

(120) 埋設建屋・地盤の地震応答評価法とその実証

(財)電力中央研究所 ○岩楯敏広、上島照幸

〃 矢島 浩、当麻純一

〃 大友敬三

日本大学 花田和史

1. まえがき

原子力発電所の第四紀地盤立地を実現させるためには、原子炉建屋の基礎地盤となる砂礫層の地震時安定性が十分確保でき、支持力や沈下面から問題を生じない事、および原子炉建屋の地震時応答が設計値内に収まり、建屋の地震時安定性が十分確保できることを実証することが必要である。

このため、電力中央研究所では、埋設建屋を対象とした合理的な地震応答評価法の開発を進めるとともに、第四紀地盤に建設された実規模埋設建屋の地震観測、起振実験、および模型振動実験により埋設建屋の耐震性、地震応答評価法の妥当性を検討してきた(図1)。

本報告は、第四紀地盤に埋設された建屋の地震時応答特性、基礎の埋設効果について地震観測、実験、解析により総合的に検討し合理的な地震応答評価法を実証・提案したものである。

2. 埋設建屋の地震時応答特性、埋設効果の確認

J P D R、常陽等第四紀地盤に埋設された実構造物の地震観測、起振実験を実施し、埋設建屋の地震時応答特性、基礎への入力地震動特性について検討した。

- ①常陽の地震観測では、マグニチュード7の地震を含む良好な多数の地震データを得た。そして、これらのデータの分析により、埋設建屋は、基礎の応答が周辺地盤の応答に比べて著しく小さく、高い耐震性を有している事を確認した(図2)。
- ②基礎の埋設効果の要因について検討した結果、基礎底面への入力地震動(地中地震動)の低減によるものが支配的である事が判明とした。

3. 埋設建屋の地震応答評価法の提案

地盤と構造物を連続体とし、地盤の非線形性を等価線形として考慮した埋設建屋の地震応答評価法を以下に提案した(表1)。

- ①埋設建屋の地震時応答、埋設効果などの基本的な検討に必要な底面・側面の地盤バネ定数算定法を提案した。この方法により地盤バネ定数を算定すれば、比較的簡易な動的解析モデル(埋設S-Rモデル)によって、埋設された建屋の地震時応答が評価でき、実用性の高い手法である事を示した(図3)。さらに、入力地震動として地中地震動を用いれば側面のバネを無視したS-Rモデルによっても埋設建屋の地震時応答を概略評価し得る事が判った。
- ②建屋の埋設建屋効果を厳密に手法として、3次元地盤・構造物連成の地震応答解析プログラム(RESP等)を開発し、実規模相当の建屋の地震応答との比較等によって解析手法の妥当性および建屋の埋設効果を検証した(図4)。

さらに、埋設効果の要因を検討するため建屋と周辺地盤との接触状況をパラメータとして、埋設建屋の応答を評価した結果、埋設効果が生ずる主要因として、側面バネの効果よりも地中地震動の低減による方が大きい事が判明した(図4, 5)。

4. 模型振動実験による大地震時の埋設基礎・地盤の動特性

振動台を用いた室内模型実験を行い、密に締まった飽和砂礫地盤の地震時挙動および砂地盤に埋設された建屋基礎模型の埋設効果について検討した。

① S₀地震相当の大地震時（土のせん断ひずみ 10^{-3} レベル）を想定した場合に対して、密に締まった飽和砂礫地盤では間隙水圧の上昇は少なく、支持力の顕著な減少はないことが判明した（65）。

② 振動台実験からは、埋設基礎の側面と地盤との間には、局所的にすべり、剥離などの非線形挙動が認められたが、埋設基礎の全体の応答に関しては、等価線形解析によって、実験結果を妥当に評価できた。これにより、大地震時においても、上記3. で提案した地震応答評価法により埋設建屋の地震応答評価が可能であることが示された（図7）。

