

地中構造物の地震時損傷確率評価における応答のばらつきに関する検討

大成建設（株） 正会員 ○坂下 克之 フェロー会員 志波 由紀夫
大成建設（株） 正会員 渡辺 和明 正会員 畑 明仁

1. はじめに

本論文では、地盤－構造物一体二次元動的 FEM 解析を用いて地中構造物の地震時損傷確率評価を行う際の応答のばらつきの評価として、詳細な手法であるモンテカルロシミュレーションと簡易な手法である 2 点推定法による評価結果を比較検討する。

2. 評価条件

図-1 に対象構造物の解析モデルを示す。入力地震動は、コンクリート標準示方書に示されるレベル 2 地震動（内陸型）の振幅を 2 倍にした波形（MAX. 1499.3Gal）の主要動 3.0 秒間を、解析モデル底面に上昇波として定義する。解析は「自重解析→鉛直震度解析（最大加速度の 1/2 を静的下向き）→動的解析」が解析 1 ケースの 1 セットとなる。応答の不確実性の要因は地盤の S 波速度 V_s とし、対数正規分布に従うものとする。本論文では、解析手法の精度等に起因する不確実性は考慮しない。評価指標は参考文献 1) に従い、曲げに対しては構造物の層間変形角（隔壁上下端の変位差より算定）、せん断に対しては部材せん断力（物性が中央値のケースでせん断照査が最も厳しくなった右側壁のせん断力）とする。曲げ・せん断とも、構造物の最大層間変形角発生時刻の応答を評価する。せん断については、参考文献 1) に従い分布荷重を受ける部材として等価せん断スパンを考慮した場合の照査位置のせん断力とする。

モンテカルロシミュレーションは、図-1 で薄い色と濃い色で層厚約 1m 毎に分けられた各層（全 15 層）で、地盤の V_s を所定の対数正規分布に従う独立な乱数により変動させた 1000 ケースの解析を実施して評価する。2 点推定法は、地盤の V_s を全層一律に $\pm \sigma_v$ ($\sigma_v: V_s$ の対数標準偏差) とした 2 ケースの解析を実施して、応答のばらつきが対数正規分布に従うものとして評価する。

3. 評価結果

図-2(a) に応答結果の層間変形角と右側壁照査位置のせん断力の散布図を示す。モンテカルロシミュレーションでは、照査位置せん断力は、層間変形角とほとんど相関のない状態で大きくばらついている。2 点推定法では 2 つの標本で、照査位置のせん断力がほとんど同じ値となった。地盤の V_s を全層一律に $\pm \sigma_v$ 以外としたパラメータスタディ解析でも、照査位置のせん断力は大きく変動しないことが別途確認されている。また参

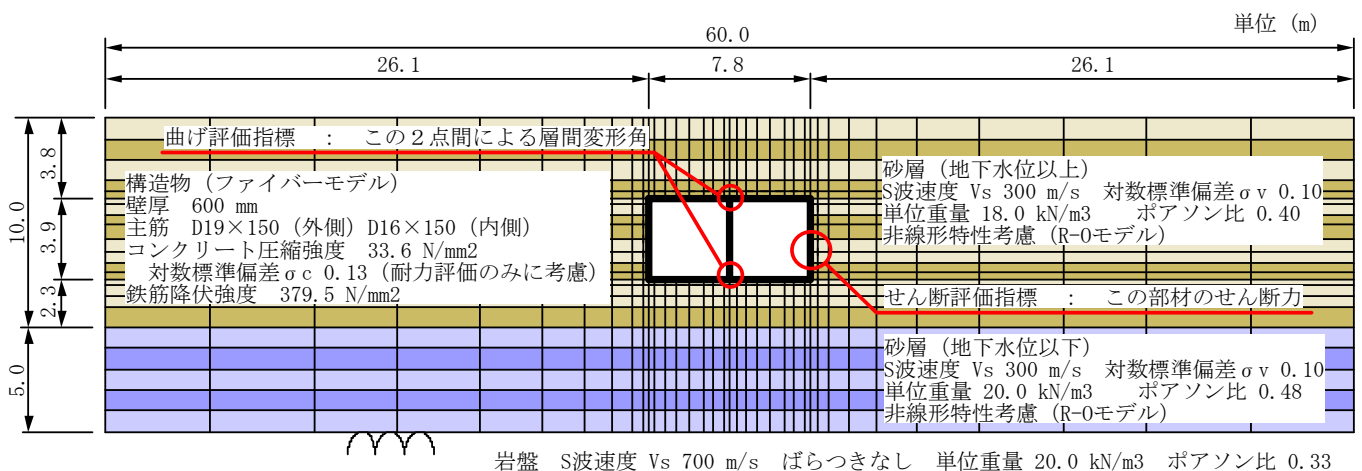


図-1 解析モデル

キーワード 地中構造物, 地震時損傷確率評価, モンテカルロシミュレーション, 2 点推定法

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL 045-814-7230

考として、地盤に接していない隔壁下端のせん断力の散布図を図-2(b)に示す。こちらはモンテカルロシミュレーションでもばらつきは非常に小さくなっている。以上より、地盤が細かい層毎に硬軟がばらつく場合、地盤に接した部材では地盤との局所的なインターアクションにより、層間変形角とはほとんど相関なく断面力がばらつくと考えられる。

