

大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース

東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取り組み

白 土 稔・新 井 健 司

本事業は、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住宅、公共公益施設及びJR仙石線を、高台に移転することにより、災害に強い街づくりを進めている。本工事では、早期復興を目的とし調査、測量、設計、施工を一体的業務としてCM方式を発注者（UR都市機構）が採用し、CMrより建設機械の大型化やベルトコンベヤの導入、掘削岩の破碎による有効活用及び施工施設の再利用を提案し、その結果、大幅な工期短縮、資源の有効活用、省エネルギー化、省資源化を達成することができた。
キーワード：震災復興、大規模土工、コンストラクションマネジメント、ベルトコンベヤ、大型重機、破碎機、資源の有効活用、省資源化

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91.5ha、計画人口約1,370人（約448戸〔防災集団移転住宅：278戸、災害公営住宅：170戸〕）の高台移転地を整備するものである（写真—1）。

造成工事では、掘削量550万 m^3 、盛土量240万 m^3 、残土処分310万 m^3 の大規模工事となり、通常的手法では10～15年程度を要すると考えられる事業を1日も早い復興を目指して、CM（コンストラクションマネジメント）方式による測量・調査・設計・施工を一

体的業務として一括発注方式を採用している。CMr（コンストラクションマネージャー）は、工事着手後に測量・地質調査を実施し、関係機関との協議を経て詳細設計を行い、同時に着手可能な部分から工事施工に着手するファストトラック方式を採用することで、わずか1.5年でJR仙石線移転部を引渡し、4年で全ての宅地引渡しを完了させた。

本稿では、1日も早い復興が求められる中で、工事で発生した大量の岩塊や工事に要した施設を復興事業に有効活用するとともに、消費されるエネルギーや燃料等の資源をできるだけ少なくする取り組みを行ったので報告する。



写真—1 松島湾側から見た全景

2. 大規模土工事の課題と対応策

(1) 工程の長期化と交通、公害問題

本事業地は、特別名勝松島の保護指定地域であり、造成地が松島湾の展望台から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から軌道敷高さを EL 22.0 m、宅地は擁壁を極力設けず平坦にすること、既存の県道・市道との道路接続を条件に土工量の削減を目指した設計をしたが、掘削量 550 万 m^3 、事業用地内盛土 240 万 m^3 、場外搬出 310 万 m^3 の大規模土工事となった。本事業の大規模土工事における課題は、以下のとおりである。

(a) 場外搬出工程の長期化

一般的な機械の組合せによる計画では、掘削に 32 t 級ブルドーザ 9 台、積込に 1.4 m^3 級バックホウ 12 台、場内運搬及び場外搬出に 10 t 級ダンプトラックを 1 日約 100 台使用し、同時並行的に 240 万 m^3 の場内盛土と 310 万 m^3 の場外搬出を行っても約 45 ヶ月の期間を要し、迅速な復旧の支障となる。

(b) 化石燃料の大量消費及び CO_2 の発生

一般的な機械の組合せでは、掘削・積込・場内盛土・場外搬出で化石燃料を約 16,237 kl 使用し、温室効果ガスである二酸化炭素を約 41,891 t 排出することになる。

(c) 一般道の渋滞、交通事故

場外搬出に 10 t 級ダンプトラックを使用すると、交通量の増加による渋滞や交通事故の発生が懸念される。

(d) 排気ガス、粉塵、騒音、振動の発生

一般道沿いには、被災した家屋をリフォームして住居としている方が点在しており、ダンプトラックの排出ガス、ほこり、騒音、振動が懸念される。

これらの課題への対策と効果を以下に示す。

(a) 重機的大型化

掘削に 70 t 級ブルドーザ 6 台、積込に 5.0 m^3 級バッ

クホウ 4 台、運搬に 40～50 t 級重ダンプ 6 台を採用(写真—2) し場内盛土に着手、ベルトコンベヤによる場外搬出時(写真—3)には最大で 70 t 級ブルドーザ 15 台と 5.0 m^3 級バックホウ 10 台及び 40～50 t 級重ダンプ 19 台を投入し、掘削・盛土を 25 ヶ月に短縮した。重機を大型化したことにより、標準案の 24% となる化石燃料を 1,580 kl、二酸化炭素の発生を 4,076 t 削減した(表—1)。

