

鉄道盛土の耐震評価手法の一考察

JR 東日本 構造技術センター 正会員 ○大沼 国弘  
JR 東日本 構造技術センター 正会員 小松 徹

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、強い地震動を考慮した高架橋のコンクリート柱の鋼板巻き等をはじめとする既存のコンクリート構造物において、耐震補強が着実に進展している。また、兵庫県南部地震や新潟県中越地震などの大規模地震により、盛土などの土構造物も大きな被害を受けているが、被害を受けても比較的短期間で復旧が可能であること、構造物延長が膨大で、耐震性の評価が難しいことなどから、コンクリート構造物ほどの耐震補強の進展には至っていない。

首都圏で大規模地震が発生した場合には、社会インフラに与える影響度が大きくなると考えられる。又、ライフラインである鉄道についても、重要度の高さから被災を最小限にとどめる等の耐震性向上の必要性が高くなると考える。しかし、延長の多数を占める鉄道盛土を、全延長に渡り耐震化を図ることは現実的に困難である。

本稿では、鉄道盛土について、新潟県中越地震等の大規模地震による盛土の被害記録に基づき、土構造物が崩壊する可能性の高い箇所を抽出する評価手法の考案、およびその検討過程について報告する。

2. 大規模地震における震害傾向

2.1 新潟県中越地震による鉄道盛土の被害傾向

平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震により被害を受けた鉄道盛土について、被害延長割合を調査した。被災延長割合は、震源より最遠方の被害箇所の範囲を全延長とし、被災形態ごとに被害延長を区分した。

鉄道盛土の被害傾向としては、構造形式に着目した場合、純盛土より片切片盛の被災の割合が高い。又、震央から距離が近い高盛土が被災する傾向が顕著に表れている(表-1)。

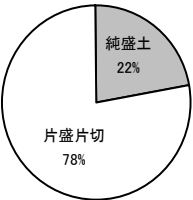
2.2 大規模地震による盛土の被害傾向

新潟県中越地震の他に、兵庫県南部地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震の大規模地震により被災した盛土の被害データについて、定性的な傾向および分析を行った。以下に、本分析による被害傾向結果を示す。

- (1) 大規模崩壊した盛土の構造形式は、8割弱が片切片盛である。(図-1)
- (2) 大規模崩壊は、震央から20km以内で発生している。
- (3) 大規模崩壊は、盛土高さ5m以上の盛土が多数を占め、高さが増すごとに割合も高くなる。(表-2)
- (4) のり勾配が、勾配1:1.5より急勾配の盛土の被害が多い。
- (5) 大規模崩壊が発生した盛土の中には、4m程度の比較的低い盛土でも発生している。
- (6) 傾斜支持地盤上(傾斜角10°程度以上)の盛土が崩壊している。

表-1 新潟県中越地震における被災延長割合

| 線区   | 構造       | ①<br>全延長(m) | ②<br>被害<br>総延長<br>(m) | ②/①<br>*100<br>(%) | ③<br>大規模<br>崩壊(A)<br>(m) | ③/①<br>*100<br>(%) | ④<br>法面<br>崩壊(B)<br>(m) | ④/①<br>*100<br>(%) | ⑤<br>法面<br>崩壊(C)<br>(m) | ⑤/①<br>*100<br>(%) | ⑥<br>法面<br>亀裂(D)<br>(m) | ⑥/①<br>*100<br>(%) |
|------|----------|-------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| 上越線  | 盛土(片切片盛) | 16,872      | 1062.5                | 6.3                | 693                      | 4.1                | 277                     | 1.6                | 92.5                    | 0.5                | 0                       | 0.0                |
|      | 切取       | 5,202       | 60                    | 1.2                | 60                       | 1.2                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                |
| 只見線  | 盛土(片切片盛) | 27,382      | 45                    | 0.2                | 0                        | 0.0                | 5                       | 0.0                | 20                      | 0.1                | 20                      | 0.1                |
|      | 切取       | 5,449       | 110                   | 2.0                | 0                        | 0.0                | 110                     | 2.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                |
| 信越本線 | 盛土(片切片盛) | 47,460      | 982                   | 2.1                | 100                      | 0.2                | 310                     | 0.7                | 502                     | 1.1                | 70                      | 0.1                |
|      | 切取       | 12,075      | 40                    | 0.3                | 0                        | 0.0                | 40                      | 0.3                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                |
| 飯山線  | 盛土(片切片盛) | 12,849      | 877                   | 6.8                | 0                        | 0.0                | 433                     | 3.4                | 0                       | 0.0                | 444                     | 3.5                |
|      | 切取       | 7,391       | 0                     | 0.0                | 0                        | 0.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                |
| 越後線  | 盛土(片切片盛) | 30,278      | 60                    | 0.2                | 0                        | 0.0                | 0                       | 0.0                | 60                      | 0.2                | 0                       | 0.0                |
|      | 切取       | 3,897       | 0                     | 0.0                | 0                        | 0.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                | 0                       | 0.0                |



