

地震動の不確定性を考慮した河川堤防の沈下解析

徳島大学大学院 学生会員 ○島田智之
徳島大学大学院 正会員 三神厚
徳島大学大学院 正会員 澤田勉

1. はじめに

南海地震の地震動によって吉野川堤防が被害を受け沈下したところへ、津波が遡上し、洪水氾濫に至るといふシナリオが危惧されており、吉野川堤防の耐震性について検討されてきた。地震による堤体の沈下量を予測するにあたって問題となるのは、(1)入力地震動の不確定性、(2)堤体内部構造の不確定性、である。よって、沈下量の予測は、これらの不確定性を考慮したものでなければならない。不確定性を考慮する1つの有効な方法は、確率論に基づいた方法である。(2)の不確定性による影響については、また別の機会に述べることにして、ここでは、(1)の地震動の不確定性による沈下量の影響について発表する。著者ら¹⁾は、応答スペクトルに確率的に適合するような地震動の生成手法を開発している。安中ら²⁾によって、地震動タイプごとの応答スペクトルの距離減衰式が与えられているが、例えば、著者らの手法を用いれば、海洋型平均としての応答スペクトルに確率的に適合するような地震動を発生させ、河川堤防の入力地震動に用いることが可能である。本研究では、この手法で発生させて地震動を入力に用いた堤体の地震応答解析を行う。堤体の地震応答解析には、FLIP(Finite element analysis of Liquefaction Program)を用いた。

2. 解析方法

堤体の液状化による沈下予測が可能なFLIP³⁾を用いた。FLIPは、土骨格を履歴減衰の大きさが調整できるように改良された多重せん断ばねモデルで表し、応力経路法を用いた過剰間隙水圧モデルを組み込んだ有効応力に基づく解析プログラムである。

2.1 解析対象および解析条件

本研究で対象とした断面および地盤物性値は、吉野川堤防強化検討委員会⁴⁾を参考に決定した。解析対象断面の有限要素メッシュを図-1に示す。解析対象断面では太線が囲った部分を液状化層とした。入力地震動は図-1の下面に水平方向に入力し、解析領域の左右の境界は半無限に続く水平成層地盤を模擬するために粘性境界とし、底面は固定境界とした。

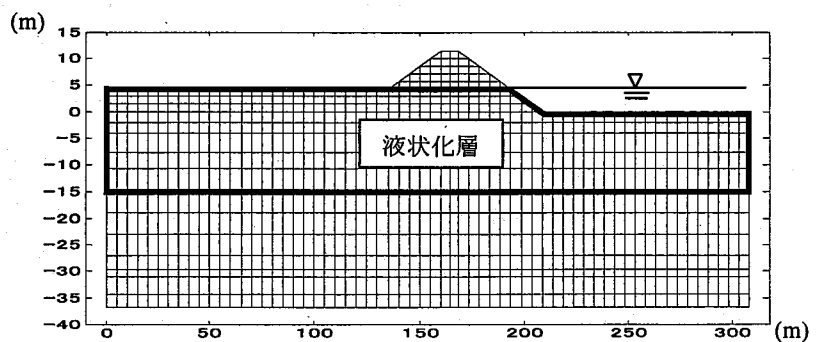


図-1 有限要素メッシュ

2.2 入力地震動

解析に用いた入力地震動について述べる。固有円振動数 ω_0 、減衰定数 h を有する1自由度系を継続時間 $T(\text{sec})$ だけ加振したときの定常確率過程の絶対最大応答値 ξ の確率分布関数はVanmarcke⁵⁾により提案された次式となる。

$$P_s(\xi) = \exp \left[-\frac{\omega_0 T}{\pi} \frac{1 - \exp \left\{ -(\pi/2)^{1/2} q(\xi/\sigma_x) \right\}}{\exp \left\{ (\xi/\sigma_x)^2 / 2 \right\} - 1} \right] \quad (1)$$

ここで、 σ_x は応答値の標準偏差、 q は不規則指数と呼ばれるもので、パワースペクトル密度関数で決定され

る。また、 T は主要動部の継続時間である。そして、固有円振動数ごとに式(1)から期待値を算出して連ねると応答スペクトルとなる。なお、ここで得られた応答スペクトルは平均応答スペクトルである。この応答スペクトルとマグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X より求まる安中ら²⁾の応答スペクトルとの残差平方和が最小になるように式(1)を決定する。そして、決定されたパワースペクトルから模擬地震動を作成する。なお、目標とした応答スペクトルは海洋型地震の応答スペクトルである。図-2に本研究の加速度応答

