

## ジオシンセティックス製補強材を用いた 補強土壁工の有効性

長野県土木施工管理技士会  
中野土建株式会社  
工事所長  
徳 竹 雅 博  
Masahiro Tokutake

### 1. はじめに

本工事は、補強土壁工法を適用した道路新設工事である。補強土壁工は1972年に日本で初採用されて以来、今日まで日本各所において施工されており、その有効性が認められている。しかしながら、長野県内では過去に土中埋設されている補強材（帯鋼）が壁背面位置で破断し、壁面材が脱落した事例が報告されており、現場の諸条件に応じた配慮を怠ると重大事故に繋がるという教訓を与えている。

本工事では、現場の諸条件に配慮しながら、より良い（長寿命、建設費並びに維持費を含めたライフサイクルコスト低減）構造物であることを大前提としながら、建設リサイクルの課題に対処するために、新技術（ジオシンセティックス製補強材）を使用した補強土壁工を提案、施工した。その結果から得られた、ジオシンセティックス製補強材の有効性について報告する。

以下に本工事の概要を示す

- (1) 工 事 名：平成25年度 防災・安全交付金  
（代行）工事
- (2) 発 注 者：長野県北信建設事務所
- (3) 工事場所：（市）4-116号 飯山市小菅
- (4) 工 期：平成25年8月27日～  
平成26年12月19日

### (5) 工事内容：

道路築造工 L=965.4m W=4.0(6.0)m  
補強土壁工 L=97.2m A=529.6m<sup>2</sup>  
その他 吹付法枠工等

### 2. 現場における課題

本現場における課題として、鋼製補強材の耐久性確保と寒冷地における補強土壁の長期安定性確保について述べる。

#### 2.1 鋼製補強材の耐久性について

補強土壁に用いる盛土材料には、建設リサイクルを目的としてRC-40の適用を検討した。運搬距離、供給量の中から選定した工場では100%コンクリート碎石を生産しており、廃材であるコンクリート殻を100%原料とした碎石を使用することは、リサイクル推進に大いに寄与するが、補強土壁に適用された事例は少ない。

このRC-40について、通常確認項目である単位体積重量、内部摩擦角の他、鋼製補強材（ストリップ）に与える影響を確認するため、pH値と電気比抵抗についても調査した。

これは、通常的环境下（テールアルメの設計施工マニュアルP40ではpH5～12）においては、亜鉛めっき被膜、母材となる鋼材製ストリップは安定していると考えられているが、電気比抵抗が

表-1 RC-40の主な試験値

試験項目	試験値
三軸 粘着力 $c(\text{kN/m}^2)$	17.26
せん断抵抗角 $\varphi(^{\circ})$	40.28
湿潤重量 $\rho(\text{g/cm}^3)$	1.939
pH	11.7
電気比抵抗 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	910

5,000 $\Omega\text{cm}$ 以上を確保できない場合、電気腐食による腐食の懸念が高まる。厳しい腐食条件にさらされると、最悪の場合破断に至る恐れがあると考えられ、補強材の耐久性確認が重要となる。鋼製補強材では、概ね100年耐久を見込んだ通常仕様として、腐食代1.00mm、めっき量は上下両面合計700 $\text{g/m}^2$  (片側350 $\text{g/m}^2$ )にて耐久性の検討が行われる。

土質試験から得られたRC-40の主な試験値は表-1の通りであり、電気比抵抗が基準より大幅に低い値を示していたことから、腐食性環境にあるものと判断した。

### 1) めっきの耐久性

めっきの耐用年数について、次式並びに表-2 (参考)より求めた。

$$\text{耐用年数} = \text{亜鉛付着量} / \text{腐食速度} \times 0.9^*$$

※JIS-H8641解説より被膜残量10%時点で素地からさびが発生すると仮定

(出典：鋼構造物の溶融亜鉛めっき Q&A P7、P9)

一般に亜鉛めっきが長期的に安定しているのは、

表-2 米国各種土壤中の高純亜鉛の腐食

米国の各種土壤中の高純亜鉛の腐食  
(12.7年埋設試験による腐食速度)

土 壌 の 種 類	$\text{g/m}^2/\text{年}$
無機質酸化性酸性土壌	粘土ローム 52 ローム 29 粘土 39
無機質酸化性アルカリ性土壌	沈泥ローム 43 砂利質ローム 130
無機質還元性酸性土壌	粘土 46
無機質還元性アルカリ性土壌	粘土 46 粘土 210
有機質還元性酸性土壌	堆肥 110 沼池 96 堆肥 180

pH6~12.5の範囲とされているが、腐食性環境にあることから表-2を参考に、年間腐食率を100 $\text{g/m}^2$  (アルカリ性土壌の最小値程度)と仮定、代入し計算すると、 $350\text{g/m}^2 \div 100\text{g/m}^2/\text{年} \times 0.9 = 3.15$ 年と短い耐久性しか見込めない。

