

J R北海道 正 石川修一

正 高橋光昭

## 1 はじめに

北海道では、昨年 1月15日に発生した釧路沖地震、7月12日に発生した南西沖地震と、二度にわたって甚大な地震災害を受けた。両地震による鉄道設備の被害は、釧路沖地震 441箇所、南西沖地震 144箇所、被害総額は24億円にのぼった。

被害は、建造物種別別にその変状状況に応じてグループ化ができ、盛土崩壊については、被害形態を分類し、構造形状、自然的条件等被災した内的要因を分析してそれぞれの破壊形状に適する復旧工法を標準化して工事を施工することが合理的である。今回の地震災害の盛土被害の復旧工事について、現場サイドから被害形態別に採用した復旧工法とその考え方について検討した結果を延べ、今後の地震災害に対してのすみやかな復旧対策に資するものとした。

## 2 被害の概要

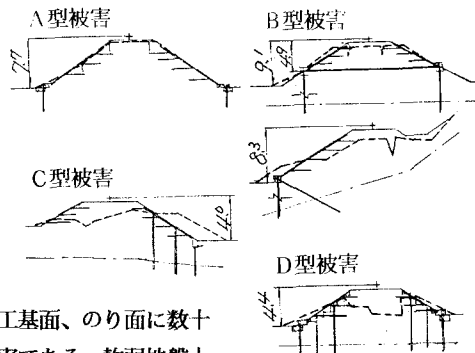
| 項 目       | 釧 路 沖 地 震                                     | 南 西 沖 地 震                                   |
|-----------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 地 震 概 要   |                                               |                                             |
| 発生日時      | 平成 5年 1月15日20時06分頃                            | 平成 5年 7月12日22時17分頃                          |
| 震源        | 北緯42° 53′ 東経 144° 22′ 深さ 103m                 | 北緯42° 47′ 東経 139° 12′ 深さ34m                 |
| 地震規模      | マグニチュード 7.8                                   | マグニチュード 7.8                                 |
| 震度        | 釧路 6、帯広、浦河、広尾 5、小樽、苫小牧、室蘭等 4、加振時間約40s(釧路)     | 奥尻島 6、江差、寿都、小樽 5、函館、倶知安、室蘭等 4、加振時間約70s(黒松内) |
| 鉄 道 被 害   |                                               |                                             |
| 被害線区      | 釧路支社管内の根室線、釧網線                                | 函館支社管内の津軽海峡線、江差線、函館線、室蘭線                    |
| 被害内容及び箇所数 | 軌道、路盤変状、築堤崩壊、橋梁変状等線路設備 247、電気設備 112、その他設備82箇所 | 軌道、路盤変状、築堤崩壊、橋梁変状等線路設備 108、電気設備15、その他設備21箇所 |

## 3 盛土被害の形態分類

盛土の破壊形態は、既に、Ⅰ型：のり面流出、Ⅱ型：盛土すべり、Ⅲ型：盛土縦割れ、Ⅳ型：盛土沈下、Ⅴ型：液状化の5形態に分類され、形態別に破壊機構の解明がなされている。今回の両地震の大規模盛土崩壊の形態を上記を基本に、復旧工法の選定を前提に照査し4形態に分類した。

A型被害（Ⅰ及びⅣ）： 施工基面及びのり面に線路方向に沿って数条の比較的浅い亀裂が走り、のり面表層厚数10cm程度の滑落、孕みだし、あるいは盛土堤体をほぼ維持しつつ概ね50cm未満の沈下が発生した被害である。盛土堤体内部と土羽部との締め固め程度差、表層の間隙水圧の上昇、盛土本体沈下が主要因であり、支持地盤（基底）破壊までには至っていないものと推定する。

B型被害（Ⅱ＋Ⅳ）： 盛土堤体が大きく沈下し、施工基面、のり面に数十cm程度の深い亀裂が生じ、軌きょうが梯子状になった被害である。軟弱地盤上に構築されている築堤盛土区間で多発していることから盛土本体の破壊以前に軟弱支持地盤が沈下または側



