

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19360215

研究課題名（和文）ローカリティを有する液状化地盤の確率・統計的評価手法

研究課題名（英文）Reliability assessment of liquefied ground with spatial variability

研究代表者

善 功 企 (KOUKI ZEN)

九州大 大学院 研 究 授

研究者番号：50304754

研究成果の概要：

ローカリティを有する液状化地盤では、液状化の程度が場所ごとに異なる。現行の基準における液状化の有無の判定は、液状化が発生するか・発生しないかの二者択一的手法がほとんどである。本研究では、ローカリティを考慮した場合、地盤の支持力が著しく減少することや地表面沈下量が大きくなることを解析ならびに実験により解明した。ばらつきの程度にもよるが、現行の設計で平均値を用いる方法は、危険側の設計になっている可能性があり、その点を改善するにはローカリティを考慮した確率・統計的設計が必要である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
2007 年度	9,400,000	2,820,000	12,220,000
2008 年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
年度			
年度			
年度			
総 計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：ローカリティ、改良地盤、液状化、振動台実験、支持力、解析

1. 研究開始当初の背景

地盤にはローカリティ（局所性）があり不均質で不確定性を有している。これは人工的に改良された地盤で顕著である。このことを考慮したいくつかの研究が行われているが、設計などの実務レベルへの成果の適用には程遠い。特に、固化を原理とする液状化対策地盤の局所性に関する研究はほとんどみられない。液状化部分と非液状

化部分が混在する地盤における液状化後の沈下や支持力に関する影響をどのように評価したら良いかという課題が浮かび上る。

2. 研究の目的

上記の課題に対応するため、方法論的には、液状化の有無といった従来の二者択一的な液状化判定を、地盤特性や地震動のばらつきや不確定性を考慮し、リスク指標に

よる地盤全体の液状化評価を行うことが考えられる。また、単純に地盤の液状化の有無の判定だけではなく、その液状化の程度が構造物へ与える被害程度の予測やそれによる被害額の推定などへ展開することが重要である。また、本研究では、固化処理原理に基づく対策地盤の液状化判定において生じる不確実性・不確定性を定量的に表現し、信頼性解析を用いて固化処理による液状化対策地盤の液状化リスクを確率・統計的に評価しようとするものである。

3. 研究の方法

研究の方法は、実験と解析からなる。振動台実験では、土槽内に液状化部分（Lエレメント）と非液状化部分（Nエレメント）をモデル化した模型地盤を作製し、地盤の沈下特性を調べた。N-Lエレメントの作成パターンは、乱数を発生させて任意に設定した。100Galから50Galピッチで段階的にステージ加振し、段階ごとに地表面沈下量を測定、地盤のばらつきが液状化発生ならびに地表面沈下量に及ぼす影響を調べた。液状化率（全面積に対する液状化部分の面積の比率）が0, 40, 60, 80, 100%のケースで実験を行った。加速度、間隙水圧、沈下量、エレメントの変位などを測定した。

信頼性解析による地盤の液状化リスク分析では、地盤の液状化判定を確率統計論に基づく評価に拡張し、地盤特性や地震動のばらつきや不確定性を考慮して、リスク指標による液状化評価を行った。また、単純に地盤の液状化の有無の判定にだけでなく、その液状化の程度が構造物へ与える被害の予測シミュレーションやそれによる被害額の推定などへ展開した。固化処理地盤の液状化判定において生じる不確実性・不確定性を定量的に表現し、信頼性解析を用いて固化処理地盤の液状化リスクを評価し

た。

4. 研究成果

ローカリティを有する液状化地盤では、液状化の程度が場所ごとに異なる。現行の基準における液状化の有無の判定は、液状化が発生するか・発生しないかの二択一的手法がほとんどである。本研究では、ローカリティを考慮した場合、地盤の支持力が著しく減少することや地表面沈下量が大きくなることを解析ならびに実験により解明した。ばらつきの程度にもよるが、現行の設計で平均値を用いる方法は、危険側の設計になっている可能性があり、その点を改善するにはローカリティを考慮した確率・統計的設計が必要である。

本研究の成果は、ばらつきのある地盤の液状化に伴う不同沈下や、支持力低下などの評価、また、部分的に改良された液状化地盤の性能評価などを評価するうえでの基礎資料となる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 15 件）

- ①笠間 清伸, 善功企, 陳光斉, 固化処理砂地盤の材料定数のばらつきを考慮した液状化ポテンシャル、土木学会地震工学論文集、Vol. 29、CD-ROM、A04-30.pdf、2007 有。
- ②重岡 知之, 善功企, 陳光斉, 笠間 清伸、液状化強度にばらつきを有する固化処理地盤の地震時沈下予測に関する振動台実験、土木学会地震工学論文集、Vol. 29、CD-ROM、A04-31.pdf、2007 有
- ③忽那 惇, 善功企, 陳光斉, 笠間 清伸、数値極限解析を用いた液状化の局所性を考慮した地盤の支持力特性、土木学会地震工学論文集、Vol. 29、CD-ROM、

