地中構造物の耐震性能評価における鉛直地震動の影響について

（株）ニュージェック　正会員　○松本敏克　坂田　勉　池澤市郎
（財）電力中央研究所　正会員　　大友敬三
（独）防災科学技術研究所　地震防災フロンティア研究センター
正会員　　酒井久和

１．はじめに　地中構造物に対する鉛直地震動の影響については，これまでの研究により，部材断面力等に影響があることが明らかにされてきた[(1)]．筆者らは，阪神･淡路大震災で被災した鉄筋コンクリート製地中構造物の被害事例の解析的分析と検証[(2)]を通じて，構造物の耐震性能評価の観点から鉛直地震動の影響について考察を行った．とくに，観測記録に基づく地震動を入力として，鉛直地震動の有無による変形，断面力，損傷形態等の相違を検討することで鉛直地震動の影響を評価した．

２．解析概要　今回の検討では，極めて大きな損傷を受けた神戸高速鉄道大開駅を対象として，地盤－構造物連成系の非線形地震応答解析を実施した．解析モデルは，地盤を平面ひずみ要素，構造物をはり要素で表現し，底面粘性境界，側方粘性境界を用いた（図-1 参照）．GL-39.4m 以深にせん断波速度 V_s =500m/sec 程度の大阪層群が存在すると仮定し，この層の上面を工学的基盤と考えモデル底面とした．表層の土質材料の非線形性はＲ－Ｏモデルにより表現し，RC 部材の非線形性は武田モデルを用いることとした．また，入力地震動は，大阪層群上面における地震波に相当すると考えられるポートアイランドの地中観測波(GL.-83.0m)に基づいて，水平地震動については地盤非線形性の影響を考慮して時間領域で分離した波[(3)]，鉛直地震動はその影響が小さいとして観測波をそのまま用いた（図-2 参照）．

３．解析結果と考察　構造物の水平層間変形角の時刻歴を図-3 に示す．鉛直地震動の有無に依らず変形角に差がほとんど見受けられないことから，地盤のせん断変形に伴う構造物の変形は，水平地震動の影響が支配的であり鉛直地震動の影響が小さいことが確認されたとも考えられる．各部材の最大断面力の変動を図-4 に示す．水平・鉛直動同時入力の場合の最大断面力を水平動のみ入力の場合のそれで除して無次元化している．せん断力は頂版部分で変動量が若干大きく，軸力については中柱の変動量が多少大きくなっている．これは，鉛直地震動の影響により土被り部分に作用する鉛直慣性力が変動したことがその原因と考えられる．図-5 および 6 に中柱部材下端部の断面力履歴を示す．図-5 は曲げモーメントと軸力の相関図であり，降伏および終局の破壊基準を併記している．鉛直地震動の有無に依らず，中柱は終局に至っており曲げ破壊に至ったと判定される．図-6 はせん断力と軸力の相関図であり，せん断の破壊基準も併記している．２つの破壊基準は，一般に用いられるコンクリート標準示方書の耐力式，および，比較的高軸力下（設計基準強度の 40%程度）での適用性が確認されている建築分野の修正荒川式である．鉛直地震動の有無に依らず，中柱はせん断破壊に至ったと判定される．せん断力の変動範囲は鉛直地震動の有無に依らずほとんど影響を受けていないが，軸力の増減に応じてせん断耐力も多少増減するので，軸力の変動量如何では破壊判定が微妙に異なる可能性があることを示している．ただ，今回の検討では，鉄筋降伏箇所やせん断耐力の不足箇所については，図-7～8 に示すように，鉛直地震動の有無による変化は見られなかった．

４．おわりに　阪神淡路大震災で被災した地中構造物の被害分析により，構造物の層間変形については鉛直地震動の影響が小さく，断面力については土被り等の上載荷重の影響が支配的な部材が鉛直地震動の影響を受けやすい傾向にあることが明らかになった．今後は，検討事例の蓄積を通じて，これらの事象を詳細に分析することが望ましいと考えられる．

キーワード：ＲＣ地中構造物，鉛直地震動，高軸力部材，損傷形態，非線形地震応答解析
連　絡　先：〒542-0082　大阪市中央区島之内 1 丁目 20-19　　Tel:06-6245-4901　　Fax:06-6251-2565