(b) ベルトコンベヤによる場外搬出

大型のベルトコンベヤ(幅 1.8 m、延長 1,215 m)を設置し、1 日あたり 13,000 m^3 の搬出を行い、場外搬出を 10 ヶ月に短縮した。これにより、10 t ダンプトラック使用による化石燃料の大量消費が無くなり、二酸化炭素の発生を標準案の 79% となる 19,754 t 削減することができた(表—2)。また、一般道のダンプトラック運搬を無くすことで、渋滞や事故の発生をゼロにすることができた。

(c) ベルトコンベヤにおける環境対策

ベルトコンベヤは、再建家屋を避けたルート選定し(図—1)、ベルトコンベヤ全線に防塵カバーを取付け、ベルト乗継部は建屋で囲いクッションゴムローラや空気パネの採用による衝撃吸収等を実施した(写真—4)。これにより、粉塵の発生を抑制し、騒音・振動については、特定建設作業の環境基準値(騒音 85 dB 以下、振動 75 dB 以下)を下回り、ベルトコンベヤ近傍の民家において騒音は 60 dB 程度、振動は 32 dB 程度に抑制した。

(2) 岩塊の盛土材への有効活用

造成地の地質は、軽石凝灰岩及びシルト岩で、軟岩が 98% であった。また、盛土材料の最大粒径は 30 cm 以下で、仕上げ面から深さ 5.5 m 未満の表層盛土材の最大粒径は 10 cm 以下とし、径 3.75 cm 以上の混入率は 40% 未満に規定されていた(図—2)。一方で、場外搬出した残土についても、他の復興事業等で有効活用したいとの要望があった。これらの課題を以下に示す。



写真—2 大型重機による掘削・積込・運搬状況



写真—3 ベルトコンベヤによる場外搬出

表一 重機の大型化による燃料使用料と CO₂ 排出量の削減効果

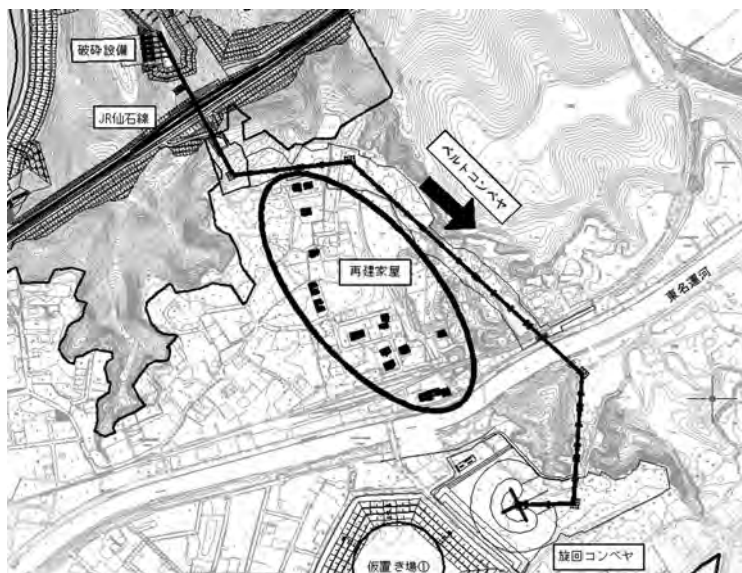
バックホウの 大型化	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	m ³	1.4	5.0		
対象土量	m ³	5,500,000			
1日あたり 作業量	m ³ /台日	550	2,130		
1日あたり 燃料消費量	L/日	242	683		
延べ稼働台数	台日	10,800	2,560	▲ 8,240	(76 %)
燃料使用量	L	2,614,000	1,748,000	▲ 866,000	(33 %)
CO2排出量	t	6,744	4,510	▲ 2,234	
ブルドーザの 大型化	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	t	32	70		
対象土量	m ³	5,500,000			
1日あたり 作業量	m ³ /台日	780	1,500		
1日あたり 燃料消費量	L/日	333	567		
延べ稼働台数	台日	8,100	3,840	▲ 4,260	(53 %)
燃料使用量	L	2,697,000	2,177,000	▲ 520,000	(19 %)
CO2排出量	t	6,958	5,617	▲ 1,342	
ダンプの 大型化 (場内盛土)	単位	仕様		削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後		
規格	t	10	50		
1台あたり 積載量	m ³	4.5	21.0		
対象土量	m ³	2,400,000			
1日あたり 運搬回数	回/日	52	50		
1日あたり 運搬量	m ³ /日	234	1,050		
1日あたり 燃料消費量	L/日	120	450		
延べ稼働台数	台日	10,320	2,320	▲ 8,000	(78 %)
燃料使用量	L	1,238,000	1,044,000	▲ 194,000	(16 %)
CO2排出量	t	3,194	2,693	▲ 501	
掘削・積込・場内盛土における合計	単位	当初計画	変更後	削減量 (削減率)	
使用燃料合計	L	6,549,000	4,969,000	▲ 1,580,000	(24 %)
CO2排出量	t	16,896	12,820	▲ 4,076	

