

## 地盤/地形が地震被害に及ぼす影響

東京都市大学 学生会員 ○熊倉 英史  
 東京都市大学 正会員 片田 敏行  
 東京都市大学 学生会員 松野遼太郎

### 1. はじめに

人間社会を取り巻く自然環境には様々な災害リスクが存在しており、時として平穏で快適な生活を脅かす。これまで東京では幾度も大地震を経験している。1855年安政江戸地震の建物被害と、今後懸念されている東京湾北部地震の被害予測を比較すると、埋没谷などの沖積層の厚い地域で被害が大きい傾向がみられた。つまり地震被害は地盤/地形との相関性が強く、地盤条件の重要性は明らかである。また、これまで繰り返し起きる震災が投げかけてきた大きな課題としては、直ちに避難行動をとれば助かったかもしれない多くの命が失われているということである。以上より、日本の地盤/地形は、狭い範囲で細かく変化しており、地震被害を未然に防ぐ、あるいは、できる限り低減するためには、我々の住んでいる土地がどうなっていて、どこにどのような危険が潜んでいるのかを知り、それに対する備えを講じておくことが必要である。そこで本研究では、地盤や地形が地震被害にどのような影響を及ぼすのかを1次的に評価する方法を提案する。

### 2. 地震被害と地盤との関係

那須らは構造物への地震被害が生じやすい地盤をまとめている<sup>1)</sup>。

①構造物の地震被害は構造物の種類に関係なく主として地盤条件の変化点で発生しやすい。硬軟地盤の境界部、軟弱土層厚さの急変部、低強度の土層を部分的に挟む地盤(上下逆転型地盤)等の3つのパターンで多いとしている。図1のような土層構成の地盤で特に生じやすい。

②硬軟地盤境界部剛性変化点にある構造物にはさらに大きな被害が発生しやすい。図2に示すように不連続点では地盤変形が大きくなる。

### 3. 過去の大地震と地下鉄

東京の本格的な旅客用の地下鉄は、1927年に開通したものが最初である。東京はかつての大地震で壊滅的な被害を受けた都市であるが、その当時には地下鉄は存在していなかった。地下構造物は大地震の経験に乏しいが、地下構造物は一般的に安全とされている。しかしながら、阪神淡路大震災等で地下構造物にも被害が生じている<sup>3)</sup>。

### 4. 大江戸線概要

特徴は、都心を環状につなぐ円形に建設されている点である。大江戸線が走る東京23区部には山の手台地と下町低地が分布しており、そこにはそれぞれ異なる地層が堆積していることから、解析例として用いる。

#### (1) 震度マップ、地層断面図から

図3の震度マップをしてみると、同じ下町低地でも激震地域が存在し、揺れに差が生じている。図3に示す路線部①と②の地層断面図をそれぞれ図4、5に示し考察する。①は本郷三丁目駅と門前仲町駅を結ぶ線の断面である。図4の左端に僅かに見える高まりは、本郷台地を示している。隅田川以東では本所

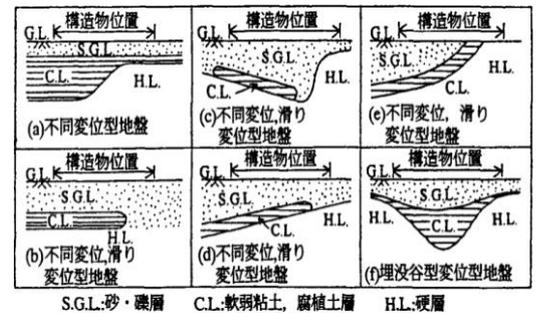


図1 地震被害が生じやすい土層構成の地盤<sup>1)</sup>

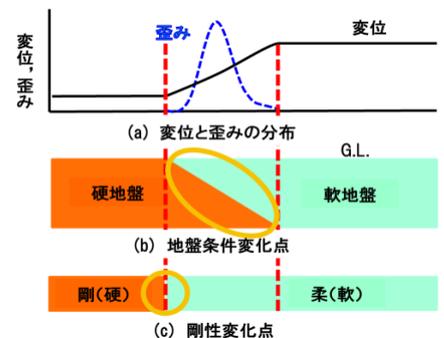


図2 不連続点 変位と歪<sup>1)</sup>



図3 震度マップ<sup>2)</sup>

キーワード 地盤/地形, 地下構造物, 硬軟地盤境界部

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL.03-5707-2202 E-mail : g1118034@tcu.ac.jp

台地に位置し、軟弱層が30~40mに及ぶ。これに対して、本郷台地の縁から隅田川にかけては、同じ低地でも沖積層が10m以下で非常に薄く、その下にすぐ台地上と同じ洪積層が現れることが分かる。この部分は本郷台地が波によって削られてできた波食台地であると推測される。

一方、さらに南方の赤羽橋駅から門前仲町駅に至る断面②を図5に示す。この断面には、西側にさらに2つの沖積基底の谷が見られる。この2つの谷に挟まれた沖積基底の高まりは日本橋台地と呼ばれる埋没波食台地であり、震度の低い地域はこの台地上に当てはまる。

(2) 過去の被害例から

大江戸線は軟弱層内等を通り、26駅で他鉄道路線と連絡している。震動実験の結果<sup>5)</sup>からは、鉛直構造物と水平構造物の接合部の設計・施工状態が悪い場合、接合部において構造物が損傷を受ける可能性があることが分かっている。1964年新潟地震では軟弱地盤に囲まれた地下道のボックスのつなぎ目がずれ、液状化した砂が地下道内にあふれた。これは、硬質地盤よりも軟質地盤の方が接合部分で地震時応力が增大するためだと考えられる<sup>6)</sup>。

