

高速道路における切土構造物の変化・変遷

Historical Changes of Cut Slope Technologies of Expressway

天 野 淨 行 (あまの きよゆき)

中日本高速道路㈱中央研究所 道路研究部 土工研究室

浜 崎 智 洋 (はまさき ともひろ)

中日本高速道路㈱中央研究所 道路研究部 土工研究室主任

大 窪 克 己 (おおくぼ かつみ)

中日本高速道路㈱中央研究所 道路研究部 土工研究室室長

1. はじめに

名神高速道路の尼崎～栗東間が開通したのが、昭和38年7月のことである。我が国の高速道路の歴史が始まって約45年経過したことになる。道路土工は名神高速道路建設以来、土質工学の現場への適用および現場における新しい知識の発見と活用を行いながら、日本の国土に適応した現在の土工技術を日本道路公団は、築いてきた。

切土に関していえば、「切土」の設計・施工は、多分に経験によるところが多い。なぜなら、自然地山は地質構造や地形条件が不均一であり、かつ複雑であるからである。よって、切土技術は、過去の施工実績と土質地質調査で得られた諸定数との関係で明らかにされてきた。この考え方は現在の切土法面の安定性を検討するうえで、重要な基礎をなしているといえる。

また、近年、高速道路では、切土法面の長大化、崩壊性地山等の不良地質、あるいは地すべり地帯との遭遇など不安定法面に対し、切土補強土工やグラウンドアンカー工などによる対策工が多く採用されている。

本稿では、切土構造物における変化・変遷について大きく名神高速道路～昭和63年頃までの昭和時代、それ以降の平成時代と二つの時代に分けて技術の変遷を述べる。

2. 昭和時代

名神高速道路はいうまでもなく我が国の道路技術史上の未経験な問題に対して、短期間のうちに衆知を集め、積極的に新技術の導入・開発をはかった時期であり、この段階で現在にいたる技術の礎が確立されている。

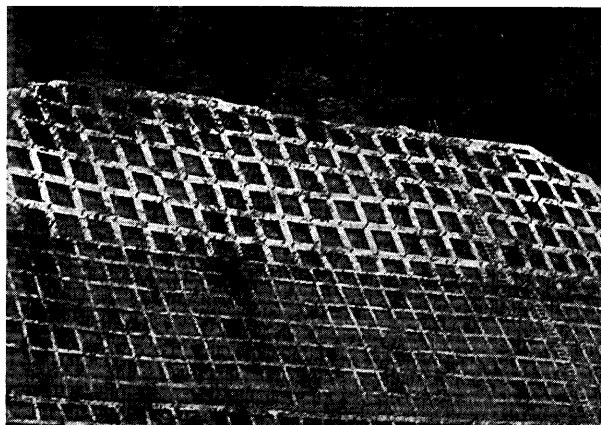
2.1 のり面勾配と法面保護工

名神高速道路の法面勾配は、昭和31年に作成された「道路土工指針」を目安に「名神高速道路設計要領：日本道路公団（S36.8）」（表—1 参照）で決定されている。当時はまだ大規模のり面に対する経験が乏しく、すべてが試行錯誤の時代であった。

法面保護工は、名神高速道路において、美観や経済性の面から、植生によることが原則とされた。この思想は、現代でも受け継がれている。当時の植生工は、張芝や筋芝が採用されていたが、法面数が多くなったことから、

表—1 名神高速道路の標準のり面勾配（切土）

地山の土質	状 態	切土高 (m)	勾 配
花崗岩・石英斑岩	良好なもの		1 : 0.2
	風化したもの又は割れ目の多いもの		1 : 0.5
	良好なもの		1 : 0.3
砂岩	良好なもの		1 : 0.3
	風化したもの又は割れ目の多いもの		1 : 0.8
粘板岩・頁岩	良好なもの		1 : 0.8
	風化したもの		1 : 1.2
砂利又は岩塊まじり砂質土	密実なもの又は粒度のよいもの	10 以下	1 : 1.1
		10～15	1 : 1.2
	密実なもの又は粒度の悪いもの	10 以下	1 : 1.2
		10～15	1 : 1.5
砂質土	密実なもの	5 以下	1 : 1.0
		5～10	1 : 1.2
	密実でないもの	5 以下	1 : 1.2
		5～10	1 : 1.5



