

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業

ベルトコンベヤ設備による大量土砂搬出の計画および施工

白 土 稔・堀 隆 浩

当事業は、東日本大震災により甚大な被害をうけた宮城県東松島市野蒜地区の高台移転を目的とし、住宅、公共公益施設およびJR 仙石線用地を整備するものである（図一1）。CM（コンストラクション・マネジメント）方式による設計・調査・測量・工事の一体的業務を採用しており、プロジェクト全体のマネジメント業務と設計施工を同時に行っている。ファストトラック方式により部分的に詳細設計が完了した箇所から、工事施工を進めていくことにより、事業全体工程の大幅な短縮を目指すものである。そこで、丘陵地の造成により発生する大量の土砂搬出方法として、破碎設備およびベルトコンベヤ、大型重機を採用し、事業工程の大幅な短縮を図った。

本稿では、当事業における大量土砂搬出についての計画および施工事例を紹介する。

キーワード：高台移転、ベルトコンベヤ、破碎設備、CM（コンストラクションマネジメント）

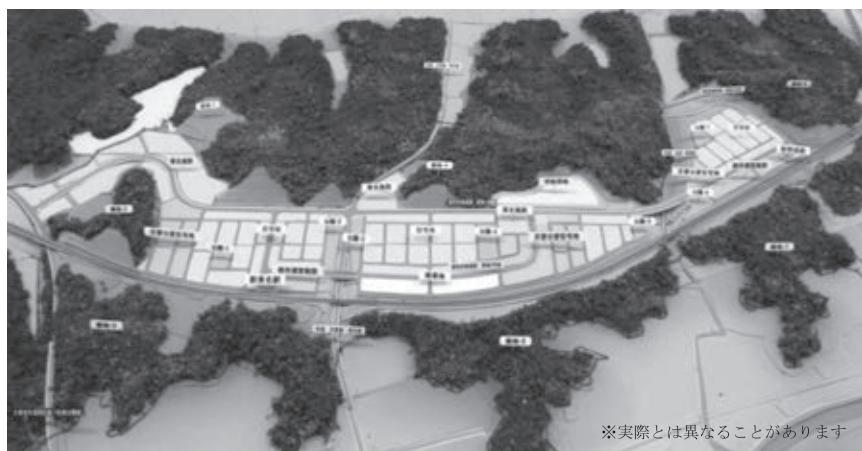
1. はじめに

本事業（施行者：東松島市、受託者：UR 都市機構）は、施行地区面積／91.5 ha、計画人口約1,370 人（約448 戸）[防災集団移転事業の移転先住宅：278 戸、災害公営住宅：170 戸]、事業期間は平成24 年度～平成29 年度で平成27 年5 月30 日にJR 仙石線の運行再開、平成28 年7 月～平成29 年1 月に宅地の引き渡し、平成29 年1 月には小学校を移設することを目標としている。測量・調査・設計・施工一体型のCM 方式では、平成24 年11 月に基本設計で契約し、工事着手後に測量・地質調査を実施して詳細設計を行い、関係機関との協議を経て、平成25 年8 月より破碎設備

およびベルトコンベヤの設置を開始、約4 ヶ月で設置・試運転を完了させ平成26 年1 月より本格的稼働を行い、同年10 月に土砂搬送を完了させた。

2. ベルトコンベヤ採用の経緯

本事業地は、特別名勝松島の指定地域であることから景観に関する規制があり、造成地が直接見えないよう海側の緑地を残すことが条件であった。また、JR 仙石線の移設にあたり鉄道勾配の制約、既存の県道・市道との道路接続を条件に設計した。その結果、掘削量は約550 万 m³ となり、事業用地内に約240 万 m³ を盛土し、約310 万 m³ を事業用地外に搬出・仮置きし、



