

エネルギーの釣合に基づく液状化地盤の損傷評価に関する研究

その 2 エネルギー～過剰間隙水圧関係の検討

Study on Evaluation of damage in Liquefaction Based on the Energy Balance in Liquefiable Sandy Ground

Part 2 Considerations on relationship between Energy and Excessive Pore Water Pressures

○道明裕毅¹, 安達俊夫², 山田雅一², 朝枝亮太³, 藤森圭祐⁴*YukiDomyo¹, ToshioAdachi², MasaichiYamada², RyoutaAsaeda³, KeisukeFujimori⁴

Abstract: The purpose of this study is to establish for evaluation of damage in sand deposits following liquefaction based on energy balance. This report is experimental investigation of relationships between accumulate plastic strain energy and excessive pore water pressures by cylindrical torsional test.

1. はじめに

前報その¹⁾では規準化累積塑性ひずみエネルギーと最大せん断ひずみの関係について報告した。

本報告では、過剰間隙水圧の上昇に対して合理的な評価を行うため、規準化累積塑性ひずみエネルギーと過剰間隙水圧比の関係について報告する。

2. 試験概要

せん断試験は中空ねじりせん断試験装置を用いた。供試体は高さ 10cm, 直径 10cm の中空円筒供試体である。表 1 に試料の物理的性質と試験条件および液状化強度 R_{15} を示す。ここで液状化強度 R_{15} は、繰返し回数 15 回で過剰間隙水圧比が 95% に達する時のせん断応力比である。各条件において、せん断応力比を変えて、複数の試験を行った。

Table 1. Test condition

試料	土粒子の密度 $\rho_s(\text{g}/\text{m}^3)$	最大間隙比 e_{\max}	最小間隙比 e_{\min}	相対密度 Dr(%)	有効拘束圧 $\sigma'_c(\text{kN}/\text{m}^2)$	液状化強度 R_{15}
霞ヶ浦砂-a	2.755	0.944	0.605	60	49	0.242
				80		0.344
				40		0.170
霞ヶ浦砂-b	2.759	0.856	0.505	60	98	0.210
				80		0.258
				40		0.163
豊浦砂	2.631	0.977	0.608	60	49	0.201
				80		0.259
				40		0.163

3. 試験結果

図 1 に本試験で得られた規準化累積塑性ひずみエネルギー W_p/σ'_0 ～ 過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ 関係の試験結果を示す。規準化累積塑性ひずみエネルギーは、累積塑性ひずみエネルギー W_p を有効拘束圧 σ'_c で除して規準化している。

同図(a)に本試験結果の一例(豊浦砂 Dr80%)を示す。この図より、過剰間隙水圧比は規準化累積塑性ひずみエネルギーの増加に伴って増大することがわかる。本

報では、各サイクルでの過剰間隙水圧比の最大値を取るデータ(図 1(a)中の○印)を用いて検討をした。

図 1(b)～(i)に各供試体の試験結果を示す。これらの図より、過剰間隙水圧比が 1.0 に達した後も、規準化累積塑性ひずみエネルギーは増加し続ける。また、砂の種類で規準化累積塑性ひずみエネルギー～過剰間隙水圧比関係には差異が認められる。Dr=40%と 60%の場合では規準化累積塑性ひずみエネルギーと過剰間隙水圧比の関係に大きな差異は見られないが、Dr=80%の場合と比較すると過剰間隙水圧比が上昇しやすくなっていることが見て取れる。

4. 規準化累積塑性ひずみエネルギー～過剰間隙水圧比関係

本報では、下村の提案式²⁾を基に規準化累積塑性ひずみエネルギー W_p/σ'_0 ～ 過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_0$ の関係について検討する。 W_p/σ'_0 ～ $\Delta u/\sigma'_0$ 関係を検討するにあたり、過剰間隙水圧比が初めて 95% に達するまでのデータを用いた。下村は相対密度をパラメータとして提案式を提案しているが、本報では砂の影響を考慮するために、相対密度ではなく液状化強度 R_{15} と最小間隙比 e_{\min} から W_p/σ'_0 ～ $\Delta u/\sigma'_0$ 関係を提案する。

本試験結果から、規準化累積塑性ひずみエネルギー～過剰間隙水圧比関係を次式で表す。

$$\frac{\Delta u}{\sigma'_0} = \alpha \left(\frac{W_p}{\sigma'_0} \right)^{0.5} \quad (1)$$

