

# 港湾施設の性能照査に用いるレベル2地震動の効率的な算定方策

海老原俊広\*・三井道雅\*\*・西村大司\*\*\*

\* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

\*\* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査役

\*\*\* 前 国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾空港技術調査事務所 所長

中部地方整備局管内の沿岸域(静岡県, 愛知県, 三重県)の地方港湾を対象に, レベル2地震動を効率よく算定する方策を検討し, 地震動を算定した. また, これらの算定結果を活用して, 管内沿岸域の地震動特性の把握を行った.

キーワード: レベル2地震動, サイト増幅特性, 東海・東南海地震, 地震防災対策

## 1. はじめに

平成19年に改定された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(以下, 港湾基準と略す)では, 震源特性・伝播経路特性・サイト特性を考慮した精度の高い地震動を用いて港湾施設の性能照査を行うことを基本としている.

中部地方整備局管内の沿岸域(静岡県, 愛知県, 三重県)では, この港湾基準の考え方に基づいて, 東海・東南海地震, 内陸活断層地震およびM6.5直下地震に対して, 特定重要港湾および重要港湾9港におけるレベル2地震動の算定を行ってきた.

同地域には特定重要港湾および重要港湾の他に41の地方港湾があるが, 東海・東南海地震発生 of 切迫性から, 地方港湾にも比較的多くの耐震強化施設の建設や整備計画が進められており, レベル2地震動の算定が急がれている. しかしながら, 地方港湾は対象地点が多いことに加え, サイト特性の精度が十分ではないことなどがレベル2地震動算定の障害となっている.

そこで, 特定重要港湾および重要港湾との整合性を勘案して, 地方港湾のレベル2地震動を効率的に算定する方策を検討し, 地方港湾の地震動を算定するとともに, 管内沿岸域の地震動特性を把握した.

## 2. レベル2地震動の算定手法

### 2.1 基本的な算定手法

港湾基準では, 震源特性・伝播経路特性・サイト増幅特性を合理的に評価できる手法として, 統計的グリーン関数法を用いてレベル2地震動を算定することを基本としている. 震源特性は, 地震調査研究推進本部(<http://www.jishin.go.jp/main/>)の公開データ, 伝播経路特性は震源と対象地点の位置関係によって評価することが可能である. また, サイト増幅特性は, スペクトルインヴェージョン<sup>1)</sup>という手法によって求めることを基本と考えている. スペクトルインヴェージョ

ンは港湾地域強震観測, K-NET, KiK-net といった一般に公開された対象地点の地震観測記録を用いて, 地震基盤～地表の増幅特性を算定する手法である. そのため, 対象地点において精度のよい地震観測記録があるかどうか, サイト増幅特性の精度を左右することになる.

### 2.2 効率的に算定する方策

数多く存在する地方港湾のレベル2地震動を効率的に算定するために, 以下のような方策を講じた(図-4).

- ①自治体地震観測点の活用: 地方港湾では, 対象地点またはその付近において地震観測記録が得られていないことが多く, 一般に公開されているデータ(港湾地域強震観測, K-NET, KiK-net)だけでは, サイト増幅特性の評価が難しいことが予想された. そのため, 一般には公開されていない自治体地震観測点の調査および地震観測記録の収集を新たに行った. これらの地震観測点と対象港湾について, 常時微動H/Vスペクトル比による振動特性の比較を行い, 近傍地震観測点におけるサイト特性を対象港湾の特性とみなせるかどうかの評価を行った. 適用できる地震観測点がない場合には, 対象港湾での地震観測が必要と判断した.
- ②過去の地震記録の活用: 対象港湾のサイト増幅特性とみなせる近傍地震観測点が複数ある場合には, 過去の地震記録から振動特性を評価し, 適用する地震観測点の妥当性を検証した.
- ③対象地震の選定: 重要港湾に対する検討結果より, レベル2地震動に選定された地震は, 地震計測震度5.5(震度6弱)と対応がよいことが分かった. よって, 対象地震は, 距離減衰式による評価で震度5.5(震度6弱)以上となる地震に絞り込みした.
- ④算定方法の効率化: 重要港湾では, グリーン関数(小地震記録)および断面における破壊伝播のバラツキを考慮して, 乱数を用いて50種類の地震波形を算出し, 平均的な波形が得られる乱数1個をレベル

