

中央構造線沿いの断層破砕帯の法面对策工について

日本道路公団西条工事事務所 ○長尾 哲
日本道路公団西条工事事務所 知手 豊
日本道路公団高松建設局 藤本繁雄

1. はじめに

四国縦貫自動車道（松山自動車道）土居～西条間21.9Kmは、我が国における最大の活断層である中央構造線に沿って現在建設が行われている。この構造線は、北は長野県諏訪湖あたりに源を発し、静岡県紀伊半島を経て四国に至り、徳島県では吉野川に沿い、愛媛県では川之江市、新居浜市、西条市、八幡浜市を経て九州の八代市に至る総延長が900Kmを超える大断層である。このため、中央構造線に近い地山は断層運動の結果破砕されており、地すべりやのり面崩壊が数多く見られるという特徴がある。

そこで今回は四国縦貫自動車道の建設に際し、断層破砕帯における橋梁下部工のための掘削あるいは自然斜面の切土に際し、のり面崩壊が多くの箇所が発生し鉄筋補強土工法を中心とするのり面对策工を数多く行ったので、それらの結果について発表するものである。

2. 中央構造線沿いの断層破砕帯

中央構造線は内帯の領家帯と外帯の三波川帯とを二分する地質構造上の大境界線である。この狭義の中央構造線に沿って古生代に起源を持つ三波川結晶片岩類と中生代白亜紀に起源を持つ和泉層群とが接しているが、この狭義の構造線の他に、これに平行ないし雁行状に並走する断層群があり、これらをまとめ広義の中央構造線と呼んでいる。

さて、四国中部より東側の地域では、狭義の中央構造線に沿い、幅100m以上におよぶ断層破砕帯が伴われることもあることが知られている。和泉層群は砂岩・頁岩を主体とする地層であり、三波川結晶片岩よりは破断を受けやすい脆性の岩質を持つことと、地層の走向傾斜が北側の和泉層群側へ向かっていることが多いため、和泉層群側における断層破砕帯や断層粘土の分布する破砕帯の幅は全般的にかなり広く幅数10m以上にわたり堆積構造のわからなくなった部分が伴われることもあるのに反し、結晶片岩側の破砕帯の幅は和泉層群側のそれに対し狭いことが知られている（岡田1973）。これらの断層破砕帯はいたる所で見ることができ、橋梁の下部工掘削工事あるいはブロック積等の構造物掘削時に、断層破砕帯ののり面が多くの箇所では崩壊した。

さて、四国縦貫自動車道土居～西条間のルート選定にあたり、当区間と隣接する既供用区間の三島川之江～土居間（伊予三島工事事務所で施工、昭和60年3月供用）の建設時に、中央構造線の断層破砕帯に起因するのり面崩壊、地すべり対策あるいはトンネルの変状などで工事が相当難行したため、当区間においては中心線の決定にあたり調査杭方式を採用した。その結果、地すべり地区を横過する箇所では、縦断線形や平面線形を見直し、できる限り切土量をおさえたり、一部道路構造を見直した結果、地すべり対策費の大幅な軽減が可能となった。それにもかかわらず、断層破砕帯部における切土のり面や構造物掘削時の安定性の予知が難しいため、のり面崩壊が多くの箇所が発生する結果となった。

3. のり面对策工について

前述のように、断層破砕帯部は事前の調査がよほど十分に行なわれない限り、構造物下部工のための掘削やブロック積工のための掘削、あるいはのり面切土時の斜面の崩壊予測をすることが難しい。そのため、のり面に変状が生じた時、すみやかに地山の安定化をはかり、大規模なり面崩壊を防ぐことが必要となる。

今回、土居～西条間の構造物掘削やのり面の切土で特に問題となったのは、三波川結晶片岩類に属する黒色片岩であった。この岩の破砕部分（風化部）は、片理の発達が著しく、薄い板状に割れやすい性質を持っているため、N値は大きいもののバネ定数が小さいという性質があり、のり面が崩壊しやすくなっている。そのため、流れ盤の地山で層厚1～2m程度の崩壊が多く発生した。

