津波警報に基づく運転規制のための津波防災システムの開発

東海旅客鉄道株式会社　正会員　西田貴裕

1. はじめに

平成 16 年 3 月，東南海・南海地震による津波に対する防災体制の確立などを骨子とする，「東南海・南海地震防災対策推進基本計画」[1)]が中央防災会議で制定された．これを受けて当社では，**図－1** に示すような津波危険予想地域を指定し，津波による被害の恐れのあるエリアを把握することとした．また同地域内には，**図－2** に示すような標識（津波警標）を設置し，避難方向を明示するなどの取組みを行ってきた．

ここで，津波危険予想地域とは，津波による危険度が高いと予想される路線区間および沿線地域のことである．**図－1** は，三重県が作成した満潮時に想定東海・東南海・南海地震が同時に発生した場合の浸水予測図[2)]に，避難すべき方向などの情報を加えている．

一方，気象庁の発表する津波警報などの情報は，全国を 66 の津波予報区に分割し，各予報区で水深 1m の地点において予測される津波の高さと到達時刻である．気象庁から発表される情報は，沿岸部での情報であるため，海岸線から離隔のある鉄道線路および駅などへの津波の影響度合いについては，必ずしも明確ではない．

当社では，東北大学の今村教授ご指導の下，紀勢本線および参宮線を対象とした，鉄道線路や駅などの津波による被害を予測し，運転規制および解除に資する津波防災システムの開発に取組んでいる．本報告では，津波防災システムの概要とその構成要素である津波予測シミュレーションについて述べる．

2. 津波防災システムの概要

津波に対する安全性の確保には，地震発生後，速やかに津波に関する情報を入手することが必要不可欠である．そのために，想定地震に対する津波浸水予測図などの情報のデータベースと，地震発生後の観測情報を結びつけた**図－3** に示すようなシステムを検討・開発している．この図には，開発予定年度も示している．具体的な内容を以下に述べる．①種々の想定地震に対し，地震とそれにより生じる津波の影響を数値計算し，津波浸水予測図を作成して，津波データベースとして蓄積．②地震計が感知した強震動情報に基づき，データベースから津波浸水予測図を検索．③津波警報，沖合いや沿岸部での潮位観測データ，および検索した津波浸水予測図を表示．④表示された情報を総合的に判断し，運転規制および解除に活用．

3. 津波予測シミュレーションの概要

現在開発に取組んでいる，**図－3** における①津波データベースを構築するための数値シミュレーションの概要を以下に述べる．津波予測シミュレーションは広域シミュレーションと詳細シミュレーションにより検討した．広域シミュレーションの目的は，津波による鉄道線路および駅などの被災が懸念され，詳細な検討が必要と考えられる地域の抽出である．詳細シミュレーションの目的は，抽出した地域における津波浸水予測図などの作成である．

計算領域と計算条件を**表－1** に示す．遡上計算での粗度データは文献 3 を参照した．最も沖合いの 1350 m メッシュに対しては移流項を除いた線形長波理論を，その他のメッシュに対しては，非線形長波理論を基礎式とした．基礎式を以下に示す．

図-1　津波危険予想地域の 1 例（文献 2 に加筆）

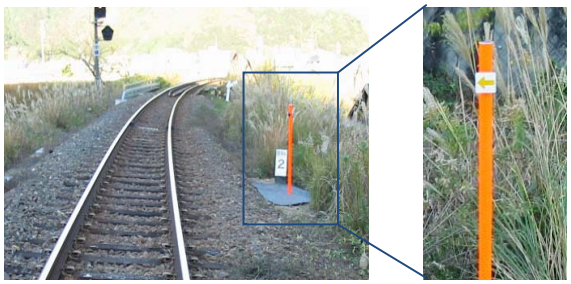


図-2　津波警標

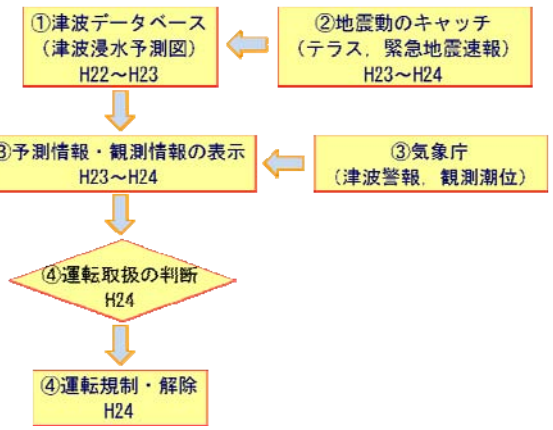


図-3　津波防災システム

連続式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{\partial N}{\partial y}=0 \quad (1)$$

