

大成建設(株) 土木設計第一部 正会員 古池 章紀 正会員 立石 章

### 1. はじめに

兵庫県南部地震における地中構造物の被害により、レベル2地震動における解析手法の検討が重要な研究課題となっている。著者らは、耐震計算法においてレベル2地震時の構造物の材料非線形性と安全評価の関係を調べることを目的とし、地中構造物横断面を対象とした動的解析および静的解析（応答変位法、応答震度法）を行ったので、ここに報告する。

### 2. 解析条件

検討対象構造物は土被り4mの2連のRCボックスカルバートである。地盤は砂質シルト層、礫混じり砂層、基盤から成る成層地盤である。検討モデルを図1に示す。入力地震動は兵庫県南部地震におけるポートアイランド-83m観測記録のNS成分とする。入力地震動の加速度時刻歴を図2に示す。解析にあたっては、部材の鉄筋量は地下駐車場の指針<sup>1)</sup>に基づいてレベル1地震動対応の耐震設計を行い決定した。また、いずれの耐震計算法も初期断面状態より解析を開始している。

○非線形動的解析 地盤については一次元地盤の等価線形解析より求めた等価剛性を用いて線形とし、減衰は等価減衰より歪エネルギー比例型減衰を求めRayleigh減衰で与えた。構造物については非線形のM- $\phi$ 関係を引張側と圧縮側で非対称性を考慮できる武田モデルで表現した。滑り、剥離については考慮していない。

○非線形応答変位法 図3に示すように地盤ばねを構造物の周面に取り付け、地震荷重として応答変位、周面せん断力および加速度を作用させる。地震荷重は一次元地盤の等価線形解析結果より、構造物隔壁の上下端位置の相対変位が最大となる時刻( $t=4.59\text{sec.}$ )の同時刻値を用いた。地盤ばねのばね定数は等価剛性を用いて道路橋示方書により求めた。ただし、せん断ばねのばね定数は垂直ばねのばね定数の1/3とした。構造物のM- $\phi$ 関係は非線形動的解析と同様なモデル化とし、滑り、剥離については考慮していない。

○非線形応答震度法 図4に示すように、一次元地盤の等価線形解析結果の地盤加速度を地盤各層および構造物に作用させる。作用させる加速度は非線形応答変位法と同様に同時刻値とする。地盤の剛性および構造物のM- $\phi$ 関係は非線形動的解析と同じとし、滑り、剥離については考慮していない。

### 3. 解析結果

解析結果として構造物各部のM- $\phi$ 関係の比較を図5に、構造物の隔壁上下端の相対変位の比較を図6に示す。応答塑性率を比較すると、静的解析については応答変位法と応答震度法とではほぼ等しい結果となったが、地中構造物、レベル2地震動、構造物の材料非線形性、動的解析、応答変位法