図一1 事業完成イメージ

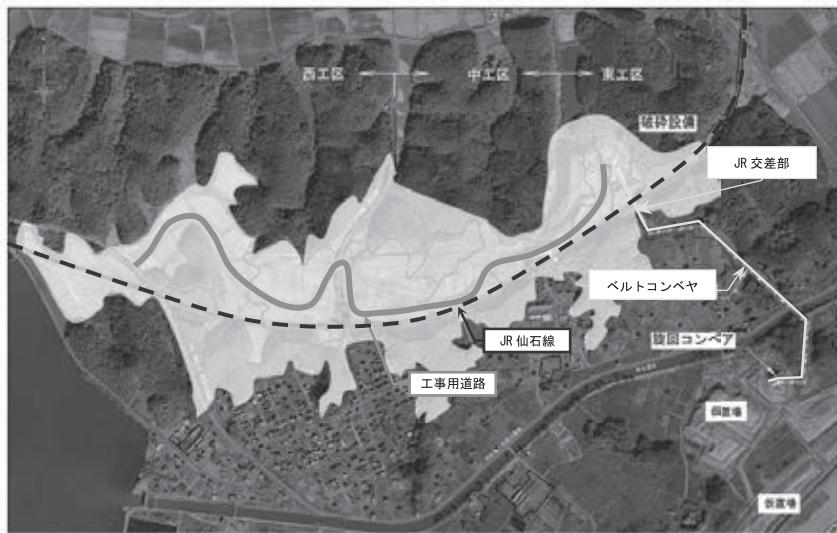


図-2 ベルトコンベヤ計画平面図

他の復興事業に活用する設計とした。仮置場は、約12 km 離れた国有林を借地できることとなったが、掘削積込に14 m³ 級バックホウと運搬に10t ダンプトラックの組み合わせでは、43 ヶ月が必要となる。土砂搬出完了後に施工する上下水道、道路などのインフラ工事の工程を考慮すると、事業用地外搬出を平成26年1月から平成27年3月までの15 ヶ月以内で完了させる必要があり、1 日当たり約10,000 m³ の土砂を搬出する必要があった。また、一般道を使用したダンプトラック運搬は、周囲の再建家屋に対する振動・粉塵・騒音等の環境問題、一般道の交通渋滞および交通事故の問題がある。そこで、事業用地内から事業用地外の仮置き場までの区間1,215 m に、大量輸送が可能で環境面でも問題の少ないベルトコンベヤを採用した。

ベルトコンベヤの設置個所は、地形的条件と住民同意が得られた再建家屋を迂回するルートを選定した(図-2)。また、JR 仙石線の移設工事と交差する箇所は、軌道下にボックスカルバートを構築し、その中にベルトコンベヤを設置して、JR 復旧工事に支障を生じない計画とした。ボックスカルバートは、JR 東日本と協議し、列車荷重を考慮した本設構造物として設計し、工事完了後に自由通路として活用できる構造とした。

3. 破碎設備の設計と施工

造成範囲の地質は、軽石凝灰岩、シルト岩を主体とした軟岩である。70 t 級リッパー付ブルドーザで掘削した軟岩は最大粒径800 ~1,000 mm 程度の大塊となる。他の復興・復旧事業の盛土への流用およびベルト

コンベヤ上での安定性、乗継シートの詰りや損傷を抑制するため、300 mm 以下に粒度調整する破碎設備を設置した(表-1, 写真-1, 図-3, 4)。

破碎設備の設計では、投入原石の軟岩Ⅱの比率を57.8 % とし、原石粒度が300 mm 以上を70 % として、作業能力225 t/h の破碎機を5 台とした。また、破碎設備の機械構成は、投入材を引き出すエプロンフィーダと300 mm で分級するデッキスクリーンおよび大塊を破碎するジョークラッシャが一般的である。しかし、当地区では他の復興工事が進行しており、鉄筋工、型枠工の不足、生コンクリートの供給量の制限などに

表-1 破碎設備諸元

設備	規格・寸法	台数	能力/台
鋼製ホッパー	240 m ³	5	-
グリズリ振動 フィーダ	2,100 (W) × 5,400 (L)	5	45t/h
ジョークラッシャ	1,520 (W) × 1,270 (L)	5	225t/h
引出コンベヤ	1,200 (W) × 216 ~346 m	5	529t/h



