

1964 年新潟地震津波と油流出災害の数値実験

岩瀬 洋子*・越村 俊一**・今村 文彦***

1. はじめに

1964 年新潟地震では、臨海工業地帯の石油タンクから油が漏洩し、その後来襲した津波が油流出や火災の被害を拡大させた(岩瀬ら, 2006a)。油流出による複合津波被害では、市街地へ流れ込むと資産価値を低下させる上、1964 年アラスカ地震津波や同年の新潟地震津波の様に、大規模な油火災へ発展することが危惧されている。著者らは、このような複合津波災害の軽減を目的として、防災計画に役立てるための被災シナリオの作成や防油堤の設計のツールとして、水・油 2 層流モデルの開発をおこなってきた。本稿では、著者らの 2 層流モデルを用いて、津波氾濫流による油の拡がりを再現し、地震・津波被害の複合性を考慮して解析をおこなうことを目的とする。

2. 1964 年新潟地震における地盤の液化と断層運動による地盤沈下

1964 年新潟地震では、地盤沈下・陥没が新潟市内各所で見られ、津波浸水域の拡大に影響を及ぼした。津波来襲前に、液化化による噴水と断層運動による地盤沈下が複合的に重なり合ったと考えられ、それぞれの影響を評価しなければならない。図 1 に地盤沈下の長期観測に用いられている 1 等・2 等水準点の新潟地震による鉛直沈下量(国土地理院, 1965)を GIS 上で浸水域に重ねて整理

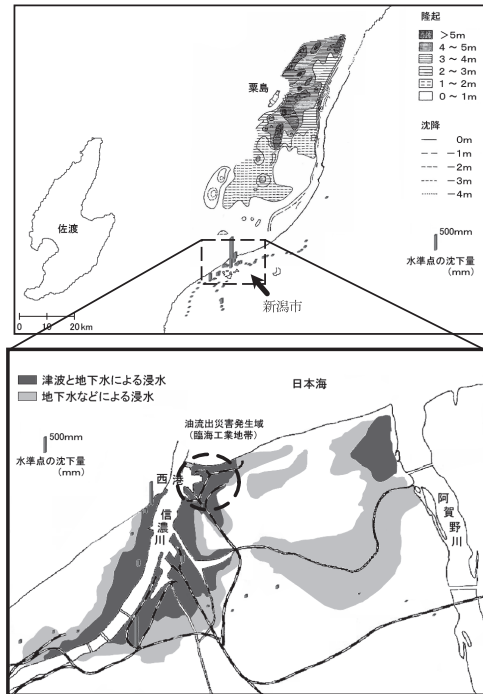


図-1 波源域の海底変動量(Mogi et al., 1964), 水準点の沈下量および浸水域

する。陸域の鉛直変位量を面的に捉えるために十分な数とは言えないが、浸水域内での沈下量が得られており、その内 2 箇所の沈下量は 50cm を超えている。まず、図 1 (下) に示すように、当時の現地調査で報告されている浸水範囲から、津波の影響のない浸水域は液化化によって噴水したものと考えることができる。図 2 には新潟市内の地震前後の 0 m 地帯を示し、信濃川周辺で地盤が陥没・沈下していることから、液化化の影響が大きいことが推測できる。一方、震源域は被災地である新潟の近海に位置しているため、断層運動によって津波遡上域の地形が沈降(または隆起)する。震源域に位置する粟島では、1.2 ~ 1.5m 隆起したことが報告されている。断層モデルによる海域・陸域での隆起・沈下も

* 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

** 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

*** 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター

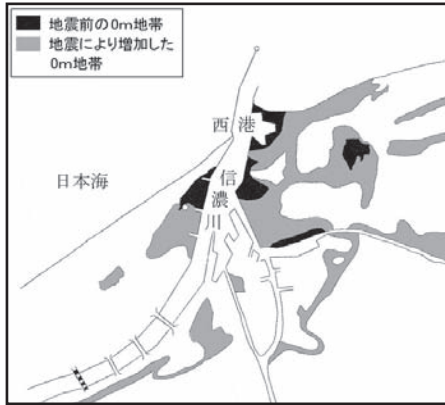


図-2 地震前後の0m地帯の変化
(海上保安庁, 1964)

表-1 1964年新潟地震津波の断層パラメータ
(岩渕ら, 2006a)

| D | θ | δ | λ | L | W | U |
|----|----------|----------|-----------|-----|----|---|
| 10 | 200 | 70 | 90 | 100 | 40 | 4 |

D: 深さ (km), θ : 走向 ($^{\circ}$), δ : 断層面の傾斜角 ($^{\circ}$), λ : 滑り角 ($^{\circ}$), L, W: 断層長さおよび断層幅 (km), U: 食い違い量 (m).