大規模崩壊構造別形式 N=36  
(能登半島地震・新潟県中越地震・兵庫県南部地震)

表-2 盛土高別大規模崩壊発生率

| 高さ区分<br>(m) | 盛土<br>全体<br>(箇所) | 崩壊<br>盛土<br>(箇所) | 発生率<br>(%) |
|-------------|------------------|------------------|------------|
| H<5         | 95               | 0                | 0          |
| 5≤H<15      | 44               | 8                | 18         |
| 15≤H        | 2                | 1                | 50         |

図-1 大規模崩壊した盛土の構造形態別比率

新潟県中越地震時JR上越線被害データによる

キーワード 鉄道盛土, 片切片盛, 耐震, 大規模崩壊

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 JR 東日本 構造技術センター TEL 03-5334-1288

3. 盛土耐震評価手法の概要

3.1 盛土耐震評価手法の基本的な考え方

首都圏を対象とした線区の鉄道盛土の耐震評価手法を考察するため、2.2 で示した盛土の被害傾向をパラメータとして用いて検討を行った。基本的に土質試験や地盤調査を行わず、盛土の諸元および周辺地形を考慮する程度とし、簡便に耐震対策箇所の1次抽出および優先度を計る指標とすることを前提とする。

3.2 盛土耐震評価表の作成

盛土耐震評価手法は、盛土形式（純盛土,片切片盛）、盛土形状（盛土高,勾配）、支持地盤条件（液状化地盤）、発生確率（中央防災会議資料に基づく大規模地震の震度分布）、周辺地形をパラメータとして評価表を作成した（表-3）。評価表は、対象盛土の諸元を該当する項目の評価点の合計により、大規模崩壊による崩壊危険度ランク判定を行う。

3.3 盛土耐震評価表の検証

本評価表に従い、ある線区の盛土の全数量（N= 107）について評価を行った。結果、最高評価点 54 点から最低 6 点という結果が得られた。評価点は、高い方から崩壊危険度ランク A, B, C に評価点を区分して、耐震対策の優先度を判定した。崩壊危険度は、既往の大規模地震の盛土被害による評価点とある線区の盛土評価点を照合し、表-4 を設定した。

本評価手法については、伊豆大島近海地震による地震被災の分析結果との整合性を確認し、検証を行っている。伊豆大島近海地震の被害分析では、「後背斜面の形態」「山腹形状」「斜面の向き」「斜面の直高」「最急勾配」「保護状況」「土砂の種別・厚さ」「断層線からの距離」を、被災に影響を及ぼす要因として示されている。その中の、「片切片盛」、「直高 5m 以上」、「のり勾配が標準勾配を満足しない」は、本評価法で被災に影響を及ぼす要因として一致している。

既往の地震被災との照合と分析結果より、本評価表はおおむね適正であると考えられる。

4. 終わりに

鉄道盛土の耐震評価を行う目的で、大規模地震の被害傾向に着目し、それらをパラメータとして盛土耐震評価表を作成した。鉄道構造物は、線路延長に対する鉄道盛土の比率が高く、数量も膨大である。今回は地質調査等を実施しないことを前提とした簡便な評価手法とし、実務的に大規模地震において被災する可能性の高い箇所を1次抽出することを目的とした。今後更に、地震の被害データを蓄積し、有用なパラメータを取り入れるなどして、評価法の精度向上を図っていきたい。

