

第 6 部門 A の研究活動に関する報告

(平成 20～平成 21 年度)

研究課題名：液状化による広域地盤変形量の予測に関する研究

山田公夫，杉井俊夫

By the occurrence of the Niigata Chuetsu earthquake (2004.10.23, M6.8), it is necessary to also consider the interaction to the ground structure of antecedent precipitation and an earthquake. Even if it is meeting the design criteria of each amount of deformation, the standards of a jurisdiction management organization including a lifeline differ. Therefore, it is fully anticipated that inconsistency arises. This research investigates it as the research purpose to predict whether deformation of how much foundation arises by liquefaction in case of an earthquake. The contents performed for two years as fundamental study are reported.

Keywords : Liquefaction, Earthquake, Risk assessment

1. 研究目的

新潟中越地震の発生により，先行降雨と地震または先行地震と降雨の土構造物への相互作用も考えなければならない時代となった。兵庫県南部地震での堤防調査では堤防の高さの約 75%を失う結果を得ている。実務においては、広い対象地域の中で危険個所を特定化することは避難勧告や対策、迂回路など事前対策を行う上で非常に重要である。また、地盤変形量は個々の設計基準を満たしていてもライフラインを含めた所轄管理機関の規格が異なることにより、不整合が生じることは十分に予想される。本研究は、地震時の液状化によってどれほどの地盤の変形が生じるか予測することを研究目的としており、ここに減災や防災といった対策ための指針となる基礎的研究として2年間行ってきた内容を報告する。

2. 研究計画

一年目は、(1)液状化予測モデル構築により液状化の危険性の高い箇所を抽出すること、(2)液状化モデル実験装置を用いた液状化センサーとして土壤水分計の適用について検討を行った。

2年目は、(1)緊急性の高い東海地震を対象地震として液状化予測を試み、その判定結果より、地震

時における名古屋市の緊急輸送道路上の河川橋梁・横断歩道橋ならびに地震時の避難施設に対する液状化危険度を調べた。(2)初年次の液状化模型実験の再現を有効応力動的解析により表現することを試みた。当初、液状化による広域の沈下量の予測を試みる予定であったが、集中的な液状化の噴砂や構造物の支持の影響などの不等沈下があるため、広域の液状化沈下予測を実施することが困難であったため、液状化によらず地震時の変形量に関する予測を広域を対象とした自然斜面について調べることに一部変更した。

3. 研究成果

3.1. 液状化予測モデルの構築

研究代表者の山田は、広域を対象とした液状化モデルの構築を目指し、東南海地震時の名古屋市域における液状化の要因分析を行い、再現性の良好なモデルを構築した(表1)。このモデルで液状化予測を行えば、高コストの液状化調査を行う前準備調査(一次判定)として耐震設計や地震防災に役立つものと考ええる。他地域における本モデルの適用についてはさらなる検討が必要であるが、広域を対象とした液状化発生モデルのひとつとしての提案ができたと考ええる(図1)。

3.2. 比誘電率を用いた液状化検知センターとしての利用

土壌水分計を用いて液状化試験時の乾燥密度(間隙率)の計測の可能性について液状化実験(図2)を行った結果、飽和土中においてリアルタイムに正しく計測できることを明らかにするとともに、液状化発生時の上層と下層の砂の挙動の違いを明らかにするとともに、両者は同じ密度に収束していくといった液状化後の再堆積の様子も可視化することができた(図3)。

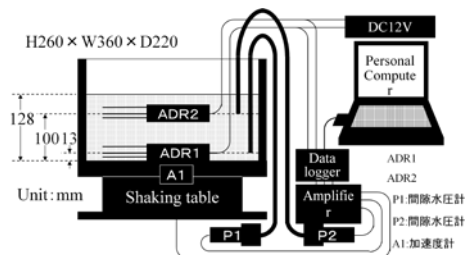


図2 液状化モデル実験装置概要

表1 数量化理論Ⅱ類による分析結果

要因名	カテゴリ区分	該当数	カテゴリスコア	レンジ	順位
飽和砂層の平均N値	$N < 5$	64	0.5260	0.8184	2位
	$5 \leq N < 10$	74	-0.2270		
	$10 \leq N$	49	-0.2924		
	その他	22	-0.1153		
地下水位の深さ(m)	$W < 1.5$	84	0.1953	0.6186	4位
	$1.5 \leq W < 3$	87	-0.0037		
	$3 \leq W$	38	-0.4233		
	$Z = 0$	77	0.1858		
シルト層厚(m)	$0 < Z < 5$	107	-0.0504	0.5424	5位
	$5 \leq Z$	25	-0.3566		
	$ke < 0.15$	46	-0.5076		
	$0.15 \leq ke < 0.2$	151	0.1406		
実効震度	$0.2 \leq ke$	12	0.1768	0.6844	3位
	干拓地・埋立地	59	0.9382		
	河川周辺	41	0.4322		
地形3分類	その他	109	-0.6704	1.6086	1位