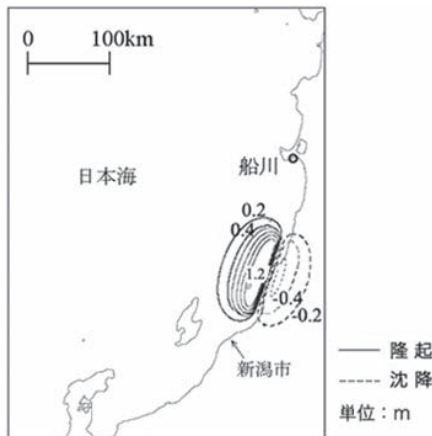


図-3 新潟地震による推定地盤変動量分布
(岩渕ら, 2006a)

評価するため、図1には、地震直前・直後の海底測量により得られた実際の隆起・沈下量分布を示し、図3に表1の断層パラメータを用いた数値解析による地盤変動を示す。解析上では、新潟市内は断層運動によって沈下していない。ただし、新潟市内の沈下(図2および水準点の沈下)に対する断層運動の影響の有無は、今回のデータのみからは確定できない。

3. 地盤沈下・液状化を考慮した津波浸水および油流出の再現

前節では、1964年新潟地震による地盤変位量の分布を平面的に捉えた。図1(下)において、臨海工業地帯の油の流出域に着目すると、津波来襲前に既に液状化によって浸水していたことがわかる。ここでは、この被災シナリオのプロセスを利用し、津波氾濫流による油の流出の数値実験をおこなう。

3-1 計算条件

数値モデルは、各層に流体の支配方程式を積分したモデルである水・油2層流モデル(岩渕ら, 2006b)を用いる。各層で非線形長波理論を適用し、各層の運動方程式には界面抵

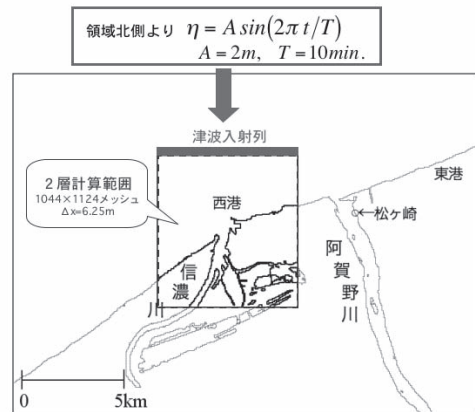


図4(a) 計算領域と津波入射列

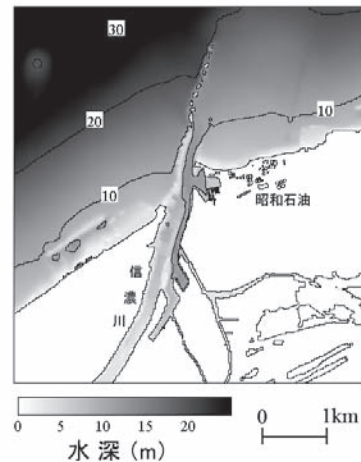


図4(b) 計算領域とその水深



図5(a) 臨海工業地帯の構造物群の様子
(昭和39年6月16日新潟地震直後14:00頃, 撮影: 弓納持氏)