表二 ベルトコンベヤ採用による燃料使用料と CO₂ 排出量の削減効果

ベルトコンベヤへの 変更 (場外搬出)	単位	仕様			削減量 (削減率)	
		当初計画	変更後			
	運搬区分	現場 ～場外仮置場	現場 ～破砕機 ～場外仮置場	破砕機 ～場外仮置場 ベルトコンベヤ		
規格	-	10tダンプ	50tダンプ	ベルトコンベヤ		
1台あたり 積載量	m ³	4.5	21.0			
対象土量	m ³	3,100,000	2,800,000 ※1			
1日あたり 運搬回数	回/日	13	50			
1日あたり 運搬量	m ³ /日	38.4	1,050			
1日あたり 燃料消費量	L/日	120	450			
延べ稼働台数	台日	80,729	2,667			
燃料使用量	L	9,688,000	1,200,000	285,000 ※2	▲ 8,203,000	(85 %)
電気使用量	kwh			2,386,000		
CO2排出量	t	24.995	3.096	2.145	▲ 19,754	(79 %)

※1 当初計画と変更後の対象土量の差30万m³は、別事業への流用の為、他業者により場外搬出を行った

※2 ベルトコンベヤ設置・解体時の燃料



図ー1 再建家屋を避けたベルトコンベヤのルート図

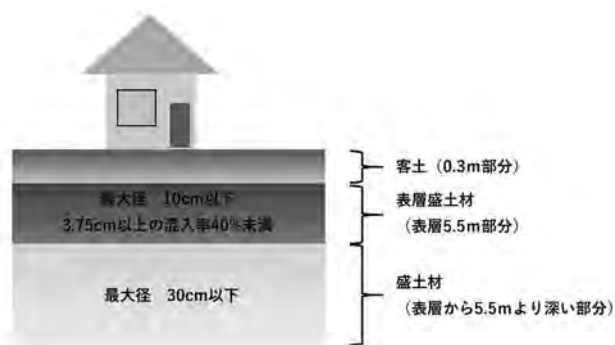


ベルトコンベヤカバー及び乗継部の建屋



衝撃吸収用空気バネ

写真ー4 ベルトコンベヤにおける環境対策



図ー2 宅地盛土の構成



写真ー5 掻き越し状況と大塊状況

(a) 大塊の混入

亀裂が少ない軟岩のため、リッパ付ブルドーザで掻き起すと80～100cmの大塊が含まれる。そのままでは盛土材料としては利用不可能であった(写真ー5)。

(b) ベルトコンベヤの最大積載径

ベルト幅1.8mのベルトコンベヤで搬送するには、ベルト上での安定性や乗継時の詰まりの問題から最大径を30cm以下にする必要がある。

対策と効果を以下に示す。

(a) 自走式破碎機による破碎

国内に数台しかないと言われる80cmの大塊を破碎できる大型の自走式破碎機を使用して30cm以下に一次破碎し(写真ー6)、さらに中型の自走式破碎機で10cm以下に二次破碎した(写真ー7)。その結果、168万 m^3 を盛土材料として、72万 m^3 を表層盛土材料として有効活用した。

