

# 狭小地で使える碎石の地盤改良

## エコジオ工法

エコジオ工法協会 尾鍋 哲也

### 1. はじめに

エコジオ工法は、(株)尾鍋組（エコジオ工法協会本部）と三重大学との共同研究により開発した、碎石（小さく砕いた自然石）のみを使用する地盤改良技術である（第1図）。



第1図 エコジオ工法の施工イメージ

碎石は、従来の住宅地盤改良で用いられるセメントや鋼管と比較して、製造段階でのCO<sub>2</sub>排出量が少ない素材である。2010年の本格運用開始以来、着実に実績を積み重ね、2025年には累計施工件数が4万件を突破した。現在は全国58箇所（2026年3月時点）のエコジオ工法施工代理店ネットワークにより、全国（北海道・沖縄を除く）へ提供できる体制を構築している。

現状、適用実績の多くは住宅の地盤改良分野であるが、本工法は建築技術性能証明（GBRC

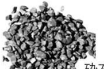
性能証明 第09-31号）の取得に加え、国土交通省新技術情報提供システムNETIS（CB-170031-A）にも登録されており、公共土木工事にも適用できる。本稿では、エコジオ工法の環境性能（CO<sub>2</sub>排出量削減）、用途・適用事例、特長、および施工方法について紹介する。

### 2. ライフサイクル全体のCO<sub>2</sub>排出量を削減

我が国では2050年のカーボンニュートラル実現に向け、建築物のライフサイクルカーボン（計画から解体までのライフサイクル全体で排出されるCO<sub>2</sub>）の削減に向けた取り組みが本格化している。そのため、採用する地盤改良工事によるCO<sub>2</sub>排出量を考慮することも重要である。

地盤改良工事では、資材製造・建設・解体段階のCO<sub>2</sub>排出量がライフサイクルカーボンに影響する。その中でも、CO<sub>2</sub>排出量の大部分を占めるのは資材の製造段階である。第1表は同一

第1表 住宅1棟当たりのCO<sub>2</sub>排出量  
（比較条件：杭長4m×40本を施工した場合）

| 工法名                         | 柱状改良                                                                                              | 鋼管杭                                                                                          | エコジオ工法                                                                                      |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地中に残るもの                     | <br>セメントで固めた土 | <br>鋼管杭 | <br>砕石 |
| 1棟で使用する材料の量                 | 10トン                                                                                              | 2トン                                                                                          | 30トン                                                                                        |
| CO <sub>2</sub> 排出量<br>(トン) | 材料1トン生産<br>0.758                                                                                  | 2.403                                                                                        | 0.007                                                                                       |
|                             | 1棟<br>7.600                                                                                       | 4.806                                                                                        | 0.200                                                                                       |

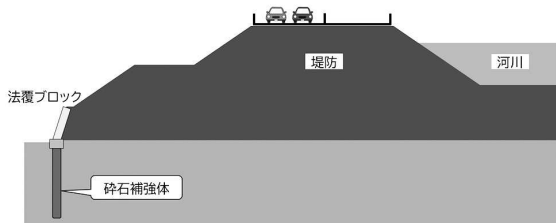
の数量条件で住宅1棟を地盤改良した場合に使用される材料の製造時のCO<sub>2</sub>排出量を比較したものである。碎石のCO<sub>2</sub>排出量は、セメントや鋼管を使う場合と比べ1/40～1/20程度である。

また、碎石は将来の土地再利用において地中障害とならないため、撤去の必要性が無く、建物の解体段階における地中構造物撤去に伴うCO<sub>2</sub>排出抑制にも寄与する。こうした環境性能が評価され、2022年に第49回環境賞優秀賞（主催：国立環境研究所・日刊工業新聞社、後援：環境省）を受賞した。

### 3. 用途・適用事例

#### 3-1 支持力補強・沈下抑制

地盤に構造物を支える力が確保できない場合、あるいは沈下リスクが懸念される場合に、支持力補強・沈下抑制を目的とした地盤改良が行われる。住宅の地盤改良も一般的にはこの用途に該当する。エコジオ工法においても9割以上は住宅の支持力補強・沈下抑制を目的として



