

メキシコ地震における地下鉄・下水道の被害と解析

神戸大学工学部 正会員 高田 至郎  
 神戸大学大学院 学生員 堀之内伸裕

1. はじめに 1985年9月19日(木)午前7時18分(現地時間)、M8.1の大地震がメキシコ合衆国の太平洋沿岸を震源として発生、メキシコを含む特定の地域に被害が集中し、数多くの建物の崩壊および死傷者を伴った。著者の1人は約半年後現地を訪問して被害資料の収集を行ったが、特に地下鉄および下水道の被害に注目し当研究室で開発された非線形地震応答解析プログラム (ERAUL)を用いて一考察を加える。

2. 被害形態 地下鉄に関しては、耐震設計は特に行われていないが地震による被害は地盤急変部で1ヶ所認められただけで、その他出口近くの建物の倒壊による封鎖のための立入禁止措置のみの被害であった。メキシコ市では日常の圧密沈下が大きく地下鉄道床バラストの工法に工夫が加えられていたことも被害を少なくした要因と考えられる。それに比べ下水道の方では、メキシコ市南部を東西に走るピアドゥクトについてRC函渠の継手部の破損が17ヶ所も生じている。

3. 解析モデルおよび諸特性 地下鉄と下水道の被害結果のシミュレーション解析を行う。

Fig. 1に示すように下水道に多大なる被害が見受けられたピアドゥクト通りの少し北側には並行して地下鉄1号線が通っており、本地下鉄構造物にはほとんど被害が見受けられなかった。地震動外力は同様と思われるので軀体と継手の構造特性の差異により被害の違



Fig. 1 Mexico City District.  
 (referenced Report  
 written by Izumi et al.)

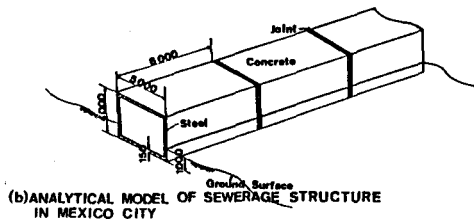
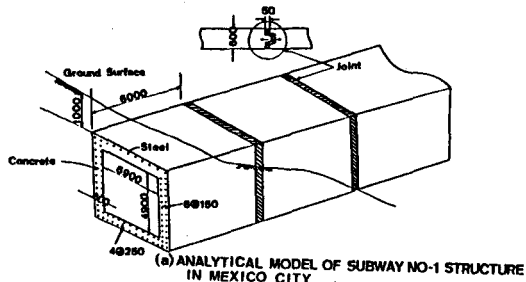


Fig. 2 Analytical Model

Shiro TAKADA , Nobuhiro HORINOUCI

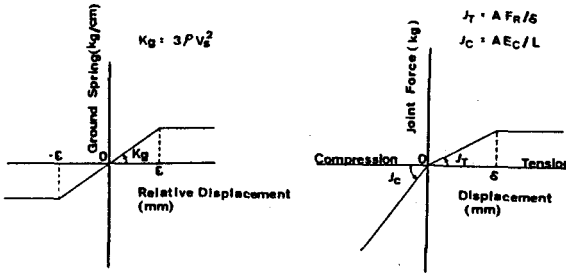


Fig. 3 Ground Spring Characteristic Fig. 4 Joint Characteristic

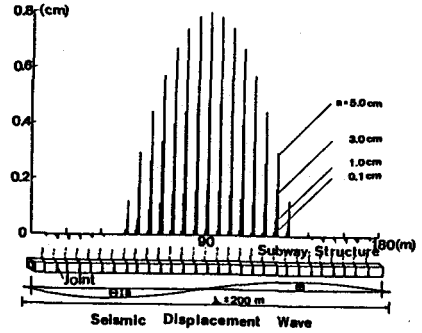


Fig. 5 Joint Expansion and Contraction

いが出てきたものと考えられる。そこで両者を Fig.2に示すようにモデル化した。

またFig. 1に示すように両施設の近くのSCTでは地震動記録が取られており、それによれば地震動の卓越周期が2秒程度で実効加速度168 galであった。また沖積層厚はかかる箇所では40 mであり、 $V_s$ 値は80m/secであったことから解析諸定数を決定した。

また地盤バネおよび継手バネ特性をFig. 3, 4のように決定する。ただし、 $\rho$ は地盤の密度、 $A$ は断面積、 $F_R$ は付着力、 $\delta$ は実効許容継手変位である。

**4. 結果および考察** まず地下鉄の継手部に関して振幅  $a$  を0.1から5.0cmと4段階に分けて解析した結果をFig. 5に示す。図から各段階共に線形応答をしていることがわかる。つまり最大入力振幅においても継手変位はせいぜい0.8cm程度であり許容値よりかなり小さいことが知られる。

また地下鉄・下水道共に鉄筋コンクリート断面で構成されていることから、鉄筋とコンクリートとの分担力を調べるべく検討したものがFig. 6である。下水道ではコンクリートの受け持つ応力の方が断面積が小さいために大きな値を有することがわかる。継手部の挙動について調べたものがFig. 7である。地下鉄に比べ下水道の継手伸縮量はかなり大きな値をもち、地盤ひずみが $1 \times 10^{-4}$ の場合許容継手伸縮量を越えている。これらから地下鉄では継手変位には問題がなく、下水道では破損を生じる可能性を秘めていることが伺える。

**5. おわりに** 躯体と継手の構造特性の差異が被害要因として挙げられることが、シミュレーション結果で明らかになった。

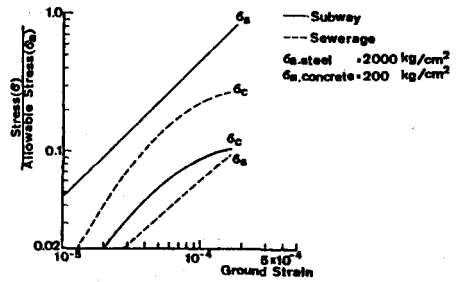


Fig. 6 Response Stress

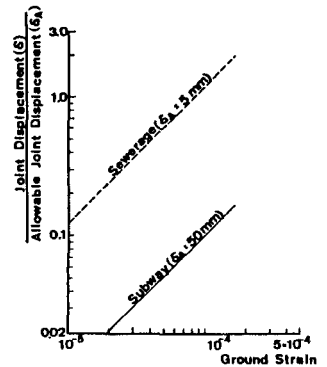


Fig. 7 Response Joint Displacement