

四国沿岸域における防災総合数値解析システムの構築

～津波計算の検証とシステムの運用に関して～

大熊 修*・岡 良**・近藤 徹***

* 前 (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究主幹

*** 国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 技術開発課長

四国沿岸域で発生する高波・高潮・津波に関する数値解析・関連情報を一括管理する防災総合数値解析システムのうち、津波計算システムを中心にシステムの基本機能である分析機能・防災機能について検証を行うとともに、運用・維持・管理方法や計算結果を活用した情報提供方策等を検討した。

キーワード：津波、情報提供方策、防災、数値解析システム

1. はじめに

本業務では、四国沿岸域の津波計算を容易に実施できる防災総合数値解析システム（以降、「本システム」と記述）を活用し、津波計算による浸水域の予測に関する問題点を、入力条件や計算結果等の比較から明らかにするとともに、ハザードマップや地域防災計画等の基礎資料としての津波計算結果の取り扱いについて考察を行った。

また、本システムの運用・維持・管理のための情報を収集し、関係機関のニーズ・意見を十分に把握し、かつ反映させるために、関係機関の担当者を対象に沿岸域における災害や防災等に関する説明会及びアンケートを実施し、運用体制の検討を行った。

2. 本システムの概要

2.1 防災総合数値解析システムの構成

本システムは図-1 に示されるように、5つのサブシステムと支援データベースで構成され、地形データなど入力データが共有化でき数値解析が同程度の品質を有するデータにより実施できることができるシステムである。システムを構成する5つのサブシステム及び支援データベースは大きく、波浪・高潮・津波の計算システム、計算支援、解析支援を行うシステム及び解析用の支援データベースの3種類に分類できる。なお、本年度は本システムの内、津波計算システム・支援システム・支援データベースを用いて津波計算を行った。

なお、本システムの津波計算モデルは、連続式と海底の摩擦を考慮した Navier-Stokes の運動方程式を鉛直方向に積分した平面2次元の非線形長波理論式である。

2.2 支援データベースの作成

本システムの計算に必要な各種情報についてデータベース化を行った。各地で観測されている気象・海象情報や気象庁発表の情報等についてデータベース化を行った。

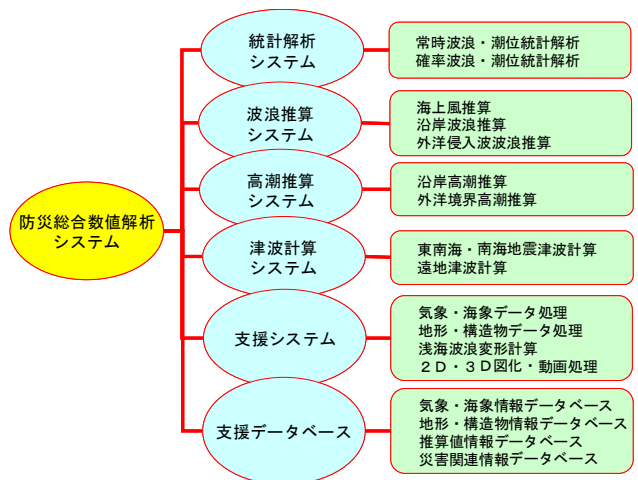


図-1 防災総合数値解析システムの構成

(1) 地形・構造物情報データベース

登録・保管するデータは四国沿岸域の（三島川之江港・今治港・八幡浜港・浅川港）を対象とし、最小格子間隔は波浪・高潮用で50m、津波計算用で10mとした。作成したデータは以下のとおりである。

- 地形境界データ（海域・陸域を判別するデータ）
- 海底地盤高データ（海底地盤高さの格子点データ）
- 陸上地盤高データ（陸上地盤高さの格子点データ）
- 構造物の天端高基準データ（防護施設の基準データ）
- 構造物の天端高データ
- 土地利用データ（陸上の粗度係数を設定するデータ）
- 中央防災会議津波初期波源データ

津波の数値シミュレーションにあたっては、図-2 に示すように広域の地形データと作成する対象港湾周辺の地形データを結合させ数値計算を行った。

(2) 津波痕跡高データベース

津波痕跡高情報データは津波計算の再現性を検証できる範囲とし、日本地震被害総覧等の資料により昭和南海・安政南海・宝永東南海・南海地震津波及びチリ地震津波など四国沿岸域で津波が確認された8つの地震津波