(b) 破碎設備による破碎

グリズリ振動フィーダとジョークラッシャ各5台か



写真一六 大型自走式破碎機



写真一七 中型自走式破碎機



写真一八 破碎設備全景

らなる破碎設備を設置し、30 cm 以下に破碎してからベルトコンベヤにより場外搬出した（写真一八）。場外搬出土の全量 278 万 m^3 を堤防の嵩上げや震災で沈下した工業用地、農地の嵩上げ等に役立てることができた。

(3) ベルトコンベヤ搬送に使用したボックスカルバートの有効活用

高台移転地と旧市街地は、移設される JR 仙石線により分断されるため、東松島市と UR 都市機構では、旧市街地の復興のために高台移転地へのアクセス施設の検討を進めていた。一方で、場外搬出にベルトコンベヤを採用したことで、設置ルートは JR 仙石線と交差することになるが、ベルトコンベヤによる場外搬出

と JR 線の軌道工事を同時期に施工しなければならない。このときの課題を以下に示す。

(a) ベルトコンベヤ用仮設トンネルの撤去

場外搬出と軌道工事を同時期に施工するには、安全性を考慮して JR 線の下部に仮設トンネルを埋設し、その中にベルトコンベヤを通す必要がある。しかし、搬出完了後の仮設トンネルは、鉄道は一旦開業してしまうと軌道下の撤去工事が非常に難しくなる。

(b) 列車荷重を考慮したトンネル

JR 仙石線は、平成 27 年秋頃に開業予定であり、トンネルを軌道下に残置するには、列車走行時の荷重を考慮した、RC 造りのボックスカルバートとする必要がある。ボックスカルバートを場所打コンクリートで構築するには約 5 ヶ月を要し、JR 軌道敷の引渡し工程に間に合わない。

