

既設道路盛土の繰返し注入型地山補強土工法による耐震補強事例

ライト工業(株)	正会員	○歳藤 修一
ライト工業(株)	正会員	川添 英生
神戸大学	正会員	澁谷 啓
神戸大学	正会員	片岡 沙都紀
復建調査設計(株)	正会員	中西 典明
神戸市		田尻 英之
神戸市		上辻 和樹

1. はじめに

地山補強土工法は、地山に補強材を打設し、自然斜面、切土のり面を安定化させる技術であり、比較的経済的に施工できるため、近年使用事例が増えている¹⁾。最近では、盛土にも適用され、既設鉄道盛土や道路盛土においても耐震補強として実施されてきている。盛土へ適用する場合には、自然斜面、切土のり面に比べ周面摩擦抵抗力が得られにくく、従来の施工方法が適用できない、若しくは適用できても不経済になることがあった。以上のような背景から、既設盛土や崩壊性の地山等、従来では適用が困難な箇所に対応できる繰返し型地山補強土工法「ロータスアンカー工法（以下本工法という）」が開発された²⁾。

本稿では既設道路盛土における本工法の施工事例を紹介し、繰返し注入型地山補強土工法の考え方や適用性について報告する。

2. ロータスアンカー工法の特徴

本工法は、インジェクションパイプと二重管ダブルパッカーにより繰返し注入を行い、補強材を造成する工法である。工法の特徴は、所定の位置で繰返し注入材を圧力注入することで、削孔時よりも大きな球根状改良体を造成できることである。これにより通常の地山補強土工法よりも高い引抜き抵抗力を期待できる。

3. 道路盛土での施工事例

本工法は、開発された経緯から、主に鉄道盛土での適用事例がほとんどであった。本稿では、神戸市内の既設道路盛土に、はじめて耐震補強として採用された事例について紹介する。

施工を行った現場は、神戸市の道路 BOX 上に構築された高盛土で、盛土の変形により、ボックスパラペットが前面に移動し破損している状況であった。応急対策として、上部排土を行い斜面の安定性を確保したのち、恒久対策工の検討がなされた。

対策工の検討では当該盛土直下が主要幹線道路であることから、レベル2地震動に対しても安全な盛土とすることが求められた。当該盛土はボックス上の盛土であるため、グラウンドアンカーによる対策はアンカー体設置地盤が確保できなかった。そこで対策工は、盛土自体の補強と、法先の安定確保のため地山補強工法と、剛な壁を有する補強土擁壁を組み合わせた対策工を採用した。

既設盛土を補強する地山補強土工法には、攪拌翼を用いて地山を改良しながら芯材を打設することができる「ラディッシュアンカー工法」が使用される。しかしながら当該箇所では、深度 8.0m 以上となり適用外となるため、硬質地盤や深度 8.0m 以上でも施工可能な、ロータスアンカー工法が採用された。

4. 極限引抜き力の確認

地山補強土工は、地中に造成する改良体による引抜き抵抗力を期待する工法であり、定着材と周辺地盤とに所定の周面摩擦抵抗力を得ることが重要である。特に、本工法の特徴である繰返し注入は、類似のグラウンドアンカー工法での施工事例が多いが、既設盛土での施工事例が少ない。したがって、本工法を当該工事へ適

キーワード 道路盛土, 耐震補強, 繰返し注入, 地山補強土, 極限引抜き抵抗

連絡先 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-16-8 TEL 06-6385-3441 FAX 06-6368-2848

用するに当たり、現場において2種類の引抜き試験を実施し、周面摩擦抵抗力の確認を行った。試験①は本施工前に、本設と同じ諸元（補強材質 SD345，補強材長 $L=13.5\text{m}$ ，削孔径 $\phi 115$ ）の試験アンカーで実施した。