第2図 河川堤防への適用イメージ



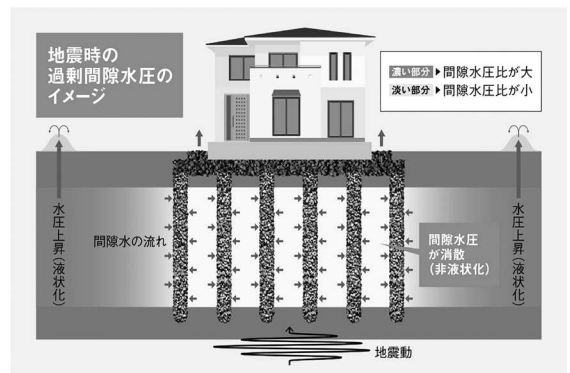
第3図 狭い現場での施工状況

使われているが、公共工事を含む土木構造物へも適用可能である。

公共工事での適用事例として、河川堤防の法覆ブロック下補強を紹介する（第2図）。当該現場は堤防背後に民家が隣接する狭隘な作業環境であり、大型重機では進入や施工が困難であった。そこで、狭小地においてもケーシングを用いた高品質な施工を可能とする本工法が採用されたものである（第3図）。

#### 3-2 地震時の液状化被害軽減対策

碎石はその透水性の高さを利用して、液状化対策工法の一つである間隙水圧消散工法でのドレーン材として活用できる（第4図）。碎石をドレーン材として有効に機能させるためには、碎石の透水性を確保することが必要なため、施工時に碎石に土が混じらないことが重要になる。旧建設省が作成した「液状化対策設計施工



第4図 碎石を使う液状化被害軽減対策の概念図



第5図 地域防災センターでの液状化対策

マニュアル（案）<sup>(1)</sup>では、施工時に「ケーシングを使用すること」が定められており、エコジオ工法はこのマニュアルに準拠した施工が可能である。

公共工事での適用事例として、東日本大震災において液状化被害が発生した地域の防災センターや市営住宅の液状化対策工事でエコジオ工法が採用されている（第5図）。

### 3-3 盛土の排水対策

豪雨時や地震時の盛土の崩壊を防ぐためには、盛土内部の地下水位を低下させることが重要である。そこで、三重大学、NEXCO総研（株）高速道路総合技術研究所）との共同研究により、エコジオ工法を応用した盛土の排水対策技術を開発した。本技術は、地中に連続的な「砕石の



第6図 盛土排水対策の概念図



第7図 高速道路での盛土排水対策

壁」を構築して地下水を面として捉え、これに連結した水抜きパイプ（横ボーリング）によって盛土内の地下水位低下を図るものである（第6図）。

実現場での適用事例として、東日本大震災で被災した高速道路の盛土排水対策として採用されている（第7図）。当該現場での対策前後の水位観測により、本技術による盛土の排水対策効果が確認されている<sup>(2)</sup>。

## 4. 住宅やコンビニ等で選ばれる理由・特長

### 4-1 土地再利用時の

#### 地中障害物リスクを軽減

従来の地盤改良工事では、「セメントで固めた土」や「鋼管」が地中に作られ、そのまま残置される（第2表、第8図）。地中にこれらのモノ（人工物）が埋まったままでは、将来の土地の再利用・建て替え時において、新しい杭を施工する上で障害となる可能性がある。

第2表 地中に残置するモノ

| イメージ図   |  |  |  |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 工法名     | 柱状改良                                                                                | 鋼管杭                                                                                  | エコジオ工法                                                                                |
| 地中に残るモノ | セメントで固めた土                                                                           | 鋼管杭                                                                                  | 砕石（自然石）                                                                               |



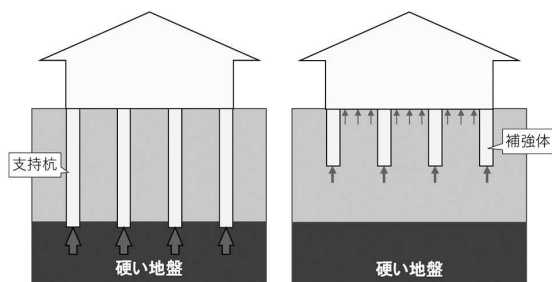
第8図 セメントで固めた土、鋼管を掘り起こした様子

これに対し、エコジオ工法により構築された碎石補強体は、将来の土地再利用において地中の障害とならないことが実験で確認されている<sup>(3)</sup>。最近では、借地返還時の地下埋設物撤去リスクを軽減するため、借地に建設するコンビニなどの商業施設、モデルハウスなどでの使用が増加している。

