

地震ハザード情報を活用したジオシンセティックス補強土壁の信頼性解析法

防衛大学校建設環境工学科 (正)宮田喜壽 (学)重久伸一 (正)木暮敬二

1. はじめに

ジオシンセティックス補強土壁は様々なレベルの構造物に対して適用されている。構造物の要求性能に応じて、ジオシンセティックスの配置を変化させることが望ましいと思われる。本研究においては、ジオシンセティックス補強土壁の性能設計の確立を目的に、地震動および設計定数の不確実性を確率論的に考慮する信頼性解析法について検討した。本文では、その解析方法の概要を説明し、簡単な例題に対する試算結果と考察を示す。

2. 解析法

(1)基本的な考え：地盤材料およびジオシンセティックスの強度は多くの要因に影響される。一方、設計で想定すべき地震動も確定論的に決定することは難しい。本研究では、補強土壁の性能を評価する方法として、Mizutani¹⁾や大津ら²⁾によって検討されている地震リスクマネジメント手法を補強土壁の安定性評価に適用する。この手法によれば、 n 年の耐用年数に対する破壊確率 P_n は次式で評価される。

$$P_n = P(1 - P)^{n-1} \quad (1) \quad P = \int_0^\infty p(k_h)P(k_h)d\alpha \quad (2)$$

ここで、 $p(k_h)$ は地震時脆弱関数、 $P(k_h)$ は地震ハザード情報、 k_h ：水平震度。

$p(k_h)$ の計算にあたっては、土の強度： c 、 $\tan\phi$ 、ジオシンセティックスの強度： T_R 、土とジオシンセティックスの摩擦： c^* 、 $\tan\phi^*$ 、基礎地盤の強度： c_0 、 $\tan\phi_0$ 、 q_u について不確実性を考慮することとした。

(2)破壊モードと性能関数：土研マニュアルに示されている6種類の破壊モードに対して、現行の設計式をもとに以下に示す性能関数を定式化した。

$$\text{引抜け： } Z_{AP}(X_1, X_2, X_4, X_5) = E_1X_1 + E_2X_2 + E_3X_4 + E_4X_5 + E_5X_2X_4 + E_6X_2X_5 - 1 \quad (3)$$

$$\text{破断： } Z_{AR}(X_1, X_2, X_3) = E_1X_1 + E_2X_2 + E_7X_3 + E_8X_2X_3 - 1 \quad (4)$$

$$\text{滑動： } Z_{BS}(X_1, X_2) = \frac{LX_1 + W_1X_2}{k_hW_1 + P_H(X_2)} - 1 \quad (5) \quad \text{転倒： } Z_{BR}(X_2) = \frac{W_1a_1 + P_V(X_2)a_2}{k_hW_1H/2 + P_H(X_2)H/3} - 1 \quad (6)$$

$$\text{基礎： } Z_{BB}(X_2, X_8) = X_8 - \frac{W_1}{L} \left(4 - \frac{6a_1}{L} + \frac{2H}{W_1L} P_H(X_2) \right) \quad (7) \quad \text{全体： } Z_{CS}(X_6, X_7) = C_1X_6 + C_2X_7 - 1 \quad (8)$$

ここで、 X_1 ： c 、 X_2 ： $\tan\phi$ 、 X_3 ： T_R 、 X_4 ： c^* 、 X_5 ： $\tan\phi^*$ 、 X_6 ： c_0 、 X_7 ： $\tan\phi_0$ 、 X_8 ： q_u 、 L ：ジオシンセティックスの敷設長、 H ：補強土壁の高さ、 P_H ：くさび法で算定される水平土圧、 W_1 ：滑り領域の重量、 $E_1 \sim E_8$ 、 $a_1 \sim a_2$ 、 $C_1 \sim C_2$ ：定数項。詳細は文献3)を参照いただきたい。

(3)破壊確率の計算：各破壊モードに対して定式化した性能関数は、ばらつきを考慮する設計変数の非線形関数であるため、ある地震動レベルに対する条件付破壊確率を修正一次二次モーメント法で計算した。なお、破壊確率を計算する滑り面は、現行の設計式で最小安全率となる面とした。

3. 計算結果と考察

図-1、2と表-1に示す条件を基本に、1)設計変数の不確実性、2)敷設条件の影響を調べた。1)の計算では、影響を調べる以外の値は表-1の条件に固定した。2)の計算では、図-1の敷設枚数(長)で長さ(枚数)の影響を調べた。いずれの計算においても、図-2に示すハザード情報のうち、Type-Bを仮定した。

キーワード：補強土壁、ジオシンセティックス、信頼性解析、不確実性

連絡先(住所)：〒239-8686 横須賀市走水1-10-20、電話：0468-41-3810(ext.3527)、FAX:0468-44-5913)

