tohnankai Earthquake and Nankai Earthquake occur within 30 years is called 60% and 50% each in Nankai Trough. Then, the damage estimation of port facilities will be very important in this paper.

Key Words : central disaster prevention council, tohnankai, nankai, the sloshing

1. はじめに

南海地震が1946年に発生して以来、既に半世紀が経過しており、近い将来において巨大地震の発生が懸念されている。今後30年間に南海トラフで地震が発生する確率は、東南海地震60%程度、南海地震50%程度と言われている。しかも、最近の検討においては、南海地震に加え東南海地震の同時発生を考慮する必要性について議論がなされている。さらに、これに伴う巨大な地震動とともに大規模な津波発生による災害への対策が課題となっている。

本稿では、紙幅の関係で図-1 検討フローに示すように東南海・南海地震など巨大地震を想定した場合の対象港湾施設における被災状況を把握するために実施した調査のうち、既存資料収集・整理と地震動予測に関して報告する。

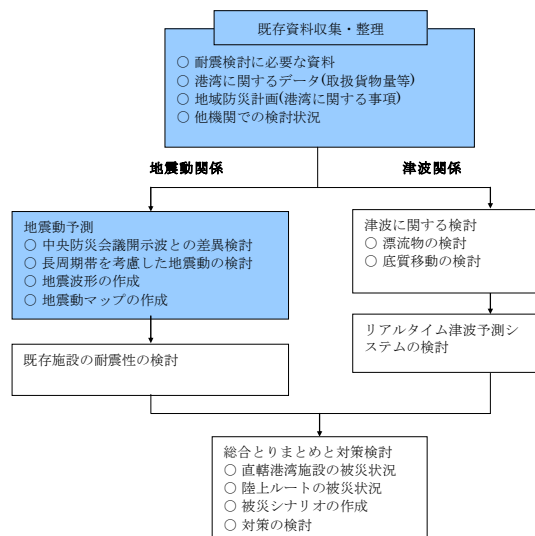


図-1 検討フロー

2. 地震による被災状況の検討

2.1 資料の収集・整理

まず、図-1の検討フローに示したように、検討に必要な資料を収集・整理した。特に、地域防災計画については、施設の管理担当者に耐震対策の有無等についてヒアリングを実施して整理した。資料整理の一例として耐震強化岸壁、緊急輸送路、臨港道路に位置する橋梁の位置図(大阪港)を図-2に示す。

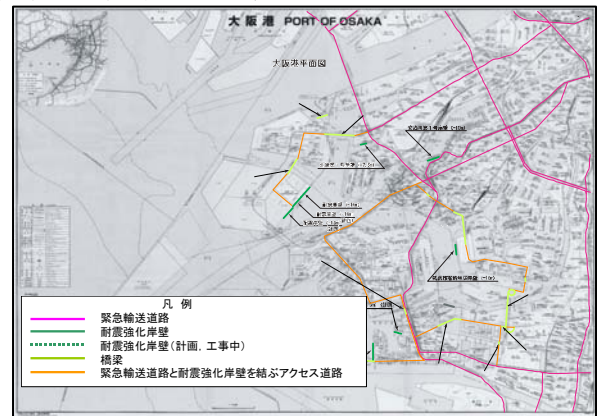


図-2 耐震強化岸壁、緊急輸送路、臨港道路に位置する橋梁の位置図(大阪港)

2.2 地震動予測

(1) 中央防災会議開示波との差異検討

地震動予測は、平成15年度、16年度に実施しているが、平成17年度に中央防災会議で開示された地震動との間に若干の差異がある地震動予測条件について比較した

結果を表-1 に示す。

表-1 地震動予測条件の比較

	本検討	中央防災会議
最終成果	港湾構造物に対する 入力地震動	対象地域内の 震度(震度階)分布
断層モデル	中央防災会議(2004)による想定断層とほぼ同等	中央防災会議(2004)による 想定断層
地震動予測手法	統計的グリーン関数法	統計的グリーン関数法
地震動予測地点	対象構造物地点	1kmメッシュ
地震基盤	$V_s=3000\text{m/s}$ 地震基盤内での増幅は考慮せず	$V_s=3000\text{m/s}$ (公開された地盤データの最下層は $V_s=2900\text{m/s}$)
工学的基盤	$V_s=300\text{m/s}$	$V_s=700\text{m/s}$
伝播経路特性	Petukhin et al.(2003)で近畿地方の 深部地盤を対象に求められたQ値	全国の平均的なQ値
地震基盤～工学的基盤 の増幅特性	港湾における地震観測記録から サイトインバージョンを用いて推定	対象地域内の深部地盤調査から 1kmメッシュを作成 (深層地盤調査データは著しく偏在)
工学的基盤～地表の増 幅特性	対象構造物設計時の 地盤調査データ	対象地域内のボーリングデータから 1kmメッシュを作成