#### 4-2 従来工法よりも設計長が短い

従来工法の支持杭を用いる地盤改良では、建物すべての重さを杭だけで支える設計が行われている。このため一本の杭が必要とする支持力が大きくなり、その大きな支持力を得るには、杭の先端を硬い地盤（支持層）まで到達させる必要がある。

一方、エコジオ工法は地盤の一部を碎石に置き換える工法であり、建物の重さを「碎石補強体」と「原地盤」の両方で支える複合地盤改良工法として設計する。このため、もとの地盤が持つ支持力も利用でき、補強体に必要な支持力が軽減されるため、補強体の先端を硬い地盤まで到達させる必要がない。その結果、補強体の長さは、支持杭よりも短く設計することができる（第9図）。



第9図 支持杭と複合地盤の考え方の比較図  
(左：支持杭、右：複合地盤)

#### 4-3 きれいな現場

従来工法では施工時にセメントの空袋や切断した鋼管が廃棄物として発生する。エコジオ工法で使用する碎石は、施工に必要な量を碎石工場からダンプカーで運搬するため、現場で廃棄物が発生しない。また、エコジオ工法には、掘

削において残土を排出する「排土タイプ」と、残土が出ない「無排土タイプ（エコジオZERO）」の2種類（第10図）があるが、現在全施工数の約9割が無排土タイプで施工されている。無排土タイプでの施工であれば、施工中から将来にわたり「廃棄物・残土」を限りなくゼロにすることが可能である。



第10図 排土タイプと無排土タイプ

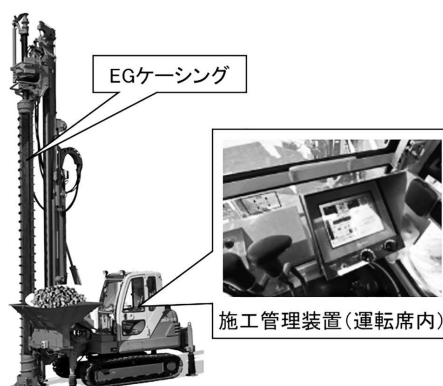
#### 4-4 工期短縮

従来工法で必要な養生期間・事後試験が不要であり、施工完了直後から基礎工事に着手できる。また、施工中に水を使わず、杭頭処理も不要なため、トータルとして工期を短縮できる。

### 5. 施工方法

#### 5-1 使用機械

使用機械は専用のアタッチメントを装着した小型地盤改良機（第11図）とミニバックホーだけである。施工機の幅は約2mと狭く、狭小地での施工が可能である。



第11図 エコジオアタッチメントを装着した地盤改良機

## (1) ケーシングで穴の崩壊を防ぐ

碎石補強体は、セメント柱状改良体や鋼管などの「固形の杭」と違い、地面に掘った穴にバラバラの粒状の碎石を詰め込み採石同士のかみ合わせによって地盤を強くする。そのため、現場での施工方法が品質・強度に大きく影響する。軟弱地盤などで穴を掘る際に穴の壁が崩壊した場合、詰め込んだ碎石と土が混じることになり、純粋な碎石のみの補強体よりも強度が大きく低下する。

エコジョ工法は、独自開発の「EGケーシング（特許取得済）」で施工することで、施工中の穴の崩壊を確実に防ぎ、軟弱地盤においても設計通りの高品質な碎石補強体を構築することが可能である（第12図）。



