

## 都市地下連絡路周辺の地震時地盤変位に関する考察

メトロ設計(株) 正会員 ○樋口 直生  
 メトロ設計(株) フェロー 田中 努  
 メトロ設計(株) 齊藤 公彦  
 メトロ設計(株) 北島 伸哉

## 1. 検討の目的

都市内の地下構造物には、図1のように、構造物間をつなぐ「地下連絡路」があり、既設地下鉄駅と近接する建物や隣接する既設建物間で利用者の利便性を高めるため、増改築されることが多い。小規模な構造物でありながら、平野に広がる都市では、地下水位下の沖積層内にあることが多く、レベル2地震で大きな地盤変位を受ける場合には、耐震設計に苦慮する。

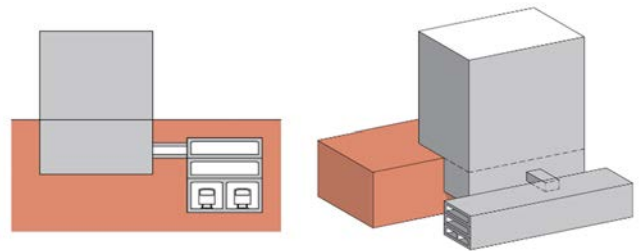


図1 地下連絡路のイメージ

図1のように、都市の建物や地下鉄等の構造物が近接する「すき間」のような地盤では、設計基準で求められる1次元水平成層地盤の解析で得られる地盤変位よりかなり小さいと思われるが、小規模な構造物の設計のため、実務上、周辺建物の構造諸元を調査して3D-FEMモデルで非線形解析をすることもできない。そこで、そのような解析の必要性の確認も含め、周辺構造物の影響で「すき間」の地盤変位がどの程度変化するか、定性的な検討を行った。

## 2. 解析モデルと解析方法

この検討では、定性的な傾向を把握する目的のため、極簡単に2D-FEMモデルの静的線形解析を行った。地盤は、都内に多い沖積層と洪積層からなる2層地盤で、レベル2地震時の剛性低下を想定した等価剛性を表1のように設定した。全表層厚は30

表1 地盤モデルの等価剛性

土質	単位	沖積層			洪積層		
		砂質土	粘性土	モデル	砂質土	粘性土	モデル
N値	-	6	3		20	10	
Vs0	m/s	145	144	145	217	215	215
単位体積重量p (地下水位以深)	kN/m <sup>3</sup>	17	14	15	19	18	18
G0	kN/m <sup>2</sup>	36658	29715	32181	91424	85254	84903
剛性低下率 (10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-2</sup> )	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Gd	kN/m <sup>2</sup>	9165	7429	8045	22856	21313	21226
Gd (まるめ)	kN/m <sup>2</sup>	9165	7429	8000	22856	21313	21000
動的ポアソン比vd	-	0.45	0.5	0.49	0.45	0.5	0.49
Ed	kN/m <sup>2</sup>	26577	22287	23840	66282	63940	62580

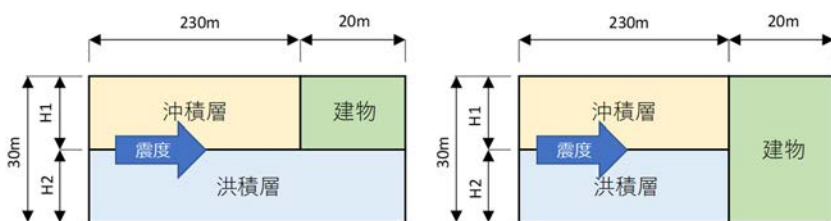


図2 鉛直断面モデルA

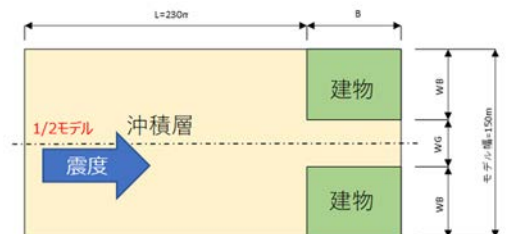


図3 平面モデルB

mで固定、沖積層厚を5~20mとし、どのケースもⅢ種地盤になっている。

地盤モデルは、地下連絡路の軸方向に建物があるために地盤の変形が拘束される様子を調べる鉛直断面モデルA (図2)と、地下連絡路の軸直角方向(断面方向)に建物に挟まれた部分のレベル2地震で剛性低下が起  
 キーワード 都市内、地下連絡路、地下構造物、耐震設計、地震時、地盤変位

連絡先 〒110-0004 東京都台東区下谷1丁目11番15号 ソレイユ入谷メトロ設計株式会社 TEL03-5827-3011

きた沖積層が変形する様子を調べる平面モデルB (図3) の2つを用い、それぞれ、建物幅や建物間隔を変えたケースを行った。

建物と地盤は結合したままで、滑りや剥離は起きず、底面が洪積層上面にある場合は水平移動するが、基盤面にある場合は固定である。地盤と建物の全要素に水平方向の震度を与えて、地盤の変形を算定した。