ここに、 α は e_{\min} と R_{15} との関数であり、図 2 で示した α と e_{\min}/R_{15} 関係から次式より求められる。

$$\alpha = \beta(e_{\min}/R_{15}) \quad (2)$$

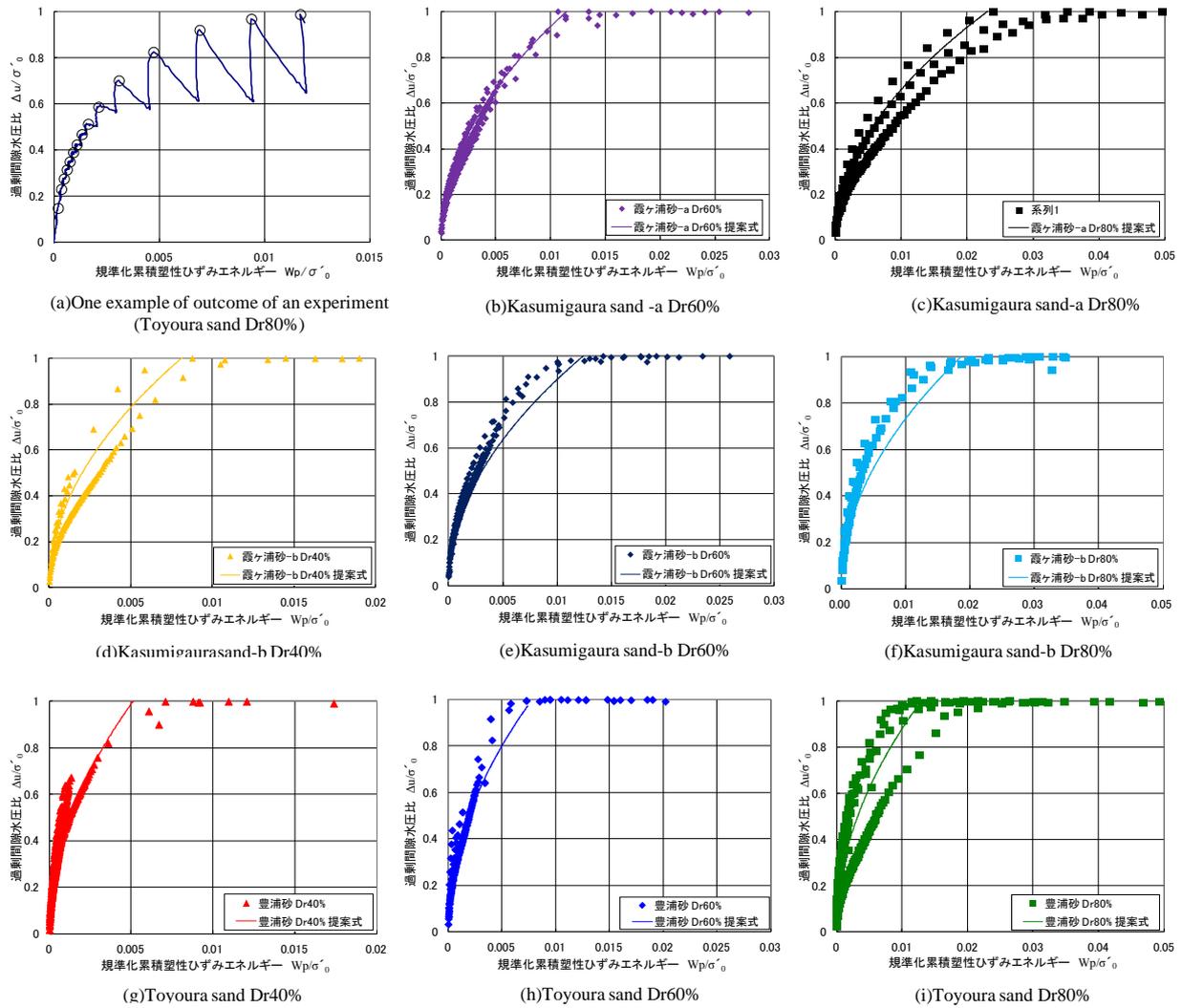


Fig 1. Relationships between W_p/σ'_0 and $\Delta u/\sigma'_0$

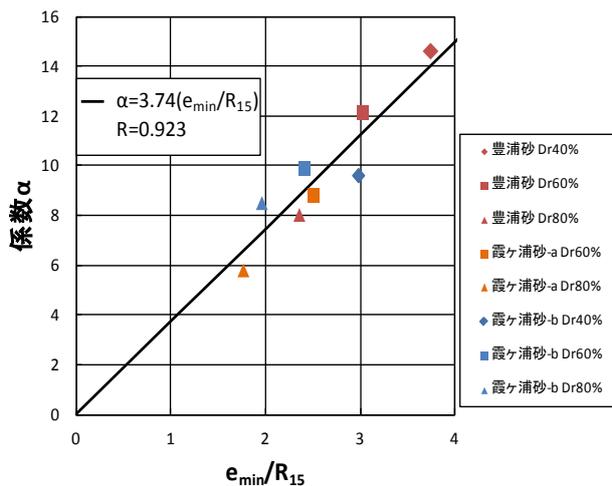


Fig 2. Relationships between α and e_{\min}/R_{15}

ここに、 β は係数、 e_{\min} は最小間隙比、 R_{15} は液状化強度である。本試験結果から係数 β は3.74が得られた。ここで $\Delta u/\sigma'_0$ が1.0以上となった場合は1.0とする。

この(1)式から得られた提案式を図1(b)~(i)に実線で示す。これらの図より、本実験データと(1)式は概ね良い対応を示している。

5. まとめ

本研究では、室内要素試験により累積塑性ひずみエネルギーと過剰間隙水圧の関係について検討した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 過剰間隙水圧比は、1.0に達するまで規準化累積塑性ひずみエネルギーのべき関数で表される。
- 2) 規準化累積塑性ひずみエネルギー～過剰間隙水圧比関係は砂の液状化強度と最小間隙比によって推定できる可能性を示した。

【参考文献】

- 1) 藤森 他:エネルギーの釣合いに基づく液状化地盤の損傷評価に関する研究, エネルギー～最大せん断ひずみ関係の検討, 第56回日本大学理工学部学術講演会, 投稿中, 2012
- 2) 下村:エネルギーの釣合いに基づく地盤の液状化に伴う沈下予測に関する研究, 日本大学 博士論文, 2011