
種々の過圧密履歴を受けた砂地盤の液状化強度特性と
それに与える時間効果に関する研究

(研究課題番号 16560432)

平成16～18年度科学研究費補助金
基盤研究(C)
研究成果報告書

平成19年5月

研究代表者 永瀬 英生
(九州工業大学工学部建設社会工学科)

平成 16～18 年度 科学研究費補助金（基盤研究 C） 研究成果報告書

はしがき

本報告書は、平成 16 年度から平成 18 年度までの 3 年間にわたって文部省科学研究費補助金（基盤研究（C）：課題番号 16560432）の補助を受けて実施した研究の成果報告書である。

本研究の学術的な特色・独創的な点および予想される結果と意義

①研究目的

地盤は堆積してから長期間経過すると、次第に過圧密的な性質を有するようになる。また、砂地盤の液状化対策として、過圧密履歴を利用するものがある。このように地盤に与える過圧密の影響を研究することは重要である。筆者らは、過圧密を利用した液状化対策工法として、載荷盛土および地下水位低下工法を想定し、液状化強度に与える過圧密効果について実験的研究を実施し、現在までに次のことが明らかになっている。すなわち、載荷盛土工法による方が地下水位低下工法によるよりも液状化強度を増加させる効果、いわゆる過圧密効果が大きい可能性があること、両工法による液状化強度増加は、過圧密比と K_0 値を用いて定式化できること等が明らかになっている。このような結果を踏まえ、本研究では、①両工法が併用された場合、②過圧密履歴を長期間受けた場合を想定し、それぞれの条件下での砂地盤における K_0 値の挙動および液状化強度の増加傾向を明らかにすることを目的とする。①については、工法適用の順序や、それぞれの工法による過圧密比の値を、例えば 1 : 2 または 2 : 3 といったように変化させる等の条件で実験することとする。また、②については、過圧密履歴時の中で、最も大きな鉛直有効応力を受けた時点と鉛直有効応力を減少させ終わった時点のそれぞれから長期間経過することによる影響について実験を実施する。

②学術的な特色

過圧密履歴を受けた砂の液状化強度は、過圧密比の n 乗に比例して増加することが知られている。この場合、従来の研究では等方応力または異方応力状態で過圧密履歴が与えられているため、鉛直方向でも水平方向でも過圧密時における最大応力と最小応力の比、すなわち過圧密比は同一の値であった。しかしながら、載荷盛土工法を適用された地盤では、 K_0 圧密条件下で過圧密されることによって K_0 値が増加するため、鉛直方向と水平方向の応力の比は、通常、過圧密前後において異なる。そこで、筆者らは、繰返し中空ねじり試験装置を用いて、載荷盛土工法を水平

地盤に適用した場合を想定し、過圧密時での有効応力の挙動および過圧密による液状化強度増加を調べた。その結果、このような条件下での液状化強度に与える過圧密効果は、 K_0 値、すなわち有効拘束圧増加の効果と純粋な過圧密の効果からなることが明らかになった。純粋な過圧密の効果は、過圧密するための最大および最小鉛直有効応力の作用時における平均有効応力で求めた過圧密比で表される。一方、地下水位低下工法を受けた場合は、過圧密時にほとんど等方的な応力変化が生じるため、従来の研究結果と同様の結論を得ている。このような学術的特色を背景として、本研究では、地盤において発揮される過圧密効果をより正確に再現するため、2つの工法が併用された場合とともに、長期間の過圧密履歴を受けた場合について注目する。

③本研究の位置づけ

過圧密履歴を受けた砂質試料の液状化強度特性については多くの研究があり、この効果を表す n の値は、豊浦砂のような粒形の揃った試料では0.25、粒度が良い試料では0.50となるように、試料の粒度等によって変化することが明らかとなっている。しかしながら、過圧密履歴が地盤に適用される場合の応力状態を再現して、液状化強度に与える過圧密効果を調べる研究は実施されてこなかった。本研究はこの点に注目したもので、この分野の先駆的研究と言える。もし、従来の研究結果のみを、例えば液状化対策として考慮するならば、 K_0 値による効果を見落とし、純粋な過圧密による効果も正確には把握できず、液状化強度の評価を誤ることになる。さらに、長期圧密を考慮した研究は正規圧密状態でのその効果に関してこれまで実施されており、2ヶ月程度まで長期圧密されることにより過圧密比2程度の過圧密履歴を受けた状態と類似した液状化強度特性を有するようになることが明らかになっている。しかしながら、過圧密状態で長期圧密された場合の液状化強度特性については未だ研究がなされていないのが現状である。

