

電力中央研究所 正員 上島 照幸
 電力中央研究所 正員 国生 剛治
 (株)電力計算センター 中園 直秀

1. はじめに

台湾・花蓮地点において、商業用原子炉建屋の1/4程度の規模の、大規模模型建屋(図1)を砂礫地盤上に建設し、大地震時の地盤・建屋の挙動を把握すると共に、各種解析手法の検証を行うことを主目的とした国際共同研究が行われている¹⁾。この国際共同研究では、建設4段階(掘削前・掘削後・建屋建設前・建屋建設後・埋戻し前、及び埋戻し後)の各々の段階での地盤調査が行われ²⁾、また、埋戻し前・後の2段階に亙る建屋振動試験(それぞれFVT-1, 2と呼ばれている)が行われた³⁾後、1993年6月より、地震観測が開始され、今日に至っている。解析ステップとしては、FVT-1, 2それぞれの予測・修正解析、地震応答予測・修正解析が行われた。このうち、FVT-1 予測・修正解析については、文献2)(PART 2)にて述べているので、本稿では、FVT-2 予測・修正解析、及び地震応答予測・修正解析(いずれも電中研実施分)について述べる。

2. 模型建屋・地盤条件概要

建設された建屋模型は、基礎部直径10.8m、高さ約16m、全重量約1440tonfの円筒断面を有するRC構造物で、G.L.-5m以浅に堆積している砂質土盤を掘削し、G.L.-5m以深の良く締まった砂礫地盤上に直接設置した後、碎石にて埋戻している。建屋基礎直下の地盤のS波速度を建設過程毎に測定したのは、過去に例の無いことと思われる。その結果、既報²⁾のとおり、上載荷重の変化に伴う砂礫地盤のVs変化が把握された。この地盤調査・室内試験に基づいて当所が提案したFVT-2 および地震応答予測解析に供する地盤モデルを図1に示す。

3. 埋戻後建屋振動試験(FVT-2)³⁾の予測・修正解析

提案された共通地盤モデルが面内不均質であることを考慮して、解析には、一般3次元部を含み得る建屋-地盤連成系の複素振動応答解析プログラム「TB3D」⁴⁾を用い、建屋屋階・建屋基礎水平加振ケースの予測・修正解析を行った。(予測解析とは、地盤モデルとして「UMFVT2」を与えた解析のこと。)結果は以下のとおり。

- ① 屋階水平加振に対する予測解析における共振振動数(f_0)は、実験値より19%高く、基礎水平加振に対しても同じく15%高い、との結果を与えた。(共振振幅は、いずれの場合とも実験値より相当に小。図2参照。)

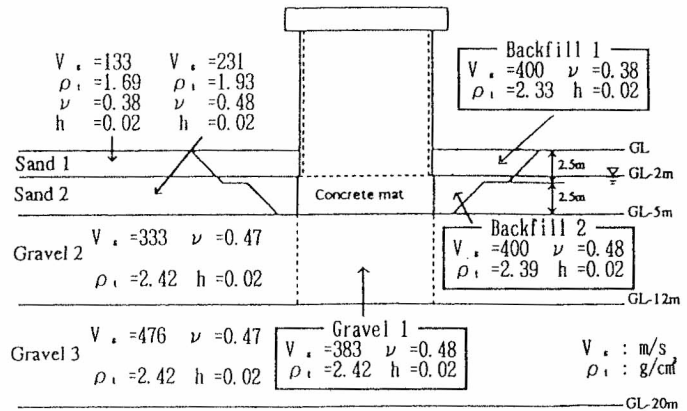


図1 共通地盤モデル²⁾ : 'UMFVT2'

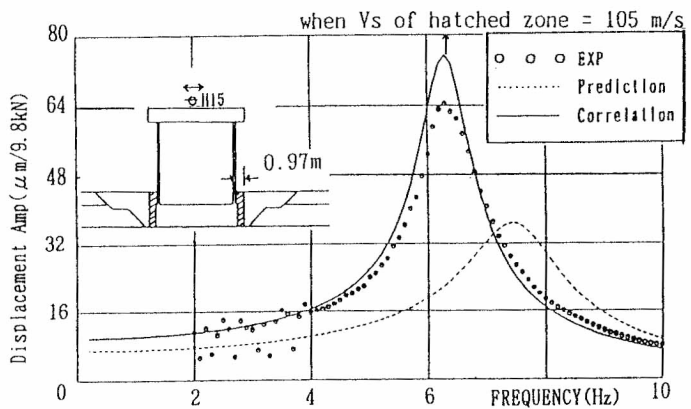


図2 建屋屋階加振実験の予測・修正解析

② 埋戻し前建屋振動試験(FVT-1)における検討²⁾に鑑み、GL.-5m以深の支持地盤については'UMFVT2'における物性を変化させることなく、側面地盤の諸物性のうち、地盤調査において、必ずしも十分には自信の持てるわけではない物性についてのみ、有り得ると考えられる範囲でその値を変化させて、予測解析と実験での f_0 の乖離を埋めうる要因かどうかの検討を行った。その結果、建屋側面直近部(幅約1m)のVsを大きく低下させたモデルにおいて、 f_0 , $U_{RF,P}$ (建屋屋階共振振幅)とも、(また屋階・基礎両水平加振ケースとも)、実験値との十分な一致が得られた(図2)。(このモデルを以下では'BCFVT2'と呼ぶ。)