また、地下鉄が地震で本格的な被害を受けた世界初の例である阪神淡路大震災の際には、神戸高速鉄道の大開駅で柱が多数壊れ、天井が崩落、真上を走る国道28号も陥没した。神戸市営地下鉄の地層断面図を図6に示す。図6からは、被害の大きかった上沢駅と新長田駅東部は硬軟地盤境界部剛性変化点に位置していることが分かる。これに対して、被害の無かった湊川公園駅はすべて硬質層に、被害の少なかった長田駅は軟弱層の中に位置する。このことから、地下構造物の被害は、地震被害が生じやすい土層構成の地盤モデル(図1)に当てはまることを示唆している。東京の地形は比較的単純なのに比べ、地下の地層は変化に富んでおり、連続性に乏しい。そのため、図4、5から分かるように大江戸線も硬軟地盤の変化点等を通りしている。大門駅では、硬質地盤である北多摩層と軟質地盤である有楽町層にまたがって位置しており、繰返し起きる地震に対して補強・補修等は必須であると考えられる。

(3) 海拔ゼロメートル地帯について

地震時には複合災害が懸念される。東京は、海拔ゼロメートル地帯を有しており、防波堤等が大地震で壊れたり、液状化現象で沈下した場合、浸水する可能性がある。川を遡上してきた津波が越流、地下鉄内で大規模な浸水が起きれば、ゼロメートル地帯だけでなく、地表に水が到達しない大江戸線六本木駅も浸水することが分かっている<sup>7)</sup>。

また東京では、地盤沈下が問題となり、地下水のくみ上げが厳しく規制された。その結果、地下水位が40年前と比較して、最大で約60mも上昇し、地下水が地下構造物を覆い、漏水が発生した事例もある。

5. おわりに

本稿では、那須らが分類した地震被害が生じやすい土層構成モデル(図1)を参考に地下鉄路線部を例に地震被害評価を行った。地下構造物は一般的に安全とされているが、地盤/地形等の条件によって被害をもたらす危険性があることを指摘した。本稿の調査結果から那須らの地震被害が生じやすい土層構成モデルは、ライン状に位置する構造物のリスク評価を行う際に1次評価として有効活用できると考える。地震被害は地盤条件の影響を受けることは明らかであり、地盤/地形からの耐震性評価が地震防災に対して重要であることを再認識できる。

<参考文献>1) 那須誠(1998)「地震被害への地盤の影響と被害機構の推定」『前橋工科大学研究紀要 1』, 2) 特集: 関東大震災を知る [http://www.kajima.co.jp/news/digest/sep\\_2003/tokushu/index-j.htm](http://www.kajima.co.jp/news/digest/sep_2003/tokushu/index-j.htm)(2015/1/8), 3) 岩橋敏広(1996)「阪神・淡路大震災の地下鉄構造物の被害と被害原因の検討」『総合都市研究第61号』, 4) 社団法人東京都地質調査業協会技術ノート <http://www.tokyo-geo.or.jp/html/frameset3.htm>(2015/1/8), 5) 河又洋介(2012)「E-ディフェンスを用いた地盤・地下構造物の震動実験」土木学会第67回年次学術講演会, 6) 有賀義明(2012)「地盤のS波速度を変化させた場合の地下街と高層ビルの地震時相互影響について」『土木学会論文集A1』, 7) 内閣府 防災情報ページ [http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h20/03/news\\_03.html](http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h20/03/news_03.html)(2015/1/8)

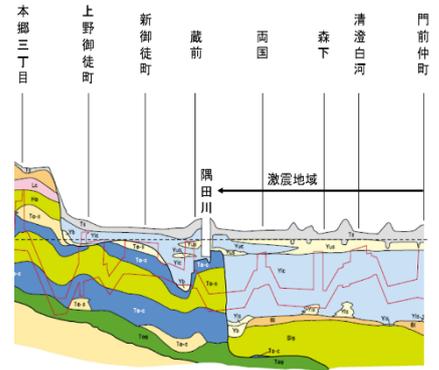


図4 路線部①地層断面<sup>4)</sup>

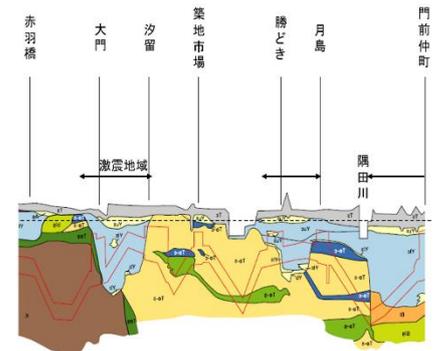


図5 路線部②地層断面<sup>4)</sup>

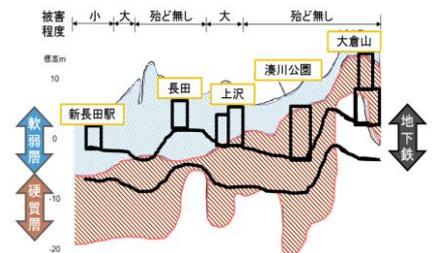


図6 市営地下鉄 地層断面図<sup>3)</sup>