

# 臨海部の被害予測システム



港湾研究部 港湾計画研究室長 高橋 宏直

## 1. 臨海部における被害予測の考え方

1995年(平成7年)1月17日に発生した兵庫県南部地震は、人口140万人余りの神戸市を中心とした地域に大きな被害をもたらした。この地震により、内陸部において建築物や鉄道施設に大きな被害が発生したのと同様に、臨海部においても港湾施設、海岸保全施設、荷役機械等に甚大な被害が発生した。

兵庫県南部地震発生以前の港湾施設等に対する地震防災は、耐震設計としての概念が主流であった。すなわち、個々の施設の耐震性の確保に重点が置かれており、実際に地震が発生した場合に、個々の施設総体として機能する臨海部全体が、どのような被害状態になるのか、どれだけの機能が損なわれるのか等の観点からの検討は十分になされていなかった。

こうした状況に対して、各種基盤施設における耐震性の強化に加えて、地域全体としての耐震性を強化する重要性の認識が高まってきた。このため、個々の施設総体である地域としての被害を予測するシステム開発の重要性が高まった。

特に、兵庫県南部地震発生直後においては、内陸部の様々な施設が多大な被災を受けたにもかかわらず、神戸港は、緊急物資の搬入、陸上施設の代替としての人流対応の海上輸送、海上支援船の係留及び瓦礫等搬出の大きな4つの役割を果たした。このため、臨海部を対象とした被害予測システム開発が特に強く求められた。

さらに、被災後の救援や火災への対応等、災害時における危機管理体制の不十分さが被害の拡大をもたらしたことに對して、救援部局における意思決定支援ツールとしての観点からも被害予測システムに対する要請が高まった。

こうした状況を踏まえ、横浜市臨海部をモデル地区とした被害予測システムを開発した。本システムでは、地震により臨海部がどのような被害状況を受けるのかを予測し、その被災状況において港湾がどの程度の機能を果たすことが出来るのかを検討することを目的とした。

## 2. 被害予測システムの概要

任意の想定地震に対して、対象地域における震度、最大加速度、加速度応答スペクトル等の様々な地震動指標を推計する。この指標に基づき、岸壁の被害程度、コンテナの被害程度、臨海部都市の街路通行可能率・車両通行可能判定、液状化判定を推計する。さらに、意思決定支援ツールとしての通行可能なルートを検索できる。

被害予測システムの構成を図-1に示す。ここに示すようにメンテナンス部とシミュレーション部に分けられる。前者の機能により、道路ネットワーク、道路橋の諸元、岸壁の諸元、コンテナクレーンの諸元あるいは地盤データのような対象地区に固有な各種データを設定し、後者の機能によりシミュレーションを行う。

このシステムは、PCで稼動するシステムである。道路ネットワークは、国土地理院発行の数値地図2500から抽出し、道路幅員情報を付加したものを使用している。背景地図と道路ネットワークの表示、岸壁等の各種施設の諸元の入力とそれらの位置の表示あるいは各種施設の被害程度の表示には、地理情報システム(SIS: Ver.4.0)を利用している。

## 3. 地震動指標の推計

モデル地区を250m×250mメッシュに分割し、各メッシュごとに加速度等の種々の地震動指標を予測する。この地震動指標の評価手順を図-2に示す。

この図で示すように断層データ、震源データあるいは基盤強震計の記録のいずれかからメッシュ中央の工学的基盤面における各種地震動指標を推計する。次に、それらの地震動指標に地震動指標の種類別に用意された表層地盤増幅率を乗じて、地表面における各種地震動指標を推計する。

モデル地区において設定した表層地盤種別を図-3に、また地震動指標・計測震度の計算結果を図-4に示す。震源としては、1923関東地震の断層モデルとして提案されている松浦のモデルを使用している。この結果、モデル地区での

