

断層変位を受けた地中カルバートに対する地震時応答

(一財) 電力中央研究所 正会員○山口 和英

東北電力(株) 肥田 幸賢

(株) 大林組 正会員 堤内 隆広 正会員 永井 秀樹

1. はじめに

本論文は、岩盤上に設置された鉄筋コンクリート製のボックスカルバート（以下、地中カルバート）を対象に、断層変位と地震との重畳に対する構造物の応答加速度（以下、床応答）への影響について報告するものである。一般的に断層変位と地震との重畳は、地震波が到達した後に、断層変位が起こると考えられるが、断層変位と地震との重畳による床応答の評価では、構造物に断層変位が作用した状態で、さらに余震等による地震動が作用するという想定での検討とした。これは、断層変位により構造物に生じる損傷、および構造物周辺地盤の支持性能が変化した状態に対して床応答への影響を評価することを目的とするためである。

2. 検討条件

対象構造物の構造配筋図およびコンクリートおよび鉄筋の仕様を図-1に示す。解析は図-2に示すように、ステップ1で地盤および構造物の材料非線形モデルに対して所定の断層変位を静的に与え、その状態を引き継いだ状態で、ステップ2で地震荷重を時刻歴加速度の形で入力して動的解析を行った。本検討では解析の安定性を考慮し、動的解析については線形モデルで行うこととした。

断層変位が重畳することによる床応答への影響として、構造物の損傷による剛性の低下および構造物が岩盤に支持される条件の変化が考えられるため、これらの影響を反映するため、ステップ2では、構造物の剛性低下を考慮した線形モデルとし、構造物と岩盤・地盤間の接触要素は、そのまま非線形性（接触、剥離）を適用した。周辺地盤は、一次元応答解析を事前に実施し、その収束剛性を用いて線形としてモデル化した。解析モデルの岩盤底面から入力した加速度時刻歴（水平 $A_{max}=234\text{Gal}$ 、鉛直 $A_{max}=195\text{Gal}$ ）を図-3に示す。

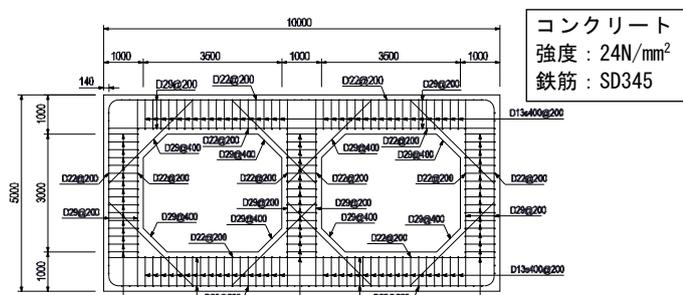


図-1 対象構造物の構造配筋図

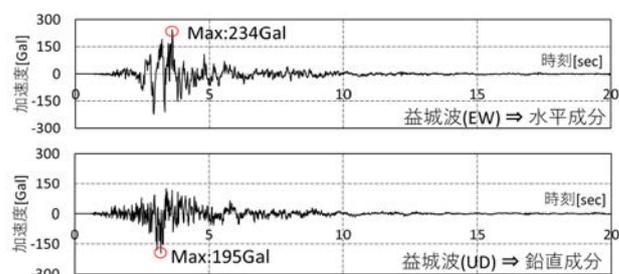
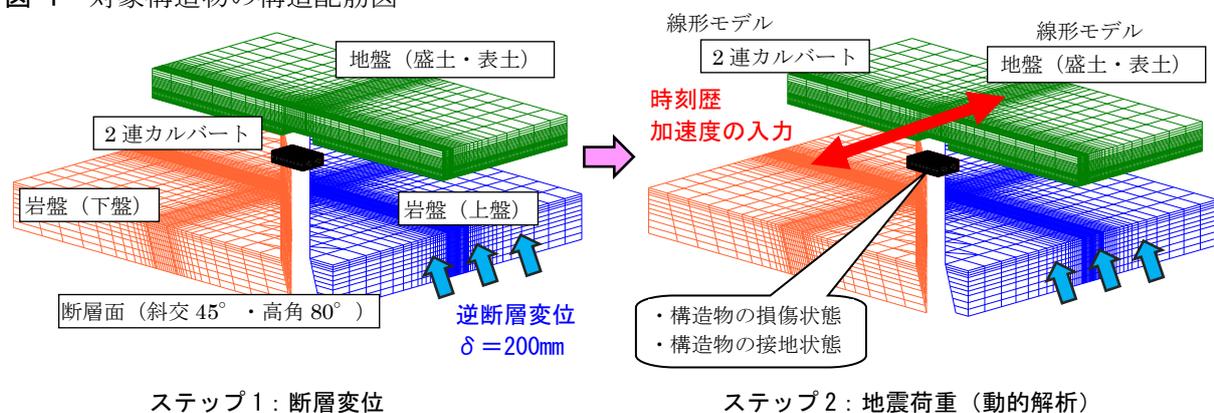


図-3 入力地震波（2016年熊本地震・益城観測波）



ステップ1：断層変位

ステップ2：地震荷重（動的解析）

図-2 重畳による床応答への影響の検討方針

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 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 070-6485-4839