1. 研究課題

種々の過圧密履歴を受けた砂地盤の液状化強度特性とそれに与える時間効果に関する研究
(課題番号：16560432)

2. 研究組織

研究代表者 永瀬 英生 九州工業大学工学部建設社会工学科・教授
研究分担者 廣岡 明彦 九州工業大学工学部建設社会工学科・助教授

3. 交付決定額（配分額）

	直接経費	間接経費	計
平成 16 年度	1, 1 0 0	0	1, 1 0 0
平成 17 年度	1, 1 0 0	0	1, 1 0 0
平成 18 年度	1, 2 0 0	0	1, 2 0 0
計	3, 4 0 0	0	3, 4 0 0

4. 研究発表

- 1) Nagase, H., Shimizu, K., Hiro-oka, A. Maeda, H. and Ishihara, H. : Effects of overconsolidation on liquefaction strength characteristics of sand samples under Ko-stress condition, Proc. of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, pp.1637.1-1637.11, 2004.8
- 2) 田中大介・永瀬英生・廣岡明彦・古林篤・坂口哲哉：過圧密および長期圧密履歴を受けた砂の液状化強度特性、平成 16 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.579-580、2005.3
- 3) 田中大介・古林篤・永瀬英生・廣岡明彦：正規圧密および過圧密状態に置かれた時間が砂の液状化特性に与える影響、第 40 回地盤工学研究発表会平成 16 年度発表講演集、pp. 529-530、2005.7
- 4) 田中大介・三田井義一・永瀬英生・廣岡明彦・澤田修平：異なる過圧密履歴を組み合わせて受けた場合の砂の液状化強度特性、平成 17 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.407-408、2006.3
- 5) 門前亨・永瀬英生・廣岡明彦・高岡伸光・田端尚子：細粒分を含む再構成砂試料の液状化強度に及ぼす締固め効果、第 41 回地盤工学研究発表会平成 17 年度発表講演集、pp. 343-344、2006.7
- 6) 田中大介・澤田修平・永瀬英生・廣岡明彦：過圧密履歴を受けた砂の液状化強度特性と長

期圧密がその液状化強度に及ぼす影響、第 41 回地盤工学研究発表会平成 17 年度発表講演集、pp. 423-424、2006.7

- 7) 門前亨・永瀬英生・廣岡明彦・高岡伸光・田端尚子：細粒分含有砂の液状化強度特性に与える締固め効果、第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.458-461、2006.11
- 8) 澤田修平・永瀬英生・廣岡明彦・田中大介：過圧密履歴を受けた砂試料の液状化強度特性とその強度に及ぼす長期圧密の影響、第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集、pp.470-473、2006.11
- 9) Nagase, H., Zen, K., Hiro-oka, A., Yasufuku, N., Kasama, K., Kobayashi, T., Maeda, Y., Uno, K., Hashimura, K. and Chen, G. : Zoning for liquefaction and damage to port and harbor facilities and others during the 2005 Fukuoka-ken Seiho-oki Earthquake, Soils and Foundations, Vol.46, No.6, pp.805-816, 2006.12
- 10) 澤田修平・永瀬英生・廣岡明彦・中村浩二：過圧密および長期圧密された砂の液状化強度特性、平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.559-560、2007.3
- 11) 澤田修平・永瀬英生・廣岡明彦・中村浩二：過圧密および長期圧密履歴を受けた砂の液状化強度特性、第 42 回地盤工学研究発表会平成 18 年度発表講演集、発表予定、2007.7
- 12) 勝部/雄太・永瀬英生・廣岡明彦・藤井/雅之：細粒分含有率の異なる浚渫土の液状化強度、第 42 回地盤工学研究発表会平成 18 年度発表講演集、発表予定、2007.7
- 13) Nagase, H., Hiro-oka, A., Tabata, N. and Monzen, T. : Liquefaction strength characteristics of compacted sand samples containing fines, Proc. of the 13th Asian Regional Conference of Soil Mechanism and Geotechnical Engineering, 2007.12