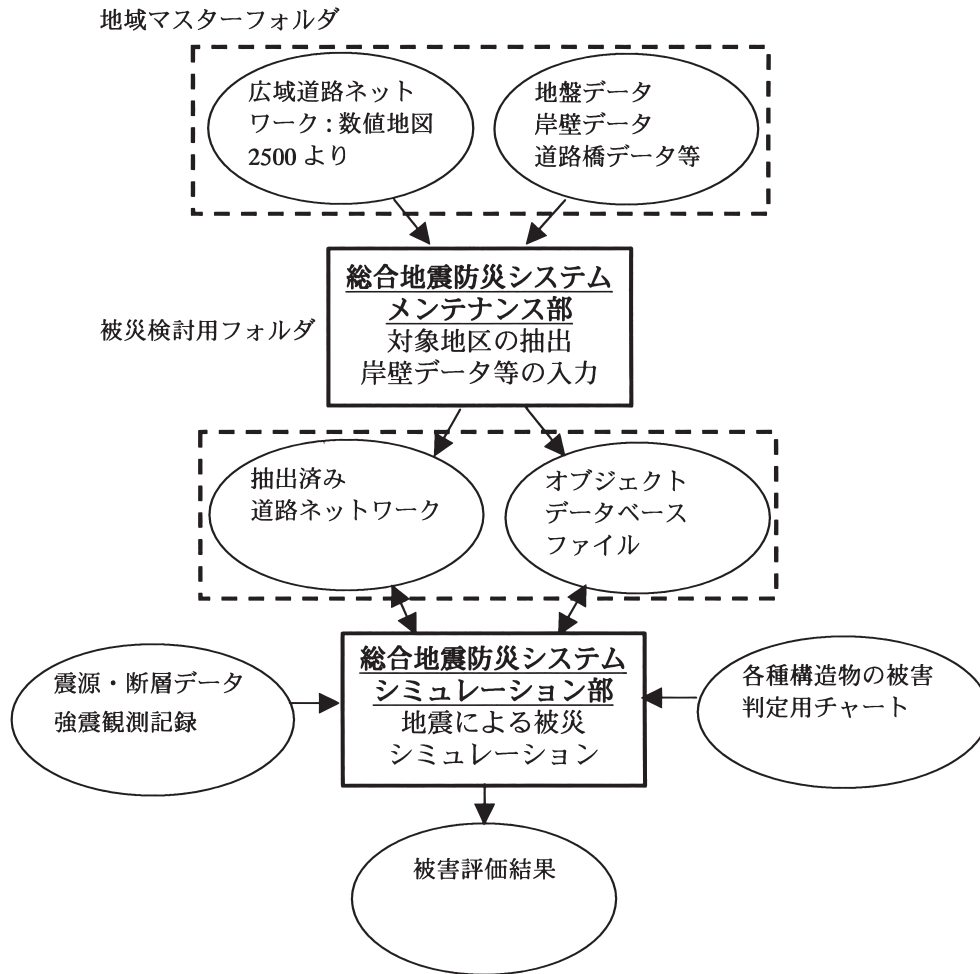


図 - 1 臨海部の被害予測システム

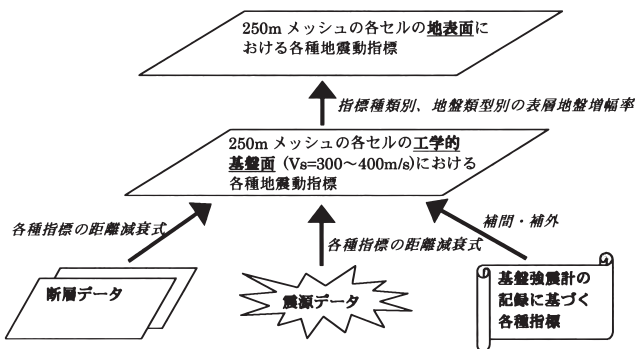


図 - 2 地震動指標の推計手順(加速度応答スペクトルを除く)

計測震度は 6 前後となり、埋立地よりは関東ローム台地で大きくなる傾向が明らかになった。

#### 4. 各施設ごとの被害予測

##### (1) 岸壁

本システムで被害評価の対象とする岸壁の構造様式としては、重力式岸壁、矢板式岸壁および栈橋式岸壁がある。

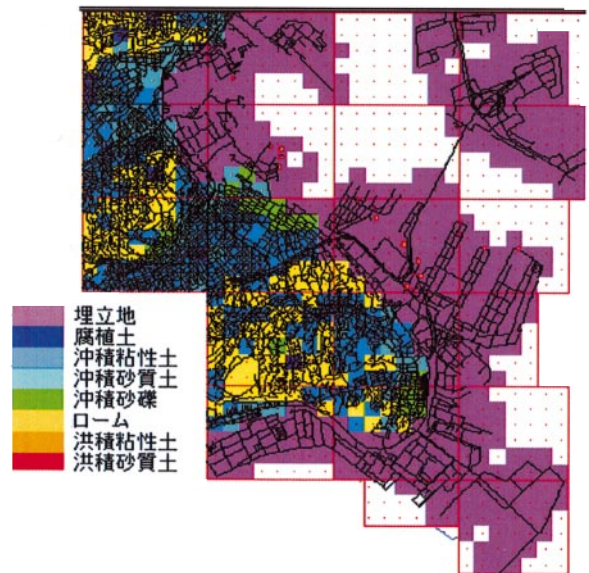


図 - 3 モデル地区の表層地盤種別

岸壁が存在するメッシュで評価された地震動指標を基に、岸壁様式別の被害評価法を適用する。被害評価結果は、表 1 に示す被害程度で表現する。例えば、重力式岸壁の評価に

