

1. 破碎及び高速搬送ベルトコンベヤ設備の設置～運転・維持管理

清水建設 株式会社

(株)エスシー・マシーナリ

古河産機システムズ(株)

○ 小野澤龍介

加藤 秀樹

片股 博美

1. はじめに

東日本大震災が発生し、東北東沿岸を中心に、地震と想定外の津波により甚大な被害を受けた。岩手県陸前高田市では、被災地における復興まちづくりとして、高台移転事業が進められ、住宅地となる山を切り崩し、掘削した土砂や岩石をかさ上げ地区に運搬する工事を行っている。大容量の土砂約 500 万 m³を環境に配慮し、効率的に破碎搬送する本設備の概要、設計から稼動までの短納期対応諸施策及び運転・維持管理の取組みについて紹介する。

2. 全体のレイアウト

気仙川右岸の山を切り崩し掘削した土砂は、破碎設備にて 300mm 以下に砕かれ、気仙川を横断し気仙川左岸の被災した旧市街地側へ搬送される（写真-1）。本設備について、破碎設備、搬送設備、仮橋設備、電気設備に分類し詳述する。



写真-1 破碎・搬送設備全景

後、スカルパースクリーンにより篩分けを行なう。大きな原石はシングルトッグルクラッシャにより、盛土材（300mm 以下）として使用可能な大きさに破碎する（図-1）。破碎機を 8 基設置することにより 8,000t/h の処理能力を備えている。破碎設備の 8 系統は 4 系統ずつ 2 つのブロックに分け、1 ブロックの基礎工事が完了した時点で据付工事を開始することで工期短縮を図った（図-2、写真-2）。

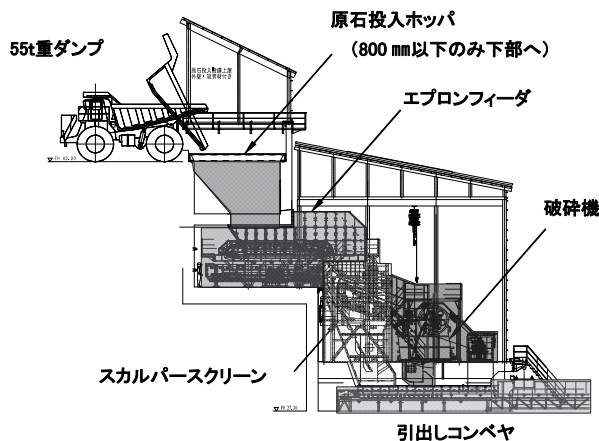


図-1 破碎設備断面図

表-1 ホッパ投入土砂

投入土砂	発破原石（土砂・軟岩・中硬岩）	
粒径	最大 800×1000×1400	mm

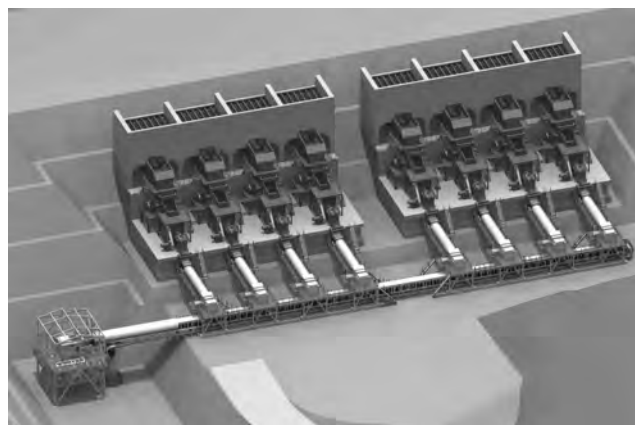


図-2 破碎設備 3D イメージ

3. 設備概要

3.1 破碎設備（8 系統）

掘削した土砂（表-1）は重ダンプにより運搬され 8 基の原石ホッパに投入される。投入された土砂を、エプロンフィーダにより定量的に切出した



写真-2 完成した破碎設備と引出しコンベヤ

3.1.1 原石投入ホッパ

原石投入ホッパはRC製で55t重ダンプ2～3台分の容量を確保した。投入口には目開き800mmの固定グリズリーバーを設置し、1m以上の大塊混入による破碎室の荷詰り等のトラブルを防ぐようにした。

