

災害発生土を活用した落石防護補強土壁の構築（2016.4 熊本地震 災害復旧工事）

九鉄工業株式会社 正会員 ○竹下 晃史

1. はじめに

2016年（平成28年）4月の2度の大地震と6月の豪雨によりJR九州豊肥本線は甚大な被害を受け、なかでも立野～赤水間は阿蘇大橋崩落に代表されるように他の災害に比べて大規模な被害となりました。2017年4月、本格的な復旧工事着手となり、当社は瀬田・赤水間の施工延長4.2kmの工事を担当しました。今回は様々な制約条件下における復旧工事の検討及び提案の取り組みについて紹介します。（図-1参照）



図-1 位置図

2. 災害状況及び制約条件

当社が担当した箇所の災害状況は、豊肥本線のスイッチバックの転向線分岐部とそれから約50m離れた箇所 で山体崩壊が発生し、分岐器及び分岐器前後の線路が完全に土砂で埋まった状況であった。（図-1、写真-1参照）。また、復旧工事にあたって、現場には下記の2つの施工制約条件が生じた。

- ①スイッチバック箇所 で急峻な地形であり、災害箇所（転向線）への寄付道が全くない⇒線路敷きを活用するしかない
- ②線路敷を活用したとしても、小型工事用車両しか搬入できない



写真-1 災害状況

JR線路

3. 落石対策工の検討

災害状況及び制約条件を考慮して詳細な現地踏査を実施した結果、崩壊斜面は吹付け格子砕工で復旧することで問題はないと判断した。しかし、崩壊斜面上部には多数の転石が見られること（図-2参照）から、列車運行の安全確保上、落石対策もプラスしての復旧が必須となった。落石対策工として、落石防護工と落石予防工があるが、本箇所の転石が高所に広範囲に多数存在することと、現場への寄付道がなく、線路敷きを工事用通路としての使用による資材や施工機械の現場搬入に対する制約条件を考慮した結果、落石予防工では施工が困難でかつ工事費も多大となったことから、落石防護工を選定することとした。さらに、復旧工事であり原形復旧が望ましいことから、落石対策工として、“落石防護補強土壁”及び“落石防護擁壁・柵”の2種類に絞り込んだ。

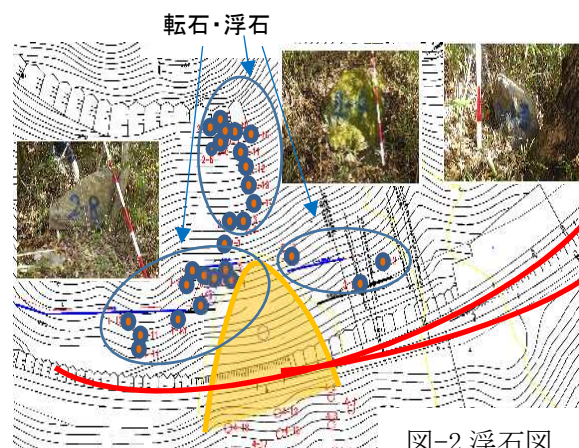


図-2 浮石図

4. 落石防護工構造の比較検討

2種類の落石防護工構造の現場適用の適否を検討した（表-1参照）。結果は落石防護補強土壁を採用し施工することとした。特に、落石防護補強土壁は材料が人力で持ち運び可能である上、当該現場の災害発生土

キーワード 災害復旧、落石止防護補強土壁

連絡先 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南6丁目3-1 九鉄工業株式会社 TEL092-475-6762

の流用ができるというメリットを最大限に活かせる構造であり、効率的な施工が実現できるということが、決定理由となった。

5. 落石防護補強土壁の設計

想定の落石の大きさを、上部にある転石・浮石の平均の大きさとして、 $D=1.35\text{m}$ □ $-1.6\times0.8\times1.0$ （条件-1）と設定し、構造シミュレーション（表-2）を行ったところ、跳躍高が3.7mで信頼度95%となった。そこで、強土壁衝撃高さを3.7mとし、構造計算を行った結果、構造として受撃体があるⅡ型の大きさが、 $h=5\text{m}$ 、 $W=4.3\text{m}$ となった。

