

# 高速ベルトコンベヤ式撒きだし装置による 緑化ブロック内の基盤材充填方法

— 関西電力舞鶴発電所物揚げ岸壁緑化ブロック充填工事  
における適用例 —

山野 達矢・石口 真実・岸 研司・服部 頼政

緑化ブロック（3段）に改良土を充填する工事は、従来は緑化ブロックの全面に足場を組み、クレーンにて改良土を作業足場に揚重し、人力で緑化ブロック内に改良土を充填する方法であったが、法面緑化で使用している高速ベルトコンベヤ式の撒きだし装置を用いて機械的に充填する方法により施工した。

1段、2段目の低所のブロックに対しては、当該撒きだし装置をバックホウの先端部（バケットを外して）に取付け、改良土をブロック内に撒きだして充填した。3段目の高所のブロックに対しては、トラッククレーンに当該撒きだし装置を吊下げ、改良土をブロック内に撒きだして充填した。

従来の方法と比べ、作業性、安全性、経済性等の面で良好な成果を得ることができたので、本報文ではその施工報告を行う。

キーワード：法面緑化、植栽工、緑化ブロック充填工、撒きだし装置

## 1. はじめに

関西電力株式会社舞鶴発電所は、京都府舞鶴市大字大丹生および千歳に建設されている出力90万kW×2基の石炭火力発電所であり、平成9年より本格的な敷地造成工事が始まり、現在、平成16年8月の1号機の運転開始に向けて鋭意工事が進められている。

敷地の緑化計画としては、自然の保存・保護、自然の復元、自然の創造を目的として、外周擁壁部、物揚げ岸壁緑化ブロック部、構内道路沿い部、構内沿岸部等に植栽を施すよう計画されている。

今回は第1期緑化工事として、株式会社関西総合環境センターが、改良土工、植栽工、散水設備工を請け負うものであり、改良土3,419m<sup>3</sup>、緑化面積5,120m<sup>2</sup>を施工する。これらのうち、改良土工を熊谷・飛島・鴻池・フジタ・住友・金下・森本共同企業体が担当した。なお当JVは、当工事のほか、主要土木工事第4工区として発電所の各種主要土木構造物を施工している。

当工事の内、3段からなる物揚げ岸壁緑化ブロックに改良土を充填する工事において、法面緑

化で使用している高速ベルトコンベヤ式の撒きだし装置を用いて機械的に充填する方法により施工した。従来の人力による工法と比較して、作業性、安全性、経済性等の面で良好な成果を得ることができたのでその施工報告を行う。

## 2. 工事概要

図-1に、サイト内における施工箇所を示す。対象となる緑化ブロックは、下盤（TP+3盤）の

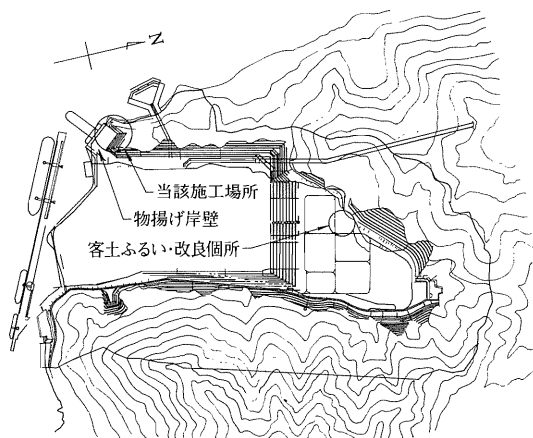


図-1 施工箇所

物揚げ岸壁付近の切土法面のもたれ擁壁を兼ねて設置されている。当該箇所は遠方（海上，陸上共）から目立つ位置にあるため，景観配慮の観点から全面的に緑化が可能な緑化ブロックが採用された。また，植栽樹木に花木を取入れることにより修景的要素の高い計画となっている。ブロックへの投入改良土には，現地発生土を用いており，発生土のふるい，土壌改良は上盤（TP+53 盤）で行った。