3.1.2 エプロンフィーダ

原料の供給機には、泥分の多い土砂の投入に対しても詰りや居着きが少なく、定量で安定した供給ができ、大塊の落下による衝撃やホッパ内の大きな荷重に耐え得るエプロンフィーダを採用した。

3.1.3 スクリーン

盛土材として破碎の必要のない300mm以下の土砂や泥分と、クラッシャで破碎する岩石とに篩分を行う特重型のスカルパースクリーンをクラッシャの前工程に配置することで、クラッシャの破碎能力を高めるようにした。

3.1.4 クラッシャ

クラッシャは1m程度の大塊を破碎できる国内最大級の60インチシングルトッグルクラッシャを採用した。破碎産物の粒度を安定させるために必要な破碎隙間のセット調整作業を簡単に、短時間で行うことができる油圧セット調整機構を組み込んだ。

3.1.5 騒音、粉塵対策

破碎設備の廻りは騒音の低減、粉塵の飛散防止のため破碎設備全面を建屋で囲った。粉塵が発生する原石ホッパ投入口、クラッシャ破碎室、排出シュートには発塵防止の散水装置、集塵装置を設置した。

3.2 搬送設備

破碎設備から8系統の引出コンベヤ(1000t/h×8系統)にて土砂を引出し、メインの1系統のコンベヤ(6000t/h×1系統)に合流し、10基のコンベヤにて、気仙川左岸の旧市街地へ土砂を搬送し、

5基の旋回コンベヤにて5箇所の払出しを行う。メイン及び旋回コンベヤは、ベルト幅1800mm、ベルト速度250m/min、6000t/hの搬送能力を備えている。旋回コンベヤ(写真-3)は、先端が(旋回半径64m)半円状に旋回することにより、土砂を大量に仮置きできる(表-2、図-3)。旋回は、根元の旋回中心を基点とし、旋回コンベヤの先端下部の2台の走行装置がレール上を移動することにより行われる。

表-2 搬送設備仕様

引出 コンベヤ	名称	BC1～8	
	運搬量	1,000	t/h
	ベルト幅	1,200	mm
	ベルト速度	100	m/min
	機長	24	m
	電動機	30	kW
	数量	8基	
メイン コンベヤ	名称	BC9～19	
	運搬量	6,000	t/h
	ベルト幅	1,800	mm
	ベルト速度	250	m/min
	機長	96～817	m
	電動機	400～ 400×2	kW
	数量	10基	
旋回 コンベヤ (払出設備)	名称	BC20～24	
	運搬量	6,000	t/h
	ベルト幅	1,800	mm
	ベルト速度	250	m/min
	機長	68	m
	旋回半径	64	m
	電動機	132	kW
	数量	5基	
総機長		約3	km

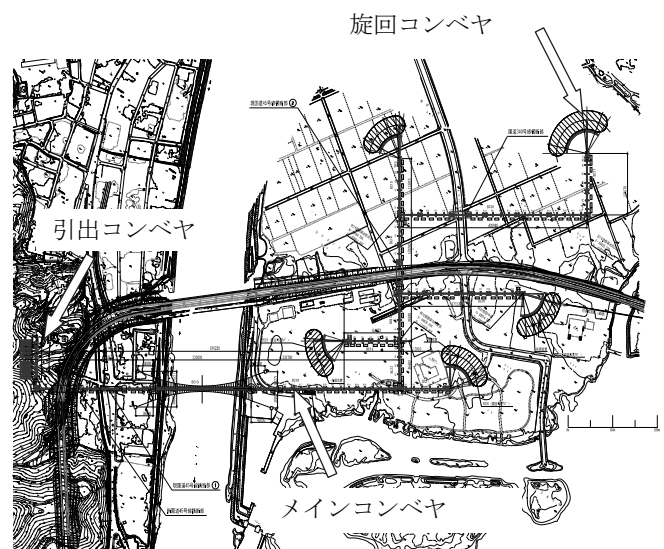


図-3 全体平面図



写真-3 旋回コンベヤ

3.3 仮橋設備

気仙川右岸の山を切り崩し、気仙川左岸の旧市街地側へ土砂を搬送するためには、気仙川を横断しなければならない。河川内に中間橋脚を設置する必要のない、ベルトコンベヤ専用の吊橋を設置した。本吊橋は、市内小学生の公募により「希望のかけ橋」と命名されている（表-3、写真-4）。

