

東北地方太平洋沖地震での地下構造物の地震時の耐荷力に関する検討

早稲田大学 学生会員 ○矢部 祐樹
 早稲田大学 フェロー 清宮 理
 日本工営(株) 正会員 山村賢輔

1. 目的 社会基盤施設である重要な地下構造物の耐震性について十分考慮する必要がある。過去に建設された共同溝、地下街、地下駐車場、地下駅舎など比較的浅い位置にある地下構造物に対する耐震性の検討は不十分で、多くの既設 RC 地下構造物はレベル 2 地震動に対して所定の耐震性能を満たすことが難しいと指摘されている。また設計地震動の設定と関連して現在の地下構造物がどこまでの耐荷性を保持しているのか評価することが、原子力施設内での重要な地下構造物では現在特に求められている。本研究では既設地下構造物を対象に、汎用プログラム TDAPⅢを用いた FEM 動的解析を実施した。東北地方太平洋沖地震において福島県で観測された地震動を基準に入力地震動の加速度振幅の倍率を増加させ、地下構造物が曲げ破壊及びせん断破壊する終局に至るまでの耐荷力を評価した。

2. 解析モデル 今回検討の対象とした地下構造物は、幅 8.45m、高さ 6m の鉄筋コンクリート製である。コンクリート部材の配筋の状況を図-1、2 に示す。側壁の地盤側には D19、D22 が、内空側には D22、D25 が交互に 7.5cm 間隔で配筋されている。上下床壁の地盤側には D25 が 7.5cm 間隔で、内空側には D25 が 15cm 間隔で配筋されている。せん断補強筋は配置されていない。図-4 に示すように表層地盤は層厚が 7.5m の砂地盤で N 値 8、内部摩擦角 30° とゆるい状況である。地下構造物の下層は砂質泥岩で N 値 50 以上、内部摩擦角 45° である。地下構造物は二次元はり要素で地盤は二次元平面ひずみ要素でモデル化した。はり要素は非線形性を武田モデルのトリリニアモデルで再現している。地盤の非線形性は、Ramberg-Osgood モデルによって表現した。基準となる入力地震動には、東北地方太平洋沖地震で、福島県双葉郡及び茨城県高萩市 (k-net) で観測された地震動を用いる。最大加速度はそれぞれ 456Gal、588Gal である。前者の地震記録は深さ 19.2m で取得され、東京電力 (株) より日本地震工学会頒布のデータを使用した。加速度波形の状況を図-5 に示す。