図-2 に，緑化ブロック部の構造を示す。

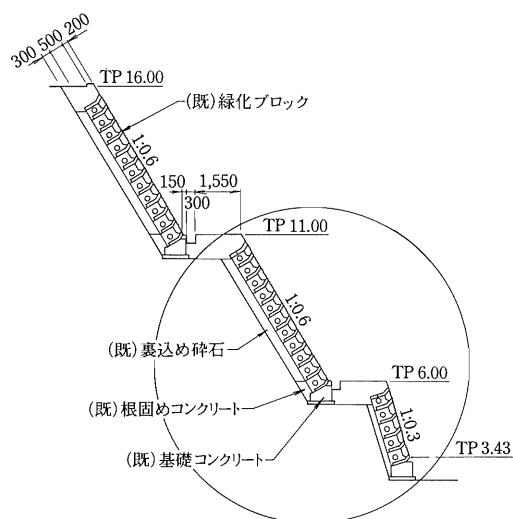


図-2 緑化ブロック部の構成

平面延長約 130 m，高さ 13 m，法面積 1,210 m<sup>2</sup> で，投入改良土は約 514 m<sup>3</sup> である。法面は，3 段から構成され（1 段目：TP+3.0～TP+6.0，2 段目：TP+6.0～TP+11.0，3 段目：TP+11.0～TP+16.0），各段毎に幅 2m の小段を設けてある。法勾配は 1 段目 1：0.3，2 段目および 3 段目は 1：0.6 である。

緑化ブロックの詳細を図-3 に示すが，鉄筋コンクリートの二次製品で，1 マスの寸法は 0.5 m × 0.5 m × 0.5 m である。

緑化ブロックへの改良土投入工事は，一般には敷地造成工事（法面工事）の進捗に合わせて実施するが，今回は緑化ブロック 3 段をすべて設置した後となった。これは，改良土に現地発生土を利用するための試験植栽（平成 11 年 4 月～平成 13 年 3 月）に時間を要したからである。

機械化施工は，1・2 段目の低所のブロックに対

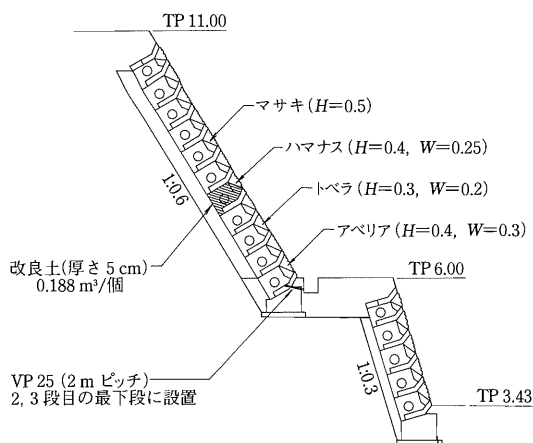


図-3 緑化ブロックの詳細

しては，当該撒きだし装置をバックホウの先端部（バケットをはずして）に取付け，改良土をブロック内に撒きだして充填した。3 段目の高所に対しては，トラッククレーンに撒きだし装置を吊下げて，撒きだし充填を行った。機械による改良土投入後，人力による表面整形作業を行うとともに散水設備を取付け，その後，ハマナス，アベリア，トベラ，マサキを植栽した。

実施工程としては，冬場の降雨が多い日本海側特有の気候の中，発生土のふるい，土壌改良を平成 13 年 12 月～14 年 1 月下旬の間実施し，その後，緑化ブロックへの撒きだし充填を 2 月下旬にかけて行った。

### 3. 緑化基盤材の充填方法

#### (1) 改良土の製造

緑化基盤の土壌には，一般的に真砂土に肥料を混合したものをを用いるが，当工事では循環型社会を目指す昨今の時勢から敷地造成時の発生土を有効利用する計画であった。発生土は主に表土と崖錐からなり，岩塊と礫を比較的多く混入している。また，細粒分含有率と含水比も比較的高く，粘性の強いものであった。