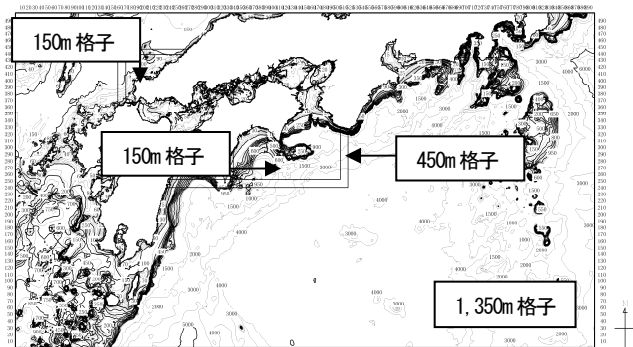


図-2 津波計算用広域計算領域及び格子点水深図

を対象として登録・保管した。

2.3 支援システムの作成・改良

支援データベース情報を津波計算システムに活用するためにシステム機能の作成及び改良を行った。

(1) 新規登録データ作成処理（システム機能）の作成

計算に使用する地形・構造物データについて海図や海の基本図、港湾計画平面図、都市計画図、LPデータ（レーザープロファイラー）等から計算用の格子データを作成するシステムの構築を行った。

(2) 計算地形データ結合システム

図-3は計算地形データ結合システムの表示例である。各領域の接続情報を設定するシステムである。対話型のシステムの構築を行った。

(3) 中央防災会議津波初期波源データ作成処理

図-4は中央防災会議初期波源である。計算に使用する中央防災会議の津波初期波源データを作成できる対話型のシステムの構築を行った。

(4) 登録データ編集処理（システム機能）の改良

地形・構造物関連データ（水深・地盤高・構造物天端高等）について、津波計算システムへの入力情報処理を行うシステム機能の改良を行った。改良点は、表示画面内において選択箇所の座標表示機能の追加、分割した範囲を図面出力するシステムを作成した。

(5) 支援データベース表示サブシステムの改良

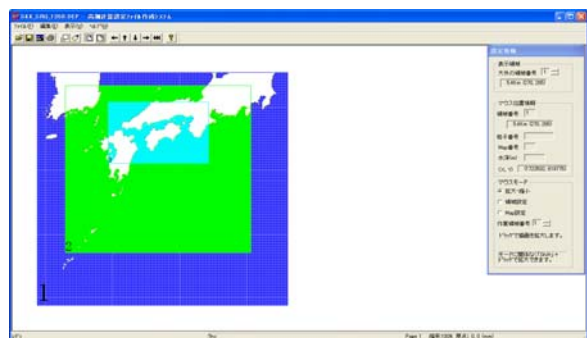


図-3 計算地形データ結合システムの表示例

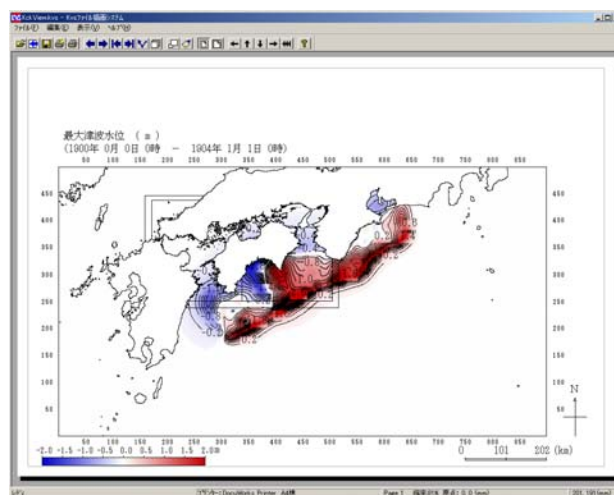


図-4 中央防災会議初期波源作成システムの画面例



図-5 支援データベース表示システム（例）

支援データベースに新たに登録された情報（観測データ・津波痕跡高データ）について情報の有無を地図上に表示させるサブシステムの改良を行った。図-5は支援データベースに登録・保管している観測地点を表示するシステムであり、画面上からデータを検索することが可能である。

2.4 防災総合数値解析システムの構築・動作検証

各サブシステムが作業フローとおりに効率的に動くよう本システムの構築を行った。ここで統合するサブシステム、サブシステム要素、システム機能は津波計算システムで用いられる以下の5つの項目とした。

