

# 高速道路盛土の基礎地盤液状化時の安定性評価と対策工の試行検討

中日本高速道路(株) 東京支社 保全・サービス事業部  
中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 土木技術部  
同 上 浜松道路事務所

中山 康弘  
正会員○笹本 直之

井上 なつみ  
正会員 川崎 廣貴  
石橋 円正

## 1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では、道路の盛土構造物の多くが被災し、盛土本体の損傷は 346 箇所、そのうち合計 21 箇所は本線の車道にまで影響する崩落であった。このため、国土交通省の高速道路のあり方検討有識者委員会の「東日本大震災を踏まえた緊急提言」では、高速道路の構造（盛土）の耐震性に課題があることを指摘しており、東海・東南海地震などの大震災が想定される地域等を中心に災害時に弱点となり得る箇所の再点検と、対策の必要な箇所の選択かつ重点的な強化が必要であるとしている。本提言を踏まえ、大地震での緊急輸送路確保の重要性や、そのネットワーク性を担保する観点から、現状での盛土の耐震性能を検証するとともに、耐震性向上のための対策工の概略検討を試行することにした。

ここでは、高速道路盛土を対象にして、おもな検討着目点を基礎地盤液状化時の安定性評価と対策工の種類や規模感の把握として、試行的な検討を実施したので、その内容を報告する。

## 2. 検討内容

図-1 に、実施した検討フローを示す。おもな流れは、①基礎地盤液状化の条件整理⇒②試行ケースの設定⇒③対策工の簡易設計化検討⇒④対策工の概略検討にて構成している。

①の基礎地盤液状化の条件整理では、高速道路盛土の基礎地盤における液状化発生箇所の抽出として、古地図や現況地図で河川近傍部や埋立地に位置するもの、および近傍での液状化履歴の有無などを調査する。次に、被災程度区分の設定として、建設段階などの既存ボーリングデータに基づき耐震設計上の地盤種別を求め、そのうちのⅢ種とⅡ種の地盤種別に対して液状化指数  $P_L$  値と表層砂層の液状化抵抗率  $F_L$  値を算出し、それから液状化の可能性を評価して、東京都のクロステーブル法<sup>1)</sup>のマスキにそれを分類配置し、高速道路の各地点のすべての調査結果を反映する。

表-1 は、そのクロステーブルを表したものであり、本検討独自の分類として、この全 12 マスを「大大」、「大」、「中」～「なし」の 6 レベルで評価する。

②の試行ケースの設定では、被災程度区分の感度分析を行うため、地盤種別Ⅲ種とⅡ種のクロステーブルに分類した地点から、Ⅲ種で「大大」～「小」の 4 レベル、Ⅱ種で「大大」～「中」の 3 レベルの計 7 地点を検討モデルケースとして抽出する。③の対策工の簡易設計化検討では、選定した 7 ケースを対象に、FEM 静的解析の液状化流動解析プログラム ALID を用いて液状化の影響による盛土路面の沈下量  $S_L$  を求める。さらに、レベル 2 地震動タイプⅡの設計水平震度に基づく液状化低減土質定数と、慣性力用レベル 2 地震動の設計水平震度とを用いて円弧すべり法により地震時すべり安全率  $F_s$  を求める。7 ケースの液状化沈下量  $S_L$  とすべり安全率  $F_s$  の関係から、その相関性を調査して、対策工の概略検討用に円弧すべり法の適用可能性を評価する。

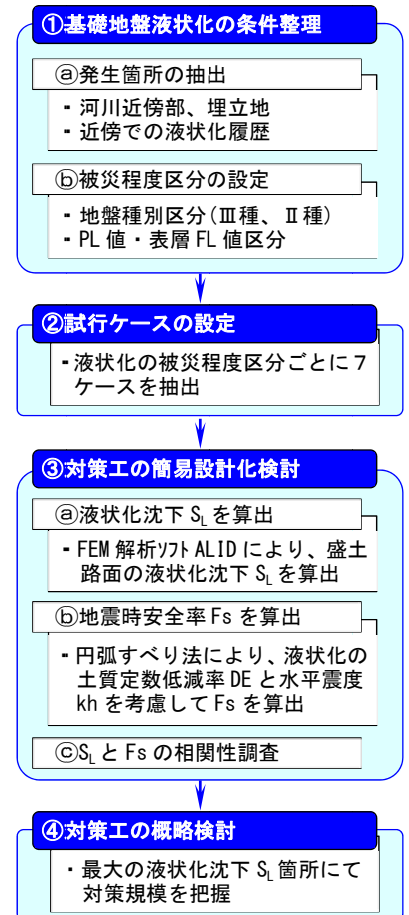


図-1 検討フロー

表-1 液状化被災程度区分  
( $P_L$  値と表層  $F_L$  値の加減法)

