

陸前高田市震災復興事業 「希望のかけ橋」の設計・施工 巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋

小野澤 龍 介・加 藤 秀 樹・北 澤 剛

陸前高田市の被災市街地復興土地区画整理事業のうち、高田地区・今泉地区の高台造成工事において、土砂採取地から掘削した岩石及び土砂をかさ上げ地区まで輸送する手段にベルトコンベヤを用いた。このベルトコンベヤは、全長約3 km、途中で気仙川を横断する箇所（1箇所）、国道など道路を横断する箇所（4箇所）がある。この中で、気仙川を横断する箇所の河川幅は約190 mあり、様々な理由からベルトコンベヤ用の橋梁としては前例のない吊橋形式を用いた。このベルトコンベヤ用吊橋は、「希望のかけ橋」と名付けられ、震災復興のシンボルとして「奇跡の一本松」とともに親しまれている。本稿では、この橋梁の設計・施工について報告する。

キーワード：希望のかけ橋，吊橋，ケーブルクレーン，震災復興，CM方式，大規模造成，ベルトコンベヤ，破碎設備

1. はじめに

本工事は、東日本大震災の地震と大津波によって甚大な被害を受けた岩手県陸前高田市の被災市街地土地区画整理事業の一環として、高台住宅地となる今泉地区の山を掘削し、発生した土砂や硬岩を破碎設備にて300 mm以下に破碎後、ベルトコンベヤにて高速搬送し、高田地区のかさ上げ工事を行う。ベルトコンベヤ設備は、全延長で約3 kmあり、延べ509万 m^3 と非常に膨大な量の土砂や硬岩を搬送するものである。本稿はこのベルトコンベヤ設備の中で、気仙川の渡河部に設置したベルトコンベヤ専用の単径間補剛桁吊橋（塔柱間220 m）の設計・施工を報告する。

- ・事業施行者：陸前高田市
- ・工事発注者：独立行政法人都市再生機構
- ・工事受注者：清水・西松・青木あすなろ・オリエンタルコンサルタンツ・国際航業JV
- ・業務名：陸前高田市震災復興事業の工事施工に関する一体的業務
- ・工期：平成24年12月11日～平成30年3月31日（平成26年6月現在）

2. ベルトコンベヤ設備の概要

本工事のベルトコンベヤ設備の全景を写真—1に示す。



写真—1 ベルトコンベヤ設備全景

このベルトコンベヤ設備は、今泉地区の山を掘削して採取した土砂を仮置き場まで搬送する設備である。本事業のうち、今泉地区先行整備エリアから掘削される高台の土砂や岩石は、約644万 m^3 （搬送土量509万 m^3 含む）に上り、東京ドームに換算すると5個分以上となる。この大量の土砂や岩石を迅速に仮置き場へ搬送するべく、ベルト幅1.8 m、速度250 m/min、最大搬送量6,000 t/hという国内最大級の搬送能力にて早期完了を目指している。

土砂の採取地と搬送先である仮置き場は、2級河川である気仙川を挟んでおりそれぞれ右岸、左岸に位置するため、ベルトコンベヤはこの河川を横断する必要があるため、本橋の設置を行った。

本橋はベルトコンベヤ設備の一部を構成する仮設構造物であり、予定供用期間は平成26年3月～平成27年9月の19ヶ月間である。

3. 河川横断設備の概要

- ・形式：単径間補剛桁吊橋(ベルトコンベヤ専用)
 - ・桁長：221 m
 - ・支間長：220 m (=塔柱間)
 - ・幅員：6.4 m
 - ・主索間隔：6.0 m
 - ・主索径：7-φ56 (7×37)
 - ・吊索：1-φ20 (7×7)
 - ・耐風索：2-φ56 (7×37)
 - ・载荷設備：ベルトコンベヤ (定置フレーム式)
- 最大搬送量 6,000 t/h

一般図を図-1, 2 およびベルトコンベヤ諸元を表-1 に示す。

表-1 ベルトコンベヤ諸元

総延長	約 3,000 m
ベルト幅	1.8 m
速度	250 m/min
搬送能力	6,000 t/h (10 t ダンプトラック 600 台/hr に相当)
ベルトコンベヤ 高さ	13 ~ 22 m
希望のかけ橋 支間長	220 m
希望のかけ橋 主塔高	42.6 m