### 2) 腐食代による耐久性

テールアルメの設計・施工マニュアル P288に記載されている図-1の腐食率推定図表に pH=11.7、比抵抗910 $\Omega \cdot \text{cm}$ をプロットし、腐食率0.017 $\text{mm}/\text{年}$ とした。そこから耐用年数を確認すると、 $58.8$ 年 (=1.0 $\text{mm}/0.017\text{mm}/\text{年}$ )となる。

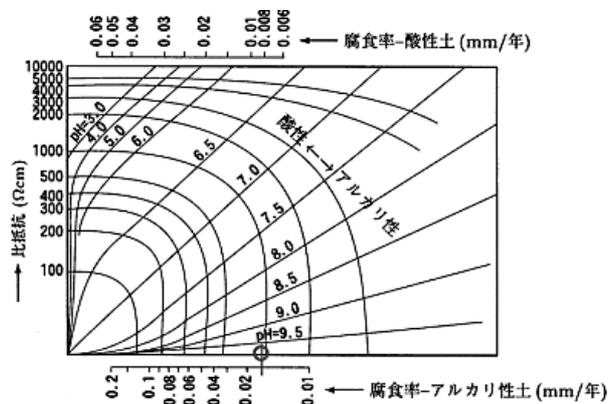


図-1 腐食率推定図表

### 3) 本現場で推定される耐用年数

鋼製補強材の耐用年数は、めっきと腐食代による耐用年数の合計であるから、

$$1) 3.15\text{年} + 2) 58.8\text{年} = 62\text{年}$$

となり、本現場で盛土材として使用予定としたRC-40では、鋼製補強材を使用する工法では100年の耐久性確保の面で問題がある。仮にめっき厚増加で対応しても、先の計算ではめっき保持期間が大幅に延長される状況にならない。したがって、100年寿命構造物を満足する為には補強材又は盛土材を変更することとなるが、リサイクル促進、工期内の施工を条件とすると盛土材の変更は難しい状況であった。

### 2.2 補強土壁の安定性について

長野県内での脱落事例では、鋼製補強材の破断は凍上圧によるものと推察され、以降、壁背面フィルター層 (碎石等の耐凍上性の高い材料) によ

る凍上対策が実施されている。

また、現在では H24. 7 月版の擁壁工指針により、壁背面フィルター層に雨水等浸入しないよう排水対策を施す事となっている。

これは、浸入水により単位体積重量の増加、強度低下による土圧の増加の他、補強材の引抜き抵抗力や支圧抵抗力の減少を招くなど、安定性に及ぼす影響が大きいことからの追加対策である。

当地は豪雪地域に当たり、積雪および融雪水の浸透が考えられることから、補強土壁の安定性について検討した。積雪による荷重として、気象庁近傍観測所過去10年最大積雪深（3.43m）を用いて安定照査を行い、各種安全率を満足することを確認した。

ただし、融雪水の浸透による安定性低下の懸念に対しては、計算上の反映が困難であり、排水対策についてどの様な配慮を行うかが課題となった。

### 3. 対応策と適用結果

#### 3.1 鋼製補強材の耐久性について

RC-40を使用するにあたり、鋼材の腐食に関する問題を解決する必要があった。

NETISにて腐食対策をキーワードとして調査し、有用と思われる技術として、『GSシステム』No. CG-130014-A（2011.11）を提案した。この技術では通常環境と高腐食環境対応製品があり、本現場の条件に適合するものとして、図-2の内④ HAEタイプで検討をすすめた。

GSとはジオシンセティックス・ストラップの

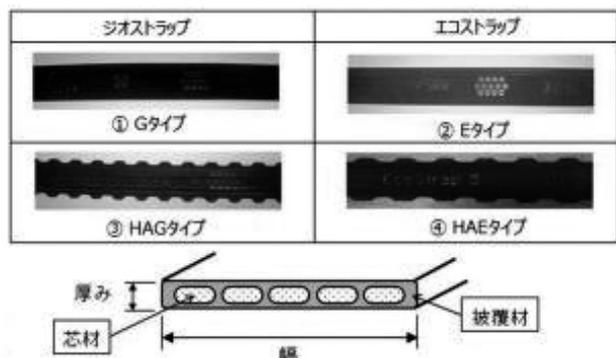


図-2 GS システムストラップの種類

略であり、高分子材料製補強材の事で、有名な物でジオテキスタイルがあり、ジオシンセティックスはそれらの総称である。

ジオテキスタイルが過去施工されている実例から耐候性、耐薬品性に優れていることは周知の事実であり、使用検討したGSシステムも pH 値12以上の強アルカリ環境下、塩分濃度の高い土砂でも使用可能な種類を有しているため、環境、規模に応じた施工が可能となっている。

これによって本現場で使用する RC-40（pH 値 11.7、電気比抵抗910Ωcm）の腐食問題を解決する事ができた。

尚、本製品使用時点で従来品に比べ経済性に劣ったものの、品質を落とすことなく、施工性改善ができ、RC-40の適用に際して問題ない事から、承諾により採用した。

#### 3.2 浸透水対策について

次に雨水、融雪水の浸入を防止する為に、上載盛土内に排水シート（不織布 t= 3 mm）を図-3のように計画し、施工した。

排水シート施工範囲を補強材直上のみとしたのは、盛土材と地山境界部に、約10m 毎透水マット（幅30cm×厚さ3cm）を設置している事から、背面からの浸入水はそれにより処理できると判断したからである。

