

杭の水平支持力設計法に関するモンテカルロシミュレーションによる信頼性解析

岐阜大学 工学部○学生員 高山 智博
学生員 船津 成人
学生員 村田 知恵
正員 本城 勇介

1. はじめに

構造工学は最近まで、限界状態設計法（レベル1）とよばれる確率論的アプローチにより構造設計されてきた。しかし、実際に構造物が崩壊することがほとんどなく、構造物の挙動についての情報も少なく、また比較的高い安全率により、現実の構造物からフィードバックをかいいていた。そこで本研究では、モンテカルロシミュレーションと呼ばれる方法を用いて信頼性解析を行い、他の方法による結果との比較、検討を行う。

2. 研究手順

研究の手順を図-1に示す。

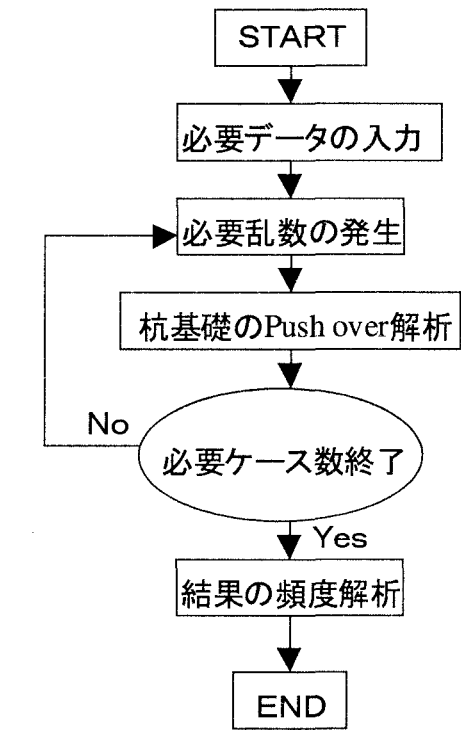


図-1 全体のフローチャート

3.1 モンテカルロシミュレーション

モンテカルロシミュレーションとは、ある確率変数に、その変数の与えられた、あるいは仮定された平均、分散、分布形をもとに乱数を発生させ、解析を行う方法である。

3.2 乱数の発生

$$x_i = F_X^{-1}(u_i); i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式(1)は、乱数発生のための概念的な式である。

ここに、 x_i は発生した乱数、 u_i は一様乱数 F_X^{-1} の与えられた、あるいは仮定された累積確率 $F_X(x) = u$ の逆関数である。 x と u の関係を図-2に示す。

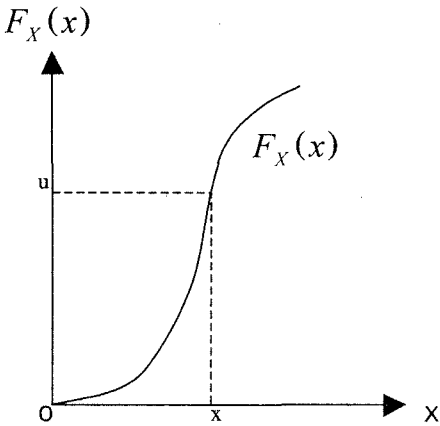


図-2 xとuの関係図

4.1 限界状態と性能マトリックスの関係

本研究では、性能設計と限界状態設計法を結びつける接点として、性能マトリックスにおける構造物の性能を限界状態により規定する。性能マトリックスでは、荷重の頻度と構造物の性能を軸にとり、構造物の「重要度」をパラメータとして構造物の性能規定を行う（図-3）。

荷重の頻度は、現在広く世界的に用いられている地震に対する二段階設計法を採用する。従って、荷重の頻度としては、通常の固定・積載荷重、当該地点の地震力の100年再現期待値、さらに、1000年再現期待値をとった。ここで、100年再現期待値は構造物の供用期間中に1回～数回程度作用する地震荷重であり、1000年再現期待値は、想定される最大級の地震荷重である。

一方、損傷の程度は限界状態で定義できる。本研究では、限界状態として、使用限界状態・修復限界状態・終局限界状態の3つの限界状態を定義するものとする。使用限界状態は、「構造物の日常の使用に支障をきたさない状態」修復限界状態は、「構造物としての機能回復をより速やかに行うために、限定された損傷の範囲にある状態」また、終局限界状態は、「人命に直接危害を及ぼすような構造物の変形・崩壊が生じない状態」と定義をする。また、Push over 曲線を用いて、水平力をうける杭基礎の各限界状態を予測することができる。これを概

念的に示したのが図－4である。

4.2 本研究における限界状態

各限界状態の **Push over** 曲線上の規定方法は、次のとおりである。

- ・使用限界状態…鋼管杭は変位が杭径の5%以下の時、場所打ち杭は杭径の1%の変位が生じた時。
- ・修復限界状態…塑性率 μ が4以下をとる事として求められた **Push over** 曲線より逆算した変位が生じた時
- ・終局限界状態…変位が40cmになった時、また回転角が0.025radになった時