吊橋形式は、ケーブル構造がメイン部材であり、引張力には強く圧縮力に対しては抵抗がほとんどないため、載荷荷重や外力による影響を受けやすい、つまり部材が変形し揺れやすい構造である。

ベルトコンベヤ設備を気象条件に左右されずに安定して運転させるためには、大量の土砂等の積載物による荷重（以下、活荷重）と強風による風荷重に対する部材変形やたわみを抑制する必要があった。このため、橋全体の剛度を上げ、耐風安定性が増す補剛桁形式を採用した。補剛桁は、橋に載荷される活荷重や風荷重を補剛桁により広範囲に分散させ主索（メインケーブル）に力を伝達し、局所的な変形を防ぐ役割を担う。また、橋の全体剛性が上がるため、活荷重や風荷重等外力によるたわみを小さく抑えることができる。

表-3 仮橋設備仕様

(希望のかけ橋)	機種	ベルトコンベヤ専用	
	支間長	220	m
	幅員	6.4	m
	主塔高	28.6	m



写真-4 ベルトコンベヤ用吊橋「希望のかけ橋」

3.4 電気設備

66,000 ボルトで受電し、降圧後 6,600 ボルトで 9 箇所のキュービクルに配電している（写真-5, 6）。キュービクルの数量は、設備が広範囲にわたって配置されていることと、負荷容量が大きいいため、配線コストの低減、工期の短縮を考えた結果である。

3.4.1 設備容量

破碎関係設備で 2,500kW、搬送関係設備で 6,200Kw、合計約 8,700kW の容量となっている。



写真-5 特別高圧受変電設備



写真-6 破碎機近傍の高圧キュービクル

3.4.2 重負荷における起動方式

クラッシャ 190kW, ベルトコンベヤ 400～800kW の主たる負荷は、6,600 ボルト直入起動を採用している。かご型モータの採用及び起動制御装置の簡素化による製作期間の短縮を図った。直入起動を採用出来たのも、得意先のご理解が有ったことと、地元電力会社による特別高圧送電線路を、本設備専用にて工期内で施工して頂いたことが主因である。

3.4.3 動力補機類

各所に配置した高圧キュービクルで、400 ボルトに降圧し補機用動力電源を供給した。200 ボルトを採用しなかったのは、配線コストを抑えるためである。

3.4.4 操作制御装置

通常の運転は、破碎設備近傍に設置した中央操作室から連動運転で行う（写真-7）。

5 箇所の排出先があるので、運転前に排出先を選択し、連動運転ボタンを押すことにより順次下流側から自動起動していく。

中央操作室には、6 台の操作制御モニタを設置しており、グラフィック画面で設備全体の状況、機器単体の状況を隈無く確認出来る。

制御装置は、中央操作室のメイン PLC（プログラマブルロジックコントローラ）と設備各所に配置された現場制御盤の PLC を光ケーブルで繋ぎ、ネットワーク化している。

スクリーンやエプロンフィーダでは、負荷変動に対応するためインバータを使用し可変速とした。インバータには PWM コンバータを付帯させることにより、高調波抑制及びモータ減速時回生エネルギーの電源側への戻しを図った（写真-8）。



写真-8 スクリーン用インバータと PWM コンバータ

3.4.5 監視カメラ

原石投入ホッパ、クラッシャ、コンベヤ乗り継ぎ部、最下流コンベヤストックヤードなど計 50 台のカメラを配置した。

破碎搬送の土質状態は、積込場所・天候などにより左右されるが、これらのカメラにて監視することにより不具合の予測、異常の早期発見に大きく寄与した。

碎石の受け入れ状況、破碎状況、搬送状況、排出先のストック状況が、中央操作室に設置した 5 台の大型モニタで容易に確認出来るため、重ダンプ投入受け入れ・機器の調整などを中央操作室から即座に指示出来る。現場配置人員の削減にも繋がった。