2 地震動算定時に採用している。地方港湾では、効率化を図るために、最寄りの重要港湾において選定された乱数 1 個に対してのみレベル 2 地震動を算出することとした。

### 3. 地方港湾のレベル 2 地震動算定

#### 3.1 レベル 2 地震動算定事例

前項の効率的な方策を講じて、レベル 2 地震動を算定した例として、大井川港のケースを以下に示す。

##### ①常時微動 H/V スペクトル比による評価

港湾近傍の 2 箇所(大井川町役場, K-NET 榛原)の地震計サイトの常時微動 H/V スペクトル比について、港湾サイトとの比較を行った。ピーク周波数は、いずれも 1.5Hz 付近であり、港湾サイトの地盤振動特性として、大井川町役場, K-NET 榛原のどちらを選択しても良いレベルであると評価した(図-1)。

一方、サイト増幅特性を比較すると、ピーク周波数はほぼ同じであるが、K-NET 榛原のピーク倍率は大井川町役場の約 2 倍であり、施設の設計において危険側あるいは過大とならないよう適切に評価するために更なる検討が必要と判断した(図-2)。

##### ②過去の地震記録による評価

安政東海地震時(1854 年)の大井川港付近の震度分布を静岡県市町村災害史に基づいて作図し、サイト増幅特性の妥当性の検証を行った。これを見ると、K-NET 榛原付近は震度 7、大井川町役場周辺は震度 7 前後であるのに対し、大井川港付近の飯渕では震度 6 であり、大井川港付近は周囲に比べて揺れにくい特徴があることがわかった(図-3)。

また、2001.4.3 の静岡県中部の地震記録からも、K-NET 榛原の方が大井川町役場より揺れやすい特徴があることも分かった。

上記①, ②などの検討結果を総合的に評価し、大井川港は、大井川町役場のサイト増幅特性の適用が妥当であると判断した。

##### ③対象地震の選定

距離減衰式による検討では、内陸活断層地震に対する計測震度が 5.5 を超えるものはなく、最寄りの重要港湾である御前崎港のレベル 2 地震動に選定されている地震のみ(東海・東南海連動富士川河口断層地震, M6.5 直下地震)を対象地震として選定した。

##### ④算出方法の効率化

グリーン関数(小地震記録)および断層面における破壊伝播のバラツキを考慮するための乱数は、最寄りの重要港湾である御前崎港にて採用されている値を採用し、レベル 2 地震動を算定した。

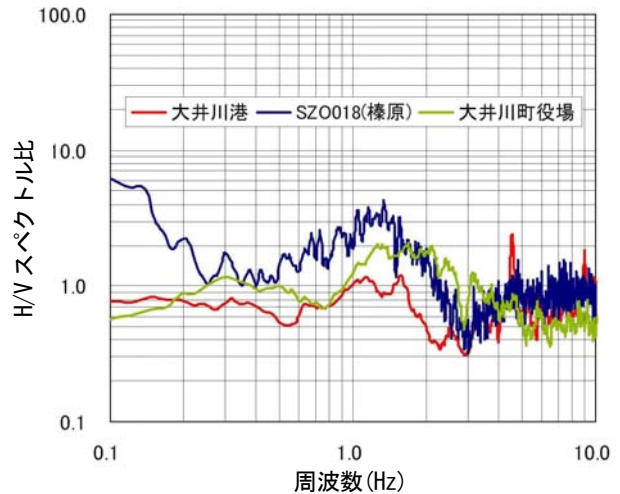


図-1 常時微動 H/V スペクトル(大井川港)