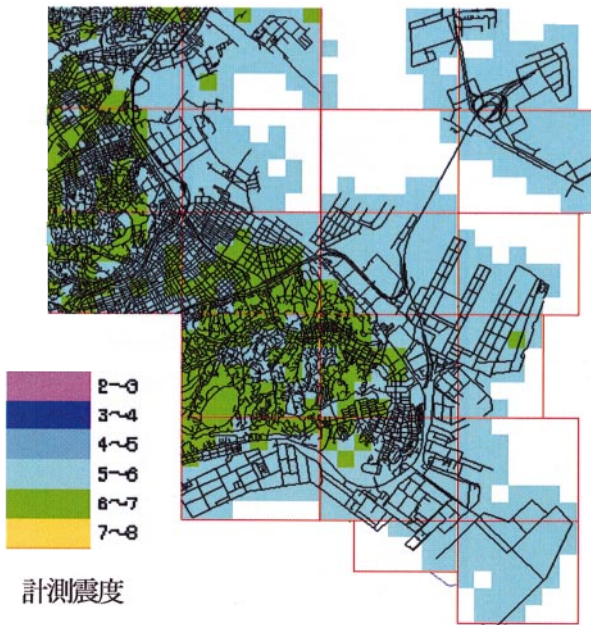


図 - 4 計測震度の分布 (1923 関東地震：予測値)

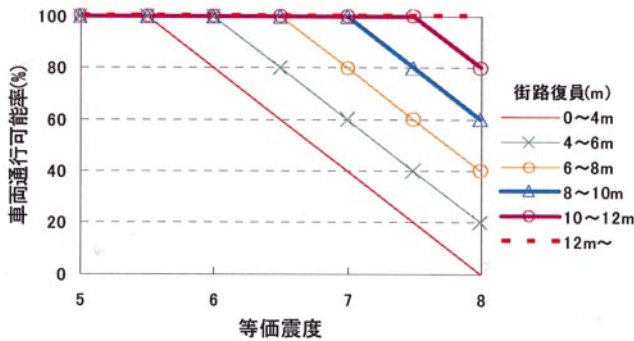


図 - 5 街路幅員別の等価震度に対する車両通行可能率のチャート

おいては、文献 1) を適用している。

## (2) コンテナクレーン

コンテナクレーンを所定の固有周期と減衰定数を有する 1 自由度系でモデル化する。さらに、文献 2) に基づき、メッシュで評価された地震動指標をコンテナクレーンの固有周期を適用してクレーン海側脚支持点における転倒モーメントを算定する。この結果により、陸側脚の浮き上がりを判定する。

## (3) 街路

地震時の建物倒壊等により街路が閉塞する。このため、文献 3) に示される図 - 5 を用いて、街路幅員と震度から車両通行可能率を推計する。例えば、等価震度 (メッシュ全

表 - 1 岸壁の被害程度、の意味

被害程度 I	応急復旧不要または簡易な応急により機能回復
被害程度 II	短期間の応急復旧により機能回復
被害程度 III	短期間の機能回復は困難

表 - 2 橋脚の被害判定

構造	示方書	被災度大	被災度中	被災度小	被災無し
RC	~1970	SI>50	SI>30	SI>10	10≥SI
	1990	SI>50	SI>30	SI>10	10≥SI
	1995~(K <sub>hy</sub> <0.6)	SI>50	—	—	50≥SI
	1995~(K <sub>hy</sub> ≥0.6)	SI>100	SI>50	—	50≥SI
鋼	~1970	SI>50	SI>30	—	30≥SI
	1990	SI>50	SI>40	SI>30	30≥SI
	1995~	SI>100	—	SI>50	50≥SI

体の平均震度) 7 のメッシュのエリアにおいて、幅員が 4 m 未満の街路での通行可能率は 40% 程度と推計される。この通行可能率に対して一定の値を閾値として設定し、個別の街路リンクに対して車両通行可能判定を行う。

## (4) 道路橋

道路橋の橋脚の被害判定は、道路橋が存在するメッシュで評価された地震動指標 (SI) に応じて、文献 4) に示される国土技術政策総合研究所の即時震害予測システムで用いられている被害判定表 (表 - 2) を参照して行う。また、基礎の被害判定はメッシュでの PL 値に応じて、同じく、即時震害予測システムで用いられている被害判定表を参照して行う。

## (5) ルート検索

港湾施設、街路、道路橋の被害判定の結果、GIS の機能を用いてルート検索を行うことが出来る。この機能により、港湾における緊急物資受入拠点から避難拠点等の搬出先ルートの検討が可能となる。