- A04-40.pdf、2007 有.
- ④ Kiyonobu Kasama, Andrew J. Whittle and Kouki Zen, Analysis of Spatial Variability Using Random Field Numerical Limit Analyses, Proceedings of IX International Conference on Computational Plasticity COMPLAS IX, Part 1, pp.162-165, 2007 有
- ⑤ Tomoyuki Shigeoka, Kouki Zen, Guangqi Chen and Kiyonobu Kasama, SEISMIC SETTLEMENT ESTIMATION ON PARTIALLY IMPROVED GROUND USING SHAKING TABLE, Proceedings of the 3rd Sino-Japan Geotechnical Symposium, pp.521-531, 2007 有
- ⑥ 笠間清伸, 善 功企, 陳 光斉, 固化処理工法を用いたケーソン式岸壁の動的変形抑制に関する振動台実験、海洋開発論文集、第 24 巻、pp.225-230、2008 有
- ⑦ 笠間清伸, 善 功企, Andrew J. Whittle, 確率数値限界解析を用いた粘性土地盤の支持力特性、応用力学論文集、Vol.1、pp. 291-298、2008 有
- ⑧ 笠間清伸, 善 功企, 陳 光斉, 強度の不均質性を考慮した固化処理地盤の支持力に関する信頼性解析、第 8 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.219-224、2008、有
- ⑨ 片岡範夫, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, 非線形地震応答解析を用いた信頼性設計による液状化対策地盤の性能設計、第 8 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.225-230、2008 有
- ⑩ 忽那 惇, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, 局所的液状化を考慮した砂地盤の支持力解析、第 8 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.237-240、2008 有
- ⑪ 小林正和, 善 功企, 陳 光斉, 笠間清伸, 地盤改良形状に着目した液状化対策地盤の地震時挙動に関する実験的考察、第 8 回地盤改良シンポジウム論文集、pp.267-270、2008 有
- ⑫ 笠間清伸, 善 功企, 斜面の崩壊確率に関する確率数値極限解析、第 23 回信頼性シンポジウム講演論文集、pp.61-66、2008 有
- ⑬ K. Kasama, K. Zen and A. J. Whittle, Reliability Assessment on the Bearing Capacity of Cement-treated Ground Considering Spatial Variability, International Symposium on Deep Mixing and Admixture Stabilization, OKINAWA 2009, (in press).
- ⑭ Norio Kataoka, Kouki Zen, Guangqi Chen, Kiyonobu Kasama and Kentaro Hayashi, Effects of Spatial Variability of Cement-Treated Soil on Liquefaction Potential, Proceedings of International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice -, (in press).
- ⑮ Kiyonobu Kasama, Kouki Zen, Guangqi Chen, Masakazu Kobayashi and Kentaro Hayashi, Shaking table test for partially improved ground considering the spatial locality of liquefaction, Proceedings of International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice -, (in press).
- [学会発表] (計 15 件)
- ① 笠間清伸, 善功企, 陳光斉, 固化処理地盤の液状化確率について、自然災害研究協議会西部地区部会報一研究論文集、第 31 号、pp.133-136、2007 無

- ②末宗利隆, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、ケーソン式岸壁背後地盤に浸透固化処理工法を施工するさいの改良範囲に関する研究、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 31 号、pp.141-144、2007 無
- ③児玉聡, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、福岡市の埋立て地盤の液状化強度に関する一考察、自然災害研究協議会西部地区部会報研究論文集、第 31 号、pp.145-148、2007 無
- ④重岡知之, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、強度のばらつきを有する改良地盤の地震時沈下挙動および変位特性、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 31 号、pp.117-120、2007 無
- ⑤占部昇芳, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、未改良部が混在する改良地盤の地震時挙動に関する一実験、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 31 号、pp.121-125、2007 無
- ⑥加藤拓朗, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、アルミ棒積層地盤を用いた弱部を有する地盤の支持力実験、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 31 号、pp.137-140、2007 無
- ⑦忽那惇, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、極限解析による地震時の支持力特性、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 31 号、pp.113-116、2007 無
- ⑧片岡範夫, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、地盤強度の不均質性に着目した固化処理地盤の液状化ポテンシャル、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.1-4、2008 無
- ⑨児玉聡, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、年代効果を再現した砂の液状化強度に関する一考察、自然災害研究協議会西部地区部

会報－研究論文集、第 32 号、pp.5-8、2008 無

- ⑩小川哲矢, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、地理情報システムを用いた福岡市の液状化に関するリスク評価、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.9-12、2008 無

- ⑪忽那 惇, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、局所的な液状化を考慮した砂地盤の数値極限解析、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.13-16、2008 無

- ⑫加藤拓朗, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、未改良部が混在する地盤における支持力実験、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.17-20、2008 無

- ⑬笠間清伸, 善功企, 陳光齊、液状化対策した固化処理地盤の強度増加と不良率、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.21-24、2008 無

- ⑭重岡知之, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、局所的な液状化を考慮した砂地盤の地震時沈下特性、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.25-28、2008 無

- ⑮小林正和, 善功企, 陳光齊, 笠間清伸、液状化対策地盤における最適な固化処理形状、自然災害研究協議会西部地区部会報－研究論文集、第 32 号、pp.29-32、2008 無

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕 特になし

6. 研究組織
(1) 研究代表者

善 功企 (KOUKI ZEN)
九州大学大学院・工学研究院・教授
研究者番号：50304754

(2) 研究分担者

陳 光齊 (GUANGQI CHEN)
九州大学大学院・工学研究院・准教授
研究者番号：50293882

(3) 連携研究者

笠間 清伸 (KIYONOBU KASAMA)
九州大学大学院・工学研究院・助教
研究者番号：10315111