さて、安江・大久保は急傾斜地崩壊の実態調査を行い、崩壊高さ、崩壊面の傾斜角度、崩壊の幅、崩壊の厚さについてのとりまとめを行った。それによると、崩壊の厚さが0.5～2.4mの範囲のものは、全体の約75%に達することが調べられている。そして、このような規模のり面崩壊に対しては、鉄筋補強土工法が有効な工法であることが調べられている（北村ら1987）。この工法は、レッグハンマードリルあるいはクローラードリルにより削孔を行い、鉄筋類を挿入し、グラウトをした後、頭部プレートにより地山との密着をよくしながら地山を補強し、最後に吹付けコンクリートにより地山全体の安定化をはかる工法である。クローラードリルによる削孔状況を示したものが写真-1である。

この工法を採用した現場は、崩壊規模が数100㎡程度まで、すべり層厚が1～2m程度の崩壊箇所であり、これ以上の規模の崩壊に対しては地すべり対策工の検討を別途行った。さて、今回の鉄筋補強土工法の実施にあたり、補強材を考慮に入れたすべり安定解析を実施したが、その際の安定解析上の諸定数等は、以下の通りである。

- 1) 仮設のり面の計画安全率は $F_s = 1.1 \sim 1.15$ 、永久のり面については $F_s = 1.20 \sim 1.25$ とする。
- 2) すべり層厚から判断して、鉄筋長は3～4mとする。
- 3) すべり安定解析より求められる必要鉄筋本数をのり面に設置するものとし、2～4㎡に1本の設置間隔とする。なお、破砕部分の目視により、危険箇所には鉄筋の増打ちを行う。
- 4) 崩壊部分の土砂化した破砕帯部分については三波川変成岩の破砕した砂質土的な性質のものと考え $C = 0.6 \text{ tf/㎡}$ 、 $\phi = 24^\circ$ 、強風化部分についてはD～CL級の岩と考え $C = 0 \text{ tf/㎡}$ 、 $\phi = 35^\circ$ 、弱風化部分についてはCH級の岩であると考え $C = 5.0 \text{ tf/㎡}$ 、 $\phi = 40^\circ$ とした。また、アンカーの周面摩擦抵抗としてはそれぞれを 0.6 tf/㎡ 、 2.5 tf/㎡ 、 8.0 tf/㎡ として安定解析を行った。

4. 結論

今回の断層破砕帯部の小規模～中規模ののり面对策工にあたり、鉄筋補強土工法を多くの崩壊斜面で採用した結果、以下の点が明らかとなった。

- 1) 断層破砕帯部の地山は断層運動の結果かなり砕砕されているため、地山掘削時に崩壊を起しやすい。その際すべり面の深さが2m程度までの崩壊に対しては、鉄筋類により地山を補強し、のり表面を吹付けコンクリートで保護すれば、仮設・本設を問わずのり面の安定化がはかれる。なお、規模の大きいのり面崩壊に対しては破砕帯の規模により対策工に違いが生じるが、原則的には通常の地すべり対策工が必要である。
- 2) 従来は、レッグハンマードリル等では礫混り粘性土等における削孔の施工性が問題となっていたが小型のクローラードリルを使用すれば、足場の問題もあまりなく、削孔、鉄筋の設置、グラウトといった一連の作業が効率的に実施できることが判明した。

参考文献

北村照喜，長尾哲，奥原正由，斉藤孝夫，（1987）『鉄筋補強土工法の斜面安定への適用と設計法に関する考え方について』土木学会論文集，No. 385/VI-7，PP79～87

岡田篤正，（1973），『中央構造線の第四紀断層運動について』杉山隆二編，中央構造線，東海大学出版会，PP49～85

安江朝光，大久保駿，（1974）『急傾斜地崩壊による災害の実態』地すべり，Vol. 10，No. 3，PP42～47

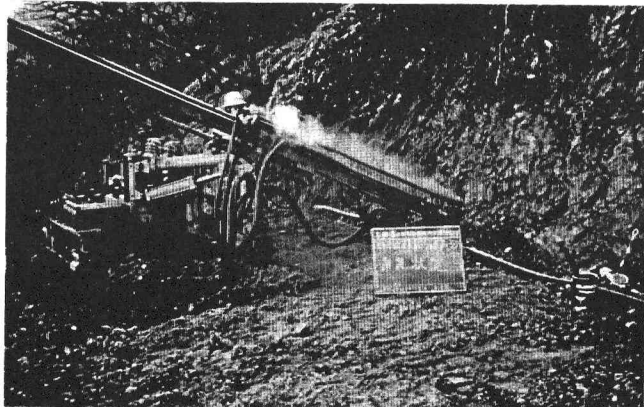


写真-1

クローラードリルによる崩壊のり面への削孔状況