

V-21

中山法面の落石防護擁壁施工に伴う既設構造物との近接施工について

北海道開発局 札幌道路事務所

鈴木 時彦

北海道開発局 札幌道路事務所

新岡 勝彦

北海道開発局 札幌道路事務所

澤田 順一

北海道開発局 札幌道路事務所

正 員

佐藤 昌志

(株) 開発工営社

正 員

○ 青地 知也

1. 概 要

平成8年度に実施された道路防災点検の結果、一般国道230号中山法面において法面上方35m地点に重量200～300kgf程度の落石発生源が確認された。このため対策工法を比較・検討した結果、落石防護擁壁工を実施することとなった。この際、堆雪スペースや擁壁背面のポケット設置の問題から、擁壁設置位置が法面内に入るため、法面上の場所打コンクリート法枠工の一部撤去、法面掘削が必要となった。法面の場所打コンクリート法枠工の構造はせん断キー付きであるため法面が十分安定していると判断し、これを残して擁壁の床堀を施工した。この際、法面岩体の風化・変質が激しく、せん断キーの効果が減退し法面全体が不安定になっている可能性があるため、FEMにより解析し迅速に対策を行った。

2. 現況法面構造と掘削方法の検討

現況法面構造には図-1のように、変質安山岩の地山にせん断キー付きの場所打コンクリート法枠工が施工されている。枠内は小径の礫で充填され、この礫が浮石状になっている。この法枠工は地山が風化作用により膨張性を示しせん断抵抗が低下する地質で構成されており、小崩壊を繰り返すことからその対策として法枠・中詰土の重量で法面を押さえ、安定させるために施工されたものである。

この法枠工を落石防護擁壁設置のため一部撤去し、掘削しなければならない。法尻を掘削することによって今まで押さえられていた応力が解放されるため、法面が不安定になることが予想される。しかし、図-2に示すように枠底面に設けられているせん断キーにより、せん断抵抗が増加しているため法面全体の安全性には問題が無いと判断した。

このせん断キーの効果を活用するため最下端のせん断キーを残して掘削し、基礎工の代替えとして活用した。しかし、地山の変質安山岩が予想以上に激しく風化・変質しているため、せん断キーの効果が減退している可能性が考えられる。そこで地山及び、場所打コンクリート法枠工の安定性を検証するとともに、対策工法について検討し、施工した。

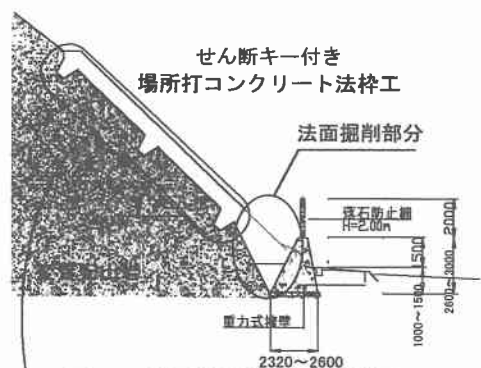


図-1 落石防護擁壁と法面状況

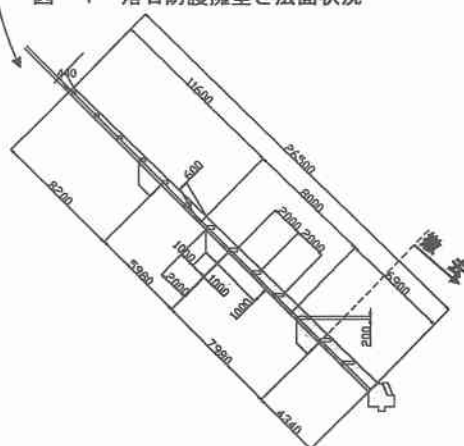


図-2 場所打コンクリート法枠工詳細図

Report to construction work of retaining wall for falling stone crossed to existing structure at Nakayama.
by Tokihiko SUZUKI Katsuhiko NIIOKA Junichi SAWADA Masashi SATO Tomoya AOCHI

3. 解析方法および、解析結果

工場所打コンクリート法枠をカットした断面の斜面安定性を検討するため2次元FEM解析を行った。

FEM解析の利点は、弾性係数、単位体積重量、粘着力、内部摩擦角、引張強度等の岩体や土の基本的な物性値を適切に入力しモデル化を行うことにより、変位量、主応力の流れ、安全率などの情報を可視化して得られることにある。また、近年のコンピューターの発達により計算時間も短くなり、今回のような法面の解析を迅速に処理できることである。

図-3のように地山を安山岩新鮮部、安山岩風化部、場所打コンクリート法枠工の3つに分けFEMでモデル化した。ただし地山が風化・変質が激しく、かぶりも少ないことから最下端のせん断キーと地山との間に、せん断抵抗力を見込めないため、安全側としてこれを省略しモデル化した。また場所打コンクリート法枠工と地山の間には接触境界面を設定し、弱面強度以上の応力が働いたときに節点が滑動するように設定した。入力物性値はボーリングデータ等を参考に表-1に示すような値を設定した。