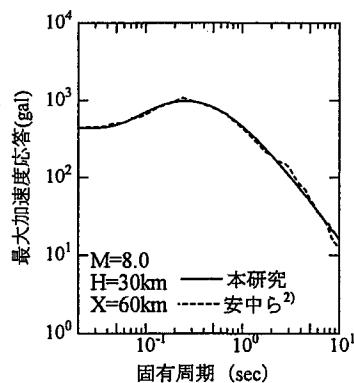


図-2 加速度応答スペクトルの比較

スペクトルと安中らのそれとの比較を、図-3に模擬地震動を示す。なお、マグニチュード M 、震源深さ H 、震源距離 X はそれぞれ8.0、30km、60kmとした。

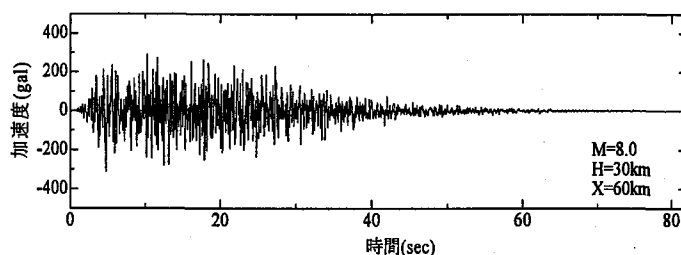


図-3 模擬地震動

3. 解析結果

図-1の有限要素メッシュの下面に図-3の模擬地震動(継続時間81.92sec, データ数8192個)を入力し、FLIPによる地震応答解析を行った。図-4は計算の一例を示したもので、残留変位図をあらわす。ただし、残留変位は10倍に拡大して示してある。解析結果より堤体直下の液状化層が左右へはらみ出すように変形し、堤防天端が沈下した。この方法を用いれば、沈下量のばらつきを確率的に求めることが可能である。

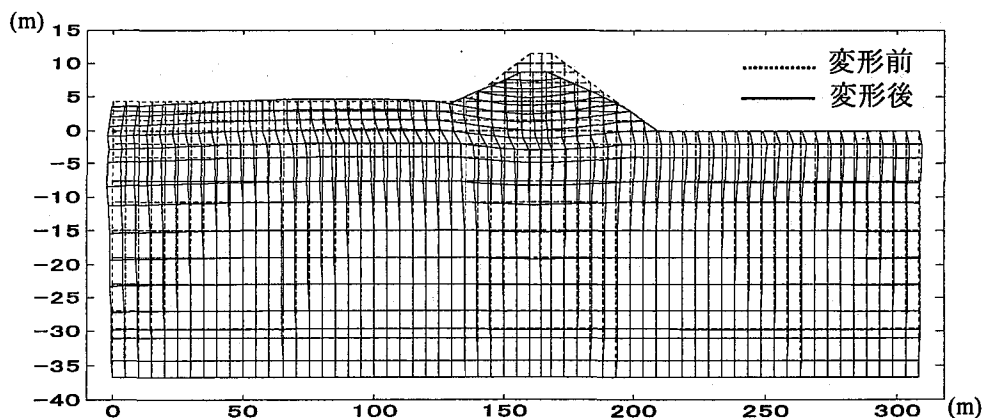


図-5 残留変形図

謝辞

徳島大学大学院の蔣景彩助手に FLIP の使用に関して御指導頂きました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 島田, 三神, 澤田: 動的信頼性理論に基づく応答スペクトル適合地震動の一作成法, 構造工学論文集, Vol.53A, 土木学会, 2005, (印刷中)
- 2) 安中, 森田, 相京, 原田: 地震タイプを考慮した加速度応答スペクトル推定式, 第28回地震工学研究発表会講演論文集, 2005.
- 3) 井合, 松永, 亀岡: ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル, 港湾技術研究所報告, 第29巻, 第4号, pp.27-56, 1990.
- 4) 四国地方整備局 徳島河川国道事務所: 耐震検討中間報告書, pp.2-11, 2005.
- 5) Vanmarcke, E.H.: Properties of Spectral Moments with Applications to Random Vibration, Proc. of ASCE, EM2, pp.425-446, 1972.