

大林組 正会員 松田 隆
岡野 素之
後藤 洋三

1. まえがき

兵庫県南部地震では、一部の鉄道用ボックスカルバートの中柱がこれまで経験されたことのない被害を被った。本文は、このような地下構造物に生じた損傷のメカニズムを把握することを目的に行った地震応答解析の結果を報告するものである。

2. 解析方法

解析モデルは、図-1に示すような2層の鉄筋コンクリートのボックスカルバートである。中柱はB1F部が鉄筋コンクリート製で、B2F部が鋼管である。地盤は、表層の5mの埋戻しに相当する部分を砂層に、それ以深(GL-36mまで)を砂礫に仮定した。また、地下水位はGL-4mに仮定した。

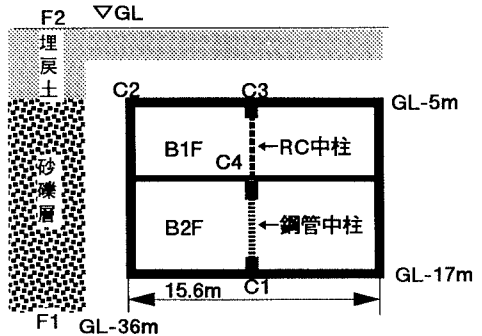


図-1 解析モデル

地盤の非線形性は、水平入力時に等価線形化法で考慮し、上下動入力時には水平入力時の収束剛性と減衰を用いた。境界は側面を伝達境界で、底面を粘性境界で与えている。入力波は、入力波は神戸海洋気象台で観測された加速度波形の振幅を2/3にしたものを、入射波(2E)として用いた。解析は、水平動と上下動を個別に入力し、最終的にはそれぞれの結果を時刻歴で加え合わせた。

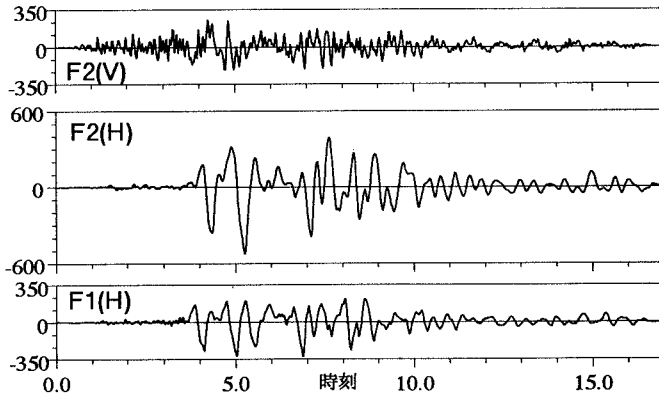


図-2 地盤の加速度応答

3. 解析結果

図-2に応答加速度波形を、図-3に自由地盤の最大加速

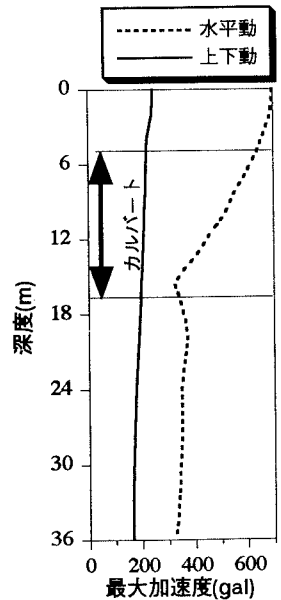


図-3 地盤の最大加速度

度の分布をそれぞれ示す。水平動入力時においては、F1(GL-36m)の321galに対して地表面付近では695galと約2倍となる。ボックスカルバートが存在している区間においては、水平動入力時には下部と上部では約1.7倍に増幅しているのに対して、上下動入力時には約1.1倍にしか増幅していない。図-4にボックスカルバートの下部底板(C1)に対する上床板(C2およびC3)の相対変位波形(水平および上下)を示す。最大相対変位量は5.9cmであり、この区間の平均的なせん断ひずみは 5×10^{-3} とかなり大きなせん断ひずみが発生したことがわかる。中柱と側壁に生じるせん断応力度と軸圧縮応力度の最大値と、1991年度版土木学会コンクリート標準示方書に基づき算定した強度との比を図-5に示す。この比が大きくなることは危険側に