第12図 ケーシングで穴の崩壊を防ぐ

## (2) ケーシング工法の小型化に成功

土木分野においては、以前から、ケーシングを用いる地盤改良工法は存在していたが、材料

をケーシングの上端まで昇降させて投入する方法が一般的なため、改良機が大型になり大規模な土木工事や大型の建築物などに限られてきた。

これに対し、エコジョ工法で使用するEGケーシングは、ケーシング側面にゴムの扉を備えており、このゴム扉により碎石投入時にホッパーの昇降を必要とせず、定位置から碎石を連続的に投入することを可能とした。これにより、ケーシングを用いる地盤改良の小型化と施工効率の向上を実現した（第13図）。

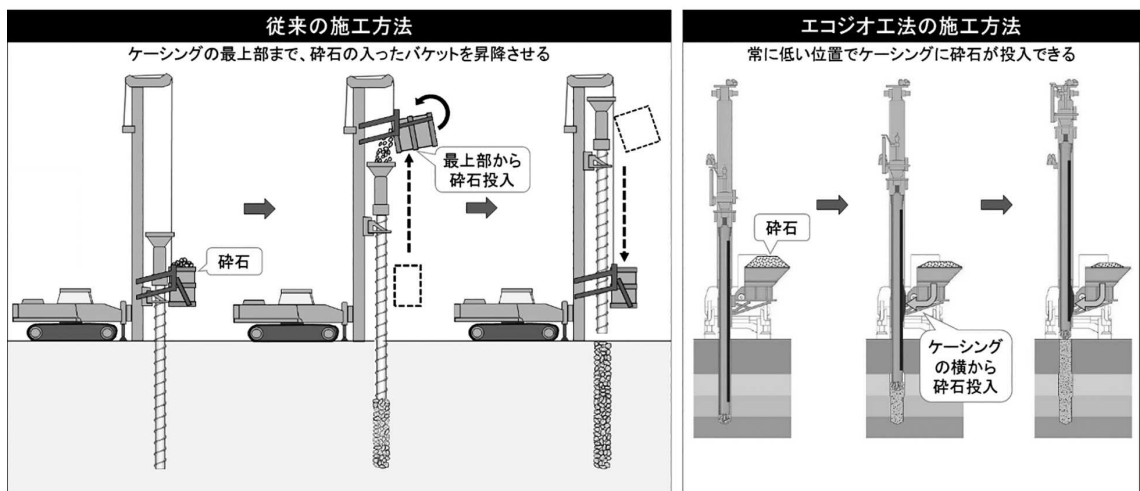
これらの技術開発が評価され、2024年に第38回中日産業技術賞中日新聞社賞（主催：中日新聞社、後援：経済産業省）を受賞した。

## 5-2 施工手順

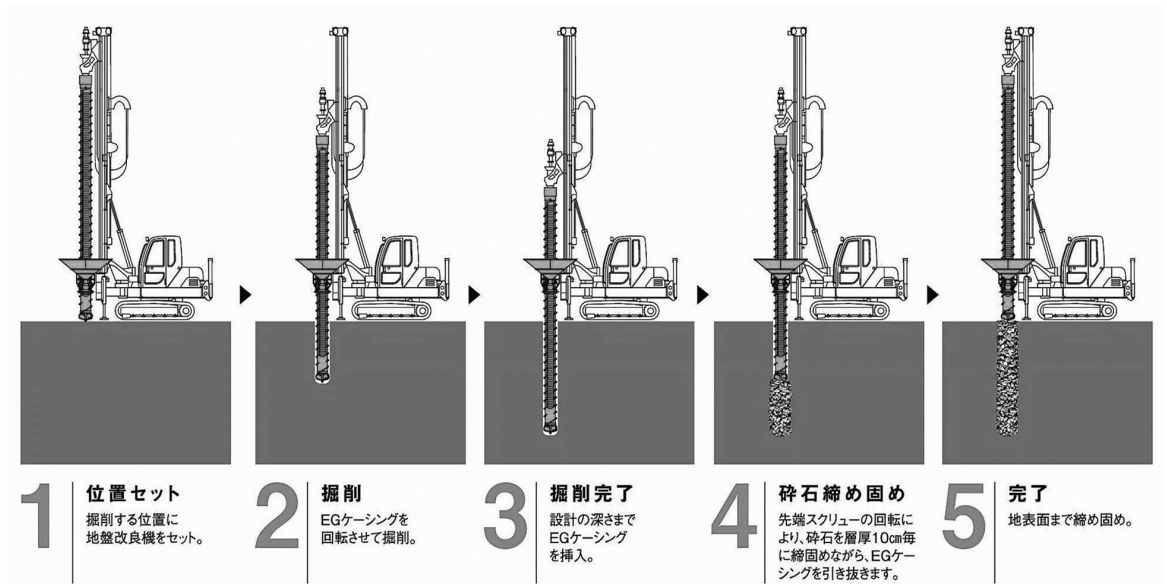
施工手順を第14図に示す。施工機を補強体打設位置にセットし、EGケーシングを回転させ掘削を開始する。所定の深さまで掘削後、EGケーシングのゴム扉を開け、ケーシング内に碎石を投入しながら先端スクリーで碎石の締固めを行い、地表面まで締固めたら施工完了である。