これを見ると、中央防災会議と本検討における地震動予測条件で大きく異なるのは地震基盤の考え方、伝播経路特性と地震基盤～工学的基盤のサイト増幅特性の算定方法であることがわかる。

これらの相違点については、既往地震の再現による伝播経路特性およびサイト増幅特性によって、港湾地域においては、その精度が確認されている。また、フーリエスペクトルにおいて港湾施設に影響の大きい0.5～2.0Hzに関して概ね一致していることから本検討における予測地震動が妥当なものであると判断した。

(2) 長周期波を考慮した地震動の検討

過去に作成した地震動は、統計的グリーン関数法により算定した結果であり、適用周期範囲は、そのサイト増幅特性の信頼周期帯域から、周期0.1秒～5秒であるものと考えられる。一方、港湾区域には、長周期の地震成分が問題となる施設(タンク等)が多く存在している。

長周期の地震成分が問題となる構造物としては、

- ・石油コンビナート
- ・護岸などの港湾構造物
- ・免震クレーン
- ・橋梁
- ・高層ビル等

が考えられる。このような構造物では、長周期の地震動と共振して大きな揺れが発生し、構造物の安定性が損なわれる等の問題が発生する。

検討結果、護岸などの港湾構造物、免震クレーン、橋梁、高層ビルなど固有周期が長いと考えられる構造物においても、その固有周期はほぼ5秒以下であることがわかった。

ただし、コンビナートのタンクについては、固有周期が5秒を超え、長周期地震動が問題となる可能性があると考えられる。

図-3に2004年9月5日紀伊半島沖の地震(M7.4)で発生した堺地区の石油タンクのスロッシング(液面揺動)の状況を示す。これにより石油タンクのスロッシング固有周期は、4秒から20秒以上にも達することがわかる。

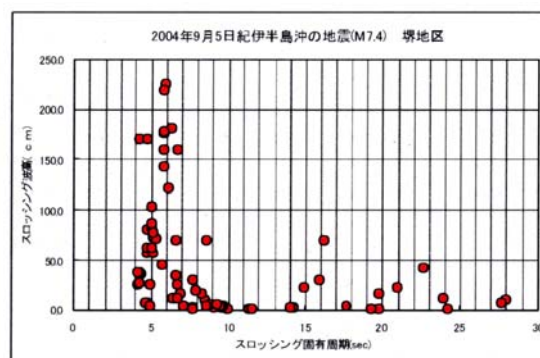


図-6 9月5日紀伊半島沖の地震での石油タンクのスロッシング

また、高さ200m～300mの超高層ビルも固有周期が5秒以上となる可能性があるが、超高層ビルの場合は調査した範囲では、免震構造などの対策が講じられている。

(3) 地震動波形の作成

1) 常時微動観測によるサイト増幅特性のゾーニング

検討対象港湾の面積が広い場合には場所によって増幅特性が異なるためにゾーニングが必要となる場合がある。そこで、常時微動観測を実施して、計測結果のH/Vスペクトルにより、サイト増幅特性のゾーニングを行った。微動観測結果の一例を図-4に示す。また、図-5の例では、大阪港を橙色線で3つのゾーンに分けた。

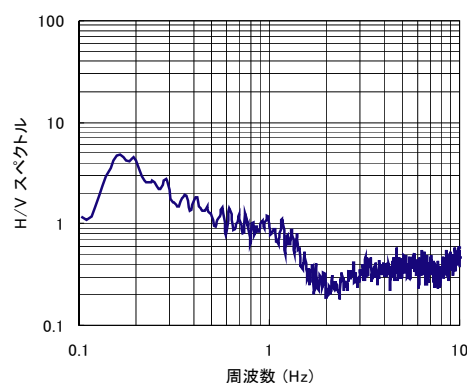


図-4 微動観測計測結果(H/V スペクトル)