①新規登録データ作成処理、②中央防災会議津波初期波源データ作成処理、③登録データ編集処理、④津波計算システム、⑤2D、3D図化・動画処理の5項目である。

図-6は津波計算システムの初期画面であり、新規登録データの作成から図化・動画処理までそれぞれのサブシステムが作動することとなる。

3. 防災総合数値解析システムの機能の検証

3.1 津波シミュレーションの実施

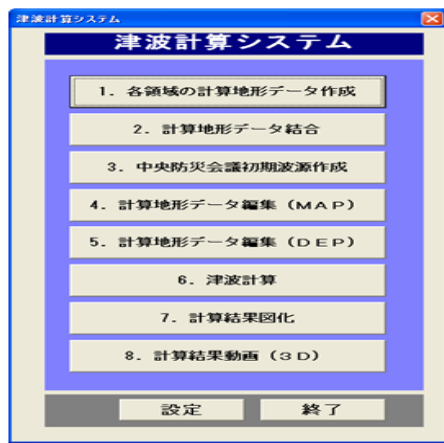


図-6 津波計算システムの画面

最小計算格子間隔 10m まで適切な計算格子を設定し、津波計算を行った。防災機能（防災対策の検証・災害危険度の評価）の検証を行うために、以下に示す3つの条件を満足する港湾を選定し、津波計算を実施した。

- ①近隣地域との防護水準を確認するため、対象津波が近隣地域と異なる港湾
- ②過去に発生した南海地震津波に対する防護効果の確認などが行えることができる港湾。対象地震津波は昭和(1946年)、安政(1854年)、宝永(1707年)とする。
- ③遠地津波に対する防護効果の確認などを行うことができる港湾。対象地震津波は、チリ地震(1960年)とする。

対象港湾は浅川港とした。①について、高知県は高知県想定（安政南海地震を移動させた地震津波）を地域防災計画に採用している。他の四国3県は、概ね中央防災会議の東南海・南海地震を採用している。したがって、高知県との県境に近い港湾であるため、②について、徳島県は従来、昭和南海地震津波、あるいはチリ津波により港湾計画が行われている。浅川港は、昭和南海地震津波による被害からこの津波を対象として津波防波堤を設けている。よって、それより規模の大きい津波に対する津波計算を実施し、超過外力に対する防護効果の確認を行

表-1 津波計算条件

領域	第1領域	第2領域	第3領域	第4領域	第5領域	第6領域
範囲	波源域	四国沿岸域	四国西領域	四国東領域	対象港湾広域	対象港湾詳細域
計算格子間隔	1,350m	450m	150m	150m	50m	10m
計算時間間隔	浅川港: $\Delta t = 0.25s$					
基礎方程式	連続式、非線形長波理論に基づく運動式					
差分スキーム	空間差分: スタッガード格子、時間差分: リープ・フロッグ法					
沖側境界条件	自由透過境界					
陸側境界条件	完全反射					遡上計算
粗度係数	海域: $n=0.025$ 、陸域: 土地利用による粗度係数を設定					
潮位条件	浅川港: 計算潮位 = T.P.+0.430m (昭和南海地震来襲時潮位) 計算潮位 H.W.L.=T.P.+1.15m (港湾施設台帳) 計算潮位 = T.P.+1.22m (中央防災会議設定潮位)					
計算時間	浅川港: 6時間					

表-2 津波計算ケース

対象港湾	Case No.	地形条件	津波波源	設定潮位
浅川港	Case 1	構造物 全てなし	昭和南海地震津波	T.P.+0.430m (昭和南海地震 来襲時潮位)
	Case 2	防波堤なし		
	Case 3	2007 年度 完成地形		
	Case 4		安政南海地震津波	
	Case 5			
	Case 6		想定安政南海地震 津波（高知県モデル CASE 1）	H.W.L.=T.P.+1.15m (港湾施設台帳)
	Case 7		宝永地震津波	
	Case 8		中央防災会議 初期波源	
	Case 9		チリ津波	
	Case 10		中央防災 会議の地形 データ (最小格子 50m)	中央防災会議 初期波源
	Case 11	本システムの 地形データ (最小格子 50m)		
	Case 12	2007 年度完 成地形+遡 上計算なし		