目次

第1章 序章	1
1-1 はじめに	1
1-2 過圧密履歴が液状化強度に与える影響についての既往の研究	3
1-2-1 山下、土岐、三浦の研究(1990)	3
1-2-2 山崎、善、加賀谷の研究(1992)	3
1-2-3 永瀬、宍道、辻野、木村の研究(1994)	6
1-2-4 森、風間、北詰、福島、峰の研究(2001)	9
1-2-5 澤田、桜庭、大向、三上の研究(2001)	9
1-3 長期圧密および過圧密履歴が液状化強度に与える影響に関する既往の研究	11
1-3-1 木村、龍岡、プラダン・テージ B・Sの研究(1986)	11
1-4 K_0 圧密試験についての既往の研究	18
1-4-1 辰井、佐藤、鈴木の研究(1993)	18
1-4-2 王、西江、池田の研究(1997)	18
1-5 過圧密履歴を利用した液状化対策工	23
1-5-1 液状化対策工について	23
1-5-2 過圧密効果の期待できる工法	23
1-6 研究目的	25
第2章 試料および実験概要	26
2-1 用いた試料	26
2-2 繰返し中空ねじり試験について	26
2-2-1 繰返しねじりせん断試験装置の位置づけ	26
2-2-2 繰返しねじりせん断試験装置の概要	26
2-3 K_0 圧密条件下における繰返し中空ねじり試験の実験概要	33
2-3-1 実験手順	35
2-3-2 実験結果の整理方法	40
第3章 K_0 圧密による K_0 値の挙動	42
3-1 目的	42
3-2 概要	42
3-3 K_0 値の挙動	44
3-3-1 軸圧制御および背圧制御による K_0 圧密	44
3-3-2 二つの工法を組み合わせた場合の K_0 圧密	44
3-3-3 応力比を変えて組み合わせた場合の K_0 値の挙動	51
3-4 まとめ	58

第4章	K_0 圧密により過圧密履歴を受けた砂の液状化試験	59
4-1	目的	59
4-2	概要	59
4-3	液状化強度に与える過圧密効果について	59
4-3-1	軸圧制御、背圧制御における繰返し試験結果	59
4-3-2	組み合わせた場合における繰返し試験結果	62
4-4	まとめ	66
第5章	K_0 圧密により長期圧密履歴を受けた砂の液状化試験	67
5-1	目的	67
5-2	概要	67
5-3	液状化強度に与える長期圧密効果について	67
5-3-1	常陸那珂埋立砂の試験について	67
5-3-2	豊浦砂の試験について	73
5-4	まとめ	77
第6章	K_0 圧密により過圧密履歴を受けた砂の液状化強度増加率の比較	78
6-1	目的	78
6-2	概要	78
6-3	算定方法	78
6-4	液状化強度増加率の比較	79
6-5	まとめ	82
第7章	K_0 圧密により長期圧密履歴を受けた砂の液状化強度増加率	83
7-1	目的	83
7-2	概要	83
7-3	長期圧密履歴が液状化強度増加率に与える影響の比較	83
7-3-1	常陸那珂埋立砂の試験について	83
7-3-2	豊浦砂の試験について	86
7-4	まとめ	88
第8章	結論	88
8-1	K_0 圧密による K_0 値の挙動	88
8-2	K_0 圧密により過圧密履歴を受けた砂の液状化試験	88
8-3	等方圧密および K_0 圧密により長期圧密履歴を受けた砂の液状化試験	89
8-4	K_0 圧密により過圧密履歴を受けた砂の液状化強度増加率の比較	89
8-5	等方圧密および K_0 圧密により長期圧密履歴を受けた砂の液状化強度増加率	89

参考文献