## 5. 地域全体の被害予測結果

1923 関東地震を想定した場合のモデル地区の一部 (関内エリア) の被害予測結果を図 - 6 に示す。ここでは、岸壁および街路と道路橋を合わせた道路被害として表示している。

図の左側のローム台地における街路の車両通行可能率は 60% 程度あり、90% を通行可能な閾値としたために、多くの街路で車両通行不可能な状態になった。また、図の右上の埋立地 (新港ふ頭地区) の先端にある海上防災基地の棧



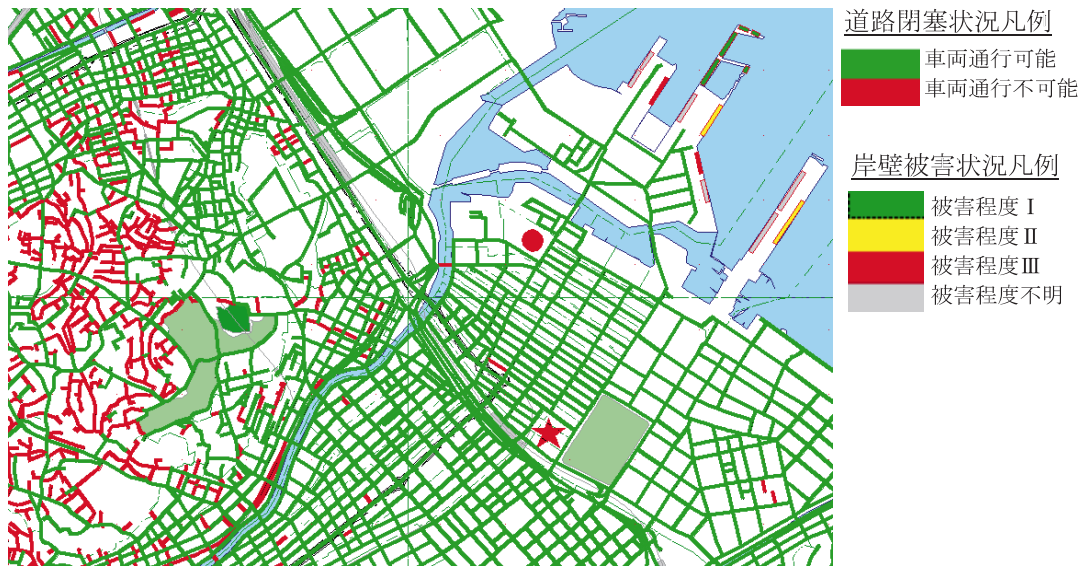


図 - 6 街路閉塞状況と岸壁被害状況（1923関東地震：予測値）

橋は、被害程度（応急復旧不要または簡易な応急により機能回復可能）と判定されている。一方で被害程度（短期間の機能回復は困難）と判定される古い岸壁もある。また特異な構造形式の岸壁については被害程度が判定できなかった。なお、図中の赤い星マークは市役所を、赤い丸マークは関東地方整備局を示す。予測結果として、市役所、関東地方整備局周辺においては街路閉塞は見られず、海上防災基地との連携も確保されることが想定される。

## 6. 今後の課題

本システムの構築の際して、多くの研究者が各分野において積み重ねてきた地震動や構造物被害に関する簡易的な評価法を参照した。これらは、様々な目的で研究された手法であり、多くは研究途上にある。これらの手法を、本システムに取り入れるために、その由来を把握して、手法間の整合性を図った。また、システムをモデル地区に適用するにあたり、多種多様なデータを収集した。これらのデータも、各団体がそれぞれの目的のために整理しており、本システムでの利用においてはデータの加工や不足に対応した。今後は、このようなシステムの構築に向けての、多様な調整が必要であると考えられる。

最後に、モデル地区におけるケーススタディの実施において、横浜市および関東地方整備局からデータ提供など多大なご支援を頂きました。ここに記して、感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) 一井康二、佐藤博幸、井合進、劉漢龍：重力式岸壁の地震時残留変形量の簡易評価、第25回地震工学研究発表会講演論文集、pp.973-976、1999
- 2) 田邊俊郎、江頭隆喜、山本俊介、菅野高弘、宮田正史、柏崎昭宏：コンテナクレーンの地震時の挙動に関する模型実験、日本機械学会論文集（C編）、Vol.66、No.646、2000
- 3) 赤倉康寛、高橋宏直、中本隆、大規模地震による街路閉塞予測シミュレーションの構築、土木学会論文集、No.632/ -45、pp.77-92、1999
- 4) 濱田禎、杉田秀樹、金子正洋：公共土木施設における即時震害予測システム、第10回日本地震工学シンポジウム、pp.3419-3424、1998