この排水対策による効果は、より確実な浸入水防止対策により、盛土部の飽和状態形成を防止する他、盛土材として使用する RC-40からのアルカリ成分溶出対策、周辺環境（水、植物等）保全にも寄与する。一般的に10cm～30cm 程度の表土

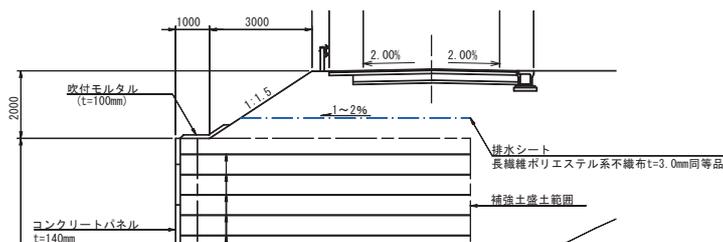


図-3 盛土内排水シート

(覆土)を通すことによりほぼ中性になると言われているが、溶出させないことが一番である。

又、RC-40はコンクリート塊を破碎し生産していることから、骨材周りに付着したモルタル分が多量に存在する。この付着モルタル分が、浸入水による乾燥・湿潤の繰り返しにより細粒化(スレーキング)し、性状変化による強度特性の低下、細粒分の増により目詰まりを起し、透水性低下、耐凍上性低下につながってしまうことから、水を入れない構造について最大限考慮することは補強土壁の安定性確保の面で最も重要なことである。

なお、今回補強材をジオシンセティックス製に変更することにより、腐食の可能性を排除しているが、鋼材製補強材使用時並びに積雪(融雪水)が無くても排水シート施工は行うべきであると考え。なぜなら過去の変状のほとんどが水を原因とするものだからである。

### 3.3 施工における課題対応

今回、RC-40の使用により、施工手順や地下排水構造の簡略化の他、補強材の軽量化による施工性向上など、二次的効果を生み出し、工程短縮にもつながった。

しかし、RC-40を使用する上での対応策として提案した新技術であるGSシステムは、国内施工実績が少なく、施工方法も試行錯誤しながら対応していく状況であった。そのため、着手初期の段階では歩掛が低下したが、標準的な施工要領(メーカー製)よりも管理項目・頻度を多く取り、現場条件に応じた施工方法としたことで、施工能率の向上が図られ、品質・出来形を確保しながら早期に完成する事ができた。歩掛向上には鋼製補強材に比べて、取り扱いし易い特徴によるところが大きいと感じた。

また、新技術を採用したことに対して安心・安全を保証するべく、経過観察(動態観測)を提案、

実行している。壁高最大断面(H=約10m)にてひずみ計による張力計測、壁面垂直度を写真測量による画像解析、これらを進捗の各段階に随時実施し、データをまとめた。

現場完成時計測結果を(図-4張力)、(図-5垂直度)に示すが、張力は設計値内に余裕を持って入っており、破断する兆候は見受けられない。壁面垂直度も組立完成直後の位置(施工高の1%程度傾斜)をほぼ維持していることから所定の摩擦力確保ができていた事を確認した。尚、安心・安全保証から計測は工事完了後も継続している。

『ジオシンセティックス製』補強材は、課題であった腐食性環境下での耐久性面だけでなく、今後増えるであろう既存構造物から発生するリサイクル材の利用促進にも有効なものとなると考える。

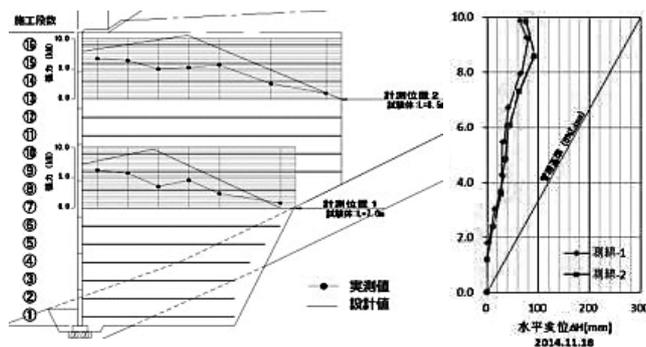


図-4 張力測定結果

図-5 垂直度測定結果

## 4. おわりに

今回、より良いものを造ろうとした事は、本来の地域貢献の一助であると自負するが、これに慢心する事無く努力を続けたい。

鋼材製に比べジオシンセティックス製は伸びる性質を持つ事から、施工時のたるみ除去を確実にすることが、今後の課題と考えるが、管理手法が確立できれば、垂直度0%も可能と考える。

最後に、本提案を承諾していただいた発注者、および施工に協力いただいた工事関係者に厚くお礼を申し上げます。