

杭基礎の水平支持力の性能設計に関する一考察

岐阜大学 工学部 学生員 村田 知恵

正員 本城 勇介

学生員 石原 寛隆

1. はじめに

性能設計の耐震設計への適用の1つの契機となったと言われる Vision2000 では、性能と外力頻度の関係を次のような性能マトリックスで表した。(図-1)

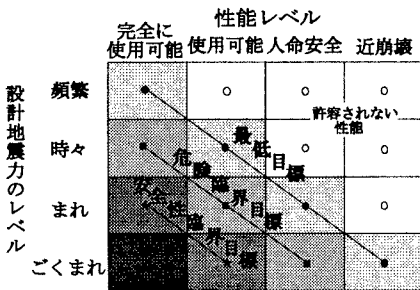


図-1 性能マトリックス

性能設計の導入により構造物が最終的に満たすべき性能が明確になるほど、設計法自体の予測の精度が問われるようになる。実際、設計法と精度のかね合いで、何段階の限界状態を規定できるかという議論も行われている。

以上のような背景をふまえ、本研究では「確率に基づいた限界状態設計法」を道具として、杭基礎の性能設計について検討し、その可能性や問題点を明確にすることを目的としている。

2. 設計計算モデルと外力のモデル化

2.1 設計計算モデル

杭基礎を杭ラーメン構造モデルとしてモデル化し、pushover 解析を行う。水平、鉛直方向の地盤反力係数、杭の曲げ剛性にバイリニアモデルを導入し、挙動の非線形性を考慮している。

信頼性解析では、抵抗側では杭の地盤反力係数、受動土圧係数、せん断強度を確率変数としてあつかう。

2. 2 外力のモデル化

最終的な信頼性解析では、外力である地震力の不確実性を評価する必要がある。本研究では、特にその統計的データの整備状況から「建築物荷重指針・同解説」(1993)に基づいて解析した。

3. 限界状態と性能マトリックス

3.1 限界状態、外力の頻度と構造物の重要性による性能マトリックス

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、性能マトリックスの損傷の程度を限界状態により規定する。

性能マトリックスでは、荷重の頻度と損傷の程度を軸にとり、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-2)

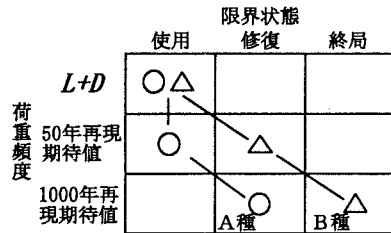


図-2 性能マトリックス

3.2 性能マトリックスと pushover curve

pushover curve を用いて、水平力を受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-3である。

構造物はその重要度により異なる剛性や耐力を持つと考えられる。重要度の高い構造物は剛性が高く、また耐力も大きいであろう(図-3 B種)。このモデルにより、使用、修復、終局の各限界状態が求められる。本研究では、モデルへの種々の入力値を確率変数として与えるので、各種の限界状態に対す

る構造物の耐力は、不確実性を持つ。同様に、各荷重頻度の外力も不確実性を持つ。この状況を概念的に示しているのが図-3左側の外力や抵抗の確率密度分布である。

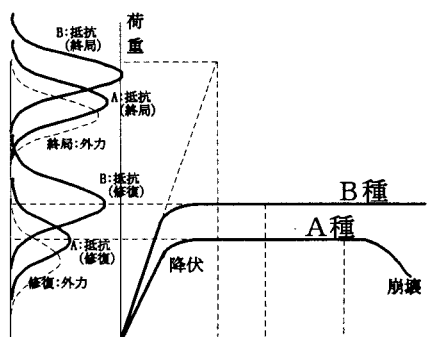


図-3 基礎の状態と限界状態の概念図

4. Fragility 曲線と信頼性解析

4. 1 解析の方法

本研究で用いる信頼性解析の方法は、いわゆるレベルⅡの解析方法であり、advanced FORM といわれる方法である (Thoft-Christensen and Baher, 1982)

4. 2 Fragility 曲線による解析

図-3に示した抵抗側の確率密度分布を積分して得られる確率分布関数 $F_R(x)$ は、ある外力のレベル x をあたえたときに構造物が当該限界状態にいたる確率と見ることができる。すなわち、

$$\text{Prob}[LS_i | X = x] = F_R^{LS_i}(x) = \int_{-\infty}^x f_R^{LS_i}(s) ds \quad (1)$$

ここに、 LS_i は使用、修復、終局のいずれかの限界状態を表す。

分布関数 $F_R^{LS_i}(x)$ によって表される曲線を Fragility (もろさ) 曲線と呼ぶ。(図-4)

これは、荷重レベルが確定的に与えられたときの当該設計法による予測の精度を表していると考えられ、設計法の精度と、限界状態の設定に有益な情報を与える。(Elingwood, 1998)

また、このときこの Fragility 曲線の広がりに影響

を与える各基本変数の影響は、信頼性解析のとき得られる感度係数 α_i の値を参照することにより検討できる。

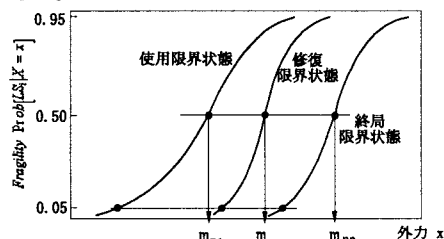


図-4 Fragility 曲線

4. 3 信頼性解析

最終的には、式(1)の外力の不確実性を考慮することにより杭基礎の信頼性が求められる。

$$\text{Prob}[LS_i] = \int_{-\infty}^{\infty} F_R^{LS_i}(x) f_s^{LS_i}(x) dx \quad (2)$$

本研究では FORM を用いるので (2) 式の計算を直接行うわけではないが、得られる β や感度係数 α_i の値より、他の構造物の信頼性解析結果などと比較することにより重要な情報が得られると考えられる。

5. むすび

実際の計算結果については、講演時にゆずる。

参考文献

- 1) P.Thoft-Christensen/M.J.Baker:「構造信頼性—理論と応用」、シュブリンガー・フェアラーク東京、1982
- 2) 道路橋示方書・同解説、日本道路協会 1994
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説、鉄道総合技術研究所、1997
- 4) 建築物荷重指針・同解説書、日本建築学会、1993
- 5) SEAC, Vision 2000: performance based seismic Engineering of buildings, 1995
- 6) Elingwood, B.R.: Reliability based performance concept for building construction, Proc. structured Engineers World Congress, 1998