|                              |    | 液状化指数 $P_L$ 値による液状化可能性 |                         |                 |
|------------------------------|----|------------------------|-------------------------|-----------------|
|                              |    | 大 ( $15 \leq P_L$ )    | 中 ( $5 \leq P_L < 15$ ) | 小 ( $P_L < 5$ ) |
| 表層砂層の液状化抵抗率 $F_L$ 値による液状化可能性 | 大  | 大大                     | 大                       | 中               |
|                              | 中  | 大                      | 中                       | 小               |
|                              | 小  | 中                      | 小                       | 小小              |
|                              | ない | 小                      | 小小                      | なし              |

キーワード : 高速道路盛土, 液状化解析, 沈下, 円弧すべり, 安全率, 対策工, 工期, 工事費

連絡先 : 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイエンジニアリング東京(株) TEL:03-5339-1721

④の対策工の概略検討では、供用中の高速道路盛土の安定対策として適用可能で、改良原理の異なる地盤改良工法を2種類選定し、最大の液状化沈下が得られた地点のケースを対象にして、改良仕様と工期・工事費を検討し、対策規模を把握する。

3. 検討結果

表-1 に示した被災程度区分による沈下量の感度分析を行うため、地盤種別Ⅲ種とⅡ種の被災程度区分のマス目内ごとの地点集合の中から代表的なものを選定し、それを表-2 にケース名と解析条件で示す。同

表には同時に解析結果を示す。図-2 には、地盤種別Ⅲ種とⅡ種に分類して、被災程度区分と盛土路面沈下量  $S_L$  の関係を示す。同図から、地盤種別を用いて液状化時盛土安定の検討地点を分類することで被災程度区分が「小」から「大大」側に大きくなるに従い、沈下量  $S_L$  もそれに応じて大きくなることが明確である。このことから、本整理法は検討地点の被災スクリーニング法として、概略レベルで適用可能と考える。同図でⅢ種地盤の沈下がⅡ種に比べて大きくなる要因は、盛土下部の基礎地盤で砂質土と粘性土が負担している盛土荷重の再配分にあると考える。すなわち、地震時液状化で砂質土のせん断抵抗力が消失するため、その負荷が粘性土に伝達され、粘性土地盤がせん断破壊に達して大きな沈下量が生じたものと考えられる。このことは、図-3 の最大せん断ひずみ分布や、Ⅲ種地盤がⅡ種に比べて一般に軟弱であることから首肯できる結果であると考えられる。

図-4 に盛土路面沈下量  $S_L$  と円弧すべり安全率  $F_s$  の関係を示す。7点での曲線近似による相関係数は  $r=0.808$  であり、相関性は良好である。路面の早期復旧のための限界沈下量を 50cm 程度に設定した場合には、それに対応する安全率が約 1.0 程度となることから、この安全率 1.0 を採用して、これを満足する対策工を試行的に概略検討する。

対策工の検討結果は表-3 に示すとおりであり、ここでは低排泥低変位噴射攪拌工法が工期と工事費で優位となることが分かった。

4. おわりに

ここでの基礎地盤液状化時の高速道路盛土の安定性評価と対策工の試行的な検討により、本提案手法はある程度の範囲で弱点箇所を捉え、被災程度区分などのスクリーニングと併せて優先順位も整理できるものと考えられる。今後は、地盤調査の具体化と FEM 解析などの精度向上で推定沈下量と対策工がより合理的となるように検討を進めたいと考える。

