

シールドトンネル～立坑の地震時挙動

清水建設(株) 和泉研究室 正会員 竹脇 尚信
 清水建設(株) 技術研究所 正会員 大槻 明

1. はじめに シールドトンネルの耐震検討においては、応力集中の可能性が高い立坑との接合部および地盤変化部に対する検討が重要である。従来、この種の検討はシールドトンネル～立坑をはりモデルに置換して、応答変位法あるいは2次元の動的解析法で行われてきた。これらの手法は簡便で実用性は高いが、たとえば接合部などの詳細検討には不向きである。そこで筆者らが開発した地盤～構造物系の非線形3次元動的解析コード¹⁾²⁾を用いて、シールドトンネルと立坑およびその周辺地盤を含めた3次元非線形FEM解析を行い、シールドトンネルと立坑の接合方法の違いと応答の関係を把握することとした。

2. 解析モデル この検討で想定した解析対象を図-1に示す。内径7mのシールドトンネルが10m角の矩形の立坑に接続している。地層は傾斜しており、シールドトンネルは図-1の左側で2つの層に亘っている。3次元に拡張したR-Oモデル（ $\sigma_m=1\text{kgf/cm}^2$ における粘土： $\gamma_{0.5i}=0.002$ ，砂れき： $\gamma_{0.5i}=0.0004$ ）を用い、TAFT波 300Galを2Eで、モデル紙面平行方向に入力した。解析ケースはシールドと立坑部を剛接合した場合（剛モデル）と可とう継手で接合した場合（バネモデル）の2ケースを検討した。可とう継手のバネは極めて小さな値を用いた。

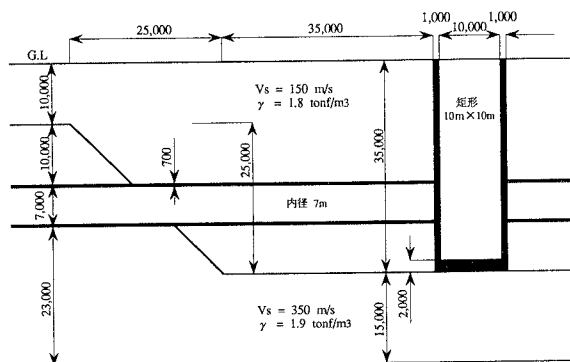


図-1 解析モデル

3. 解析結果および考察 立坑の4箇所での水平方向の変位を図-2に示す。両モデルとも、着目した4箇所はほとんど同位相で振動しており、可とう継手で接合しても立坑の地震時挙動はほとんど剛接合と変わらない。図-3はシールドトンネルと立坑との接合部について、バネモデルのシールドトンネル側と立坑側の変位を重ね書きしたものである。立坑の左側では4秒を過ぎた辺りから最大2cm程度の差が生じているが、右側はほとんど同じ動きである。バネモデルではシールドトンネルおよび立坑とそれらの周辺地盤の間にはスライディング要素(構造物に働く垂直応力の0.5倍が土のせん断強度を越えると両者の接続は切れる)が配置されている。したがって、左側では4秒過ぎにこのスライディング要素が働いて、シールドトンネルと立坑の間に相対変位が生じたものと思われる。さらに、左側と右側で相対変位に差が生じたのは地層の傾斜の影響であろう。図-4にシールドトンネルに沿っての応力の変化を示す。これらはいずれも水平方向の垂直応力で、上段はシールドトンネルと立坑の左右の接合部(接合部と呼ぶ)、下段は地層の傾斜面を挟んだ近傍の断面(地層変化部と呼ぶ)である。剛モデルの場合、接合部では立坑の動きに支配されてシールドトンネルの応力は逆位相になり、応力値は地層の傾斜の影響で左右で異なっている(上段)。また、地層変化部では応力の位相は変わらないが値は明らかに変化しており、応力集中の様子がうかがえる(下段)。バネモデルの場合、剛モデルに比べてスライディング要素の影響で短周期成分が増えている。この短周期成分を除いて両モデルを比較すると、地層変化部の応力は2つのモデルで顕著な差はない。これは立坑からある程度離れたところの応力は地盤の動きに支配され、立坑の影響が少ないためであろう。しかし、接合部では両モデルの応答はかなり異なっている。すなわち、剛モデルの場合は両点の応力は逆位相であるが、バネモデルの場合はほとんど同位相で、かつ一方へシフトしている。前者はバネ接合であるために立坑の挙動の影響が少なく、おもに地盤の動きに支配されて応