う港湾として最適であるため、③について、②と同様に昭和南海地震津波を対象とした津波防波堤がチリ津波に対してどの程度有効であるかを確認するため、浅川港を選定した。

3.2 津波計算条件

浅川港を対象港湾とした、津波計算条件を表-1、津波計算ケースを表-2 に示す。

3.3 津波計算結果

(1) 分析機能の検証

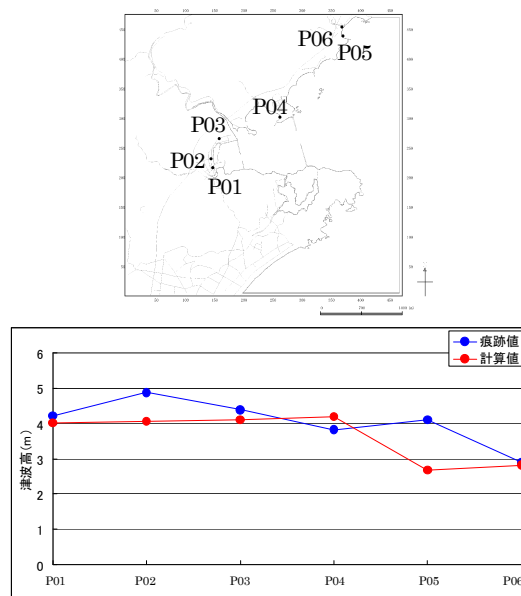


図-7 最大津波高の計算値と検証する位置及び計算値と痕跡値の比較結果

3.2 で設定した津波計算条件について、浅川港の計算結果を以下に述べる。

(a) 昭和南海地震津波の再現計算 (Case1) の検証

昭和南海地震津波の再現計算を行い、その計算値と痕跡値との比較をした。痕跡値は過去の水路要報の値を用いた。図-7 に最大津波高を比較する地点の位置及び計算値と痕跡値の比較結果を示す。再現計算による最大津波高と痕跡値の差は1m以上となる点もあるが、分布傾向は概ね一致していると言える。

(b) 防災機能の検証

浅川港を対象とした津波計算結果から、隣接地域の防護水準の整合性の確認や過去に発生した昭和南海地震津波及び遠地津波に対する防災機能を検証した。

浅川港では、中央防災会議(想定東南海・南海地震津波)の計算結果を基に地域防災計画やハザードマップ等の作成を行っている。しかし、隣接する地域では独自の津波初期波源(例:安政南海地震の断層を危険側に移動させた想定津波波源モデル, 想定安政南海地震津波)を想定するなど近隣地域と想定津波が異なる。そこで以下の2つの津波の比較を行った。

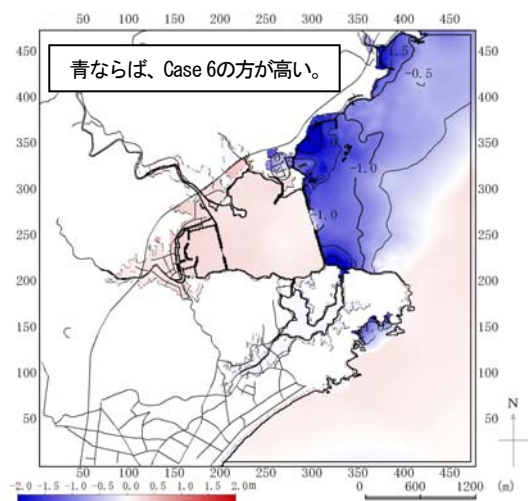


図-8 Case5 と Case6 の最大津波高の差

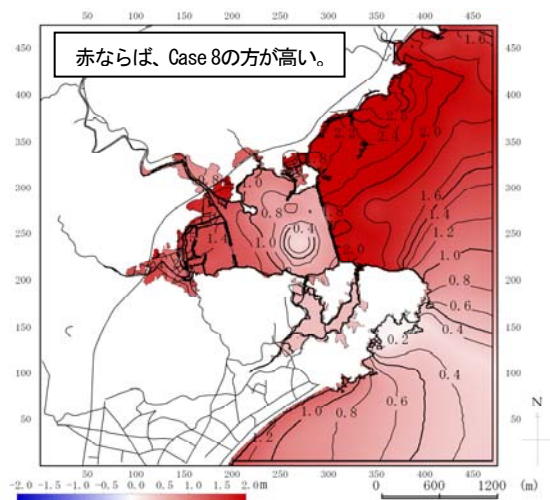


図-9 Case8 と Case4 の最大津波高の差

- ① 安政南海地震津波 (Case5) と想定安政南海地震津波 (Case6) の比較 : 図-8 参照
- ② 中央防災会議 (Case 8) と過去に発生した地震津波の比較 (Case4) : 図-9 参照

その結果、浅川港で港湾構造物が防波堤の機能として機能した場合に最も危険となる津波は中央防災会議の想定東南海・南海津波であることが確認できた。ただし、防波堤として構造物が機能しない場合には、他の津波が危険側になる可能性がある。つまり、想定する条件で危険側となる想定津波が変わることが判明した。

4. システム運用・維持・管理方法の検討

4.1 運用・維持・管理

(1) 運用・維持・管理体制について

本システムの利活用を図るため、四国地方整備局・地方自治体・学識経験者等のニーズや意見を把握し・整理を行った。なお、各機関へは本システムの運用に関してアンケートを行い、運用体制について整理を行うとともに、収集した情報や各種の計算結果等の維持・管理方法について検討を行った。