写真-1 破碎設備全景

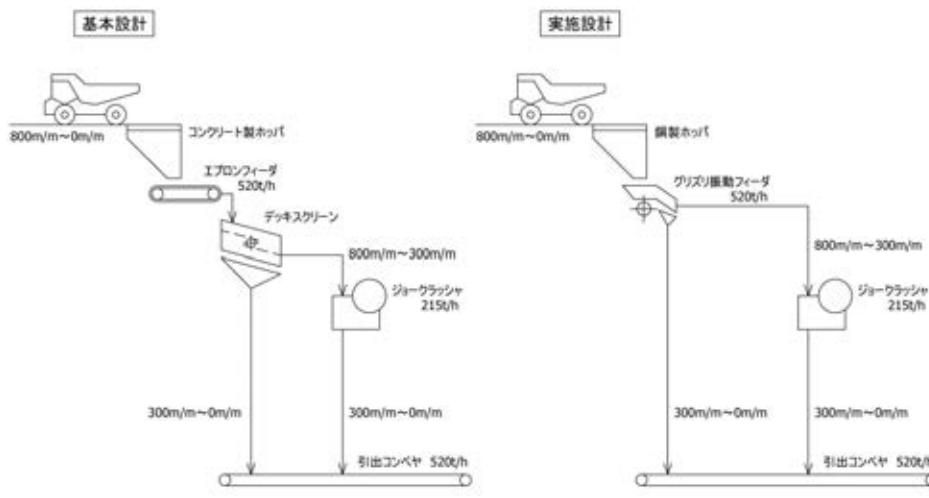


図-3 破碎フローの比較

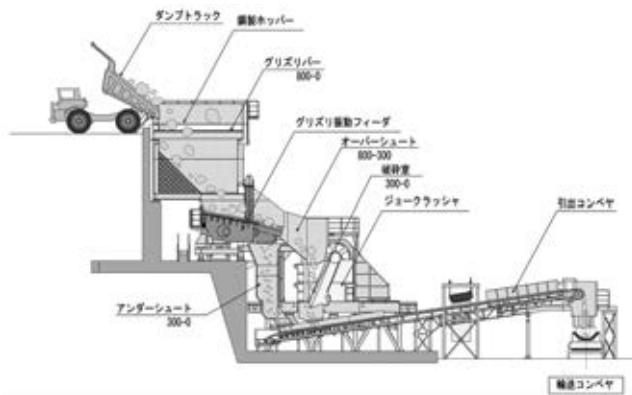


図-4 破碎設備

より設置工程が長期となる。そこで、設備のコンパクト化と鋼製化により設置工程の短縮を図った。設備のコンパクト化では、投入材の引き出しと300 mmでの分級を1台の機械で処理できるグリズリ振動フィーダを採用した。鋼製化では、投入ホッパーと破碎機基礎を鋼製にした。これにより、コンクリート量を2755 m³削減した。また、鋼製ホッパーは、分割して搬入したホッパーを組立・据付することにより、全5基の現場作業を8日間で完了させ大幅に工程を短縮した。

4. ベルトコンベヤの設計と施工

ベルトコンベヤ設計では、搬出予定土量および搬出工期、平均稼動日数をもとに必要搬送能力を10,000 m³/日以上とし、且つ周辺住民への騒音・振動・粉塵等の環境にも配慮した設計とした。

摩耗性が高い大塊を搬送する場合、ベルト速度が速すぎると設備機器の損耗が激しくなること、搬送物がこぼれ落ちることによる設備の損傷、稼働時の騒音レベルの増大等の周辺環境への影響が課題であった。「新ベルトコンベヤの計画と管理（資源・素材学会コンペ

ヤ研究委員会）」では、ベルト速度は80～120 m/minを推奨していること、および騒音規制値55 dB以下を目標として騒音検討した結果、ベルト速度を120 m/minに決定した。

コンベヤベルトの幅は、「ダム施工機械設備設計指針（財団法人ダム技術センター）」よりコンベヤ上の積荷の理論最大断面積よりベルト幅1,600 mmと1,800 mmの搬送能力を比較し、必要搬送能力を満足する1,800 mmに決定した（表-2）。

表-2 ベルトコンベヤ諸元

ベルト幅	1,800 mm
ベルト速度	120 m/min
平均搬送能力	1,838 m ³ /h (2,334 t/h)
最大搬送能力	2,262 m ³ /h (2,852 t/h)
電動機の余裕	20 %