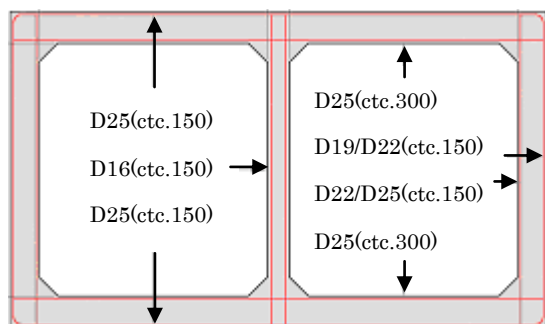


図-1 配筋図

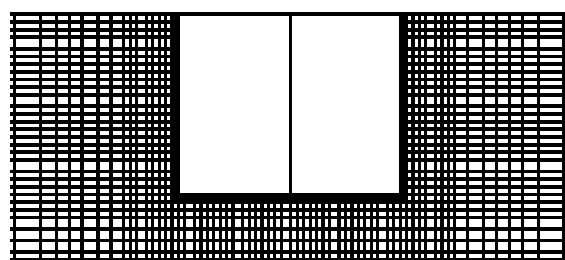


図-3 有限要素メッシュ

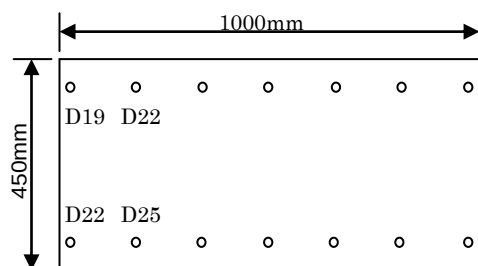


図-2 側壁断面

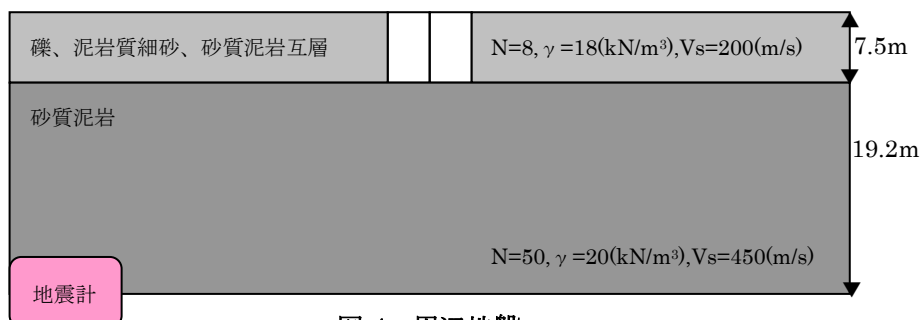


図-4 周辺地盤

キーワード 地下構造物, 地震応答計算, 耐荷力

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学研究科清宮研究室 TEL 03-5286-3852

この地下構造物は設計震度(kh)0.24で耐震設計されている。側壁の最大設計曲げモーメントは302.9kN・m、最大せん断耐力は185.8kNである。

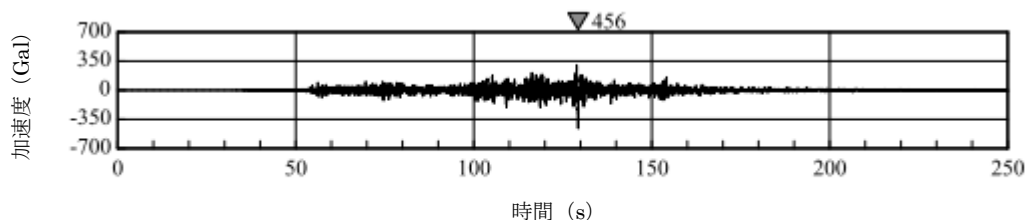


図-5 入力加速度記録（東北地方沖太平洋地震、福島）

3. 解析結果 部材での発生せん断力分布と発生曲げモーメント分布をそれぞれ図-6、7に示す。断面力分布から側壁下端に最大断面量が計算された。今回の2種類の地震動では、せん断破壊と曲げ破壊は計算されなかった。次に入力地震動の加速度振幅の倍率を増加させて照査を行ったところ図-8に示した箇所において高萩で計測された地震波では1.2倍でせん断破壊、1.6倍で曲げ破壊が確認できた。福島における破壊時のせん断力時刻歴応答を図-9に示す。また、入力地震動の倍率と断面力の関係を図-10、11に示す。福島で計測された地震波では1.8倍でせん断破壊、2.2倍で曲げ破壊が確認できた。

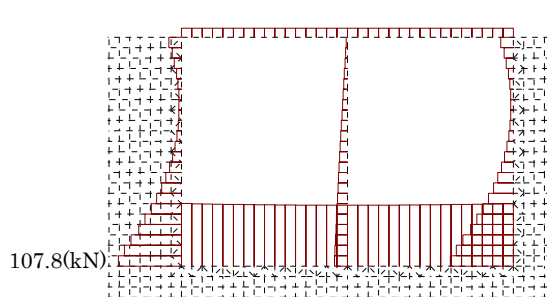


図-6 せん断力分布図

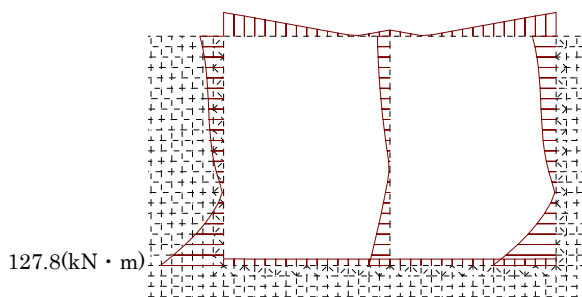


図-7 曲げモーメント分布図

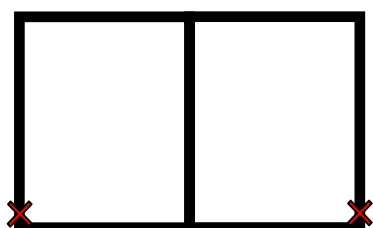


図-8 破壊箇所(X)

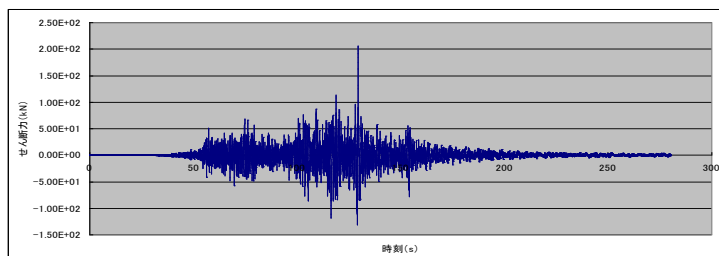


図-9 1.8倍（福島）でのせん断力の時刻歴

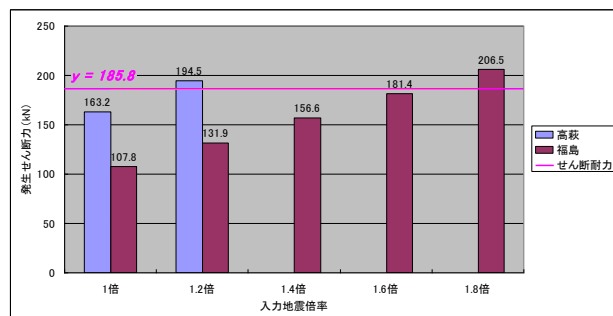


図-10 地震倍率と最大せん断力

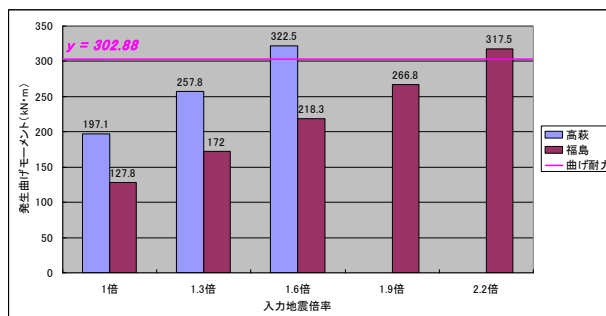


図-11 地震倍率と最大曲げモーメント

4. 結論 今回計算対象とした地下構造物では、選定したレベル2地震波形で側壁にせん断破壊と曲げ破壊は計算されなかった。終局に至る耐荷力性能として、入力地震動の倍率を増加させ照査させたところ、側壁部下端に破壊が生じ、せん断破壊先行型の構造物であることが確認できた。せん断破壊に対して耐荷力として余り余裕はなくまた曲げ破壊先行型にするためには、せん断補強が必要となった。