6. 落石防護補強土壁の再検討

上部にある大径の転石・浮石を除去することで、想定落石径を小さくし、土壁の構造を縮小できないか計算を行なった。想定した落石の大きさを、1m未満 $D=0.99\text{m}$ □ $-0.6\times0.6\times0.6$ と設定し、シミュレーションを行い、計算をした結果Ⅰ型 受撃体無 $H=3.5\text{m}$ 、 $W=3.25\text{m}$ となった。（図-3、4参照）

	落石防護補強土壁	落石防護擁壁・柵
構造	軟弱な地盤にも対応可能	基礎に留意する
経済性	525,200円/m	572,000円/m
落石吸収性能	高い	低い（剛性の為）
維持管理	微小な変形は性能劣化とならない	支柱の交換が困難
施工性	現地発生土を流用できる	現場打ちコンクリートで容易
景観	緑化が可能	壁高が高いと威圧感が出る
採用	○	×

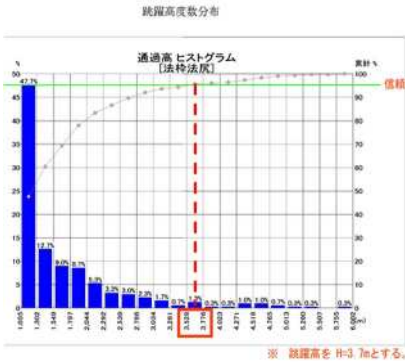


表-2

(1) 落石条件	
落石径	$D = 1.35\text{ m} \Rightarrow \square-1.6\times0.8\times1.0$ を球形に換算
落石の単位体積重量	$\gamma = 26.00\text{ kN/m}^3$
落石重量	$W = 33.30\text{ kN}$
落石落下高さ	$H = 40.00\text{ m}$
斜面角度	$\theta = 43.00\text{ 度}$
等価摩擦係数	$\mu = 0.15$
換算落下高	$H' = 33.57\text{ m}$
衝突高	$h_d = 3.70\text{ m}$
ラーメの定数	$\lambda = 530\text{ kN/m}^2$
落石エネルギー	$E = 1230\text{ kJ}$

条件-1

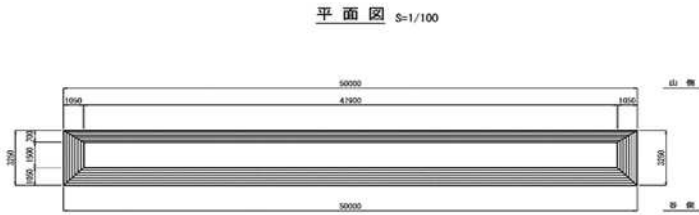


図-3 平面図

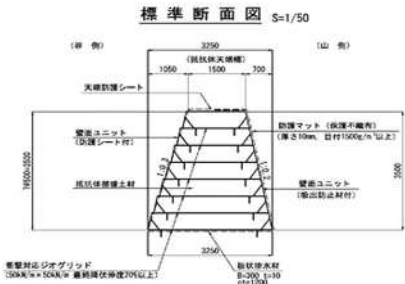


図-4 断面図

7. 施工の結果

現場の制約条件である“寄付道なし”及び“大型重機施工困難”の状況の中、ユニット材料を人力で持ち運び、発生土の流用というメリットを最大限に活かし、①整地②ユニット組立③ジオグリッド設置④植生シート設置⑤盛土・転圧の作業を繰り返し、保護シート設置し、落石止防護補強土壁を工期1.5か月で施工完了させた。

8. おわりに

2017年10月の立野駅復旧工事に着手以来、4月で2年7ヶ月になりますが、寄付き道路がない状況下で、さまざまな工夫により災害復旧の工事を実施してきました。特に落石防護補強土壁は現場の発生土を活用しての施工であり、工期短縮、工事費縮減に貢献することができました。いよいよJR豊肥本線が全線開通を迎えることができると思うと感慨ひとしおです。