4. 河川横断設備の形式について

ベルトコンベヤが横断する気仙川の河川横断設備の当初案は、栈橋構造であった。しかし、以下のような課題があった。

- ・気仙川は、サケが遡上する河川でベルトコンベヤ渡河部付近は、サケの漁場の近くである。河川環境の変化により、周辺の漁業の復興の妨げとならないよう河川環境に対して細心の配慮を行う必要がある(上流部には、サケマス捕獲採卵場やふ化場がある)。
- ・サケの遡上期間：9～1月、サケの放流期間：3, 4月となるため、作業期間に大きな制約を受ける。
- ・陸中海岸国立公園特別地域範囲内のための設置手続きやその他各種手続きや協議に時間を要する。
- ・震災復興事業であり、迅速に事業を進捗させる必要がある。
- ・気仙川下流の河口部の水門設置工事と同時期の施工であり、橋梁解体時に作業船の侵入が不可能となるため、河川内構造物の撤去が困難となる。

以上の課題を解決するため、河川内に橋脚等の設置が不要な200 m程度の支間長を持ち、設置・解体の作業においても河川内に立入らず、河川環境に影響を与えない橋梁形式となる吊橋構造を採用した。

(設置・撤去のトータルコスト比較においても吊橋構造の方が安価であった。)

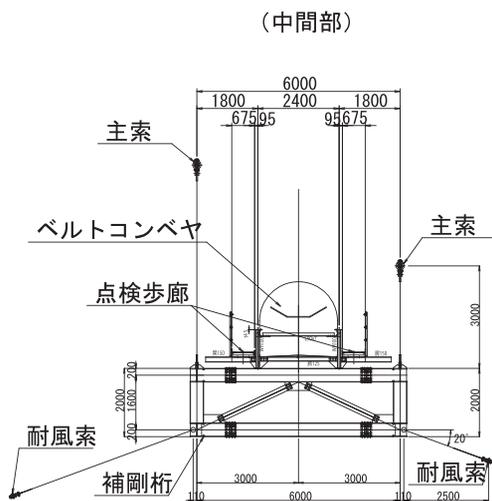


図-1 吊橋一般図(断面図)

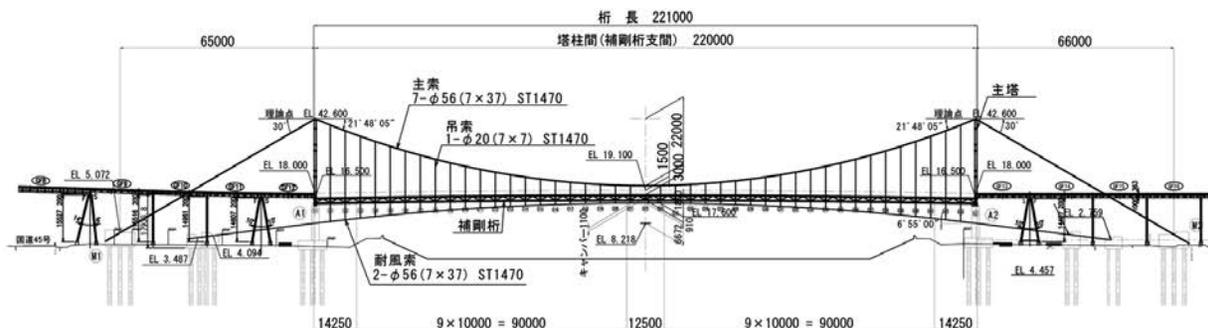


図-2 吊橋一般図(側面図)

5. 吊橋の設計

気仙川の横断部にベルトコンベヤ用としては、前例のない吊橋構造を用いた。一般的に吊橋形式は、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。

設置予定場所は、臨海部であり断続的に強い風が吹く地域である。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る。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。

たわみ量は、鉛直方向と橋軸直角方向のそれぞれに対して制限値を設け、たわみの抑制を行った。

鉛直方向たわみ制限値 δ_{za} は、活荷重と点検時荷重のたわみ値の合計とし、 $\delta_{za} = L/350$ （ $=628$ mm）以下となるように検討した。また、横方向たわみ制限値 δ_{ya} は、ベルトコンベヤの運転条件に合わせて、設計風速 20 m/s 時の風荷重によるたわみ値とし、 $\delta_{ya} < L/300$ （ $=733$ mm）以下になるように検討した。