原子力発電所の第四紀地盤立地に関する研究

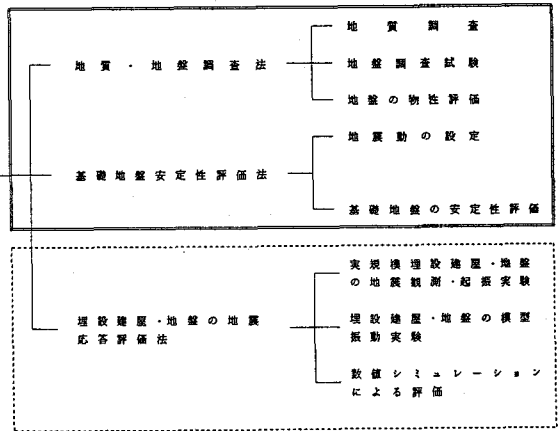


図-1 電中研における第四紀地盤立地研究の全体的構成

参考文献：岩楯敏広他、

原子力発電所の第四紀地盤立地に関する研究（その2）埋設建屋・地盤の地震応答評価法 電中研総合報告 U20 1991年2月

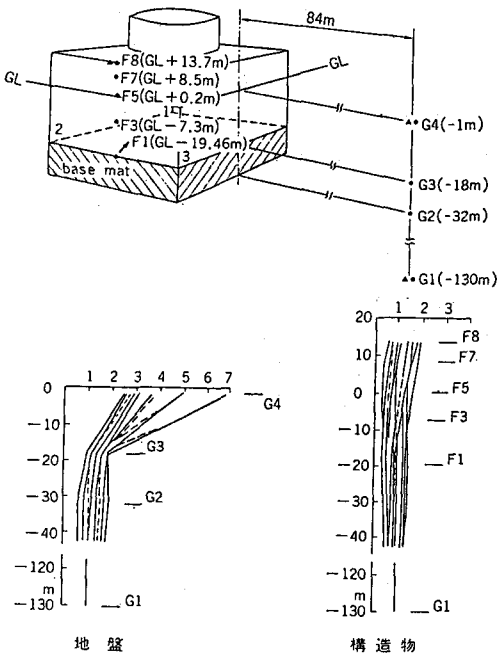


図-2 第四紀地盤中に深く埋設された構造物の最大水平加速度の分布

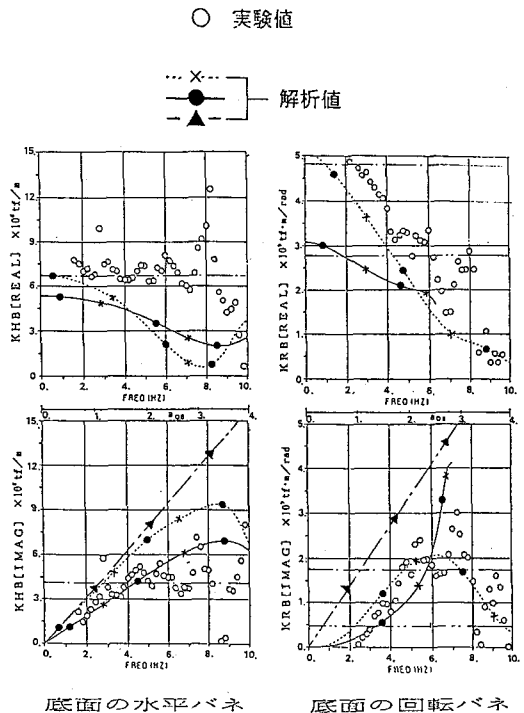


図-3 埋設建屋のバネ定数の実験値と解析値の比較

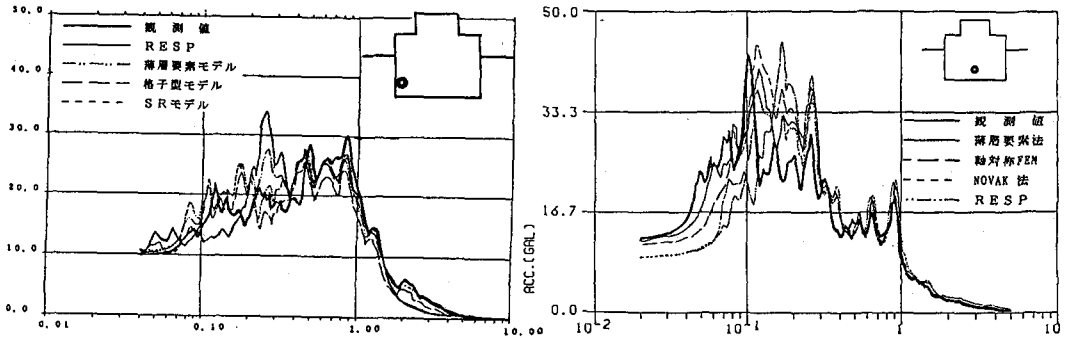
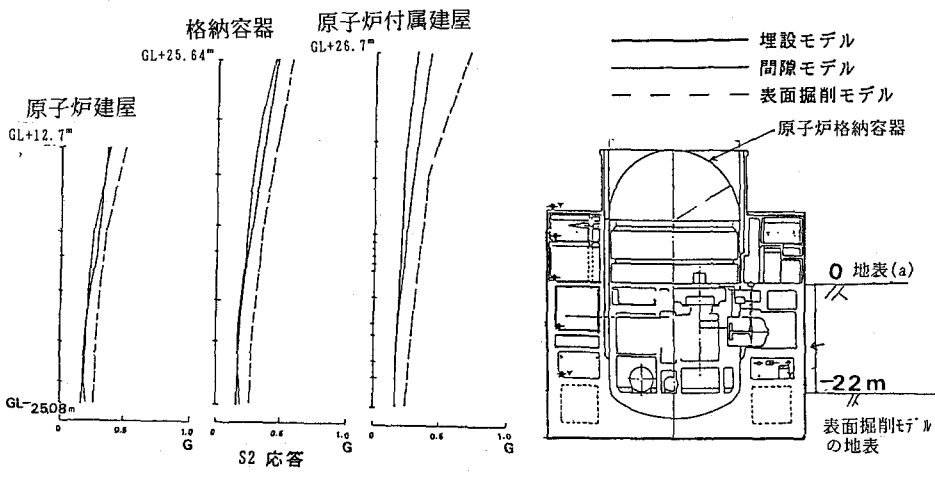