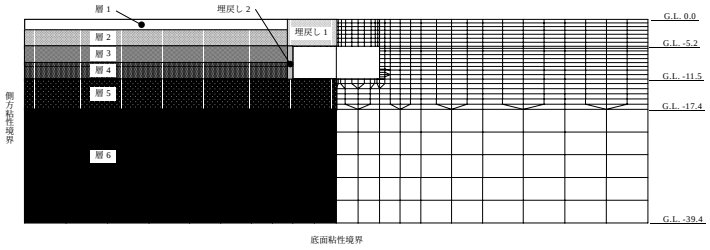

図-1　地盤－構造物連成系の解析モデル

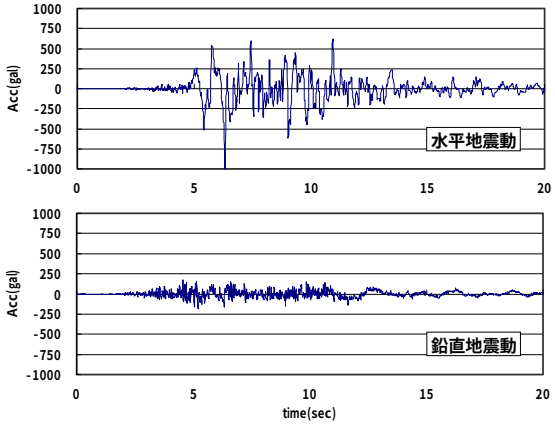

図-2　ポートアイランドの基盤面地震動

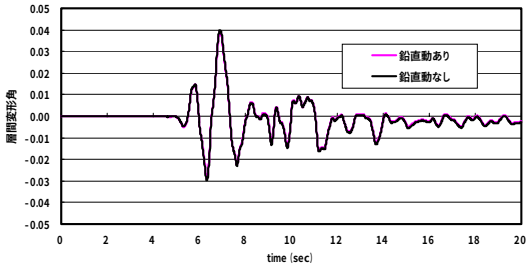

図-3　構造物の層間変形角の時刻歴

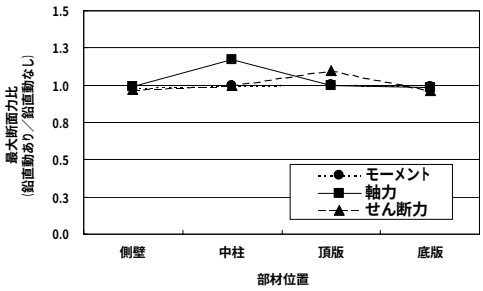

図-4　最大断面力の変動量

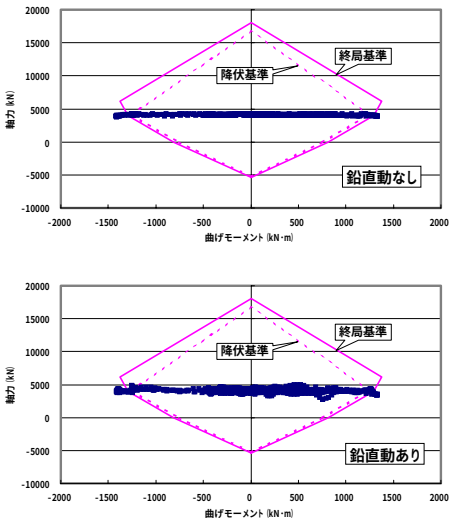

図-5　曲げモーメントと軸力の相関

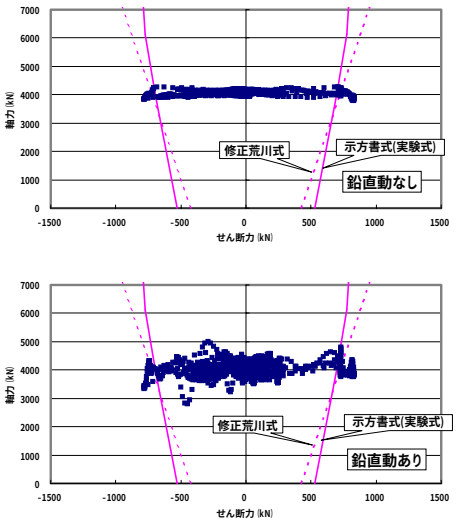

図-6　せん断力と軸力の相関

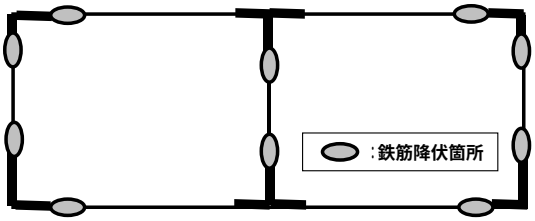

図-7　鉄筋降伏箇所

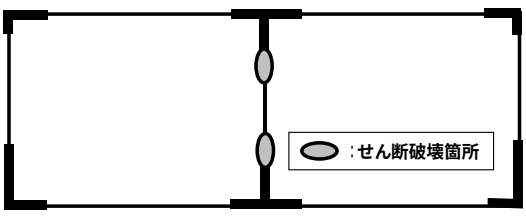

図-8　せん断耐力不足箇所

〔参考文献〕(1)伊東守, 大塚久哲, 豊永臣悟：地下構造物の断面力に与える鉛直地震動の影響について, 構造工学論文集 Vol.46A, pp.1757-1763, (2000.3), (2)コンクリート技術シリーズ49, 阪神淡路大震災の被害分析に基づくコンクリート構造物の耐震性能照査方法の検証, pp.277-299, (2002.12), (3) 酒井久和, 澤田純男, 土岐憲三：ポートアイランドにおける時間領域での基盤入力地震動の推定, 土木学会論文集, No.612, pp.373-378, (1999.1)