カメラはネットワーク型を採用。光ケーブルにて中央操作室 PC と接続しているため、カメラ増設にも容易に対応が可能である。



写真-7 中央操作室での制御状況

4. 短納期対応諸施策

4.1 ルートを湾岸部から陸上部へ

当初は、コンベヤ脚の基礎部が水際の湾岸沿いに設置される計画であったが、環境面で海洋に与える影響が大きいこと、基礎施工が困難で施工の時間を要することから、より工程短縮が図れるよう、コンベヤルートを水際部から陸上部に変更した。

4.2 乗継部を直進または直角に

当初は、コンベヤの平面乗継角度が任意の角度で計画されていたが、乗継部の設計、施工、据付が繁雑となることから、コンベヤの乗継角度を直進または直角として平易化を図り、工程の短縮を図った。

4.3 フレーム構造をトラス形式から桁形式に

従来のコンベヤフレームは図-4 のトラス形式が一般的であった。トラス形式は軽量化を図れるが、部材点数が多いのが特徴的である。今回は、図-5 の桁形式を採用することにより、部材点数をトラス形式より極端に減らし、製作及び現地組立、据付期間の削減を図った。



図-4 トラス形式のフレーム



図-5 桁形式のフレーム

4.4 脚断面の形状を統一

コンベヤ脚断面の傾斜角度を一定にして、脚を3分割構造とした。コンベヤ脚高さ確定前に、製作着手可能な上部及び下部を先行製作し、コンベヤ脚高さ確定後、中間部の製作を着手し製作時間を削減した（図-6）。

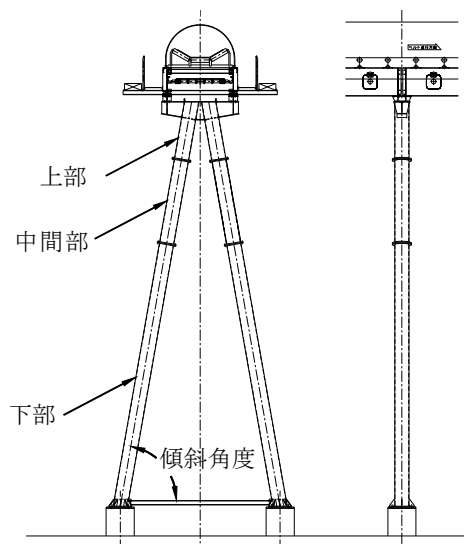


図-6 コンベヤ脚

4.5 乗継架台の共通化

乗継架台への出入りするコンベヤの傾斜角度、コンベヤ設置レベルを同一として、架台の共通化を図り設計・施工の容易化を図った。

5. 運転・維持管理の課題と対応

5.1 破碎機歯板厚の摩耗量計測管理による搬送設備部品の損耗度軽減化

岩石の半分以上は発破作業を必要とする非常に堅硬で緻密な礫岩であり、破碎搬送工程に大きな影響を与える。破碎、搬送作業を中断させないための効率的な部品交換、メンテナンスが課題である。

破碎機の歯板の摩耗（写真-9）が進行すると破碎能力が落ちるだけでなく、搬送設備のベルト・シュートラライナ・ローラの早期摩耗・破損の原因となる。定期的に各機の歯板厚を計測し、摩耗量と搬送量から交換・予備品追加の納期を早期に予想し、効率的な歯板の管理・交換を行っている（図-7）。歯板の寿命延長化のため、材質の変更・表面硬化等を検討したが、工程及びコスト面から総合的に判断し、現状品を継続した。