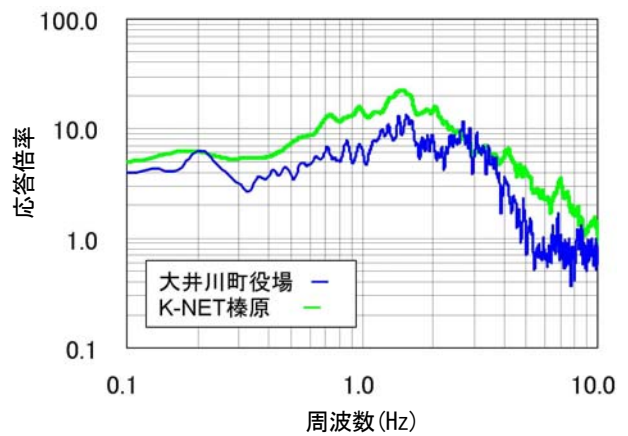


図-2 サイト増幅特性の比較



図-3 安政東海地震時の大井川付近の震度分布

#### 3.2 地方港湾に対する検討結果

中部地方整備局管内の全地方港湾について同様に図-4 に示す検討フローにてサイト増幅特性の再現精

度の評価を行った。

その結果(表-1), 33 港(35 地区)は, サイト増幅特性の再現精度が高く, レベル2 地震動の算定が可能, 残りの10 港(10 地区)は, レベル2 地震動の算定のための地震観測が必要と評価した。この結果を踏まえて, 地方港湾23 港(24 地区)について, レベル2 地震動の算定を行った。

表-1 サイト増幅特性評価結果 (地方港湾)

再現精度	補正方法 <sup>2)</sup>	対象港湾数
高	松	33 港 (35 地区)
中	竹	4 港 (4 地区)
低	梅	6 港 (6 地区)

#### 4. 管内沿岸域の地震動特性

特定重要港湾・重要港湾 9 港および地方港湾 23 港のレベル2 地震動算定結果を整理し, 中部地方整備局管内の沿岸域における地震動の特性について考察を行った。図-8 に最大加速度分布図を示す。

##### ①M6.5 直下地震

震源特性, 伝播経路特性は, 各港湾共通であり, 地震動はサイト増幅特性のみに依存するため, 田子の浦, 榛原, 常滑, 師崎, 千代崎, 白子, 宇治山田, 鳥羽ではサイト増幅特性が大きく, 下田, 清水(新興津), 大井川, 三河(蒲郡), 名古屋(知多), 的矢, 長島, 木本ではサイト増幅特性が小さい傾向が見てとれる。

##### ②内陸活断層地震

愛知県西部および三重県北部では, 規模の大きい内陸活断層が多く分布するため(図-5), 最大加速度は, 衣浦, 名古屋, 四日市, 津松阪, 常滑, 千代崎および白子においては, M6.5 直下地震よりも内陸活断層地震(図-8 上段の( ))に表示の方が卓越する。