図-3に確率密度分布を示す。本論文における検討の主眼は応答の確率密度分布であるが、参考として耐力の確率密度分布および損傷確率の値も示している。耐力の確率密度分布がモンテカルロシミュレーションと2点推定法で若干異なるのは、耐力式の中に構造物の変形や断面力といった応答がパラメータとして含まれるためである。応答の確率密度分布について見ると、曲げに対する評価では、2点推定法がモンテカルロシミュレーションよりもわずかにばらつきが大きくなる程度で、概ね近い分布となっている。せん断に対する評価では、図-2(a)で述べた散布状況を反映して、モンテカルロシミュレーションではばらつきが大きく、2点推定法ではばらつきのほとんどない分布となっている。

以上より、地盤物性が細かい層でばらつく場合、せん断に対する評価に対しては、2点推定法は留意が必要である。

参考文献

1) 土木学会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル 2005。

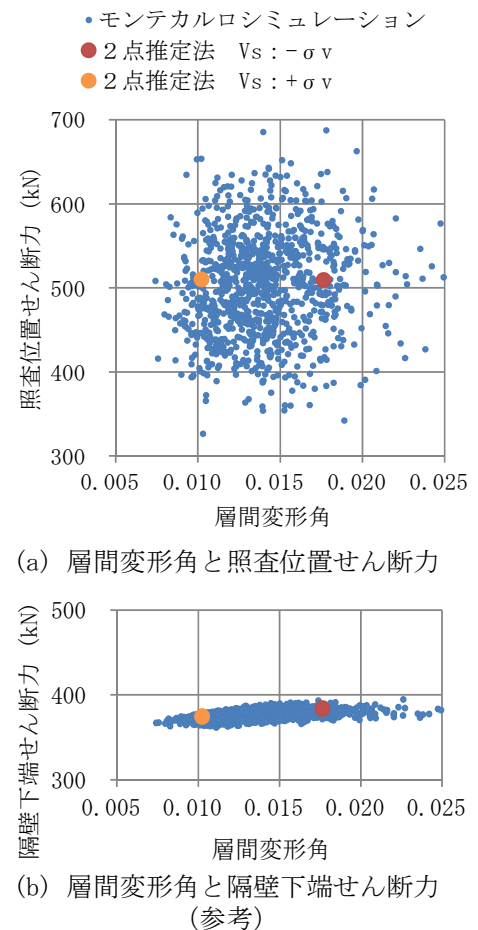
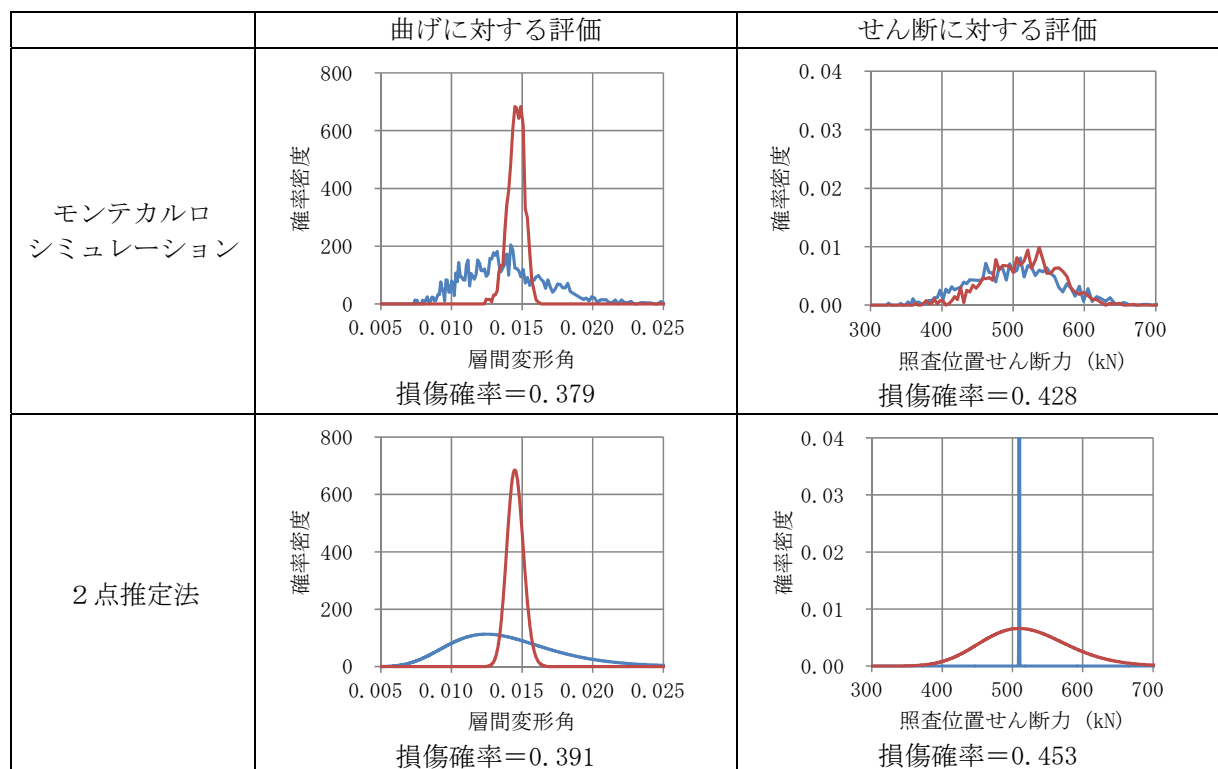


図-2 評価結果 応答の散布図



— 応答 — 耐力

図-3 評価結果 確率密度分布