

のり面防護工と石積壁

太田 直之(防災技術研究部 地盤防災 主任研究員)

はじめに

国土の多くを山間地が占める我が国では、鉄道、道路、住宅などを作る場合に、少なからず斜面を切土あるいは盛土して平坦な土地を造る必要があります。土木の世界では、このような土地の造成によって人工的につくられた斜面を「のり面」とよび、自然斜面と区別しています。土木技術者にとってはなじみのある言葉ですが、漢字で書かれた「法面」という語句を見て、「ホウメン?」と首をかしげた経験のある方も多いのではないのでしょうか。

このような、一般的にはあまりなじみのないのり面を護ることが防災上とても重要な課題と考えて、古くから現在に至るまで多くの研究開発が進められています。

鉄道創生期から施工されているのり面防護

人工的に作られたままののり面は、土がむき出しの状態になっています。むき出しの状態の土に雨や風が当たるとその表面が徐々に侵食され、場合によっては表層が崩れることが考えられます。このようなのり面のすぐ近くに鉄道があれば、崩壊した土に列車が乗り上げるなどという重大な災害に至ることが懸念されます。そこで、むき出しののり面の表面が、雨や風などによって不安定化することを防ぐためにのり面の防護が必要と考えられ、その対策工として様々な「のり面防護工」が施工されてきました。

我が国の鉄道では、その創生期からのり面防護の考え方が取り入れられています。その一例として、大正初期の鉄道工事の示方書¹⁾の記述を以下に示します。

盛り土ノ斜面ハ芝ノ生長ニ適スル土ヲ混用シ踏締メ約法高一呎毎ニ巾四吋ノ切芝ヲ平ニ連続シテ敷込ミ土羽ヲ施スヘシ・・・中略・・・切取斜面ハ草ノ生長ニ適スル個所ニハ適当ノ時期ニ於テ一面ニ切芝ヲ竹木串又ハ鉄釘ヲ用キテ張詰ムヘシ但シ筋芝及張芝ハ野面石若ハ割石張ヲ代用スルコトヲ得
(文献¹⁾中に示される土工其ノ他工事示方書標準 大正六年)

この文献から、当時ののり面防護工として主に芝が用いられていたことがわかります。芝はのり面上を覆うように生育し、節毎に多くのひげ根を土中に張るため、表層の保護に効果的な植物であると考えられています。また、温暖化防止の効果が有り、環境に配慮した工法としても注目され、今日でも多くののり面で活用されています(図1)。

また、のり面工とは別に、のり面防護の機能を有する構造物として土留め壁があります。その中でも張芝と同様に古くから用いられてきた工法として図2のような石積壁があります。切土のり面に施工された石積壁は、地山表面の侵食を防止するとともに表層の小崩壊を押さえる機能を有しており、多くののり面で施工されてきました。

石積壁の地震時安定性に関する研究

石積壁は、今も鉄道沿線で数多く見ることができますが、ひとつひとつの石がブロックのように積み上げられて造られていることから、石積み自体が地震時にばらばらになって崩れてしまうことが懸念されていました。そこで、石積壁の地震時安定性の評価手法を開発するとともに、石積壁の地震時変形メカニズムを考慮した耐震補強工の開発に取り組みました。

構造の実態

研究開発を進めるにあたっては、古い時代に造られた石積壁がどのようにして造られているのか、その実態を知る



図1 盛土のり面に施工された植生工



図2 切土のり面に施工された石積壁

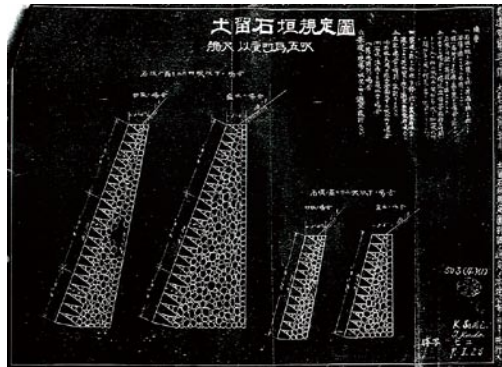


図3 大正期の石積壁標準図
左から、高い切土、高い盛土、低い切土、低い盛土の場合の石積壁。条件によって構造が異なる



図4 実物石積壁を用いた試験施工
(石積みの景観を維持した補強)

必要があります。一方、鉄道沿線で新たに石積壁が造られることが近年ほとんどなくなってしまったため、最近の示方書等には石積壁の構造や施工法に関する記述はありません。石積壁は、身近に多くあるわりには不明な部分が多い構造物であることが研究の発端で明らかになりました。そこで、実物の石積壁を調査するとともに、石積壁が最も多く造られたと考えられる大正から昭和初期の資料を収集し、構造や施工法を明らかにしました。

実物石積壁の調査では、首都圏近郊の石積壁を踏査するとともに、石積壁の改修の噂を聞いた場合には、鉄道沿線にこだわらず出掛けて行って施工の状態などを観察しました。また、鳥取県西部地震で倒壊した石積壁に使われていた石材を入手し、使用されていた石の形状や寸法などを明らかにしました。これらの踏査で集めた様々な石積壁の写真は400枚を超えました。

また、資料調査では、図3のような大正期の資料を入手し、勾配や裏グリ石の厚さなどの標準的な構造仕様や練積み壁に用いられたモルタルの配合などを明らかにしました。

これらの調査の過程で、石積壁の構築技術には先人の工学的な知識が豊富に詰め込まれていること、また、我が国の鉄道創生期にすでに用いられていたものの、現代に至るまで機能を十分に果たし得る構造を有していることなどが明らかになり、非常に感銘を受けるとともに、これらは、今後の研究に貴重な情報として活用されました。

以上のような様々な調査によって明らかにした石積壁の構造の実態を基に模型の石積壁を作成し、これに模擬地震動を加えることで石積壁の地震時変形メカニズムを明らかにし、これを基に、地震時安定性評価手法および耐震補強工の開発を行いました。

石積壁の地震時安定性評価手法

安定性評価手法の検討にあたっては、実務で使用し易い

手法の開発を念頭におきました。上述の模型実験結果を基にして石積壁の挙動を再現できる解析手法を作成し、これを用いた解析により安定性評価ノモグラムを作成しました。このノモグラムを用いることで、入力地震動の大きさに、石積壁の勾配と高さに応じた変形量を求めることができます。複雑な計算をしなくても、地震時の安定性を素早く簡単に評価することができます。

石積壁の耐震補強工法

安定性評価手法を作成する過程で明らかになった石積壁の変形メカニズムを基にして、補強対象を石積壁に特化した耐震補強工を開発しました。この工法は図4のように石積壁の優れた景観を残したまま補強が可能であり、環境に配慮した工法と位置づけられます。また、線路脇の狭隘なスペースでの施工を念頭におき、軽量機械での施工が可能であるなどの利点を有します。

なお、補強工法の詳細については文献2)、3)を参照して下さい。

おわりに

石積壁は現役として立派に機能を果たしているものの、これまで、現代の設計法に照らした性能の評価がなされてきませんでした。石積壁のようないわゆる旧式構造物については、その性能を適切に評価したうえで維持管理を行うことが必要であるといえます。

文献

- 1) 鉄道院：鐵道法規類抄工事編追録第台本ノ一原稿、1917
- 2) 太田直之、杉山友康、岡田勝也、布川修、鳥井原誠、山本彰、山田祐樹：間知石を用いた石積壁を対象とした耐震補強工の開発、土木学会論文集F、Vol.63、No.2、pp.212-224、2007
- 3) 鉄道総合技術研究所：石積壁の耐震補強工設計・施工マニュアル研友社、2008