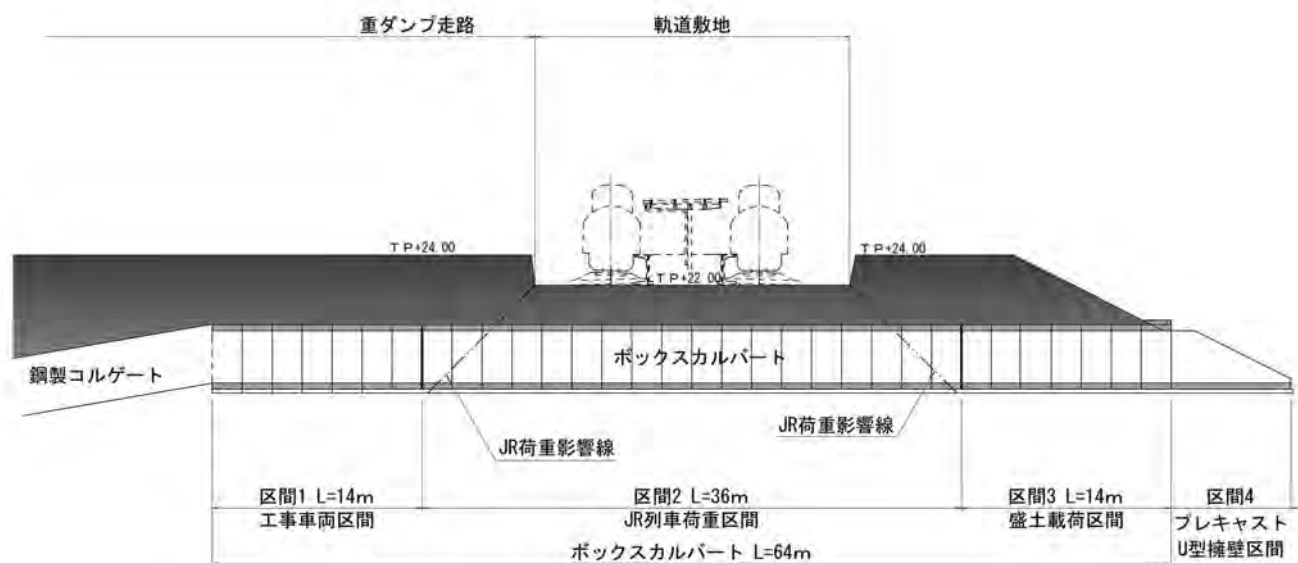
対策と効果を以下に示す。

(a) 本設構造物としてボックスカルバートを設計

列車荷重を考慮した本設構造物として、RC 造のボックスカルバートを設置し、ベルトコンベヤ搬送終了後も撤去しないこととした。構造検討では、区間 1 は、工事用道路とするため 50 t 級ダンプトラックの荷重を考慮した。区間 2 は、JR 列車荷重を軌道敷地の両端部から 45 度の分散角として考慮した。区間 3 は、JR 列車荷重影響範囲から外れた盛土荷重を考慮した（図—3）。区間 1～3 については、応答変位法に地震荷重（レベル 2）で断面設計、断面照査を行った。ただし、区間 2 に関しては、その上部施設の重要性和安全性から、施設管理者（JR 東日本）の基準書である「鉄道構造物等設計標準・同解説」に準拠し、（財）鉄道総合技術研究所の開削トンネルプログラム JRBOX 及び静的非線形解析プログラム SNAP を使用し、設計耐用年数 100 年として設計を行った。区間 4 については、ボックスカルバートの端部となっており、将来的な利用と景観を考慮して、プレキャスト U 型擁壁とし道路土工「擁壁工指針」に準拠した。これにより、軌道敷下部のボックスカルバート残置が JR 東日本に承認された。

(b) ボックスカルバートのプレキャスト化

ボックスカルバートは延長 64 m、内幅 4.0 m、内空高 3.5 m、壁及び上下床板厚さ 0.4 m となり、プレキャスト化による工程短縮を図った。運搬車両の制限から上下 2 分割、長さ 2.0 m のプレキャスト部材とし、120 t 級オールテレーンクレーンにて約 1 ヶ月で設置を完了させた（写真—9）。これにより、平成 26 年 1 月よりベルトコンベヤによる場外搬出を開始し（写真



図一3 荷重条件別のボックスカルバートの設計区分



写真一9 ボックスカルバート設置



写真一10 ボックスカルバート内の土砂搬送状況



写真一11 ボックスカルバート内装

一10)、平成26年6月にJR仙石線用地を引き渡し、当初予定より4ヶ月早い平成27年5月のJR仙石線運行再開に寄与できた。

(c) 自由通路としての再利用

ベルトコンベヤによる場外搬出完了後は、ボックスカルバートの内装工事(写真一11)、事業用地側の地上に上がる階段室(写真一12)及び地上部の建築工事(写真一13)、旧市街地側にロータリー、駐車場、駐輪場を備えた交通広場(写真一14)を整備した。



写真一12 階段室躯体



写真—13 階段室上屋



写真—14 南側交通広場

これにより、地元要望のアクセス施設として利用可能となり、トンネル撤去に伴う産業廃棄物をゼロにすることができた。

3. おわりに

本事業では、迅速な復興が求められる中で、工事で発生した建設副産物や仮設構造物を復興事業に有効活用するとともに、消費されるエネルギーや燃料等の資

源をできるだけ少なくする取組みを行った。この取組みにより、「平成27年度リデュース・リユース・リサイクル推進功労者等表彰」において、国土交通大臣賞を受賞することができた。

野蒜北部丘陵地区の復興事業は、平成28年11月をもってすべての住宅地を完成、引渡しをすることができ、引き続き公園整備等を実施しており平成29年4月末にはすべての工事を完成させる予定である。被災者の一日も早い生活再建のため、最後の追い込みに鋭意努力していきたいと考えている。

謝 辞

最後に本事業を進めるにあたり、早期復興を目指すための提案等を受け入れて下さった東松島市のご英断とUR都市機構のご指導、そして事業を進めるにあたり多大なるご理解、ご協力を頂きました地元住民の皆様にお礼を申し上げます。

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
統括管理技術者兼作業所長



新井 健司（あらいけんじ）
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
工事課長代理