今回使用した撒きだし装置の性能上，こぶし大以上の礫類は，機械撒きだし装置のホoppa からベルトコンベヤに落ちずに撒きだしが困難となる。このため，発生土をふるって礫類を除くこととした。仮置きされた発生土は，粘性が強く容易にほぐれないため，自動ふるい機による作業時に土同

土が団子状に固結してしまう可能性が高い。そこで、まず1次ふるいとして、0.8 m<sup>3</sup>級バックホウのアタッチメント部にスケルトンバケットを装着して土をほぐすとともに、人頭大以上の礫、岩塊を除去した。2次ふるいとしては、自動ふるい機(MK-300)と土投入用の0.8 m<sup>3</sup>級バックホウを用い、網目30 mm×30 mmを使用してこぶし大以上の礫類を除去した(写真-1参照)。

自動ふるい機の公称施工能力は、600 m<sup>3</sup>/日で



写真-1 自動ふるい機 (MK-300)

あるが、今回の施工では、粘性が強く土同士が結合して団子状になりふるいの効率が低下したこと、施工ヤードが狭かったことにより、約60 m<sup>3</sup>/日の実績となった。

ふるい終わった土は、降雨の影響で、再度塊とならないようブルーシート等で養生を行った。このふるった土にパーライト、ピートモス、発酵鶏粉を混ぜて土壌改良し緑化基盤材とした。混合率は各々、100 L/m<sup>3</sup>、100 L/m<sup>3</sup>、17 kg/m<sup>3</sup>で、むらのないように0.8 m<sup>3</sup>級バックホウにて混合した。

(2) 従来的人力施工

今回のような高所緑化ブロックへの改良土の投入は、従来はクレーンで改良土を荷揚げし人力で投入する方法が一般的である。表-1は、従来的人力施工と当該撒きだし装置を用いた機械施工について、比較検討した結果を示したものである。

人力施工案は、緑化ブロックの前面に先行して単管足場を組立て設置した作業床を利用して作業

表-1 工法比較選定表

	【第1案】機械施工(撒きだし装置)	【第2案】人力施工(人力での投入・充填)
概略図	<p>機撤きだし → 足場組立 → 細部整理</p> <p>ホッパ (0.5 m<sup>3</sup>) 高速ベルトコンベヤ式撒きだし装置</p>	<p>足場組立 → 人力投入</p> <p>改良土</p>
数量	機械撒きだし土量 V=500 m <sup>3</sup>	人力投入土量 V=500 m <sup>3</sup>
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>○高速ベルトコンベヤ撒きだし装置式を取付けたバックホウ(クレーン)を用いる。</li> <li>○地上で撒きだし装置のホッパ(0.5 m<sup>3</sup>)に改良土を投入し、所定の位置まで移動して撒きだす。</li> <li>○撒きだし完了後、足場を設置し人力で細部を整える。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○改良土の投入・充填はすべて人力作業となる。</li> <li>○ホッパ、ワイヤモック等を用いクレーンで土砂を近傍のステージ上まで運搬し、人力で埋め戻す。</li> </ul>
(品質)	○高速ベルトコンベヤ式撒きだし装置は、のり面に撒きだし専用装置であるため、緑化ブロックの細部まで投入できない可能性がある。このため、細部は人力で充填する必要がある。	○緑化ブロックの細部まで確実に充填できる。
(コスト)	1.0 (基準)	1.4
(工程)	1.0 (基準)	1.7
(安全性・その他)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○足場上の作業が他家より少なく安全上好ましい。</li> <li>○礫の大きさは、こぶし大以下にする必要がある。</li> <li>○緑化ブロック外に出た土砂の清掃が必要となる。</li> <li>○撒きだし装置の用途が本来と異なり、この種の実績がないため、試験施工により適用性を検討する。</li> </ul>	○足場上の作業となり、高所作業の危険が伴う。
評価	◎	△