##### ③海溝型地震(東海・東南海地震)

田子の浦から浜名付近は, 東海地震の震源域(図-6)に相当するため, 最大加速度は大きな値を示している。

一方, 伊豆半島は, 東海・東南海地震の地震動が集中する方向にはあたらなことから, 影響は比較的小さいという結果となった。しかしながら, 宇久須, 伊

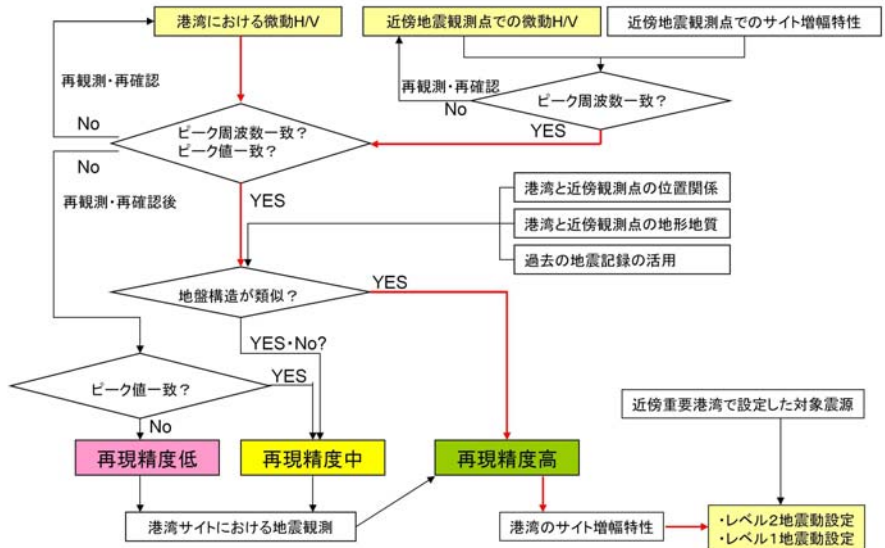


図-4 地方港湾における設計入力地震動の算定フロー

東(川奈)では, M6.5 直下地震より大きな最大加速度となっている。これは両地点が, ピークが明瞭で増幅倍率の大きなサイト増幅特性(図-7)を有していることに

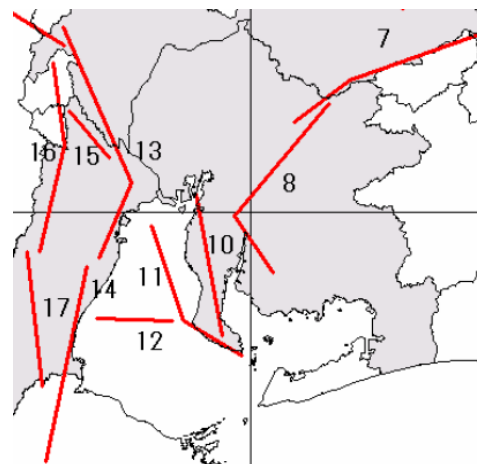


図-5 愛知県西部・三重県北部の活断層分布<sup>3)</sup>

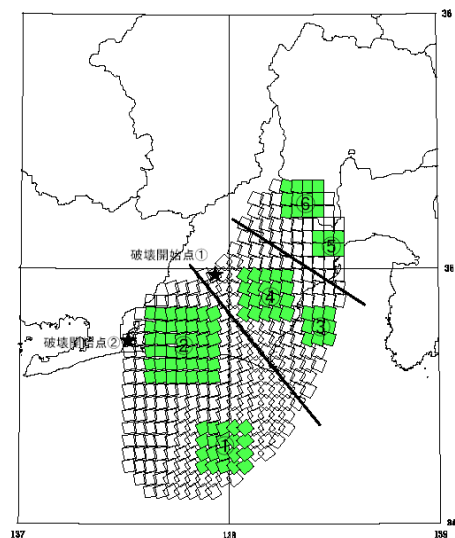


図-6 東海地震の震源域<sup>3)</sup>

起因しているものと理解できる。

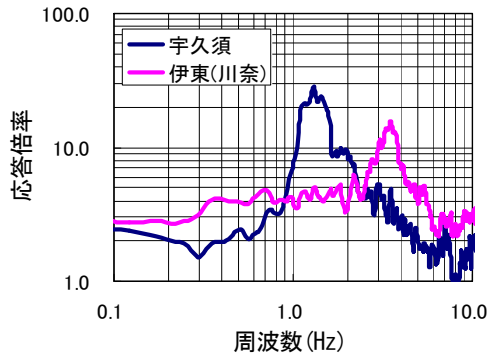


図-7 サイト増幅特性 (宇久須・伊東)

## 5. おわりに

より精度の高いレベル2地震動を算定するためには、対象サイトでの地震観測を行うべきである。しかしながら、適切な規模の地震発生を待つ従来の方法では間に合わない場合等には、常時微動H/Vスペクトル比による判断に加え、過去の地震記録、深部・浅部地盤データなどの情報を補完すれば、サイト特性を適切に評価することができることを示した。

また、この手法は、比較的効率的にレベル2地震動の算定が可能であり、その妥当性も検証できた。この

成果は、港湾施設の性能照査への活用だけではなく、沿岸域の地震動特性の把握にも有効であることから、港湾地域の地震防災対策を実施する上での基礎資料となるものと考える。

**謝辞**：本研究を行うにあたり、管内設計入力地震動検討部会(座長:井合教授,京都大学防災研究所)において貴重なご助言を頂いた。また、港湾地域強震観測,大都市圏総合強震観測網, K-NET(<http://www.k-net.bosai.co.jp>), KiK-net(<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>)の地震観測記録を利用させていただいた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 野津厚, 長尾毅: スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト増幅特性, 2005, 港湾空港技術研究所資料No.1112
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ, <http://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/sisetu.html>, サイト増幅特性の補正方法
- 3) 内閣府 中央防災会議ホームページ, <http://www.bousai.go.jp/chubou/chubou.html>