参考文献

1) (社) 日本道路協会・道路震災対策委員会 道路の震災対策に関する調査報告( I ) 1978 年伊豆大島近海地震災害 1978  
2) 阪神・淡路大震災調査編集委員会 阪神・淡路大震災調査報告 1996  
3) 土木学会 地震工学委員会 高地震力に対する土構造物の耐震設計法に関する研究 資料 pp1-94 2000  
4) 東日本旅客鉄道株式会社 設備部 新潟県中越地震鉄道土木構造物災害復旧記録誌 2006  
5) (社) 地盤工学会 2007 年能登半島地震道路災害データ集 能登有料道路データ集 pp12-64 2007  
6) (社) 日本道路協会 道路震災対策便覧 2. 盛土の耐震調査法 pp216 - 218 2006

表-3 盛土 1 次耐震評価表

| 評価項目 |              | 条件・内容                                                  | 適用条件        | 評価点 | 参考               |
|------|--------------|--------------------------------------------------------|-------------|-----|------------------|
| 盛土形状 | 盛土高          | 盛土高は 4m 以上か                                            | 4m≦H<5m     | 13  |                  |
|      |              | 盛土高は 5m 以上か                                            | 5m≦H<6m     | 14  |                  |
|      |              | 盛土高は 6m 以上か                                            | 6m≦H<7m     | 15  |                  |
|      |              | 盛土高は 7m 以上か                                            | 7m≦H<8m     | 16  |                  |
|      |              | 盛土高は 8m 以上か                                            | 8m≦H<9m     | 17  |                  |
|      |              | 盛土高は 9m 以上か                                            | 9m≦H<10m    | 18  |                  |
|      |              | 盛土高は 10m 以上か                                           | 10m≦H<11m   | 19  |                  |
|      |              | 盛土高は 11m 以上か                                           | 11m≦H       | 20  |                  |
|      | のり勾配         | 盛土高 9m 未満のとき                                           | 勾配 1:1.5 未満 | 13  |                  |
|      |              | 盛土高 9m 以上 15m 未満のとき                                    | 勾配 1:1.8 未満 |     |                  |
|      |              | 盛土高 15m 以上のとき                                          | 勾配 1:2.0 未満 |     |                  |
| 地盤条件 | 液状化が発生しやすいか* | PL≧20                                                  |             | 15  | 首都圏液状化マップ        |
|      |              | 5≦PL<20                                                |             | 10  |                  |
|      |              | PL<5                                                   |             | 5   |                  |
|      | 軟弱地盤か        | 粘性土地盤 N≦4<br>砂質土地盤 N≦15<br>層厚 D≧4.0m<br>盛土高 H≧4.0m のとき |             | 15  | 既往データより軟弱地盤判定基準* |
| 発生確率 | 震度 6 発生の確率   | 発生頻度 0.75~1.0                                          |             | 3   | 中央防災会議資料         |
|      |              | 発生頻度 0.5                                               |             | 2   | 発生確率頻度マップより抽出    |
|      |              | 発生頻度 0.25                                              |             | 1   |                  |
| その他  | 予め定めた警備区間か   | 傾斜地に腹付けした盛土                                            |             | 15  | 予め定めた警備区間リスト     |
|      | 犬走りはあるか      | 犬走りの有無 有~3                                             |             | -3  |                  |
|      | 構造形式は片切片盛土か  | 片切片盛または腹付盛土<br>傾斜地盤上の盛土                                |             | 15  |                  |

表-4 盛土崩壊危険度ランク区分

| ランク              | ランク A                  | ランク B                       | ランク C                 |
|------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 評価点              | 30 点以上                 | 15 点-29 点                   | 14 点以下                |
| 耐震対策の優先度         | 高<br>(優先的に耐震補強を行う)     | 中<br>(ランク A に次いで優先度高)       | 低                     |
| 盛土被害想定規模 (沈下量目安) | すべり崩壊・盛土分断崩壊 (50cm 以上) | 応急処置により復旧が可能な被害 (20cm-50cm) | のり肩沈下および亀裂等 (20cm 未満) |