写真—1 のり枠とグラウンドアンカー工

施工速度や芝の供給に問題が生じたため、機械施工による急速緑化工法として、種吹付工が採用された。

東名・中央高速道路では、名神高速道路に比べて山岳部の建設が多く、切土・盛土の高さが高くなり、また、地形的制約や用地費の関係から比較的急な法面勾配が採用されるようになった。このため、斜面の安定対策としても現場打ちのり枠工、グラウンドアンカー工（写真—1 参照）、コンクリート吹付工等といった各種の工法が用いられるようになった。特に、土圧を考慮しないコンクリートとモルタル吹付工は、中央道で初めて全面的に採用されている。

東名・中央道の建設が進むにつれて、各地で法面崩壊

が多発するようになった。そこで、各地の崩壊法面の実態を調査し、その地質、土質的要因を分析し、経験的に求めたのり面勾配の標準値を示した（表－2 参照）。この当時の技術は、「経験集約型」であり、その集約結果は、昭和45年に制定された日本道路公団設計要領に反映されている。

その後、高速道路が全国へ展開していったことに伴い、斜面の規模や高さも大きくなり、斜面安定に対する技術の必要性が高まっていった。この時代から、名神・東名にはなかった大規模な地すべりや特殊土対策、地震、その他の災害対策が行われるようになった。その代表的なものとして、西名阪国分地区の地すべり、シラス法面对策、伊豆半島沖・大分中部地震、東伊豆の落石事故等があげられる。

昭和50年以降、高速道路の建設主体が横断道に移り、本格的な山岳道路の時代を迎えた。切土構造物の研究課題もローコスト化が求められ、長大切土のり面对策や切土補強土工法の適用などの検討が行われた。また、高速道路の開通も相ついで行われ、維持管理が大きなウエイトを占めるようになり、法面の防災対策、老朽化対策、復旧技術等の検討が行われた。更にこれまでの調査や事例収集などから、蛇紋岩・膨張性岩・崩積土・断層破砕帯等の特殊な地質に対する適正なり面勾配の設計指標を示したり、崩壊切土法面の復旧対策の集大成を行ったのもこの時期である。

2.2 地すべり対策

地すべりに関しては、昭和49～59年度にかけて、地すべり地の判定法・調査法・評価等の研究を行った。これらに続いて、地すべり対策工の設計・施工に関する研究を行っている。この中で動態観測施工の考え方、実施方法を明らかにするとともに、調査・設計、施工、維持

管理の各段階における管理基準値を提案した。

例えば、地すべり対策の計画安全率は、過去の地すべり箇所を対象に、復旧対策事例の実態を把握するとともに、その後の変状状況を加味して設定している²⁾。

3. 平成時代

この間の技術の進展の背景としては、

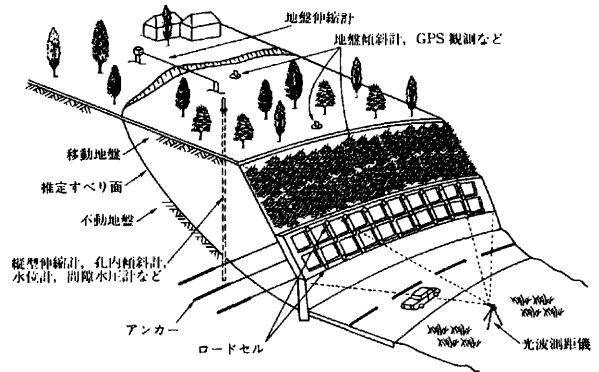
- ① 第二東名・名神の建設が具体化し、本格的に設計・施工が始まったこと。
- ② 経済情勢の悪化に伴い公共事業の効率化・コスト削減が求められたこと
- ③ 環境保全への要求が高まったこと
- ④ 維持管理への比重が更に増大したこと
- ⑤ 豪雨・地震など自然災害が多発し防災への関心が高まったこと

などがあげられる。この間に開発された土工技術や得られた知見は、順次、高速道路の建設や管理に反映されている。

3.1 地すべり・土石流

高速道路建設は山岳部が主体となり、東北から北陸、長野にかけての新第三紀層の地すべりや四国などの中央構造線沿いの変成岩の地すべりなどの地すべり地域を通過することが多くなり、施工時の地すべり対策工に苦慮するようになった。