運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{M^2}{D}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{MN}{D}\right)+gD\frac{\partial \eta}{\partial x} = fN+K_h\left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 M}{\partial y^2}\right)-\frac{gn^2}{D^{7/3}}MQ \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{MN}{D}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{N^2}{D}\right)+gD\frac{\partial \eta}{\partial y} = -fM+K_h\left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 N}{\partial y^2}\right)-\frac{gn^2}{D^{7/3}}NQ \quad (3)$$

$$Q=\sqrt{M^2+N^2} \quad (4)$$

$$D=h+\eta \quad (5)$$

ここで，x と y は静水面に取った空間座標，t は時間座標，η は水位変動，h は静水深，g は重力加速度，M と N はそれぞれ x と y 方向の線流量，f はコリオリ係数，n はマニングの粗度係数，K_h は水平渦動粘性係数である．地形パラメータは中央防災会議および三重県提供データをそれぞれ使用した．中央防災会議で検討された断層パラメータのうち，満潮時における東海・東南海・南海地震が同時に発生した場合のシミュレーション結果を**図－4** に示す．**図－4**(a)には，三重県南部の結果が示されている．この結果に基づき，鉄道線路および駅などをマクロ的にシミュレーションした．**図－4**(b)には，三重県のある地域の詳細シミュレーションの 1 例が示されている．この図では，津波が河川を遡上し，内陸部が浸水している状況が分かる．鉄道線路および駅などに対する津波の影響については，浸水する深さと鉄道線路の高さを比較することにより確認した．

4. 今後の取組み

津波データベースの構築を目的として，**表－2** に示すような断層パラメータの条件を組合せ，約 1,200 のケースに対して，津波浸水予測図の作成に取組んでいる．各ケースに対して，線路の高さと浸水する深さを比較し，鉄道線路および駅などに対する津波の影響度を個別に検討する予定である．津波防災システムの開発を通して，さらなる安全の確保に今後とも努めていきたい．

謝辞

本論文を作成するに当たり，東北大学の今村教授に様々なご助言を頂いた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

1)内閣府「東南海・南海地震防災対策推進基本計画」<http://www.bousai.go.jp/oshirase/h16/0401/040514kihonkekihon.pdf>（最終アクセス 2010 年 11 月 26 日）

表－1 計算領域と計算条件

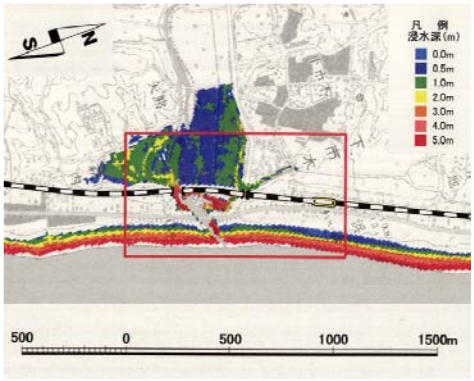
(a) 広域シミュレーション

メッシュサイズ(m)	1350	450	150
基礎式	線形長波理論	非線形長波理論	
陸側境界条件	完全反射		遡上

(b) 詳細シミュレーション

メッシュサイズ(m)	1350	450	150	50	10
基礎式	線形長波理論	非線形長波理論			
陸側境界条件	完全反射				遡上

(a) 広域シミュレーション結果



(b) 詳細シミュレーション結果

図－4 シミュレーション結果の 1 例

表－2 津波データベースの数値計算条件

想定震源位置	0.5 度間隔（14 ケース）
断層サイズ（幅：長さ）	1：2，1：3，1：4
走行	想定震源位置により 225，250 または 255
断層深さ（km）	1，15，30
断層傾斜角（度）	20，45
想定マグニチュード	6.8，7.2，7.6，8.0，8.4

2)三重県「三重県津波浸水予測図（防潮施設等が機能しない場合）」www://bosaimie.jp/mie/05_moshimo/04_keikaku/map/off/39.pdf（最終アクセス 2010 年 11 月 26 日）
3)小谷他：GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法，海岸工学論文集，Vol.45，pp356-360，1998.