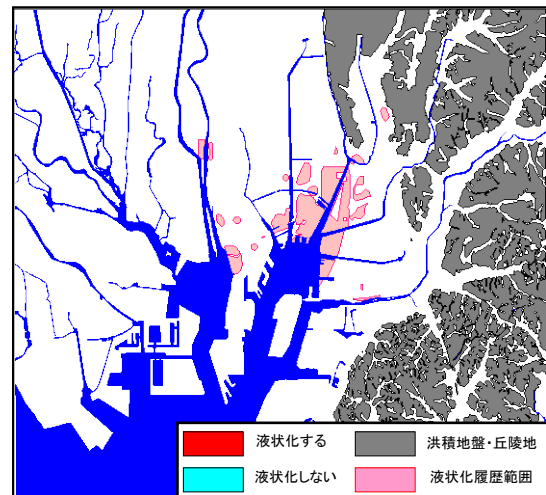


図1 分析対象地区への液状化モデルの再現

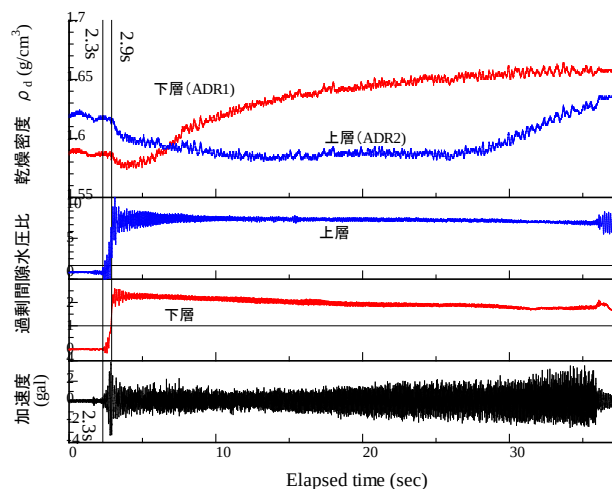


図3 計測結果

3.3. 河川橋梁・横断歩道橋ならびに地震時の避難施設に対する液状化危険度

液状化危険度マップに地震時における名古屋市の第一次緊急輸送道路上の河川橋梁と横断歩道橋ならびに市指定の避難施設の位置を GIS 上で重ね合わせ、これらの液状化危険度を判定した。約 700 箇所の避難施設のうち液状化の危険性が極めて高いと判定された施設は 15 箇所、液状化の危険性が高いと判定された施設は 119 箇所、より詳細な液状化調査を行い対策を立てる必要があると考えられた。

3.4. 動的有効応力解析による液状化模型実験の再現

動的有効応力解析プログラム UWLC を用いて、液状化モデル実験の再現を試みた。土槽の深層部では過剰間隙水圧は早くから高くなるが、有効拘束圧（有効土被り圧）が深くなるほど高くなるため、液状化を示す過剰間隙水圧比が小さく、浅層部ほど過剰間隙水圧比が高く、液状化発生が解析で表現できた。しかし、沈下量の挙動については十分にシミュレートできなかった。