ベルトコンベヤ設置ルートは、在宅民家を迂回するように選定したが、4軒は離隔が30 m程度であることから、騒音・振動などの影響を低減する対策を実施した。ベルトを支持するローラは、全てゴムライニング防音ローラを採用し、更にベルト乗継部のローラは衝撃吸収型のゴムライニングとした。乗継フレームは、空気バネで支持して積荷の乗継時の衝撃を緩衝させた。乗継部は、建屋で囲い騒音を低減すると共に、バグフィルタ式集塵機を取付け粉塵の拡散を防止した。

ベルトコンベヤは、上部と側部にFRPカバー、下部に鋼製落下防止板を取り付けて囲い騒音と粉塵を低減した。また、モーターをインバーター制御することで、ベルトコンベヤ起動時の衝撃を緩衝して振動を低減した。

騒音・振動対策の結果、騒音60 dB程度、振動32 dB程度に抑制することができた。

なお、設置箇所は特別名勝松島の指定地域であり、景観が規制されていることから、ベルトコンベヤの外観は環境色（こげ茶色）に統一した（写真—2～4）。

ベルトコンベヤで搬送された土石は、仮置場へ二次運搬する計画であったが、借地した仮置場は中央に市道が供用されており、ベルトコンベヤ先端部の土砂放出部（一次サージ）の広さが制限されていた。土砂放出方式には、直線状の固定ベルトコンベヤ上部をトリッパと呼ばれる放出機が移動する方式と、ベルトコンベヤを旋回させて円形に放出する方式がある。本工事では、設備規模を小さくでき、設置が容易な旋回コンベヤを採用した。旋回コンベヤの先端高さは地上21.5 m とし、旋回角度を230° とすることで、約35 000 m³（3 日分）の一次サージ容量を確保した。旋回コンベヤ

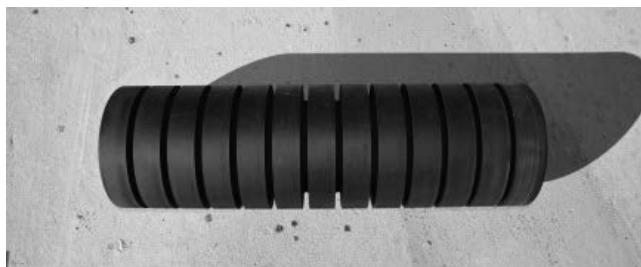


写真-2 クッションゴムライニング



写真-3 空気ばね



写真-4 乗継建屋全景

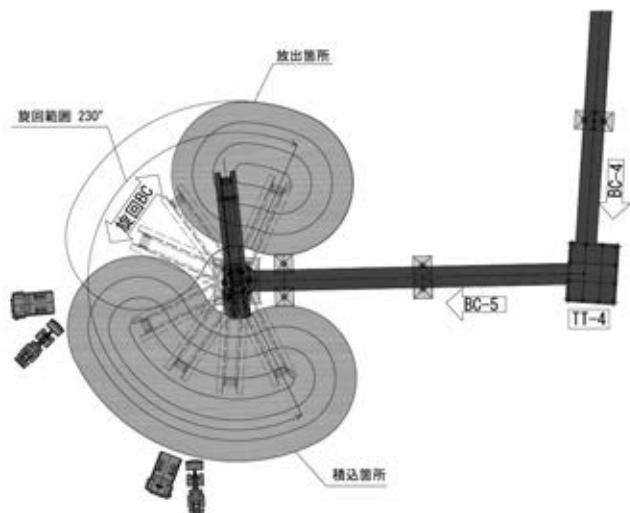


図-5 旋回コンベヤ平面図



写真-5 旋回コンベヤ

は、土砂の放出箇所と積込箇所を一日毎に入れ替えることで、積込機械の安全性を確保した（図—5、写真—5）。

ベルトコンベヤの設置ルートは、JR 仙石線移設予定地と1 箇所交差する。JR 移設工事とベルトコンベヤ搬出は同時に施工する必要があるため、ベルトコンベヤをJR 下部に地下埋設することとした。地下埋設には、鋼製コルゲートを利用して設置するのが一般的であるが、将来高台移転地と旧市街地を繋ぐ施設が必要となることと、鉄道は一旦開業してしまうと軌道下の掘削工事が非常に難しくなることもあり、鉄道下に設置したボックスカルバートをそのまま自由通路として活用することを提案した。本事業ではJR 鉄道の荷重影響範囲をボックスカルバート、荷重範囲外を鋼製コルゲートとした。ボックスカルバートは、列車走行時にかかる重量を考慮して本設の構造物として設計し、工場製作したものを現地で組み立てる構造とした（写真—6、7）。