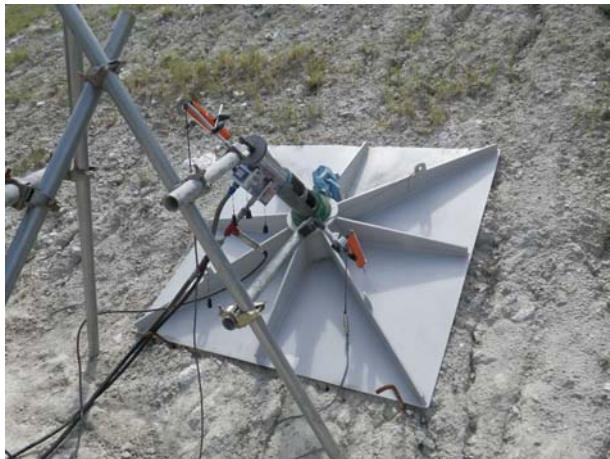


写真1 引抜き試験状況（試験①）

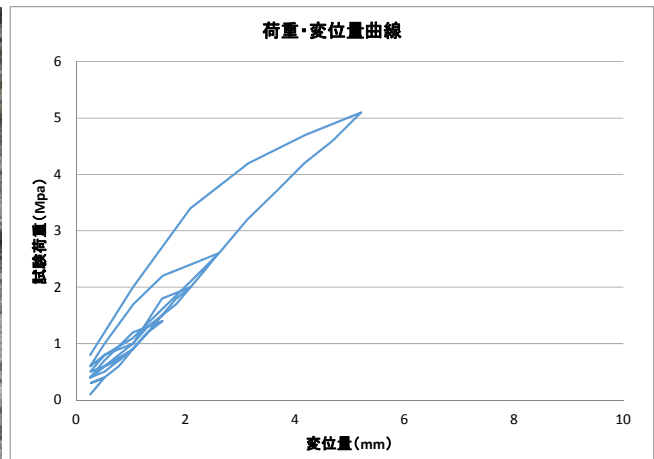


図1 荷重-変位置曲線（試験①）

試験の結果、最大試験荷重 52.1MPa (128.2kN) まで载荷したが引き抜けることなく荷重を保持した。したがって、補強対策工として必要な耐力を保持するために必要な周面摩擦抵抗力を有することが確認できた。

次に、地山の極限周面摩擦抵抗力度（以降 τ 値という）を確認するために、極限引抜き試験（試験②）を別途本設とは異なる諸元（補強材質 SD490，補強材長 $L=2.0\text{m}$ ，削孔径 $\phi 115$ ）の試験体を造成して行った。また従来の中径棒状補強土工の試験体を合わせて造成し、双方を比較した。試験結果を表1に示す。

試験②では、補強材が引き抜けるまで载荷し、極限引抜き力から、換算 τ 値を算出した。本工法及び中径棒状補強土工で、設計に用いられた τ 値を上回ることが確認された。また、本工法では粘性土地盤において、従来の中径棒状補強土工に比べ、約 1.5 倍程度の τ 値が得られること³⁾が分かっており、これを裏付ける結果となった。

表1 極限引抜き試験の結果（試験②）

Case	削孔径 (mm)	設 計		試験結果		
		τ 値 (N/mm ²)	極限引抜き力 (kN)	極限引抜き力 (kN)	換算 τ 値 (N/mm ²)	倍率 ^{※2}
中径棒状補強土工	115	0.013	10.04	77.3	0.107	1.0
ロータスアンカー工法	115	0.027	20.07	122.5	0.170	1.6

※1 繰り返し注入による補強材径（ $\phi 230$ ）

※2 中径棒状補強土工を 1.0 とした倍率

5. まとめ

現地で実施した極限引抜き試験の結果から、繰り返し注入型地山補強土工が設計で要求される性能を有することが確認された。今後、盛土補強対策工として広く活用されることが期待される。

また道路盛土は、復旧の容易性からこれまで耐震性の確保との必要が認識されながらも、積極的に実施されていないのが現状である。道路において延長の長い盛土のすべてを一度に対策することは困難であり、効果的、経済的に実施するための調査手法の提案が今後求められる。

参考文献

- 1) (公社) 地盤工学会：地山補強土工法設計・施工マニュアル，2011.8
- 2) 高橋ら：繰り返し注入を用いた地山補強土工法「ロータスアンカー工法」の開発，土木学会第69回年次学術講演会，Ⅲ-261，2014.9
- 3) (一財) 土木研究センター：RSI グラウンドアンカー建設技術審査証明報告書，2011.6