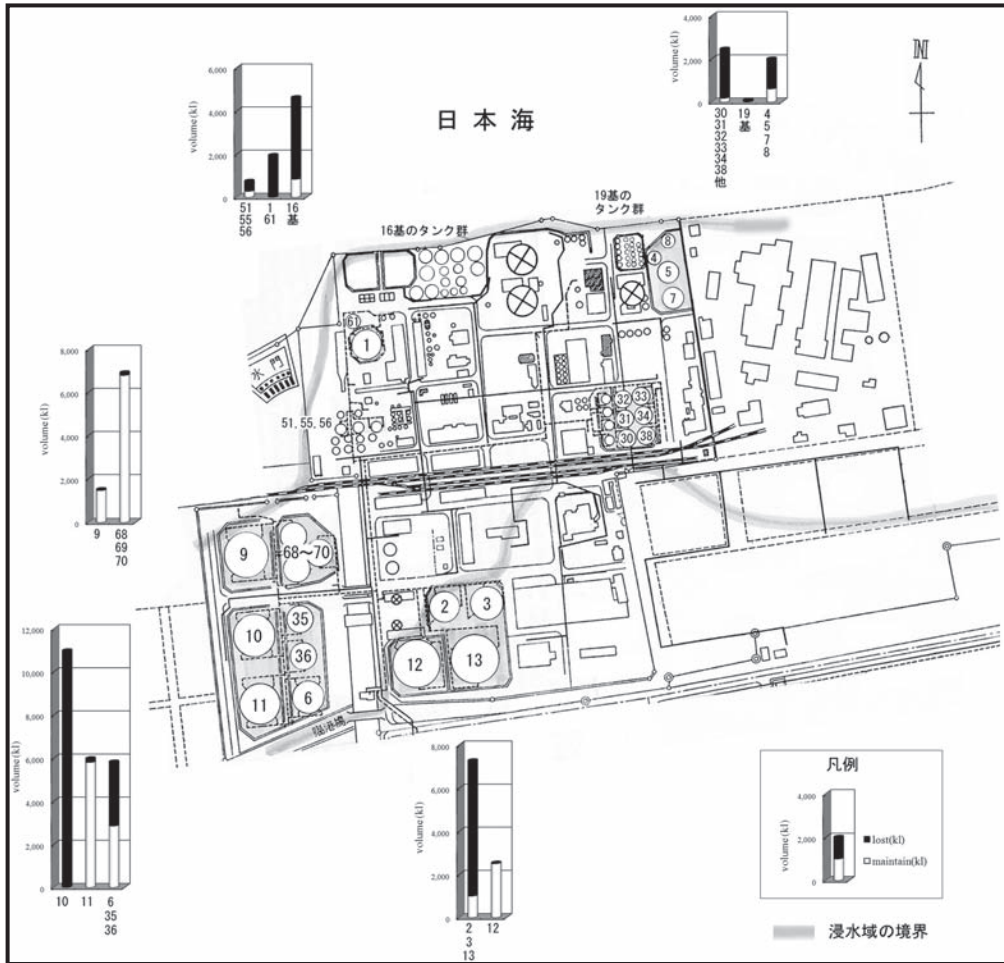


図5(b) 昭和石油タンク群の地震・津波・火災による損失油量と被災後の残存油量 (kl)

抗の項を付加して運動量を受け渡す。数値モデルの油の拡がり特性は、埜口 (1991) の水理実験との比較によって、妥当であることが示されている (岩淵, 2007)。今回の検討では、水との密度比が 0.7 の油とし、水と油層の界面抵抗係数は 0.01 を用いる。図 4(a), (b) に、計算領域である昭和石油、新潟西港、信濃川を含む領域 (計算格子 $\Delta x=6.25\text{m}$, 1044×1124 メッシュ) を示す。図 4(b) の中央付近に西港が位置し、その東に昭和石油の構造物群が多数見える。図 5(a) は同地区の地震発生直後の上空写真を示し、図 5(b) は、石油タンクの配置と事後調査による浸水域を示す。津波の入射条件としては、図 4(a) に示すように、計算領域の北側 1 列の水位変化 $\eta = A \sin(2\pi t/T)$ で与え、周期 (T) = 10 分、振幅 (A) = 2m, 計算時間格子は $\Delta t=0.1$ 秒とする。

油の流出の初期条件は、臨海工業地帯を数 10cm 浸水させ、油をその水面上に浮遊させた状態とする。初期油量は、当時の残油量 (消防庁, 1964) を基に作成した図 5(b) を参考にできると考えた。初期油層厚さについては、設定域全面に均一に 0.7m と仮定した。液状化を想定した水の層と損傷タンクからの漏洩油の出現時間については、津波が汀線に達した時点で出現させる設定とした。以上により沿岸部での液状化による噴水を考慮した津波氾濫流による油流出現象を評価できるものとする。

3-2 計算結果

昭和石油に油層を設置した場合の計算結果を図 6 にスナップショットで示す。実線は汀線および建物 (石油タンク群を含む) の輪郭を表す。右列の計算結果は油厚、左列は津波の水位を示す。津波が汀線に達した時点 ($t=280.1$ 秒) で液状化を模擬した水膜と油層を与えている。この浮遊する油層が、図 6 の 350 秒 ~ 500 秒の図に示されるように、津波氾濫流によって一気に押し流される過程が再現できており、本モデルで解析可能であることが確認された。