県道と東名運河部は、スパンが76 m となるため、中央をピン構造として2 分割したトラスで設計した。



写真-6 JR交差部ボックスカルバート



写真-8 750tクレーンによる架設状況



写真-7 ボックスカルバート内のベルトコンベヤ



写真-9 ベルトコンベヤ設置状況

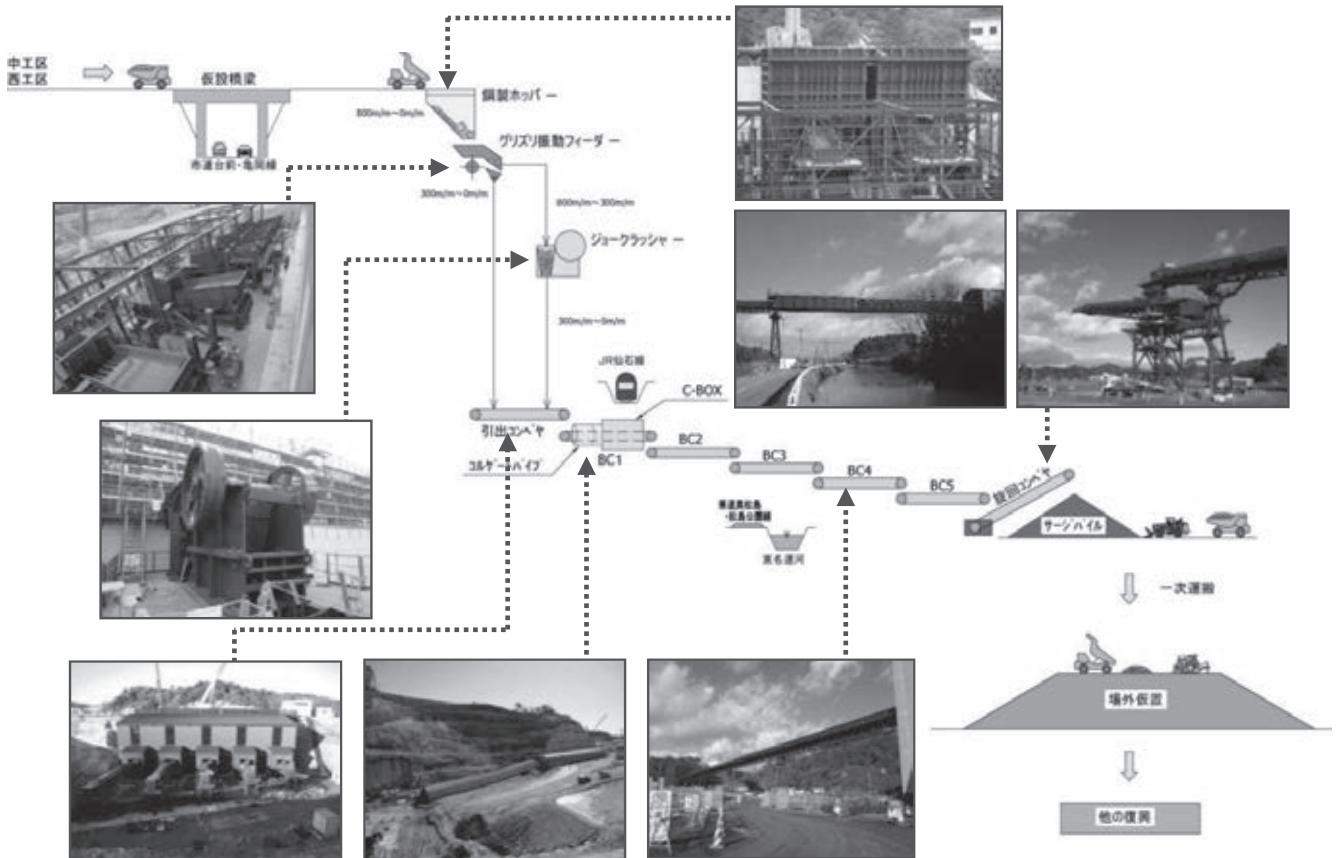


図-6 破碎搬送フロー図

上架は750t クローラクレーンを使用して、2分割したトラスを空中で接合させて2日間で完了させた。その他のベルトコンベヤ据付重量3350tは、昼夜体制での施工とし、160人の作業員、60t級ラフタークレーン35台、360t級オルテレンクレーン4台を同時に稼働させて実質4ヶ月で据付を完了した（写真一8、9、図一6）。