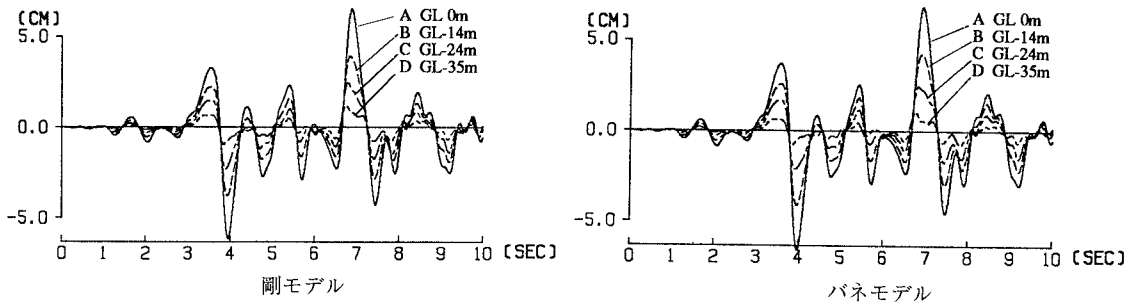


図-2 立坑の相対変位

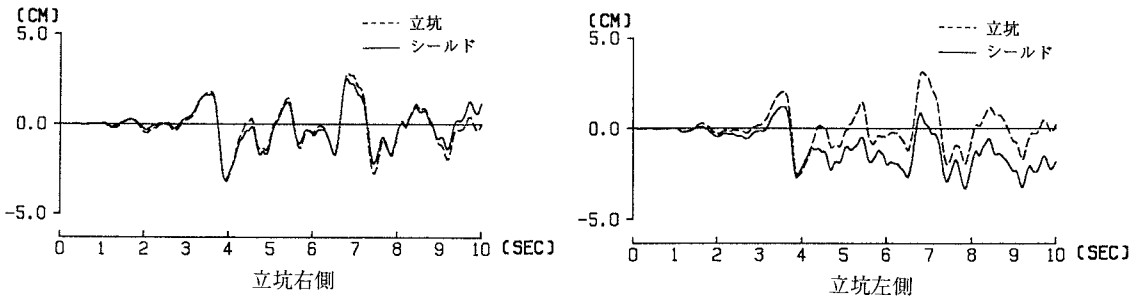


図-3 シールドトンネルと立坑の相対変化（バネモデル）

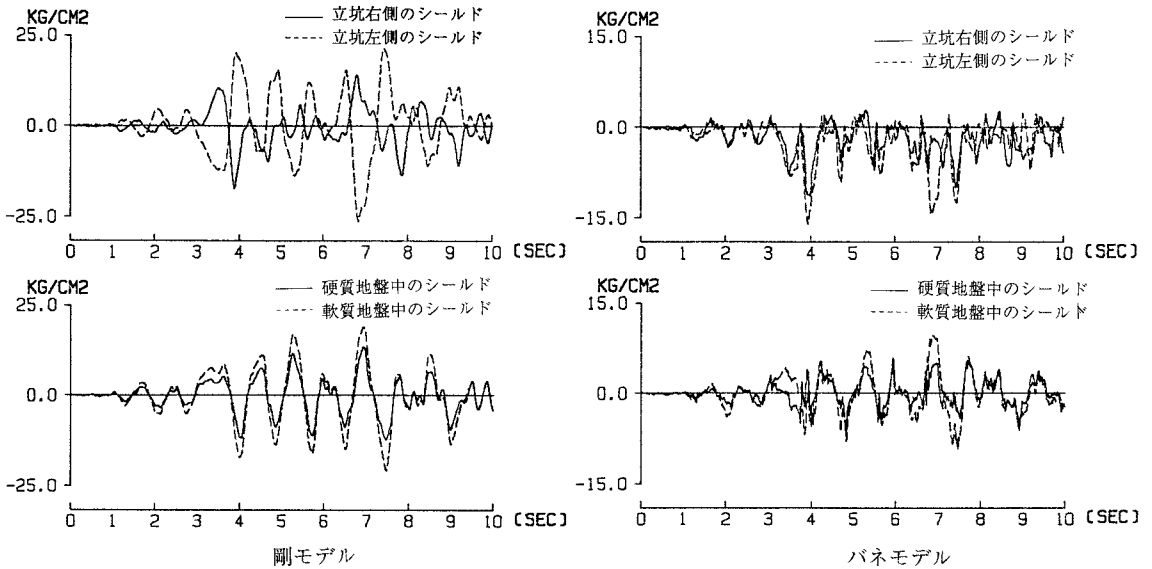


図-4 シールドの軸応力

力が発生していることが原因で、後者はスライディング要素によりシールドトンネルとその周辺地盤に相対変位が生じたためと思われる。剛モデルに比較して立坑の影響が少ないので、応力の値はバネモデルの方が小さくなっている。

<参考文献> 1) 福武・大槻, 三次元液状化解析による部分改良地盤の効果の予測, 地盤の液状化対策に関するシンポ, 土質学会編, pp.205~210, 1991. 2) 大槻・福武・藤川・佐藤: 液状化時群杭挙動の3次元有効応力解析, 土木学会論文集, No.495, pp.101~110, 1994.