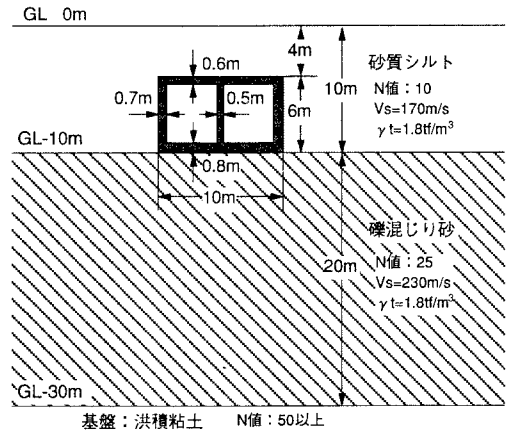


図1 地中構造物と地盤の検討モデル

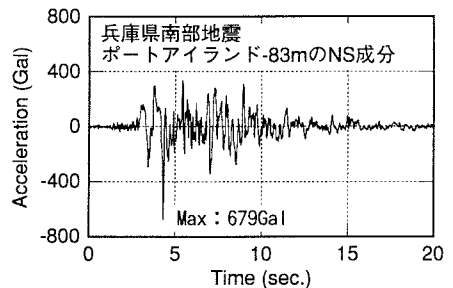


図2 入力地震動

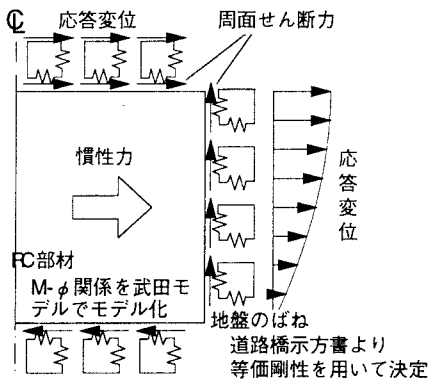


図3 応答変位法の解析モデル

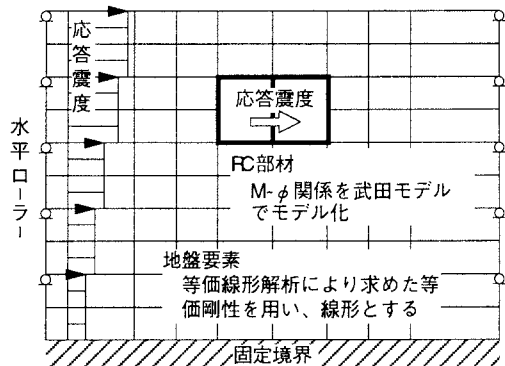


図4 応答震度法の解析モデル

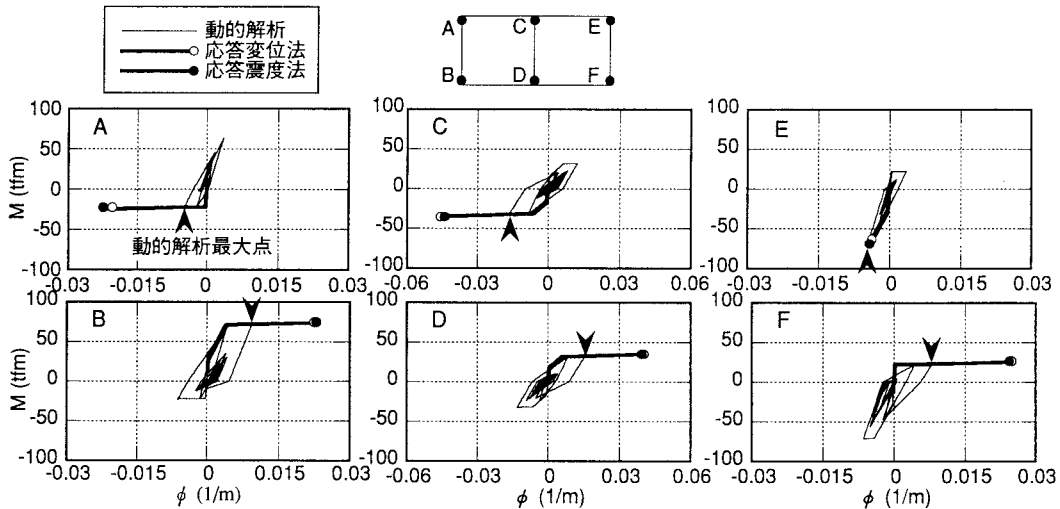


図5 解析結果 (M-φ関係) の比較

動的解析については静的解析と比較して全体的に応答塑性率が小さいという結果となった。また、隔壁上下端の相対変位についても、静的解析については応答変位法と応答震度法ではほぼ等しく、動的解析については静的解析と比較して小さい（約60%）という結果となった。応答変位法と応答震度法とで応答塑性率や相対変位に若干の差がみられるのは、応答変位法で地盤を地盤ばねでモデル化していることによるものであると考えられる。また、動的解析において、応答塑性率や相対変位が静的解析より小さいのは、動的解析ではそれまでの履歴が考慮されることが影響していると考えられる。静的解析では最大相対変位が発生する時刻の地震荷重を初期断面状態から作用させるが、動的解析ではこの地震荷重が作用し始めるのは初期断面状態とは異なる状態からであり、静的解析の場合とは異なる応力経路を経て最大点に達している。安全評価という観点からみると静的解析のほうが動的解析よりもかなり安全側に評価しているということとなる。今後は、波形特性の異なる入力地震動を用いるなどの検討を行っていく予定である。

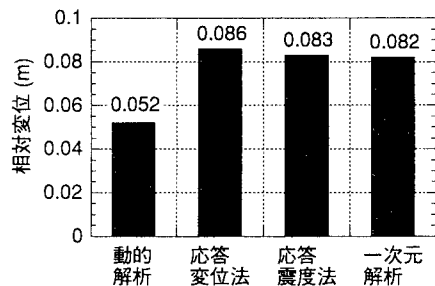


図6 相対変位の比較

参考文献 1) (社)日本道路協会：駐車場設計・施工指針同解説、平成4年11月