5. ベルトコンベヤ・破碎設備の運転

ベルトコンベヤおよび破碎設備は、破碎設備横に中央操作室を設置した。設備各所に23台のモニタを配置し、2台の操作盤を1人のオペレーターで運転操作可能とする半自動システムとした。投入口は、超音波センサでホッパー内の残量を測定してダンプ投入可否の信号を自動制御した。破碎機は、モニタカメラ2台と超音波センサ1台を設置し、グリズリ振動フィーダの引き出し状況とジョークラッシャの破碎状況を監視

し、ジョークラッシャ内の残量を測定してグリズリ振動フィーダの出力を自動制御により調整するシステムとした。引出コンベヤに磁選機、搬送ベルコンに金属探知機を設置して金属を感知した時はベルトコンベヤを緊急停止させるシステムとしベルトの損傷を防止した。

当工事での破碎対象物はシルト岩、凝灰岩を主体とする軟岩で比重が軽く含水比の高い土石であり、破碎設備内のグリズリ振動フィーダやジョークラッシャへ付着し、それらが堆積することで閉塞事象が頻繁に発生した。設備に付着した土石は運転当初、運転を一時停止し人力および高圧洗浄機等を使用し撤去を行っていたが、作業効率の低下と安全上の課題から、改善策として長尺のクサビ型アタッチメントを土砂清掃専用に製作した。専用アタッチメントを装着したバックホウを破碎設備内部に配置し、付着土石の撤去を行うことにより付着土砂撤去作業時間を短縮し、設備稼働率および撤去作業時の安全性を向上した。また、清掃用開口を設けることにより清掃作業の省力化を図った（写真一10、11）。

6. おわりに

ベルトコンベヤおよび破碎設備は、平成26年1月より本運転を開始し、設備の改良、作業時間の見直しを実施した結果、当初工程より5ヶ月工程を短縮し、同年10月に土砂搬出を無事完了した。現在は、上下水道、道路工などのインフラ整備を急ピッチで進めている。移転希望住民の皆様の切なる思いである「新たな街づくり」を一刻も早く作り上げる事が我々CMF（コンストラクション・マネージャー）としての使命です。東松島市、UR都市機構、ならびに関係機関の更なるご協力を賜り、一日も早い工事完成に向け邁進する所存であります。

J C M A

[筆者紹介]

白土 稔（しらと みのる）

大成建設㈱

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業

大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイト日技共同企業体
作業所長

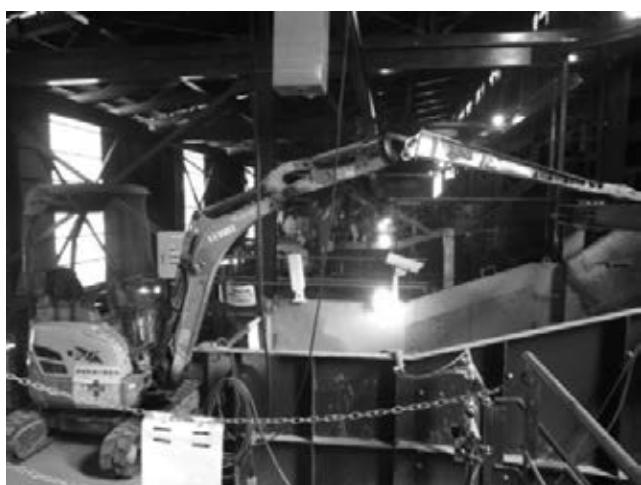
堀 隆浩（ほり たかひろ）

大成建設㈱

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業

大成・フジタ・佐藤・国際開発・エイト日技共同企業体
主任

写真一10 設備運転状況（操作室）



写真一11 専用アタッチメント装着バックホウ