なることを意味している。この図から、水平動によって中柱にはかなり大きなせん断応力度が作用し、B1F部分のせん断応力比は軸圧縮応力による割り増しを考慮しても1.2前後となる。すなわち、ボックスカルバートは水平動によるせん断で損傷を受けたことが推定できる。これに対して、側壁のせん断応力度は床版との接合部で大きくなるものの絶対値は小さく、大きな損傷にはつながらないことが分かる。また、軸圧縮応力に関しては、破壊強度に対して十分な余裕が有ることが示されている。

4. まとめ

今回の地震によるボックスカルバートの中柱の被害には、上下動による軸圧縮応力より水平動によるせん断応力が大きく影響したことが示された。ただし、ここでの解析では地盤条件や入力条件など仮定の領域を出ないものがあることをお断りしておく。この点については、今後の現地での調査結果などを用い、検討していく予定である。

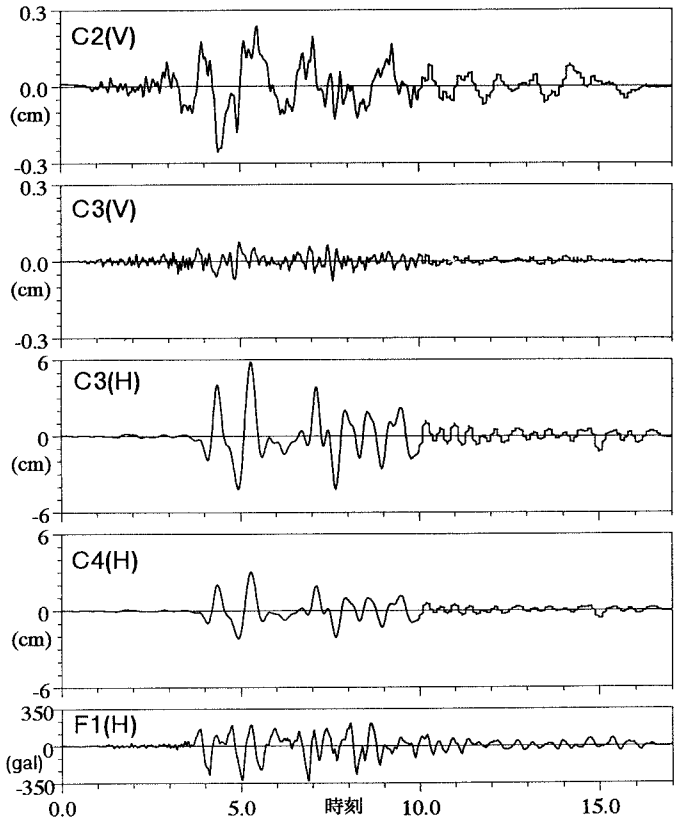


図-4 ボックスカルバートの応答変位

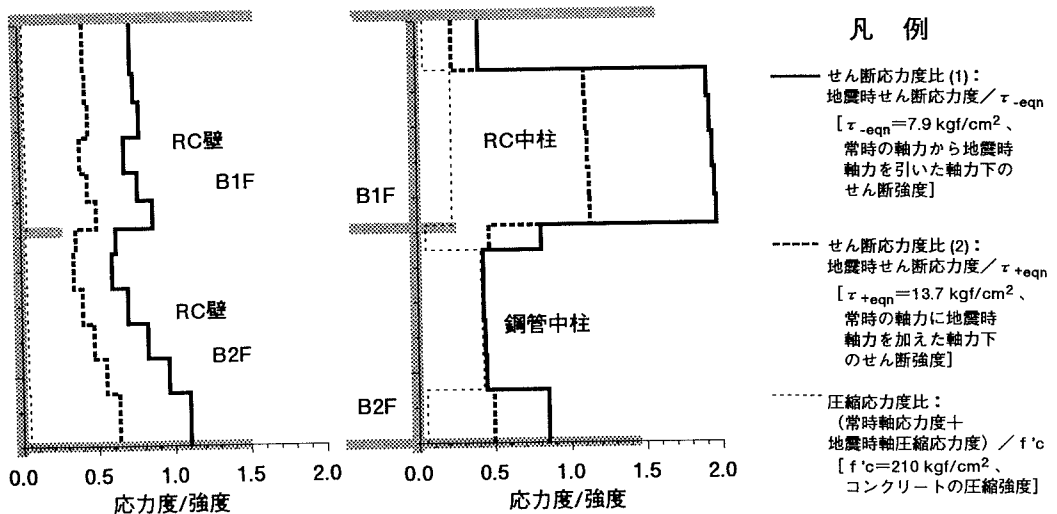


図-5 ボックスカルバートの強度比