3. 断層変位解析

検討における断層変位量は、土被り厚 8m の断層変位解析の結果より、構造物に損傷が進展し剛性低下していると見なせるだけの断層変位量を設定した。断層変位 200mm 時の構造物の損傷状況を図-4 に示す。断層変位 200mm において頂版の配力筋が全面で降伏し、また底版の一部でコンクリートがピークひずみに到達していることから、構造物が断層変位の影響を受け、剛性低下した条件として適用した。

4. 地震応答解析

水平方向の床応答（1%減衰加速度応答スペクトル）の結果（-X側・+X側）を図-5 に示す。断層変位の影響により、短周期側で応答が低減し、長周期側で応答が増加する傾向がある。長周期側の応答の増加は最大30%程度であり、応答が過度に増加することはなかった。断層変位の影響により、-X側が岩盤より浮き上って接地していないが、その応答は+X側の側壁と殆ど違いはなかった。鉛直方向の床応答の結果（-X側・+X側）を図-6 に示す。断層変位の影響により短周期側での応答が低減する点は水平成分と同じ傾向であるが、長周期側の応答の増加は水平成分に比較して僅かであり、応答が過度に増加することはなかった。断層変位の影響により、接地していない側（+X側）で短周期側の応答が大きく低減する傾向がある。

構造物周辺の岩盤および地盤の加速度応答スペクトルを(c)に示しているが、断層変位の影響がない場合には、岩盤の応答スペクトルに近似し、断層変位の影響で構造物の損傷が大きくなり、構造物周辺地盤の支持性能が変化した場合には、表層地盤の応答スペクトルに近くなる事が分かる。

5. おわりに

断層変位により損傷を受けた構造物の床応答への影響についてその特性を把握することができたと考える。今後、更に異なる条件に対する床応答の影響についても検証していきたいと考える。

謝辞：本研究は、電力9社と日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による原子力リスク研究センター共通研究として実施した。関係各位に謝意を表す。

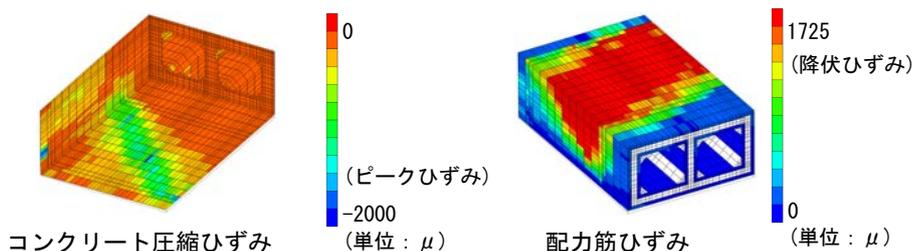


図-4 断層変位による損傷状況

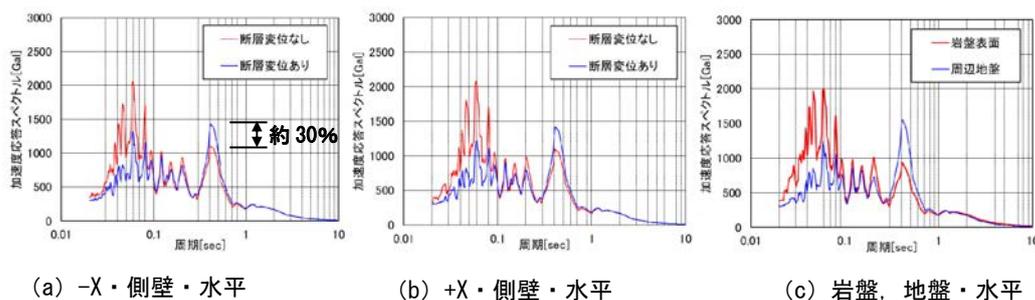
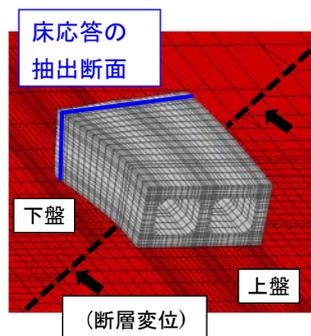


図-5 床応答（1%減衰加速度応答スペクトル）水平方向の結果

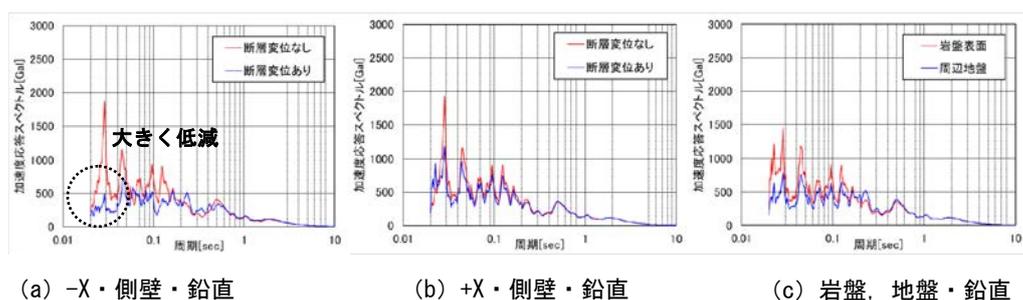
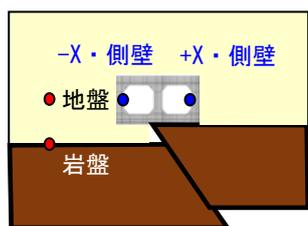


図-6 床応答（1%減衰加速度応答スペクトル）鉛直方向の結果