地すべり対策としては、計測技術の発達と必要性から積極的に計測管理が行われるようになり、建設時に置いて設置した計測機器を維持管理に引継ぎ地すべりの挙動を監視するということが可能となった（図－1 参照）。



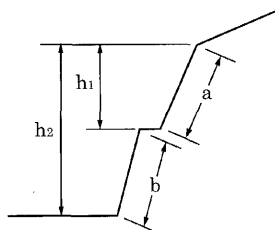
図－1 観測システム図（参考文献³⁾より抜粋）



写真－2 舞鶴自動車道土石流災害

表－2 標準法面勾配（切土）

地 山 の 土 質		高 さ	勾 配
硬岩			1:0.3～1:0.8
軟岩			1:0.5～1:1.2
砂			1:1.5～
砂質土	密実なもの	5m以下	1:0.8～1:1.0
		5～10m	1:1.0～1:1.2
	密実でないもの	5m以下	1:1.0～1:1.2
		5～10m	1:1.2～1:1.5
砂または岩塊まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布の良いもの	10m以下	1:0.8～1:1.0
		10～15m	1:1.0～1:1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1:1.2～1:1.5
		10～15m	1:1.2～1:1.5
粘土および粘性土		0～10m	1:0.8～1:1.2
岩塊または玉石まじり粘性土		5m以下	1:1.0～1:1.2
		5～10m	1:1.2～1:1.5



h_1 : a のり面の勾配は切土高 h_1 により決める
 h_2 : b のり面の勾配は切土高 h_2 により決める

論 説

また、土石流対策では、平成8年8月の舞鶴自動車道の土石流災害(写真—2参照)を契機に、土石流対策に関する調査・計画・設計といった技術的な内容のほかに、地元協力を求める場合の協議のあり方や施設の移管における留意事項等について検討を行ってきた。

3.2 切土のり面追跡調査

切土法面は時間の経過とともに、風化により強度を失って不安定化し、供用中の道路で崩壊が生じ、交通に障害を与える可能性がある。切土法面の崩壊は、降雨・融雪などによる誘因によって引き起こされる場合が多いが、崩壊を起こす法面は、既にそれなりの崩壊性要因である素因を有している。風化により法面の強度が失われていくのも、この崩壊性の要因の一つである。このため、切土法面の長期安定性を検討するために、東名高速道路の切土法面31地区(90法面)を選び、同じ測定方法を用いて、風化の進行の実態を追跡している。追跡調査は現在でも10年間隔で実施しており、法面保護工の経年的な風化状況の把握に努めている。

3.3 長大切土のり面の縮小化

山岳部の道路や第二東名・名神高速道路等では、これまでにない切土高さ50m以上となる大規模な切土のり面が計画された。このような長大切土は、良好な風景を大きく変えることになり、地域の環境および景観に大きな影響を与える。また、切土法面積が大きいため、走行車両に圧迫感を与え、快適な走行空間を阻害するといった影響も与えかねない。よって、法面の安定工法や土留め等の構造物を用いることにより、長大切土法面をできる限り縮小化する工法が採用された。また、景観においてもランドスケープデザイン(工学技術をバックボーンに、地形、気候、風土、植生などの地域のすべての条件を考慮して環境と景観の整備水準と整備の考え方を定め、そのうえで「望ましい風景」を描くという手法)の視点で切土法面を捉え、環境保全と景観に配慮している。このように、土工技術と緑化技術を統合化した設計・施工の考え方が取り入れられた。

3.4 グラウンドアンカー工

グラウンドアンカー工は、近年、削孔技術や施工技術の進歩とともに広く用いられるようになった。高速道路においては、地すべりの抑止工としてはじめてグラウンドアンカーを採用してから約40年になる。しかしながら、アンカー工に関しては技術的に未解明な部分や標準化に不十分な点が有ったり、鋼材の腐食などにより長期的な耐久性が確保できないアンカーもみられた。そこで、昭和63年以降、二重防食の考え方を取り入れた新しいタイプのアンカーを採用し始めた。しかし、これらのアンカーについても、施工後10年以上経過しており、追跡調査などを行い、耐久性の検証を行っていく必要がある。また、グラウンドアンカーは、永久構造物としながらも、荷重計測を実施するなど維持管理が重要な課題となっている。