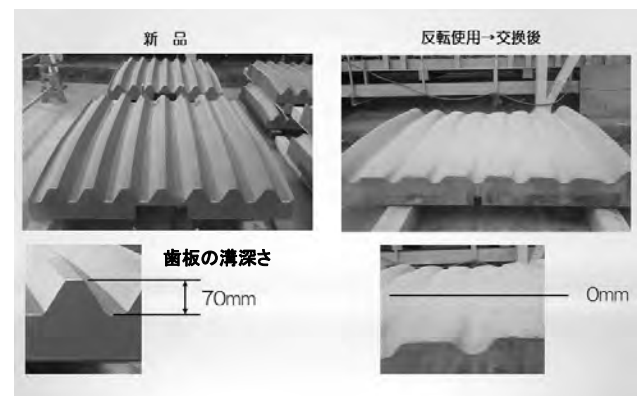
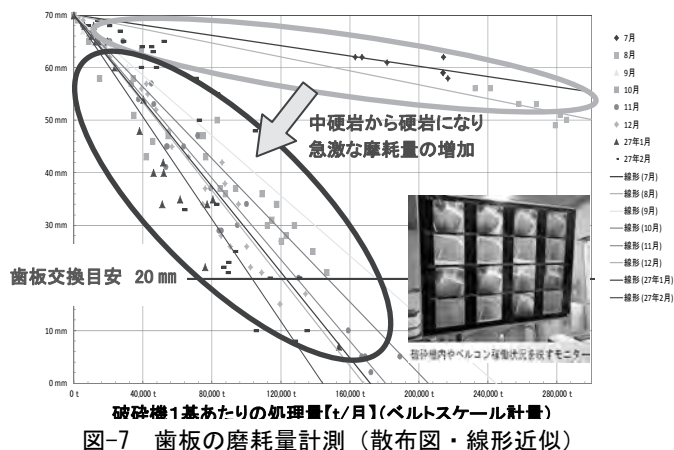


写真-9 硬岩による歯板の摩耗状況



5.2 粘性土砂と硬岩に対応可能なシュート乗継部の改良

コンベヤを分岐させるシュート乗継部は、土砂に落差を与えてしまう。特に硬岩は、シュート内壁やコンベヤベルトに衝撃を与え、破損や摩耗の原因となる。当初、搬送土砂の中心は表土・中硬岩、であったが、硬岩が急遽出現してからは、シュート内部に中央緩衝材やデッド、シュート側部には中古歯板の有効活用、ゴム製ノレンを追加し、同時に閉塞を防ぐためシュートを拡幅し、乗継部の衝撃を緩和した(図-8)。部品交換、補修等のメンテナンスは、夜勤体制を導入し土砂搬送終了後に実施している(写真-10)。

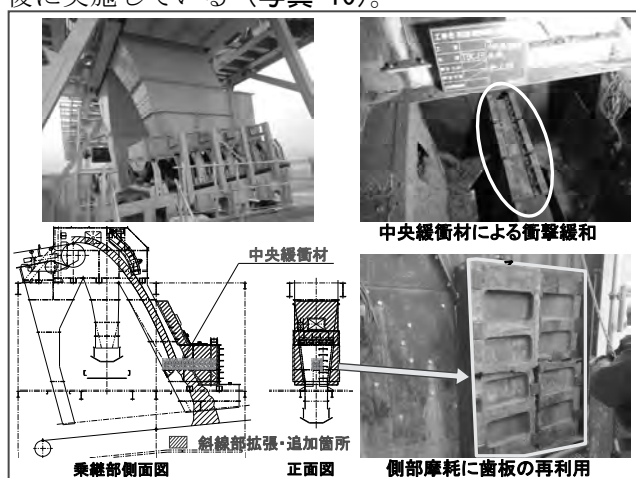


写真-10 夜勤体制によるメンテナンス

5.3 コンベヤベルトの定期点検・早期交換工程の確立

コンベヤベルトの寿命は、搬送物の粒径・形状、衝撃力、衝撃数、総搬送量、ベルト仕様により変化し、搬送工程に大きな影響を与える。搬送作業を中断させないための効率的な部品交換、メンテナンスが課題である。

定期的にコンベヤベルトを点検し、損傷度と搬送量から交換・予備品追加の納期を早期に予想し、効率的なコンベヤベルトの管理・交換を行っている。

6. おわりに

本設備は、早期復興のために短納期施工が求められ、破碎・搬送・橋梁・電気それぞれの技術力を融合、結集し、関係各社と共に、設備の据付、運転まで完成させた。

平成26年3月から本格稼働を開始し、現在、大規模な土砂搬送が進み、最終段階に至っている。引き続き本設備の運転・維持管理に取組み早期復興につなげていく所存である。

参考文献

- 1) 小野澤龍介ほか：陸前高田市震災復興事業「希望のかげ橋」の設計・施工 巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋，建設機械施工，通巻785号，pp.61～65，Vol.67 No.7 July 2015