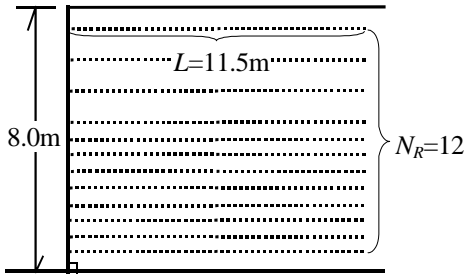


図 - 1 基本となる敷設条件

表 - 1 入力定数

設計変数	平均値	変動係数(%)
γ_t (kN/m ³)	19.00	-
c (kN/m ²)	1.00	10.0
$\tan\phi$	0.2679	10.0
T_R (kN/m)	40.00	20.0
c^* (kN/m ²)	100	20.0
$\tan\phi^*$	0.2679	20.0
γ_0 (kN/m ³)	21.00	-
c_0 (kN/m ²)	2.00	10.0
$\tan\phi_0$	0.2679	10.0
q_u (kN/m ²)	500.00	10.0

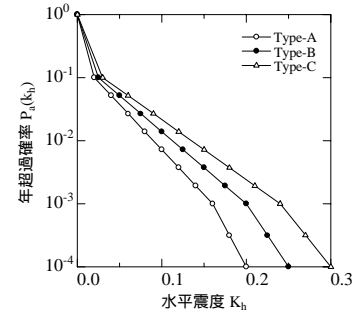


図 - 2 地震ハザード情報

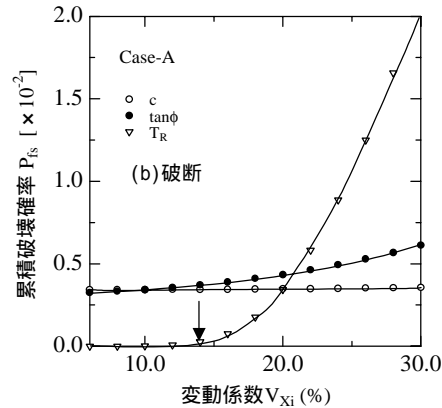
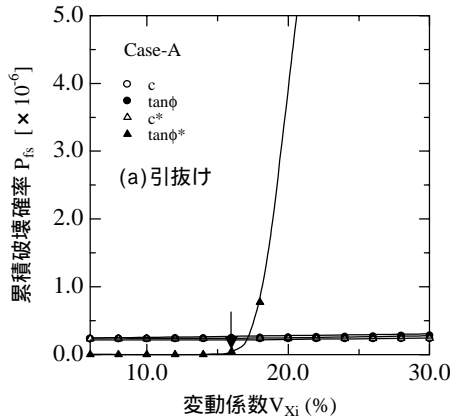


図 - 3 設計変数の不確定性の影響 (地震ハザード情報: Type-B)

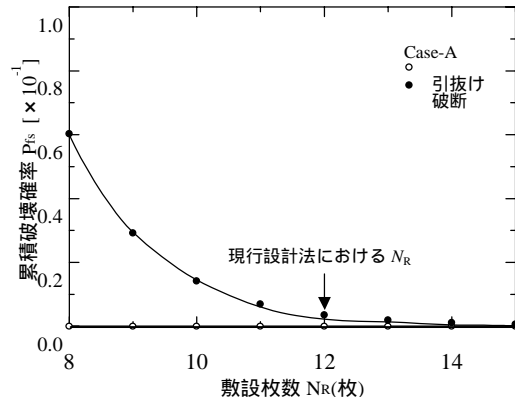
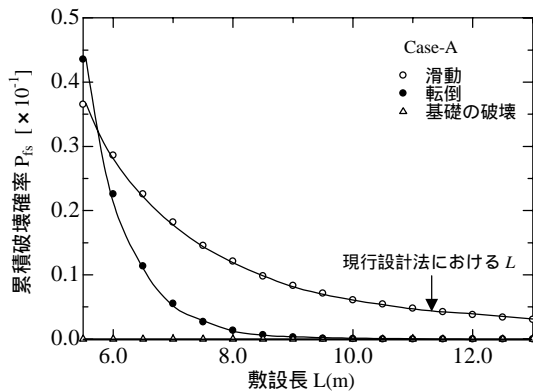


図 - 4 敷設条件の影響 (地震ハザード情報: Type-B)

設計変数の不確定性の影響を調べた結果として、2つの破壊モードに関する計算結果を図-3に示す。累積破壊確率は耐用年数を30年と仮定した結果である。設計変数の不確定性の影響は破壊モードによって異なることが分かる。敷設条件の影響を調べた結果を図-4に示す。補強材の敷設長を長く密に配置すれば、破壊に対する余裕が大きくなる事が分かる。図中には現行設計法で算定される敷設長さを示した。このような試算によって、現行の設計結果がどの破壊モードを重視して、その破壊モードに対してどの程度のリスクを許容しているかを調べることができる。今後、考慮すべき設計変数の不確定の大きさや、各破壊モードに対するリスクの考え方などについて検討を続けたい。

参考文献

- 1) Mizutani, M.: Basic Methodology of a Seismic Risk Management Procedure, ICCOSAR'97, Vol.3, 1997.
- 2) 大津ら: 斜面の性能に着目した安定解析法に関する一考察, 土木学会論文集, No.631 / -48, 1999.
- 3) 宮田ら: ジオグリッド補強土壁の信頼性解析に関する基礎的研究, ジオシンセティックス論文集, Vo.15, 2000.