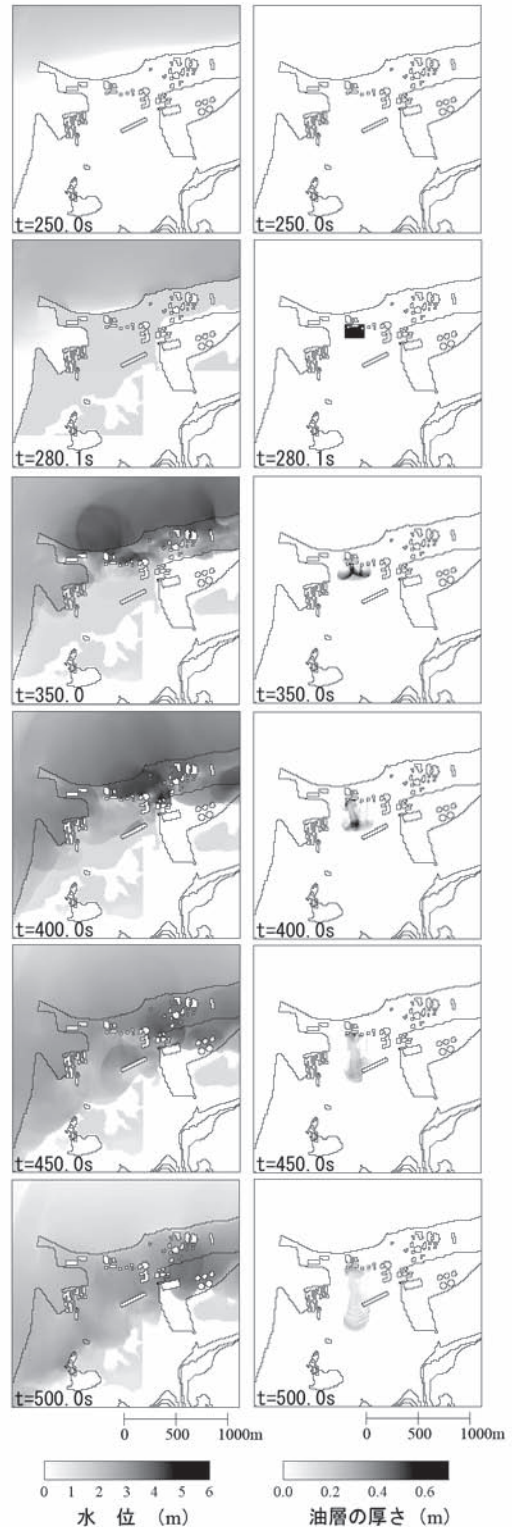


図 6 西港および昭和石油での油流出の解析結果

4. まとめ

本稿では、水・油の2層流モデルを用いて、津波氾濫流による油の拡がりを再現し、地震・津波被害の複合性を考慮して解析をおこなった。得られた結論を以下に列挙する。

[1] 1964年新潟地震について、地盤変位量の分布を平面的に捉えた。図1(下)の浸水範囲から、津波の影響のない浸水域は液状化によって噴水したものと考えられた。図2には新潟市内の地震前後の0m地帯を示し、信濃川周辺で地盤が陥没・沈下していることから、液状化の影響が大きいことが推測できた。

[2] 図1(下)において、臨海工業地帯の油の流出域に着目すると、津波来襲前に既に液状化によって浸水していたことがわかった。この被災シナリオのプロセスを利用し、津波氾濫流によって移流する油の数値実験を水・油2層流モデルを用いておこなった。

[3] 事例に基づいた数値計算を行うことによって、液状化による浸水、津波、油流出の被災シナリオに沿った被害想定の一例を示すことができ、臨海工業地帯での油の拡がり状況について解析可能であることを示した。今後、東南海・南海地震津波などによって、被害が予測される港湾およびコンビナート地域に対する津波被害リスク評価に有用であると考えられる。

参考文献

- (1) 岩渕洋子・今村文彦・越村俊一(2006a): 1964年新潟地震津波にみる港湾域での複合災害の実態と今後の課題, 海岸工学講演会, 第53巻, pp.1326-1330.
- (2) 岩渕洋子・越村俊一・今村文彦(2006b): 津波の陸上遡上域における油・水輸送問題の数値実験, 海岸工学講演会, 第53巻, pp.1361-1365.
- (3) 岩渕洋子・越村俊一・今村文彦(2007): 津波・油2層流モデルと既往水理実験との比較検証, 平成19年度土木学会東北支部技術研究発表会, CD-ROM.
- (4) 国土地理院(1965): 新潟地震地盤変動調査報告, pp.3-13.
- (5) 消防庁(1964): 新潟地震火災に関する研究, 224p.
- (6) 埜口英昭(1991): 水面上に流出した油の拡がりに関する研究, 通商産業省中国工業技術試験所研究報告, 第9号, 109p.
- (7) Mogi, A., B. Kawamura and Y. Iwabuchi (1964): Submarine Crustal Movement due to the Niigata Earthquake in 1964, in the Environs of the Awa Sima Island, Japan Sea, Journal of the Geodetic Society of Japan, Vol. 10, pp.180-186.