図 4 想定東海地震時の液状化危険度

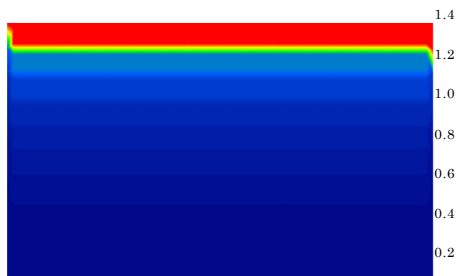


図 5 液状化層内の過剰間隙水圧比の分布

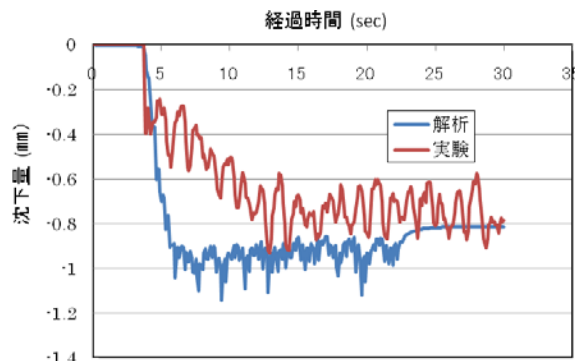


図 6 動的解析による砂層沈下量の再現

3.5. 地震時の自然斜面のすべり変形量による危険度斜面抽出

GIS 上で簡便に安定計算が可能な手法を提案した。降雨だけでなく、地震をも容易に考慮できる手法を使うことで、斜面の崩壊深さは、崩壊長が長くなってもほぼ一定の深さになることなどを示した。また、提案法は地震力を考慮した評価が可能で、ニューマーク法を使って地震時すべり変位量から危険斜面の抽出（優先順位）をつけることが可能であることを得ている。

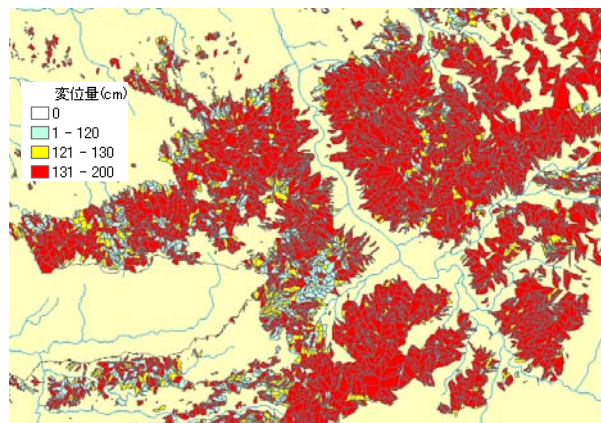


図 7 岩手宮城内陸地震を適用し変位量の分布

4. 研究発表

4.1. 査読付

- 1) 杉井俊夫: ロジットモデルによる地域特性を考慮した山地危険度評価, 降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム論文集, pp. 379-384, 2009.
- 2) 杉井俊夫・山田公夫・名倉晋: 限界流速からみた浸透破壊の発生と進行, 地盤工学会誌, Vol.57, pp.26-29, No.9, 2009.
- 3) 杉井俊夫・山田公夫・B. Indraratna: 線形粒度分布を有する粒状性フィルターの透水挙動の評価, 中部大学工学部紀要, 第44巻, pp.1-9, 2008.
- 4) 杉井俊夫・神谷浩二・阿部廣史: 講座 不飽和土・不飽和地盤 3章不飽和土の透水・透気特性, 地盤工学会誌, Vol.56, No.5, pp.40-47, 2008.

4.2. 著書

- 1) 龍岡文夫・善功企・沖村孝・宇野尚雄・末岡徹他 49名杉井俊夫 10番目, 地震と豪雨・洪水による地盤災害を防ぐためにー地盤工学からの提言ー, 地盤工学会, 2009.
- 2) 地盤工学会編(平野孝行・中村裕昭・岡崎和彦他76名杉井俊夫35番目), 実務に役立つ地盤工学Q&A, 第2巻, 地盤工学会, 2009.

4.3. 口頭発表

- 1) 杉井俊夫・浅野憲雄・三尾康太・松原祥平: 広域を対象とした危険度斜面抽出法の開発, 土木学会中部支部研究発表会概要集, 印刷中, 2010.
- 2) 川井 望・山田公夫・杉井俊夫・山本圭介: 想定地震による名古屋市の液状化判定とその利用, 土木学会中部支部研究発表会概要集, 印刷中, 2010.
- 3) 杉井俊夫: 植生情報を考慮した浸透マップと危険斜面の抽出, 建設技術フェア出展, 2009.
- 4) Sugii, T.: Study on Hydraulic Properties of Aggregate Masa Soil, Proc. of the 1st Korea-Japan Joint Workshop on Unsaturated Soils, pp.135-141, 2009.
- 5) 川井 望, 山田 公夫, 杉井 俊夫: 広域を対象とした液状化モデルの構築, 地盤工学会中部支部地盤工学シンポジウム論文集, pp.11-16, 2009.
- 6) 杉井俊夫・山田公夫: 液状化時の砂の挙動観測, 総合工学, 総合工学, 第21巻, pp.95-101, 2009.