重畳現象に対する地中カルバートの下負荷面モデルを用いた三次元動的解析

(株)大林組	正会員〇堤内	隆広	正会員	鳥巣	セダ	正会員	伊藤	浩二
			東	北電力	(株)	正会員	山口	和英

1. はじめに

岩盤上に設置し、周囲を埋め戻した鉄筋コンクリ ート製ボックスカルバート(以下、地中カルバート) を対象に、表層地盤と構造物の両方に材料非線形特 性を導入した解析モデルにおいて、断層変位と地震 の重畳現象に対する検討を行った.本報文では、下 負荷面モデルの要素シミュレーションを実施し、大 規模三次元解析(図-1)により断層変位を発生させ た後に、地中カルバートの周辺地盤で大きな歪が発



生している状態で地震が発生した場合に、地中カルバートへの影響について考察した結果を報告する.

2. 下負荷面モデルの要素シミュレーション

地中カルバートの周辺地盤を砂質土とし、カルバートの断層遠心実験¹⁾に適用した地盤材料を対象とした圧 密排水三軸試験(7号珪砂・Dr=90%・拘束圧100kN/m²)結果を参考に、下負荷面モデルの要素シミュレー ションを実施した.解析ソフトは、FINAL-Geo とした.要素シミュレーションの三軸圧縮試験は、1個のソ リッド要素に初期応力100kN/m²を与えた後、鉛直変位を変位制御で歪0.15まで載荷した.繰返し三軸試験 は、初期応力100kN/m²を与えた後、鉛直変位を変位制御で歪10⁻⁶~10⁻²まで繰り返し載荷した.室内試験と 要素シミュレーションの結果比較を図-2に示す.両方のグラフが概ね一致する下負荷面モデルのパラメータ を求めることができたと考える.要素シミュレーションで決定したパラメータ値を表-1に示す



キーワード 地中ボックスカルバート,三次元非線形有限要素法,重畳現象,弾塑性構成則 連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 TEL 03-5769-1307 FAX 03-5769-1972

3. 大規模三次元モデルによる解析

地中カルバートに対して走行 45 度で逆断層変位 50mm を静的に載荷した後,時刻歴地震波による動的解析を 実施した.地震波は,2016 年熊本地震波(図-3)を使用し,水平・鉛直方向の同時入力とし,水平方向は, 構造物の横断断面方向(弱軸方向)に入力した.図-4 より断層変位の影響により構造物の左側上方に地盤の せん断ひずみが発生し,滑り線が発生していることが分かる.地震により構造物の右側上方にも地盤のせん断 ひずみが集中し,更に構造物周囲にも一定のせん断ひずみが発生していることが分かる.また地中カルバート においては,頂版のひび割れに閉じる部分が発生する一方で,中壁の上下端部にはひび割れが新たに発生して いる.これは断層変位の影響による「構造物全体の曲げモード」と地震の影響による「壁の面外方向の曲げモ ード」との重ね合わせが起こり,壁の面外方向の曲げモードが卓越する現象が発生しているためと考えられる.

4. 層間変位と作用土圧の関係

層間変位は、図-5 に示すように断層変位の影響により変形した後、地震の影響により更に変位が進行し、 地震後に残留変位が生じている.地震の影響で壁の損傷が進行し、断層変位の影響による変位と同じ方向に変 位が増大する、つまり重ね合わせが起こっていることが分かる.構造物に作用している水平土圧は、断層変位

の影響により片側の左壁土圧が増加し、反対側の右壁土圧が 減少する.一方でその後の地震時では両壁の土圧が減少する. これは地震の影響により構造物周辺の地盤ひずみが増加し、 地盤の剛性が低下したためと考えられる.以上のことから、 層間変位と作用土圧の関係を整理することで、構造物と地盤 の相互作用のメカニズムの解明および図-3の構造物の損傷状 況の把握ができたと考える.







図-4 解析結果(地盤のせん断ひずみと構造物のひび割れ変形)

5. おわりに

重畳現象に対して,断層変位解析から地震応答解 析の連続解析を実施することで,各現象の相互影響 を詳細に把握し,重畳現象の複合的な作用を把握す ることができた.今後,地盤と構造物の相互作用が 問題となる場合に,弾塑性構成則の下負荷面モデル を用いることで,今回のような連続解析ができれば, その中での複雑な相互作用を直接的にシミュレー ションし,地盤内の様々な現象を解析的に求めるこ とができると考える.

参考文献:1) 樋口俊一,加藤一紀,佐藤伸,伊藤悟郎,佐藤唯:逆断層変位を受ける箱型地中構造物に作用する土圧特性に関する研究,土木学会論文集 A1, Vol. 73, No. 4.



図-5 構造物の層間変位と作用土圧の関係