5. 結果の頻度解析

モンテカルロシミュレーションを N 回行うことにより、ある水平震度における破壊確率 Pf を求めることができる。

$$Pf = \frac{n}{N}$$

ここに、 N はシミュレーションの総数、 n はある水平震度における破壊ケースの総数である。これを縦軸に破壊確率 Pf 、あるいは累積頻度を取り、横軸に水平震度をとったグラフをかく。このグラフの概念図を図－5に示す。

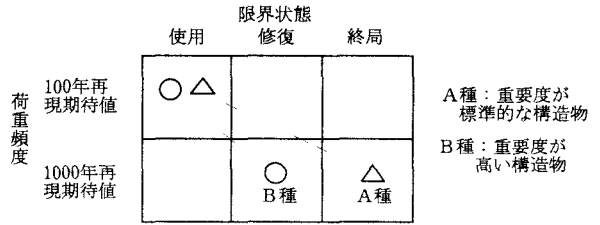
求められた Pf は、1次近似信頼性法(FORM)で求められた信頼性指標 β のFORMによる推定精度を比較する。さらに、外力を固定した場合の **Fragility** 曲線を求め、これも FORM で求めた **Fragility** 曲線と比較する予定である。(図－5)

6. むすび

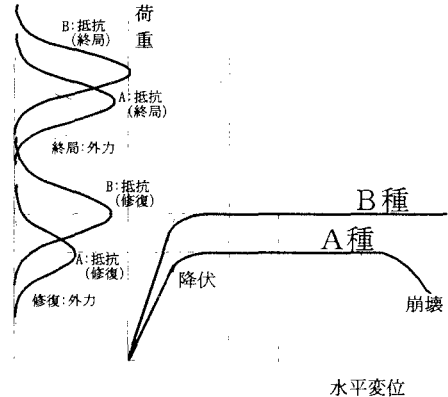
実際の計算結果は講演時に譲る。

参考文献

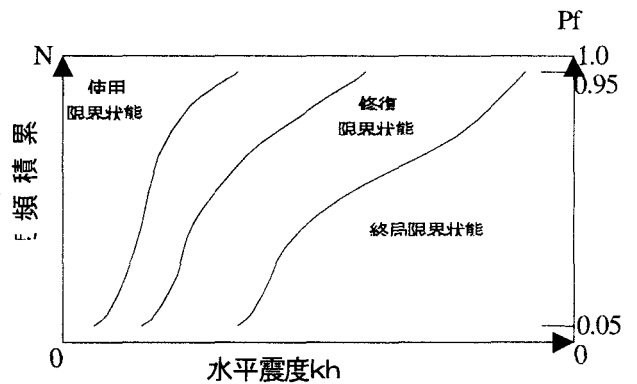
- 1) Ditlevsen, O. and Madsen, H. O. (1996) Structural Reliability Methods, pp.163－180, pp.303－318, Wiley.
- 2) Ang, A. and Tony, W. (1984) Probability concepts in engineering planning and design, pp.274－291, Wiley.
- 3) P, Thoft-Christensen. and M, J, Baker. 室津 義定 監訳 (1985) 構造信頼性－理論と応用, Springer-Verlag Tokyo Berlin Heidelberg New York.
- 4) 建築基礎構造設計指針、日本建築学会 1998
- 5) 道路橋示方書・同解説、日本道路協会 1994
- 6) 鉄道構造物等設計標準・同解説、鉄道総合技術研究所、1997
- 7) 実際に役に立つ道路橋の設計計算例、山海堂
- 8) 道路橋の耐震設計に関する資料、日本道路協会



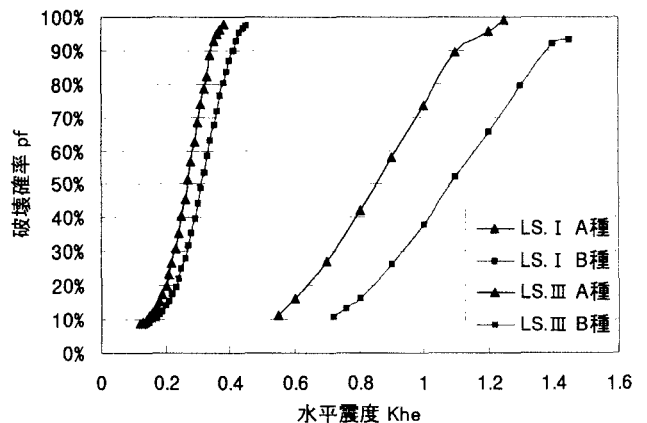
図－3 性能マトリックス



図－4 基礎の状態と限界状態の概念図



図－5 頻度解析の概念図



Fragility 曲線の1例