次に解析結果を示す。図-4に場所打コンクリート法枠部の変位を示す。また図-5には地山の安全率を示しており、主応力と引張強度の比をとったものである。この値が1以下であると不安定だと判断できる。場所打コンクリート法枠工下側の安山岩風化部が0付近の値を示していることから、法面の強度が不足しており、不安定な状態になっていると判断できる。この原因としては場所打コンクリート法枠工の下層の安山岩の風化・変質が激しく最下端のせん断キーの効果が見込めないために安山岩風化部が場所打コンクリート法枠工の重みと自重により図-4のように斜面を滑る方向に変形し、引張力が発生したためである。

表-1 入力物性値

	単位	安山岩新鮮部	安山岩風化部	コンクリート
弾性係数	tf/m ³	100000	10000	2350000
ポアソン比	—	0.3	0.35	0.16
単位重量	tf/m ³	2.5	2.3	2.5
粘着力	tf/m ²	55	30	100
内部摩擦角	°	20	20	45

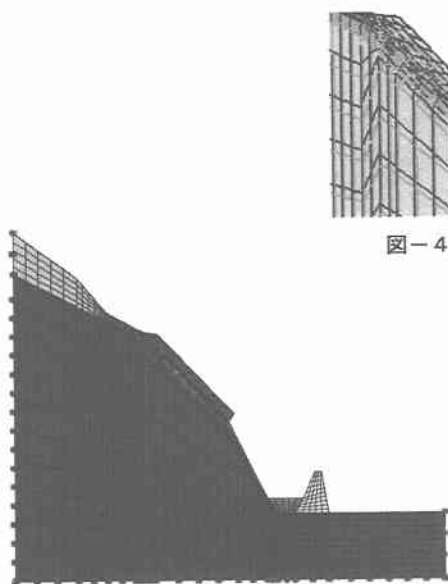


図-3 解析モデル図

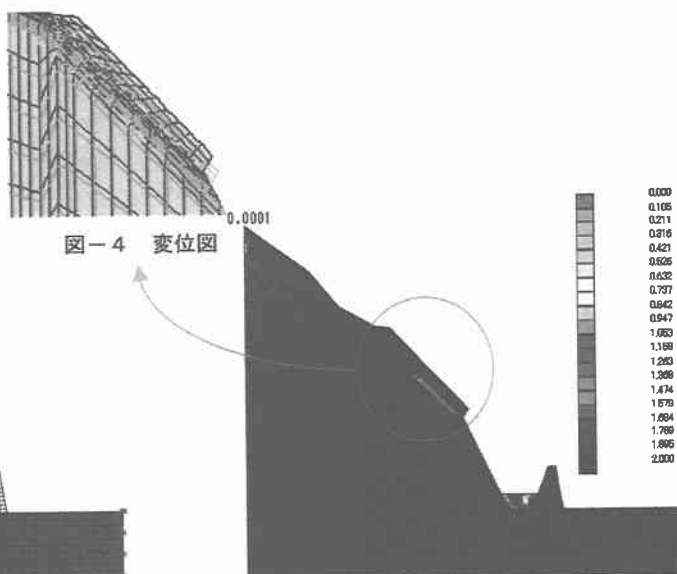


図-4 変位図

図-5 安全率色分け図

4. 対策工法

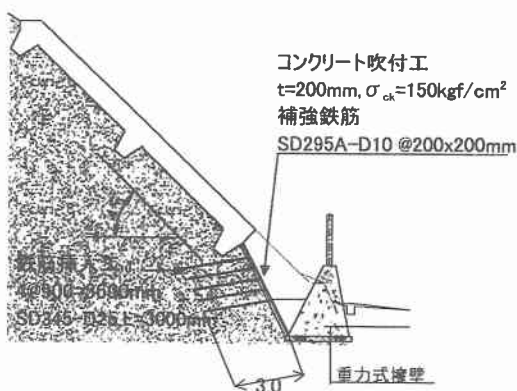
図－6に示すように法枠下面と最下端せん断キーによるせん断抵抗を最大限に活用するため、掘削した法面に鉄筋挿入工を用いて地山のせん断抵抗を補強し、この部分全体が基礎工の代替となるようにした。この際、表面の風化・変質を考慮しコンクリート吹付工を施工後、植生土のうを設置した。

鉄筋挿入工の設計荷重は表－2に示すように場所打コンクリート法枠工上方までの土塊全体を受け持つように考えた。また計画安全率を1.2とし、これを満たすことを目的とした。地山の極限週面摩擦力は地質調査結果より安山岩風化部で $\tau_{pi}=5.0\text{kg/cm}^2$ 、安山岩新鮮部で $\tau_{p2}=8.0\text{kg/cm}^2$ として設計を行った。