設計計算において、鉛直方向のたわみ $\delta_z = 531$ mm となり、制限値(628 mm)以下となり問題は生じなかった。横方向たわみ δ_y は、補剛桁のみの場合、 $\delta_y' = 1099$ mm となり、制限値(733 mm)を超過するため、その対策として耐風索を設置し、 $\delta_y = 664$ mm に抑え、制限値内とした（写真—2）。



写真—2 耐風索

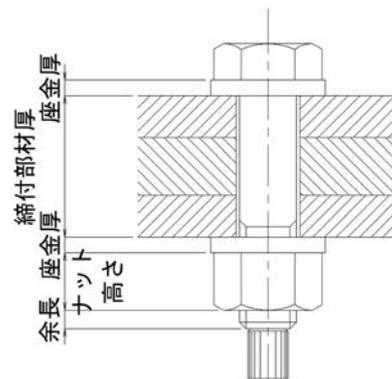
この結果、本橋のたわみ量は抑えられ、ベルトコンベヤ設備の安定した操業運転が可能となった。

細部構造としては、本橋は、仮設構造物であり撤去を前提に接合部の設計を行った。通常、吊橋の主塔は、継手の効率性や景観を考慮して現場溶接を採用することが多いが、撤去時の作業性を考慮し、フランジ継手を採用した。

補剛桁の接合には、作業性が良いトルシア型高力ボルトと解体性が良い六角高力ボルトのそれぞれの利点を生かした六角トルコンボルトを採用した。この六角トルコンボルトは、トルシア型高力ボルトと同様に締付軸力を管理するピンテール部を有し、ボルト頭の形状を通常の六角形とした高力ボルトである（図—3）。

補剛桁については、工場製作期間の短縮を図るため、補剛桁の部材にはH形鋼などの形鋼をメインとしたシンプルな構造とし、工期短縮を図った（写真—3）。

本橋の防食仕様は、仮設構造物であるため通常は、“錆止めペイント+合成樹脂ペイント”であるが、臨海部であり非常に厳しい腐食環境のため、“変性エポキシ樹脂塗料下塗+ポリウレタン樹脂塗料上塗”という耐候性・防錆性能がより高い塗料を採用した。



図—3 六角トルコンボルト



写真—3 補剛桁形状（仮組立）



写真一六 ベルトコンベヤ用吊橋「希望のかけ橋」(土砂搬送中)



写真一七 ベルトコンベヤ搬送開始式典



写真一八 ベルトコンベヤ用吊橋「希望のかけ橋」
(夜間メンテナンス作業時：LED 照明)



写真一九 「奇跡の一本松」より「希望のかけ橋」を望む

送開始に貢献することができた。

本吊橋は、陸前高田市内の小学校在校生から名称を募集し、「希望のかけ橋」と命名され、平成 26 年 3 月

24 日に陸前高田市市長をはじめ、吊橋を名づけた小学生を招待し、ベルトコンベヤの搬送開始式を催した(写真一七)。

現在、巨大ベルトコンベヤ施設とともに本吊橋は、命名された「希望のかけ橋」の名の通り、「奇跡の一本松」と並ぶ姿が陸前高田市の復興の象徴となっている(写真一八、一九)。

7. おわりに

本橋梁を含むベルトコンベヤ設備は、平成 26 年 3 月より運転を開始しており、順調に約 20,000 m³/日(ダンプトラック 4,000 台)程度の土砂を搬送している。6 月現在、予定搬出量の 90%が完了しているが、一日も早い陸前高田市の復興をめざし、関係者一同想いを込め、全力で取り組んでいく所存である。

8. 参考

【Google ストリートビュー公開 (未来へのキオク)】

UR 都市機構が岩手県内で進めている震災復興事業の工事進捗状況をストリートビュー及び Photo Sphere (順次公開予定)で記録・発信するプロジェクト。普段見ることができない工事現場内の様子をご覧いただけます… <https://www.miraikioku.com/>

【陸前高田 清水 JV のホームページ】

陸前高田市震災復興事業の工事施工等に関する一体的業務… <http://www.rt-shimzjv.com>

JCMA

【筆者紹介】

小野澤 龍介 (おのざわ りゅうすけ)
清水建設(株)
土木事業本部 土木技術本部 機械技術部
陸前高田市震災復興事業作業所
機電課長



加藤 秀樹 (かとう ひでき)
(株)エスシー・マシーナリ
土木事業統括本部
UR・RT プロジェクト室
陸前高田事業所
所長



北澤 剛 (きたざわ つよし)
古河産機システムズ(株)
生産本部 小山栃木工場
設計部 橋梁設計課
課長