### 3. 解析結果

#### 1) 地下連絡路軸方向 (鉛直断面モデルA) の地盤変位

モデルAの地盤変位分布の例を図4に示す。右端の変形しない部分は構造物で、この例では基盤に達しているため動かない。当然のことながら、構造物近傍では地盤変位が小さくなる。この地盤変位の減少傾向を地盤モデルの左端の地盤変位に対する比率で図5に示した。図中のCaseは沖積層の厚さの違いである。地盤変位は建物前面から10mで1/4, 20mで1/2弱となり、地下連絡路に作用する地盤変位は、大幅に低下すると考えられる。

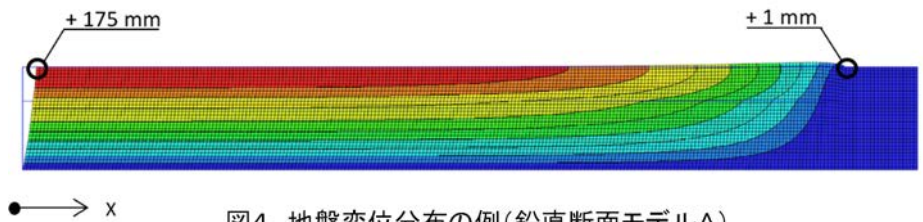


図4 地盤変位分布の例(鉛直断面モデルA)

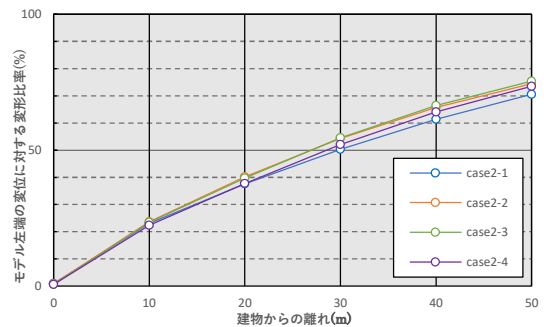


図5 建物前面からの離れと地盤変位

#### 2) 地下連絡路軸直角方向 (平面モデルB) の地盤変位

モデルBの地表の変位分布の例を図6に示す。図3の上半分のモデルで、右上の変形しない部分は構造物、右下は建物間の地盤の変形。構造物前面では図4～5と同様の現象が起きるが、建物間の地盤は変位するものの、小さくなる。この変位の減少傾向を図7に示す。図中のCaseは建物間隔の違いで、右端が建物間中央である。地盤変位は建物間隔が狭いほど小さく、建物間隔が1/2になると変位は1/4～1/3に減少する。また、液状化や地盤と建物との間に剥離や滑りがなければ、建物に近づくほどさらに減少すると考えられる。

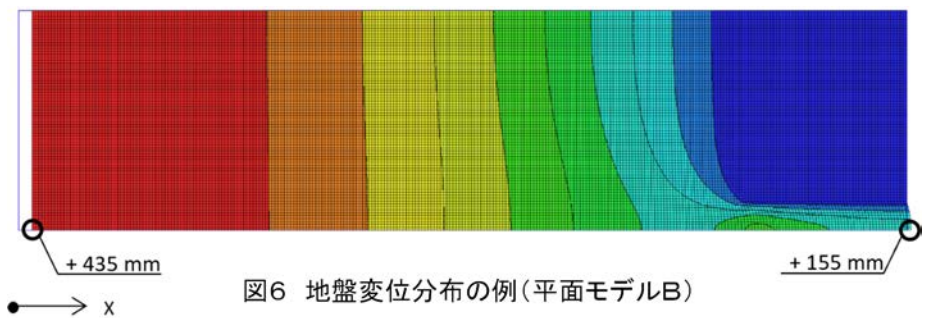


図6 地盤変位分布の例(平面モデルB)

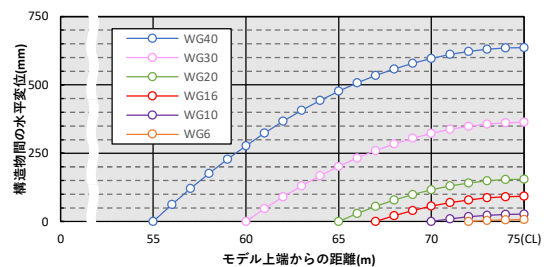


図7 建物側面からの離れと地盤変位

### 4. 結論 (考察)

この検討では、都市地下連絡路周辺の地震時地盤変位の大きさについて、極簡単なモデルと条件で基本的な性質を調べた。

その結果、建物から10～20mの範囲にある地下連絡路の周辺地盤では、連絡路の軸方向には1次元水平成層地盤モデルで評価される地盤変位の1/2～1/4に減少すること、軸直角方向(横断方向)には、建物間(ビル間の連絡路ではビル間隔、ビルと地下鉄駅間の連絡路ではビルと駅の間隔)の距離が小さい場合は1/3～1/4に減少する傾向が見られた。

以上から、都市地下連絡路の設計においては、現行の1次元水平成層地盤の地震時変位を用いて設計することは十分に安全側であることは明らかであるが、過大設計の可能性があると考えられる。

現実の地下連絡路周辺の建物の条件は多様で、常に上記の傾向が当てはまるとは言えないが、小規模な構造物であるため、設計の都度、周辺建物の構造諸元を調査して3D-FEMモデルで非線形解析をすることも合理的ではないため、今後、もう少し設計上の知見を得られるような検討を行っていきたい。