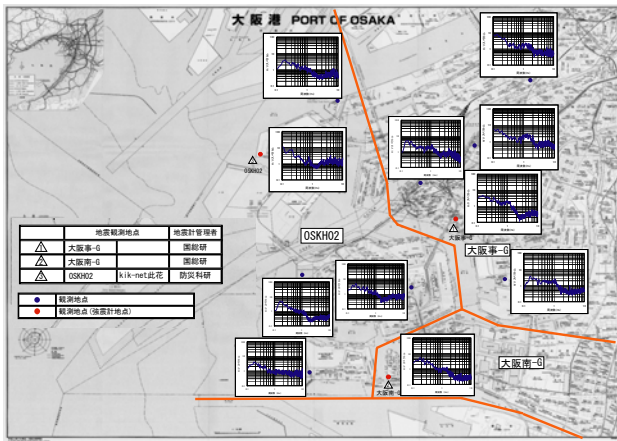


図-5 サイト増幅特性のゾーニング結果(大阪港)

2) 波形算定結果

サイト増幅特性のゾーニング結果より、波形算出点のサイト増幅特性を選定し、統計的グリーン関数を用いて東南海・南海地震による地震動を算定した。算定した結果は、500m メッシュに区分けしたメッシュ番号と波形データの名前が対応する形で区域毎に整理した。図-9 に波形算定結果の一例を示す。なお、算定した結果は、電子媒体で保存している。



図-6 波形算定結果の一例(大阪港)

(4) 地震動マップの作成

地震動マップ作成の目的は、港湾全体の地震動による以下に示す影響の評価を行うための基礎資料とするものである。

- ・ 揺れやすさの判定
- ・ 上屋など港湾区域内の建築物の被害想定
- ・ 岸壁や防波堤など港湾構造物の被害想定
- ・ 岸壁の液状化想定

本検討では、地震応答解析を行い、その結果を用いて港湾区域及び臨港地区を中心とした範囲 (50m メッシュ

毎) で地表面最大加速度・計測震度・作用震度・液状化の可能性を算出し、各マップに整理した。

なお、地震応答解析を実施する際の入力地震動は、前項 (3) 2) 波形算定結果で求めた 500m メッシュの地震波形を用いるものとする。

地震動マップ作成結果の一例を以下に示す。

1) 地表面最大加速度マップ (図-7)

一次元 FLIP 解析結果から得られる地表面水平 2 成分 (NS, EW) 応答波形のスカラの最大値を地表面最大加速度と設定する。

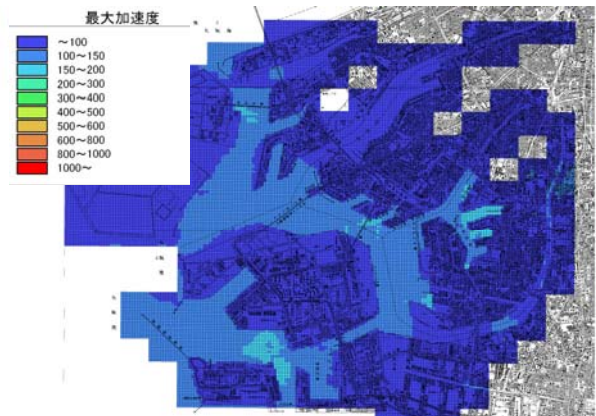


図-7 地表面最大加速度マップ[gal] (大阪港)

2) 計測震度マップ (図-8)

一次元 FLIP 解析結果より得られる 3 成分波形 (水平 2 成分, 上下方向) より、気象庁の方法に則って計測震度を算定しマップを作成する。

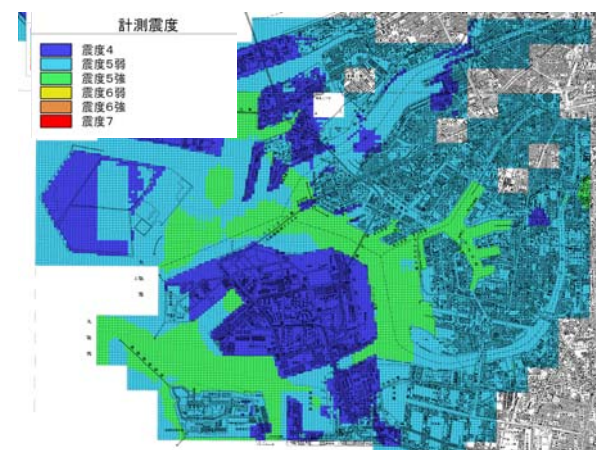


図-8 計測震度マップ (大阪港)

3) 作用震度マップ

岸壁においては、平成 18 年改訂予定の「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(以下、「新技術基準」と略称)では、レベル 1 地震動に対する照査震度を対象地盤の周波数特性(増幅特性)および地震動の継続時間を考慮した式より設定することとなる。「新技術基準」ではレベル 1 地