4. 地震応答予測・修正解析

FVT-2 予測・修正解析の結果を受けて、地震応答解析を行った。(地表で30gal程度、屋階で70gal程度の地震。) 同地震に対する解析により、明らかになった主要点は、以下のとおり;

- ① 1次元波動解析により、当所が提案した自然地盤モデルの妥当性が示された(図3)。
- ② 当所提案の共通地盤モデルを用い、地表基準点にて観測波形を与える予測解析では、建屋屋階・基礎上測点とも、観測と解析の良好な一致が得られ、解析手法(軸対称FEM)、地盤モデルのいずれも、その妥当性が示された(図4)。
- ③ FVT-2修正解析の示す所に従い、埋戻し部剛性を低下させたモデルを作成し、解析した所、共通地盤モデルを用いた時の解よりも些か改善された結果を得た(図4)。これはFVT-2修正解析との整合性を示しているが、同時に、埋戻し部剛性の変化が地震時建屋挙動に与える影響度は、起振時のそれに比べ、相対的に低い、ということをも示した。

【参考文献】1) Tang, H. T. et. al. "The Hualien large-scale seismic test for soil-structure interaction research", 11th SMIRT(1991) K04/4, pp.69-74. 2) Kokusho, T., T. Ueshima et. al. "Soil-structure interaction research of a large-scale model structure at Hualien, Taiwan (Part 1, 2)", 第9回日本地震工学シンポジウム(1994), pp.1369-1380. 3) Tanaka, H. et. al. "Forced vibration test of Hualien large scale soil-structure interaction model (Part 4-5)", 建築学会年次講演会(1994). 4) 上島 他「地盤-構造物連成系の3次元振動応答解析プログラムの開発と検証」電中研研究報告:382009, S. 57. 7

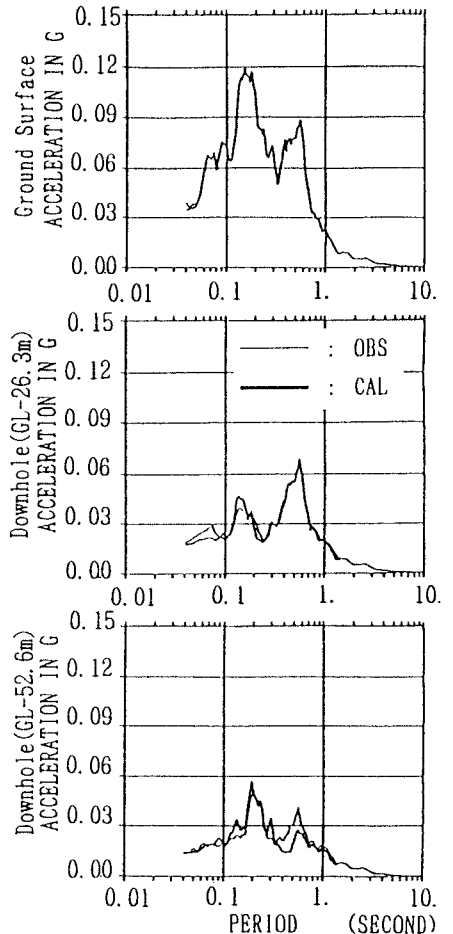


図3 地表挙動を与えた自然地盤の地震応答解析 (Eqk. 940120)

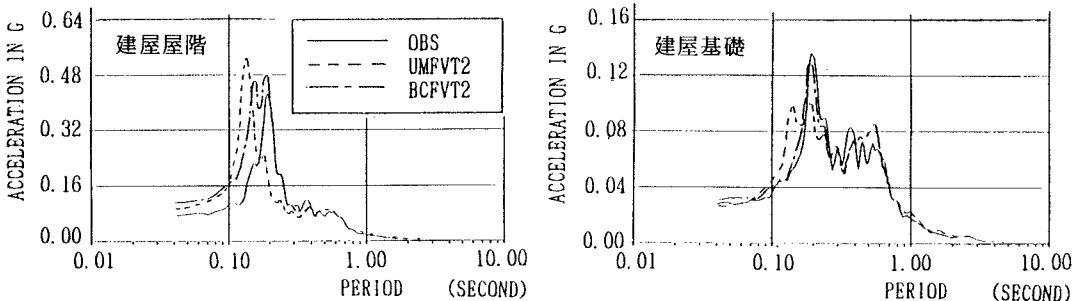


図4 建屋の地震応答予測・修正解析 (Eqk. 940120, Observed vs. Ax-FEM('UMFVT2') vs. Ax-FEM('BCFVT2'))