3.5 切土補強土工法

切土法面の縮小化工法の一つに、切土補強土工法があ

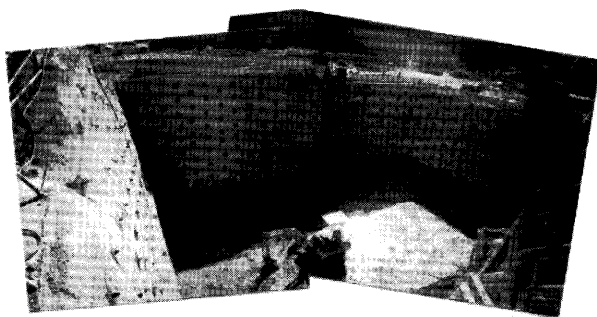
る。この工法は、ここ10年間で急速に発展した工法であり、古くは差し筋工法などと呼ばれ、経験的に採用されていた工法である。山岳部などにおいて、長大切土法面の縮小化のため、当工法を用いた急勾配掘削の適用を目指した研究が平成4年ごろから始まり、模型実験、実物大実験(写真—3参照)、試験施工、長期安定性調査等を行った。これらにより得られた知見は、参考文献⁴⁾に反映されている。

3.6 竹割り型土留め工法

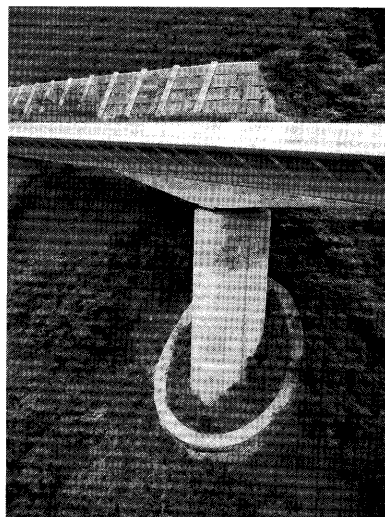
第二東名等の山間部における急傾斜地の構造物掘削が多く計画されていた。そこで、掘削範囲を最小限に抑え、工期短縮や工事費の低減を図るとともに、自然環境に与える影響も小さい竹割り型土留め工法が開発され採用を始めた(写真—4参照)。

一般的に、斜面上に構造物を構築する場合、斜面を掘削して支持地盤の確保や施工に必要な平場を確保するため、急傾斜地では、掘削範囲が広範囲となり、地山の緩み、自然環境に与える負荷も大きくなる。

当工法は、これまでの既存の技術(切土補強土工法や吹付けコンクリート)を集積性することで、傾斜地の傾斜なりに、リング状の鉄筋コンクリート壁を構築し、その内側を地山に多数挿入した鉄筋などによる補強材と吹付けコンクリートによる切土法面の安定性を高めながら垂直に掘削するもので、急峻地形における構造物掘削として採用されている。



写真—3 切土補強土工法試験施工



写真—4 竹割り型土留め工法

4. おわりに

現在の高速道路は、供用延長が7 000 kmを超え、管理延長の増大とともに切土の老朽化が進み、維持管理の重要性はますます高まっている。また、近年、異常降雨が原因と思われる法面災害が発生している。法面災害が発生すると、人的な被害を回避することはもちろんのこと、交通閉鎖・災害復旧が必要となり、経済的な損失が大きくなるばかりか、お客様サービスの低下も招くことになる。しかし、限りある予算をどう使っていくか、最小の投資金額で最大の対策効果を生むというライフサイクルコスト的な考え方も導入していく必要があると考える。

さらに、法面災害に関しては、管理している用地外からの災害に見舞われる事例⁵⁾もある。今後、用地外からの災害についても、注意していく必要がある。

参 考 文 献

- 1) 日本道路公団：設計要領第一集 土工編，2006.
- 2) 羽根田・緒方：地すべり対策の実態と復旧安全率について，試験所報告，日本道路公団，pp. 34～40, 1986.
- 3) 鈔地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（JGS4101-2000）.
- 4) 日本道路公団：切土補強土工法設計・施工指針，2002.
- 5) 天野・松山・足立：高速道路における点検と維持管理，土と基礎，Vol. 54, No. 6, pp. 59～66, 2006.

（原稿受理 2006.7.6）