する。改良土はワイヤもっこ等を用い25t吊り移動式クレーンにて作業床へ揚土し、スコップ等により人力にて投入および均し作業を行うものである。

揚土方法として、改良土をそのまま作業床上に揚げる案と、土嚢詰めした改良土を作業床上に揚げ、ブロック内に土嚢のまま詰めていく案を考えた。両案とも人力で投入・均しを行うために、1日当たりの作業量は配置した人員に左右されることとなるが、計画では2パーティによる施工を想定し9m<sup>3</sup>/日とした。人力施工のメリットとしては、緑化ブロックの中に無駄なく改良土を投入できるので、緑化ブロック自体を汚すことなく施工できる。しかし、デメリットとしては、コストが割高となり、工程も機械化施工と比べて長くなる。また、安全面についても、足場上での高所作業が多く墜落等の危険性が増すものと思われる。

### (3) 新しい機械化施工

#### (a) 撒きだし装置

本装置は、写真-2に示すようにバックホウ等の先端に取付けて使用するもので、材料を投入するホッパー、その底部のチェーンフィーダ、出口の補助ローラから構成される材料供給部と、高速ベルトコンベヤの吐出部より構成されている(図-4参照)。

本装置は伐採樹木等をチップ化しリサイクルする緑化工法の専用機械として開発されたものであ



写真-2 バックホウに装着された撒きだし装置

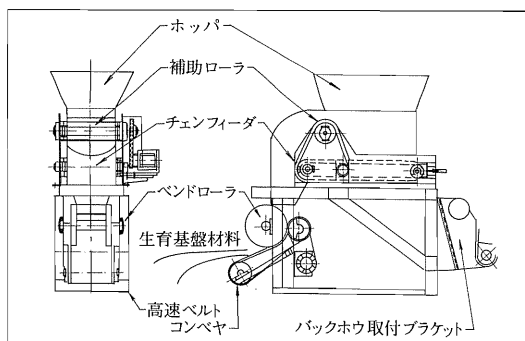


図-4 撒きだし装置の詳細図

る。

#### ① 材料供給部

ホッパーに投入した改良土は、粘性が高くホッパー出口で強力なアーチングを形成し排出抵抗が大きくなる。したがって、ホッパー下部にチェーンフィーダを設け強制的に排出させる。チェーンフィーダは、連続的に排出するだけでなく、そのスピードコントロールで排出量を調整できる。また、補助ローラの回転を調整して定量性の維持とホッパー出口に発生するアーチングを防止し、投入された改良土の圧密を開放してほぐした状態で排出できるようにしている(写真-3参照)。

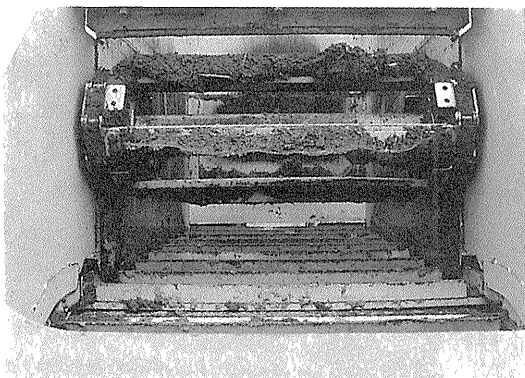


写真-3 チェーンフィーダ(下)と補助ローラ(上)

#### ② 吐出部

定量で排出された材料を従来のエア方式に代わって機械方式で吐出させる。吐出機構として高速ベルトコンベヤ(ベルトスピード10m/sec)を採用したため、従来の吹付け方式ではマテリアルホース内で閉塞を起こすことから圧送が困難であった小石や木屑の切れ端等が混じった材料も施工できるようになった(写真-4参照)。