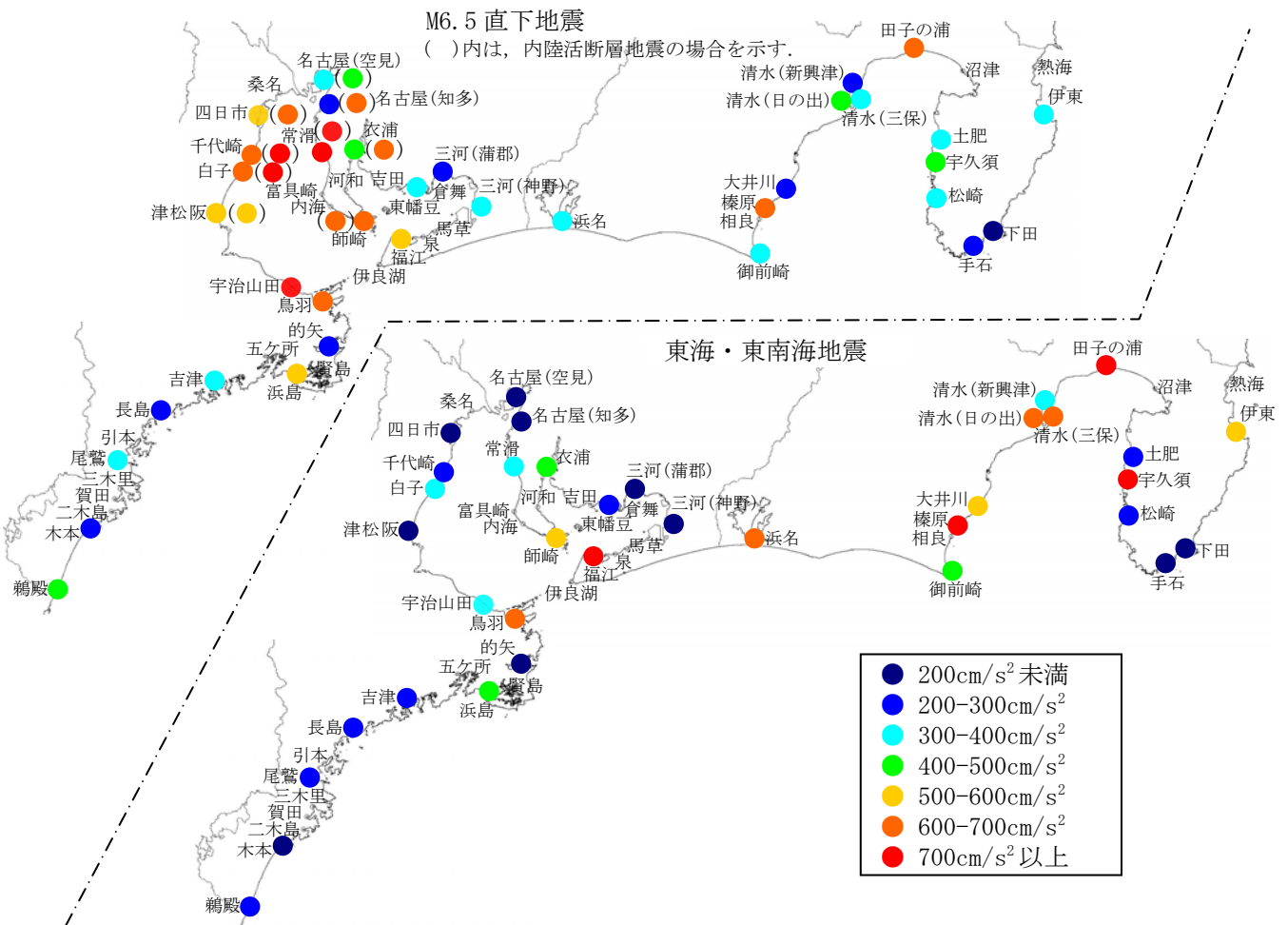


図-8 中部地方整備局管内の港湾における最大加速度分布(工学的基盤)