その結果、運用・維持・管理方法は、利活用者を念頭においたフローを案として作成した。運用体制については、情報の提供を含め基本的に高松港湾空港技術調査事務所で対応することとし、整備局はシステムの運営・評価・承認等機関とした。

本システムの利活用としては、ハザードマップ作成や地域防災計画のための基礎資料、漂流物シミュレーションや避難シミュレーションの外力算定、津波対策にかかる構造物の整備計画の検討あるいは整備断面の決定などが挙げられる。これらの利用目的にあわせシステムを運用していくこととなる。ただし、現段階では、特に、津波ハザードマップ作成が急務であることから、ハザードマップ作成支援中心の運用になると考えられる。

(2) 地方自治体のアンケート結果及び分析について

本システムの利活用及び運用・維持・管理のための情報収集として四国4県の地方自治体を対象にアンケートを実施した。回答者は4県、31市、23町、1村の59地方自治体であり、アンケートの回収率は85%であった。

(写真-1 参照)

アンケートの答えは主に本システムの必要性を感じ、使用したいという意見が多かったが、集約すると以下のとおりである。

- ① 情報提供のスムーズ化を図ること。使用する手続きを教えて欲しい。地震後の地盤の沈下量の算出機能を組み込んで欲しい。
- ② 省庁間との連携を取ったシステムを構築して欲しい。支援データベースの情報はダウンロードでき



写真-1 各自治体への説明会

る形で提供して欲しい。

これらについては対応可能なところから、検討していく予定である。

(3) 運用体制について

現時点での運用・維持・管理について課題・問題点は以下のとおりである。

① 計算用地形データ

津波計算の入力条件の一つに計算用地形データがある。この地形データの精度は計算結果に影響するため、重要な入力項目の一つである。この作成費について、地方自治体の費用負担を少なくするような配慮が必要である。

② 津波計算の年度運用計画

運用計画として年30ケース程度の計算を行う予定であるが、今後、確実な依頼を受けるために、連絡会等を開催するなど検討中である。

③ 情報提供のフロー

4.1(1)で述べたように運用・維持・管理方法に関してはフローを作成したが、今後の本システムを運用・維持・管理を行い、改善が見込まれる場合には、随時変更することとした。

4.2 情報提供方策の検討

津波計算結果情報を活用した防災対策を実施するにあたり、行政・市民等の多様な観点を考慮し、必要となる情報や説明内容・提供方法・対応方法等を具体的に検討し、情報提供における問題点を摘出・整理し、基本方針を検討した。

アンケート及び説明会ではハザードマップ作成の進捗状況を正確に把握できなかったが、ほとんどの自治体で防災・減災を考えている。そして、平成20年3月時点で本システムの活用を考えている地方自治体があった。本システムの活用を考えている地方自治体の数と具体的な利活用方法などを踏まえ、年度計画を作成しシステムを運用し、防災・減災の基礎資料となる数値計算結果などの情報を地方自治体などへ提供することとなった。

情報提供方法としては、計算入力地形近似精度や計算モデルが多少異なれば、既往の数値計算結果と一致す

るものではないなど一般的な差異を説明する資料を作成し、依頼者に提供しその内容を理解してもらった上で情報の提供を行うこととなった。それに加え、単に計算結果を提供するのではなく、想定した地震津波や計算地形データ作成時に使用した基礎データなどの計算入力条件も合わせて提供することとした。さらに、提供する資料はそのまま、依頼者が利用しやすいものを作成していくこととなった。

また、地方自治体からの観測データの提供に関しては、現時点での案として職員の移動時期を考慮して、年2回とした。ただし、災害発生時はその都度災害期間を設定して提供依頼を行うこととした。なお、提供を受けたデータは第三者に提供可能であるか、確認を行い、データの取り扱いについては十分に注意することとなった。

5. おわりに

今後、本システムの利活用を図るため、四国地方整備局管内の重要港湾をはじめ、地方港湾や海岸保全区域等年々詳細データを追加してシステムの完成度を高めていく予定である。また、新たに開発される最新の数値計算技術を段階的に取り込んでシステム全体の技術的向上を目指していく予定である。

参考文献

- 1) 近藤徹・高木利記・大熊修・柴木秀之・原信彦：四国沿岸域を対象とした想定津波数値計算の取り扱いについて、海洋開発論文集，第24巻PP75-80，2008。
- 2) 水路部，水路要報，増刊号 昭和23年3月31日，昭和21年南海大地震報告 津波編，書誌201号，34P，1948。
- 3) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧（第2版），東京大学出版会，238p，1985。