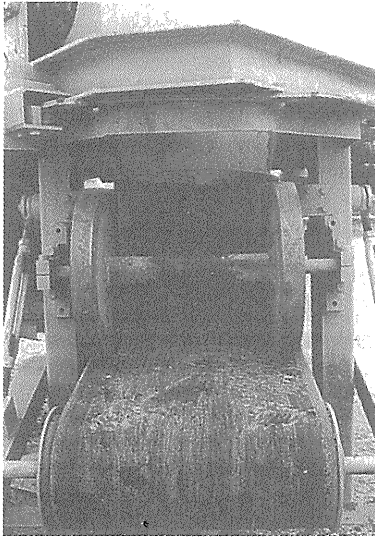


写真-4 吐出部（高速ベルトコンベヤ）

### (b) 改良土の充填工

法面ブロック内へ改良土を充填する作業は全面的に高速ベルトコンベヤ式撒きだし装置を用いて施工した。

#### ① 1段目～2段目の施工

法面ブロックは3段で構成されており、2段目までは0.8 m<sup>3</sup>級バックホウに撒きだし装置を取付けて施工した（写真-5 参照）。



写真-5 バックホウを利用した施工状況

撒きだし装置の吐出部をブロックの直近まで近づけることができるので、改良土を効率よく緑化ブロック内に充填することができた（写真-6 参照）。

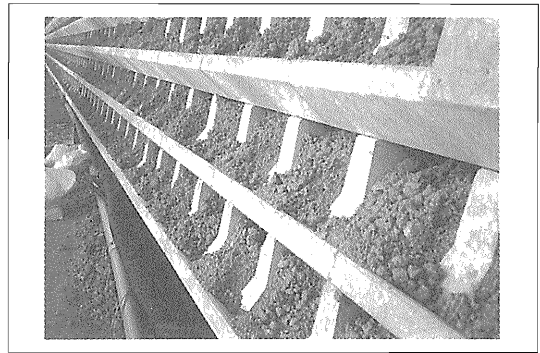


写真-6 充填後の法面ブロックの状況

#### ② 3段目

バックホウのブーム長では高さが届かない箇所が生じるため、撒きだし装置を25tのトラッククレーンで吊下げて施工した。

撒きだし装置の運転は作業員が見通しのよい法面の小段に立ち、クレーンオペレータとハンドフリーの無線で連絡を取合いながら無線方式の遠隔操作で行った。クレーンオペレータは撒きだし装置のホッパに改良土を供給するための撒きだし装置の上げ下げだけを担当した（写真-7 参照）。



写真-7 トラッククレーンを利用した施工状況

## 4. 効 果

当該撒きだし装置を用いた緑化ブロックへの改良土投入工事を通して得られた成果、課題について、品質、経済性、安全性、工程、施工性の面から述べる。

### (1) 品質

緑化ブロックへの改良土の充填状況は概ね良好で、当初懸念された緑化ブロック内の上部に空隙が残ることはなく、また、全体としての充填むらもほとんどなく施工できた。これは、ベルトコンベヤの速度調整により、撒きだし量と撒きだし速度を適切に管理できたことによる。撒きだしの方向制御については、バックホウによる場合はアームの動きによるきめ細かな制御が可能であった。クレーンにおいてはブームの旋回と油圧シリンダによる撒きだし装置の上下動により方向制御を行ったが、実質上問題なく施工できた。

撒きだされた材料は緑化ブロックのコンクリート前面や既に充填された部分に当たると跳ね返り、特に擁壁の端部でこの傾向が顕著であった。このため、撒きだし完了後に、小段にこぼれ落ちた改良土の清掃を行う必要があった。また、植栽用に組立てた足場を利用して、充填土の細部の整形を兼ねて、緑化ブロック前面に付着した土砂の清掃を行った。なお、礫の跳ね返りによる緑化ブロックの損傷は見られなかった。

### (2) 経済性

施工量は、稼働日平均で約 25 m<sup>3</sup>/日、1日当たり最大施工能力は、バックホウの場合で約 40 m<sup>3</sup>/日、クレーンの場合で約 20 m<sup>3</sup>/日であった。コスト面では、従来的人力施工に比べて、撒きだし設備に係わる機械損料や運搬費等が発生するものの、人件費の大幅な低減とクレーン使用期間の短縮によりコストダウンを図ることができた。トータル的には人力施工と比較し、約 70%の費用で施工できたと考えられる。

### (3) 安全性

当施工では、作業自体の安全性について特に大きな課題は残らなかった。人力施工と比較すると、機械施工のため足場上での作業が少なくなり、墜落災害の危険性が減少した。撒きだし作業時は土の跳ね返りが生じ、撒きだし正面の立入禁止措置が必要であった。