図4 第四紀地盤に深く埋設された建屋の加速度応答スペクトルの観測値と解析値の比較



各モデル建屋の最大加速度分布の比較

図5 各モデルの自然地盤の最大応答加速度分布

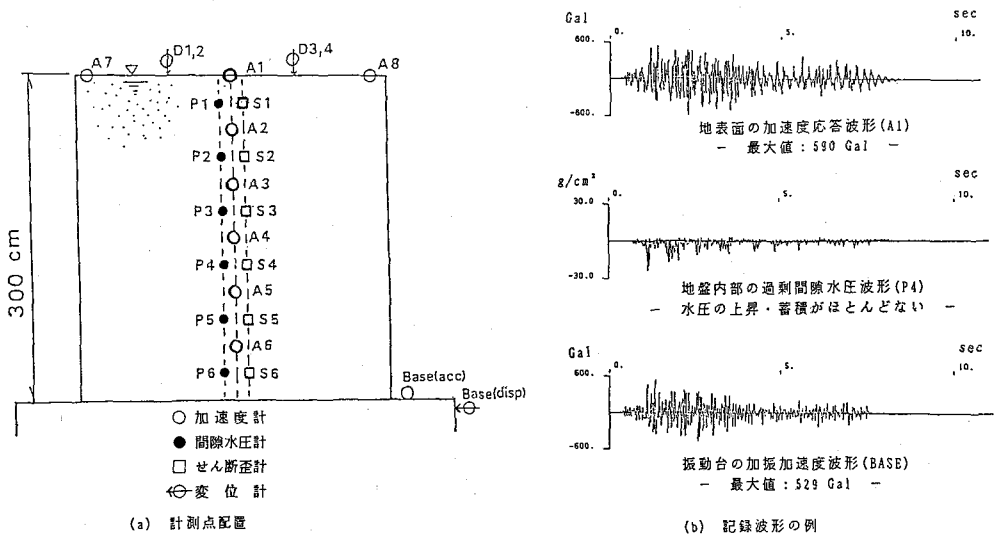


図6 大型せん断土槽内の飽和砂礫地盤の震動応答

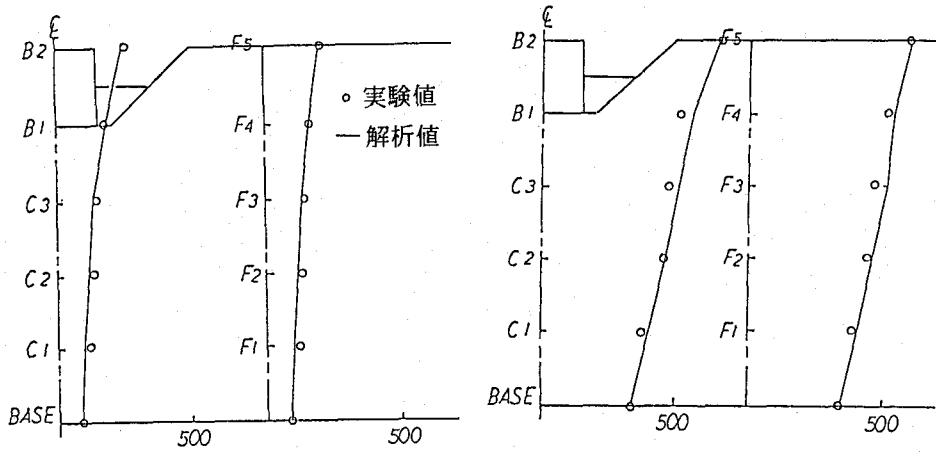


図7 埋設基礎および地盤の地震波加振による最大加速度分布(埋戻し15cm)
(実験値と解析値の比較)

表1 埋設建屋・地盤の地震応答評価法の特徴

地震応答評価法	評価法の特徴	地盤の非線形性の考慮方法	備考
1. 簡易評価法 埋設型SRモデルによる 評価法(LUMP)	<ul style="list-style-type: none"> 底面パネ(水平、回転)および両側面(圧縮面、せん断面)の側面パネ(水平、回転)を考慮して埋設効果を評価できる。 底面パネの評価は弾性波動理論に基づいた理論解を用いる。 側面パネの評価はNovakの理論解又は修正田治見式を用いる事を提案 	等価線形	<ul style="list-style-type: none"> 大地震時(土のせん断ひずみ10^{-3}程度)に対しても、等価線形が妥当である事を振動台実験によって検証した。 SRモデルによる簡易法の入力地震動として地中地震動を用いる事が妥当である事を実証した。 実規模相当の半地下式建屋の起振実験、地震観測で評価の妥当性を実証した。
2. 厳密な評価法 FEMモデルによる地盤 構造物連成系の地震応答 評価法	<ul style="list-style-type: none"> ①3次元薄層要素法(RESP) ②軸対称有限要素法(CRAS) 	等価線形	<ul style="list-style-type: none"> 等価線形による連続体解析が妥当である事および評価法の妥当性を、振動台実験および地震観測の数値シミュレーションで実証した。