## (1) 属人性を排除した碎石の締固め

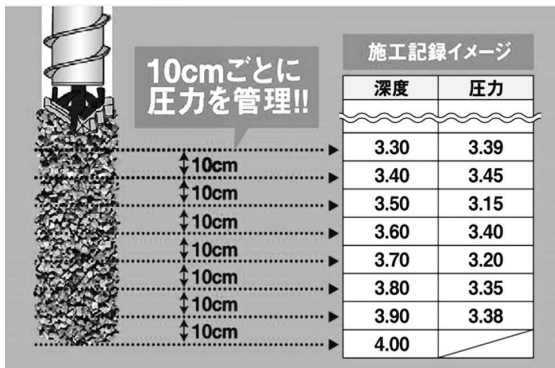
碎石の締固め工程では、EGケーシングを10cm上昇させるごとに規定された圧力で締固めを行う（第15図）ことにより、属人性を排除した安



第13図 材料の投入方法の比較図



第14図 施工手順



第15図 施工記録イメージ (10cm毎に圧力を管理)



第16図 施工データの暗号化・保管イメージ

定した品質の碎石補強体を構築できる。深度、碎石投入量、10cm毎の締め固め圧力などの管理項目は、運転席に装備された施工管理装置のモニター画面にリアルタイムで表示される。

## (2) 施工データの記録・管理

施工データの記録はデータの改ざんを防ぐため管理装置の内部で暗号化されており、施工会社はこの暗号化された施工記録を本部のサーバーに送信し保管するとともに、サーバー上で解読し帳票化して出力することができる(第16図)。

## 6. おわりに

エコジオ工法協会は2010年の発足以来、エコジオ工法施工代理店や三重大学等と連携し、本工法の普及に努めている。近年、数十年前に施工された杭や地盤改良体の撤去工事が増加している。これらの撤去費用は土地の価格から差し引かれ、地価が下落する可能性がある。土地は個人・法人の大切な資産であるが、現状「地盤改良工事による環境や土地価値への影響」についての情報は、未だ社会に十分浸透していると

は言い難い。当協会は、ホームページやセミナー等を通じた積極的な情報発信により、これらの課題への理解を深める活動を継続している。

今後も、住宅地盤改良分野でのさらなるシェア拡大を図りつつ、本稿で紹介した防災・減災に寄与する公共工事など、幅広い分野での採用を広げるべく、技術開発と普及を通じて社会課題の解決に貢献していきたいと考えている。

#### <参考文献>

- (1) 建設省土木研究所共同研究報告書第186号：液状化対策工法設計・施工マニュアル（案）、pp.136-154（1999）
- (2) 藤原優・酒井俊典・尾鍋哲也・大石新之介：“碎石改良体と水抜きパイプを用いた道路盛土の浸透水排除対策の効

果検証”、土木学会論文集C（地圏工学）、Vol.76、No.1、pp.40-51（2020）

- (3) 大石新之介・尾鍋哲也・神村真・酒井俊典：“エコジオ工法による碎石改良体が柱状改良体の施工及び品質に及ぼす影響”、2019年度日本建築学会大会梗概集、pp.611-612（2019）

#### 【筆者紹介】

尾鍋 哲也

エコジオ工法協会 会長

(株)尾鍋組 代表取締役

<著書>

住宅地盤イノベーション「地方の土木会社が挑んだ17年の軌跡」



著書QRコード