バックホウ搭載型の撒きだし作業はバックホウのオペレータが直接撒きだし装置を操作し施工した。また、クレーンを使用した場合では、撒きだ

し状況と充填状況を作業員が目視で確認しながら遠隔操作で行った。このため、作業員を小段上で撒きだし装置になるべく近い位置に配置する必要があった。撒きだし装置にカメラ等を設置することにより、地上で充填状況の確認が可能となれば、高所作業や充填材料の跳ね返りによる危険が減少し、さらに安全性が向上するものと考えられる。

### (4) 工程

冬季の降雨・降雪の多い時期ではあったが、人力施工と比べて、1日あたりの施工量が増加し約 2分の1に工程を短縮できた。しかし、機械施工であっても、降雨・降雪の影響を少なからず受けた。前述したように粘性の強い現場発生土を用いたため、水分を含むとさらに粘性が強くなり、ホッパへの投入の際に土がほぐれずに塊となったり、ホッパ内に土が付着しベルトコンベヤ上へ落下しないなどの状況が発生し、撒きだしの効率が下がった。

工程を検討する際に、粘性の強い土砂の場合は、降雨の影響を十分考慮する必要がある。また、当施工では改良土の仮置き場所をブルーシートで養生したが、水に対する対策が工程管理上非常に重要であることがわかった。

### (5) 施工性

トラッククレーンで撒きだし装置を吊って施工する方法では、

積込み→吊上げ→撒きだし→吊下しの1サイクルに約10分の時間を要し、バックホウによる場合と比べて2倍程度であった。撒きだし装置のホッパ容量は施工能力に与える影響が大きいと考えられるため、特にクレーンによる場合は、ホッパの大型化が今後の課題だと考えられる。

使用した撒きだし装置は、本来伐採樹木等のチップ材を混入した緑化基盤材に対して開発されたものであり、今回のような比重の比較的大きい改良土をホッパに多量に積込むと、撒きだしの勢いが減少してしまうことがわかった。これは、ベルトコンベヤの回転能力不足に起因するものであり、施工においては、ホッパへの1回当たりの投

入土量を0.3 m<sup>3</sup>程度に抑えることにより対処したが、この点を改善すればさらに施工能力が向上するものと考えられる。

当施工は粘性の強い発生土を用いたため、土がホップ内で詰まることもあり、これに対してバックホウ搭載型の場合は、アームに振動を与えることで容易に対応できた。クレーン吊下げの方法はバックホウのような振動を与えることが困難なため、今後粘性土を対象とする場合は、撒きだし装置自体に小型の加振機を装備するなどの改良を加えることも課題として挙げられる。

## 5. おわりに

緑化ブロックに改良土を充填する工事において、法面緑化で使用している高速ベルトコンベヤ式の撒きだし装置を用いて機械的に充填する方法で施工した。これにより、従来の人力による工法と比較して、コストダウン、工程短縮を図ることができ、また、安全面でも危険作業の低減などよい成果を得ることができた。また、施工上の留意点や今後の課題等についても明らかにすることができた。

今後は、今回と同種の工事や高所で狭隘な箇所を対象とした土砂投入工法として、実績を蓄積するとともに撒きだし機への改良を加え、本工法をより良いものとしていきたい。また、当企業体においては、発電所の各種主要土木構造物の工事完成に向け、機械化、省力化等さらなる効率化を

図っていきたい。

最後に、当工事の施工並びに本報文のとりまとめに当たり、いろいろとご指導、ご協力を頂いた関西電力株式会社舞鶴火力建設所の関係者各位に深く感謝いたします。

J C M A

### 【筆者紹介】

山野 達矢（やまの たつや）  
株式会社関西総合環境センター  
環境共生部緑化工事チーム



石口 真実（いしぐち まさみ）  
株式会社熊谷組  
土木本部土木技術部  
副部長



岸 研司（きし けんじ）  
株式会社熊谷組  
関西支社関電舞鶴土木作業所  
副所長



服部 頼政（はっとり よりまさ）  
株式会社熊谷組  
関西支社関電舞鶴土木作業所