【参考文献】

1) 東京都建設局・港湾局：東京の液状化予測（平成 24 年度改訂版）報告書、平成 25 年 3 月

表-2 試行ケースの解析条件と解析結果

| 試行ケース名 | 解析条件   |      |        | 解析結果          |           |
|--------|--------|------|--------|---------------|-----------|
|        | 被災程度区分 | 地盤種別 | 盛土高(m) | 沈下 $S_L$ (cm) | 安全率 $F_s$ |
| ①ケースAⅢ | 大大     | Ⅲ    | 7.8    | 338.6         | 0.534     |
| ②ケースBⅢ | 大      | Ⅲ    | 8.3    | 425.4         | 0.513     |
| ③ケースCⅢ | 中      | Ⅲ    | 6.3    | 181.5         | 0.539     |
| ④ケースDⅢ | 小      | Ⅲ    | 5.3    | 15.3          | 1.330     |
| ⑤ケースAⅡ | 大大     | Ⅱ    | 17.3   | 198.9         | 0.583     |
| ⑥ケースBⅡ | 大      | Ⅱ    | 7.1    | 239.9         | 0.748     |
| ⑦ケースCⅡ | 中      | Ⅱ    | 8.6    | 92.5          | 0.423     |

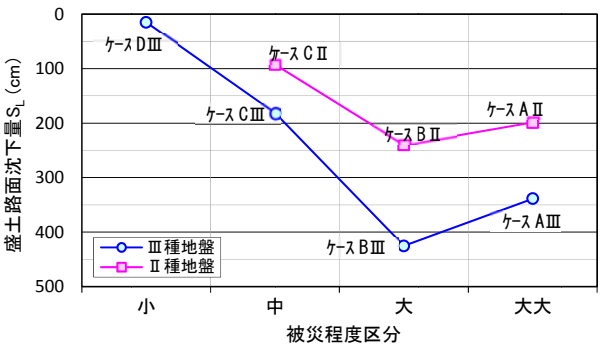


図-2 被災程度区分と盛土路面沈下量  $S_L$  の関係

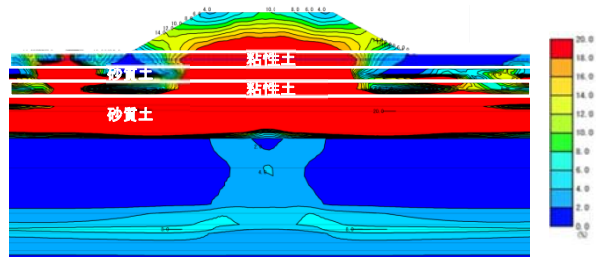


図-3 ケースBⅢの最大せん断ひずみ分布

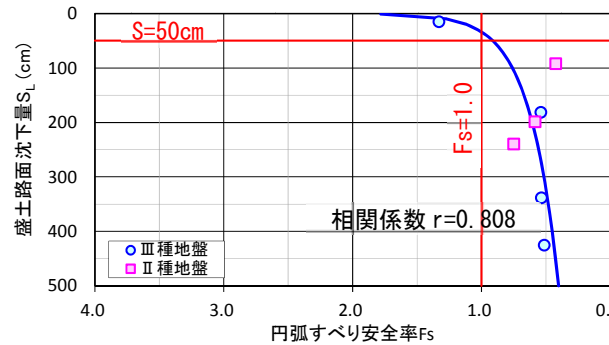


図-4 盛土路面沈下量  $S_L$  と安全率  $F_s$  の関係  
表-3 試行ケース(ケースBⅢ)の対策工規模

| 地盤改良分類       |        | 高圧噴射攪拌                                              | 静的締固め                          |
|--------------|--------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|
| 項目           | 比較工法   | 低排泥低変位<br>噴射攪拌工法                                    | 静的圧入<br>締固め工法                  |
|              | 改良対象土質 | 砂質土・粘性土                                             | 砂質土のみ                          |
| 改良後安全率 $F_s$ |        | 1.005 (OK)                                          | 0.680 (NG)                     |
| 改良仕様         | 改良率    | 20.0%                                               | 16.0%                          |
|              | 改良径    | $\phi$ 2.8m                                         | $\phi$ 0.7m                    |
|              | 配置     | ・改良幅：のり尻 10.1m<br>(=4 本直列、ラップ 0.2m)<br>・縦断配置：@11.6m | ・改良幅：のり尻 14.85m<br>・正方配置：@1.5m |
|              | 改良深度   | GL-1.5~9.95m<br>(全層改良)                              | GL-4.51~15.14m<br>(砂質土のみ改良)    |
| 工期の比数        |        | 1.00                                                | 11.93                          |
| 工事費の比数       |        | 1.00                                                | 2.64                           |