震動に対する許容変形量によって、照査震度が変わるため、許容変形量(例えば 10cm, 30cm, 50cm, 100cm)に対する照査震度(作用震度)を算定しマップを作成した。

図-9 に岸壁で許容変形量 50cm 時の作用震度マップを示す。

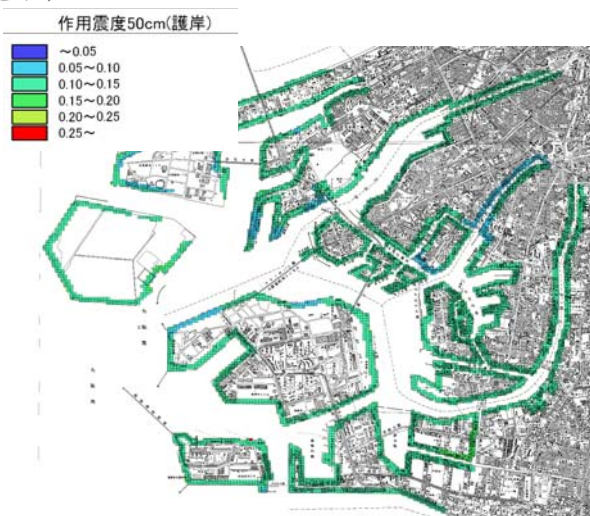


図-9 作用震度マップ[岸壁の許容変形量 50cm] (大阪港)

4) 液状化危険度マップ

液状化危険度マップは 3 種類のマップを作成した。

① 最大過剰間隙水圧比

一次元 FLIP 解析結果より得られる最大過剰間隙水圧比より、マップを作成した。

② 過剰間隙水圧比が 0.95 を上回る層の層厚

一次元 FLIP 解析結果より得られる過剰間隙水圧比が 0.95 以上となる層厚を算定し、マップを作成した。

③ 沈下量

②の過剰間隙水圧比が 0.95 を上回る層に対して、石原・吉嶺により提案されている、 F_L 値と沈下量の関係(図-10)を適用して沈下量(層厚の 3%)を求めマップを作成した。

このうち図-11 に①の最大過剰間隙水圧比マップを示す。

2.3 まとめ

同じ港湾区域であっても各サイトで地表面最大加速度などが異なるので対象構造物によって被災状況が異なることが想定される。よって、今後、巨大地震が起こる前に、構造物ごとの被災程度を予測する技術を高めることが望まれるのではないかと。

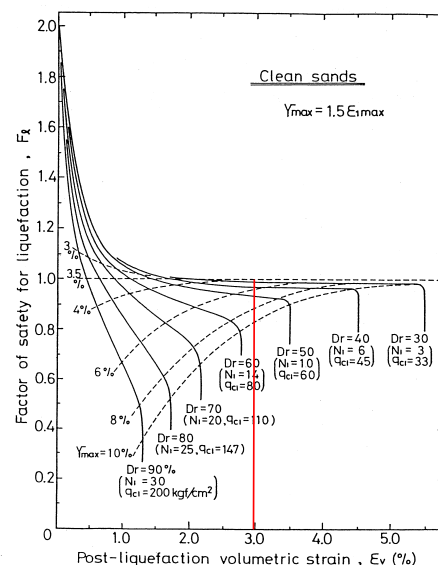


図-10 砂の液状化安全率-体積ひずみ関係

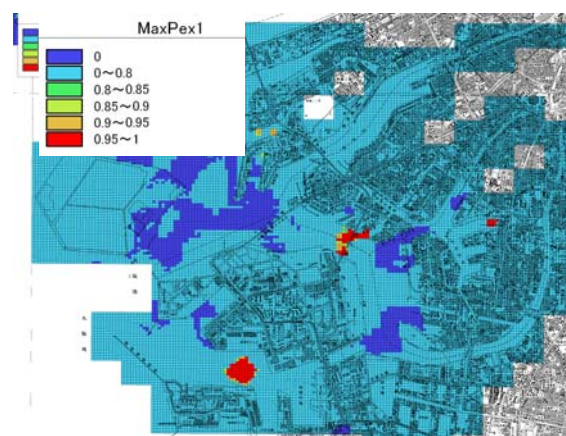


図-11 液状化危険度マップ
[最大過剰間隙水圧比] (大阪港)

3. おわりに

本稿は、国土交通省近畿地方整備局神戸港湾空港技術調査事務所発注による、「平成 17 年度 港湾における東南海・南海地震対策技術検討調査」の成果を取りまとめたものである。検討に際しては、京都大学防災研究所 高山教授を委員長とする委員会委員の皆様から貴重なご意見・ご指導頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。