方流動したものと推定する。

C型被害（Ⅱ＋Ⅲ）：盛土堤体がほぼ原形をと留めないまでに側方へ流出した被害である。軟弱地盤上に構築されたルーズな締まりの盛土が大きく揺すられて支持地盤もろとも破壊され、基盤の傾斜方向に流動したものと推定する。

D型被害（Ⅲ＋Ⅳ～Ⅴ）：線路方向に沿って発生した地割れによって盛土が分断され、軌道幅部分が大きく段落した被害である。軟弱な盛土支持地盤及び盛土下層部分が間隙水圧が上昇したため急速に飽和し、支持力を失ったものと推定する。

#### 4 復旧工事

被害箇所の復旧は、今後の地震に対する耐震性、降雨災害に対する防災性、工事の経済性、施工順序等について検討した結果、まずは最優先とされる早期運転再開を目的とした応急工事を実施した。工事は、沈下、流出した盛土、路盤を切り込み砕石で埋め戻して再構築し、また、大きく変状した箇所については、押さえ盛土、シートパイル工を施工し、パラストを敷設して軌道を復元した。

つづいての復旧工事は、営業線での施工が可能な範囲で次の工法を用いた。

ア 有孔水抜きパイプ工：長さ2.75m、φ60の有孔水抜きパイプをのり面に千鳥に打ち込む工法である。この工法は、応急工事で埋め戻した切り込み砕石と旧盛土との透水性の差異から、埋め戻し部に溜まる雨水等の排水及び盛土堤体内の間隙水圧の上昇を軽減することと、弛緩したのり面表層のすべりに対するせん断抵抗を増大させることにより堤体の強度回復を図るものである。

イ ふとんかご工（レール杭）：盛土のり尻部をふとんかごに置き換える工法である。この工法は、土羽の根止め、弛緩した盛土、支持地盤の円弧すべりに対する回転抵抗及びせん断抵抗の復元、盛土下層部の排水効果によって堤体の安定を図るものである。

ウ のり面防護工：のり面を格子枠工または張り芝工で降雨等に対してのり面を防護するものであり、雨水の浸透を防止し、のり面の安定を図るものである。

エ のり面杭打工：のり面に千鳥に基盤までレール杭等を打設し、各杭頭を鋼棒で連結させる工法である。弛緩した盛土、支持地盤のすべり及び流動に対するせん断、回転抵抗を回復させることにより堤体の安定を図るものである。

オ シートパイル締切り工（アースアンカー工、タイロット工）：のり尻あるいは両斜面中腹にシートパイルを基盤まで打ち込み、頭部をアースアンカー工、タイロット工により固定し、盛土支持地盤、堤体を締め切ることにより堤体及び支持地盤のすべり、側方流動防止を図るものである。

#### 5 被害形態別復旧工法の選定

復旧工事は、被害形態別に破壊に至った主要因に対する有効性を主眼としたほか、先に述べた経済性、線区重要度、周辺原地盤とのバランス、築堤高さを考慮して築堤崩壊40箇所について次表の工法を選定して施工した。

| 形態            | A（発生割合21/40）    | B（発生割合11/40）               | C（発生割合7/40）                  | D（発生割合1/40）         |
|---------------|-----------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|
| 破壊<br>主要<br>因 | のり面表層部、盛土本体がルーズ | 軟弱支持地盤の沈下または流動             | 盛土堤体自体がルーズ<br>軟弱支持地盤の流動      | 間隙水圧の上昇による<br>支持力低下 |
| 対策<br>工法      | ア＋ウ             | ア＋ウ＋オ（H≥5m）<br>ア＋イ＋ウ（H<5m） | ア＋ウ＋オ（H≥5m）<br>ア＋イ＋ウ＋エ（H<5m） |                     |

今後の地震災害に際し、参考になれば幸いである。

終りに臨み、ご指導を頂いた鉄道総合技術研究所はじめ関係各機関、関係各位に厚く御礼申し上げます。