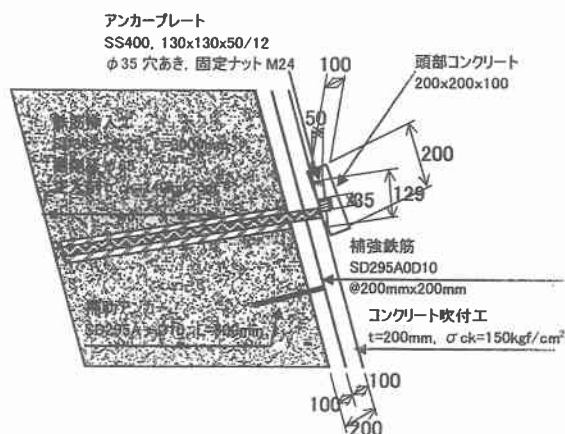
鉄筋挿入工の長さは3m、SD345のD25を用いる。配置間隔は高さ方向に900mmピッチで5段、奥行き方向に900mm間隔で配置した。

表面には地山の風化・変質防止のためにコンクリート吹付工を施工しているが、これは鉄筋挿入工の受圧版であり、また落石の衝撃に対して抵抗する役割も果たしている。このため吹付厚は200mmとし、ひび割れ防止のために補強鉄筋としてSD295A-D10を200mmピッチで格子状に配置している。

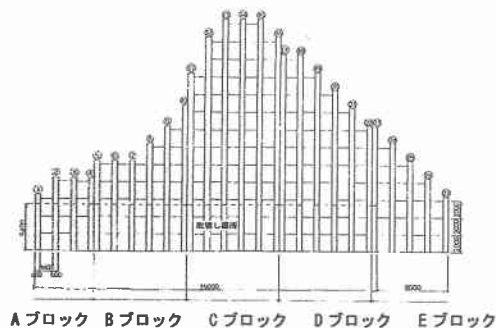
このような条件を用いて図－8に示す法枠展開図のようにせん断キーの数により分類し、代表的な断面を抽出した各断面、4断面6カ所に分けて設計計算を行う。



図－6 鉄筋挿入工による対策工



図－7 鉄筋挿入工詳細図



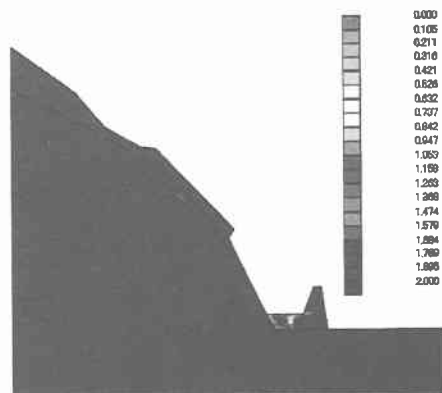
図－8 法枠展開図

表－2 法面对策工の設計荷重

奥行き 1m 当たり		単位
土塊面積	A=30	m ²
滑り面の長さ	L=30	m
滑り面が平面となす角	θ=45	度
法面と平面となす角	α=63.4	度
土の単位体積重量	γ=2.00	tf/m
土の粘着力	c=0.0	kgf/cm ²
土の内部摩擦角	φ=30	度

表－3 法面对策工の設計荷重

断面	活動力(tf)	抵抗力(tf)	安全率
Aブロック (全体)	16.97	21.25	1.25
Bブロック (全体)	47.43	59.82	1.26
Cブロック (全体)	133.45	222.46	1.67
Dブロック (全体)	99.74	172.74	1.73
Cブロック (中段)	70.29	124.74	1.77
Dブロック (中段)	72.29	125.33	1.73



図－9 対策後の安全率

5. 対策後の解析結果

表－3に示すように安全率はどの箇所においても、1.2 以上を確保している。また、図－9に示す安全率の色分図をみても、対策前は0付近であった安全率が大きく改善され、法面全体が安定していることが確認できる。

これは対策工によって場所打コンクリート法枠工下端の鉄筋挿入工部分がせん断補強されたために基礎工と同等の働きを示すことにより、最下端のせん断キーの効果が発揮され、法枠のせん断抵抗が最大限に生かせるようになったためである。このことから、今回行った対策工法によって、法面の安全性が確保されるようになったことが確認できた。

5. まとめ

法面における安定問題を解析2次元FEM解析を用いて解析を行った。これにより地山の応力状態を把握でき、これから安全率を求めることによって地山の安定性の評価を可視化して行うことが出来た。

FEM解析の結果を用いることによって地山の評価が迅速に出来たため対策工の検討・対策効果の評価・施工を速やかに行うことが出来た。このことから今回の中山法面の安定問題において、2次元FEMによる解析は非常に有効な手段となった。今後も、適切な解析を行い迅速な対応が出来るよう努力したい。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，S58
- 2) 北海道開発技術センター：道路防災工調査設計要領（案），p57，H2
- 3) 北海道開発局：道路工事設計施工要領，H6
- 4) 日本道路協会：道路土工のり面工・斜面安定工指針，S61
- 5) 春海，大槻：有限要素法入門，1996.