

3.6 施設運用下における復旧工事～仙台空港アクセス鉄道～

3.6.1 はじめに

仙台空港アクセス鉄道（宮城県）は、JR 東北本線に直接乗り入れることで、JR 仙台駅と仙台空港駅を最短 17 分で結び、国内外へ延びる空路と東北・仙台都市圏の陸路をつなぐ重要な軌道系アクセス交通システムである。アクセス鉄道の線路は、ほとんどが地上に敷設されているが、**図 3.6.1** に示すように仙台空港の滑走路の延長線上を横切るため、その区間においてはボックスカルバートにより地下へ敷設されている。

東日本大震災からの復旧において、アクセス鉄道は人と物の流れをつくる主要な施設であることから、最も優先順位の高い工事として実施された。震災から 4 ヶ月後には一部区間で運行を再開、7 ヶ月後には仙台空港駅の営業再開とアクセス鉄道の全路線の復旧を完了した。その間、主要な航空会社の臨時便・定期便が再開しており、仙台空港とアクセス鉄道が運営される中での復旧工事となった。

3.6.2 施設の被害状況

施設のトンネル部と擁壁部の被災状況を、「鉄道構造等維持管理標準・同解説（構造物編）コンクリート構造物」に基づき調査・判定した結果の一例を**表 3.6.1** に示す。ほとんどの箇所でも健全な状態または軽微な損傷であったが、ボックスカルバートのボックス「B7」とボックス「B6」の目地部においては破損・漏水、側壁の段差、目地の開き（最大 320mm）など重大な損傷が発生していた。この原因について、二次元の地震応答解析により検討した結果、以下のように損傷したものと想定された。

- ①継続時間の長い地震動が作用し、周辺地盤が液状化傾向となり強度が低下
- ②強度低下した周辺地盤に、偏土圧などが作用したことで側方流動が発生
- ③ボックスカルバートが浮上りや変位を生じ、目地部が変形や破損

なお、損傷した箇所は地上から地下への導入部であり、深度に応じて基礎構造が変化しており、B7 では「直接基礎」に対して B6 では「杭基礎」であった。



図 3.6.1 仙台空港アクセス鉄道¹⁾

表 3.6.1 トンネル部と擁壁部損傷程度

構造物No.	損傷	程度	
トンネル	B1	・目地開き20mm	軽微
	B2		
	B3	・損傷無し	健全
	B4		
	B5		
	B6		
	B7	・目地部破損、漏水 ・側壁、110～200mmのズレ、110～210mmの段差 ・目地の開き、300～320mm	重大
	B8	・損傷無し	健全
	B9		
擁壁	U1	・目地部に、ズレ、段差、開き	軽微
	U2	・損傷無し	健全

3.6.3 地盤条件

地盤調査結果の一例を表 3.6.2 に示す。工事区域は緩い砂地盤であり、また、太平洋沿岸と貞山堀運河に近いので、地下水位が 0.20m と非常に高い場所である。

表 3.6.2 地盤条件の調査結果の一例

深度 (m)	層厚	土質 区分	N値			備考
			0	10	20	
0.00	8.00	埋土				▽ 孔内水位
8.00						細砂～中砂 比較的均質
14.00	6.00	砂				細砂～中砂 からなる 稀にΦ10～30mm 礫混入
17.00	3.00	細砂				微細砂～細砂 からなる
21.25	4.25	貝殻 混じり 砂				貝殻細片が混入 均一な細砂が主
21.45	0.20	粘土				

3.6. 地盤改良の検討

躯体の安定性を検討するため、列車走行時の鉛直作用力と支持力の比較を行った。その結果、支持地盤の N 値が 10 程度確保できれば良いこと、その支持領域は、図 3.6.2 に示すように躯体側壁の直下のみで良いことが確認された。

また、躯体下部に空洞が生じても、両端の支持領域により躯体の安定性が確保されることが、列車と航空機荷重を考慮したフレーム解析により確認された。

これらの検討結果をもとに、躯体下部の地盤をセメント系固化材により改良する「地盤改良工」と、重大な損傷が生じた B7 と B6 の目地部を補強する「目地工」が実施された。目地工においても、周辺地盤の強化と漏水対策として、セメント系固化材による地盤改良が実施された。地盤改良工事の全体図を図 3.6.3 に示す。

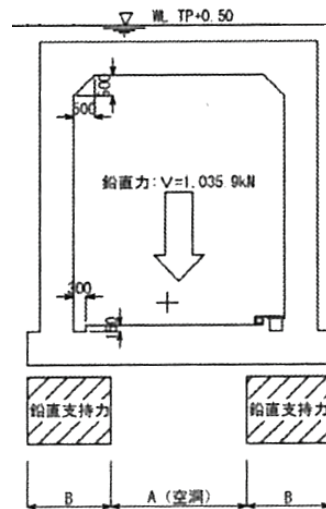


図 3.6.2 鉛直作用力と支持力²⁾

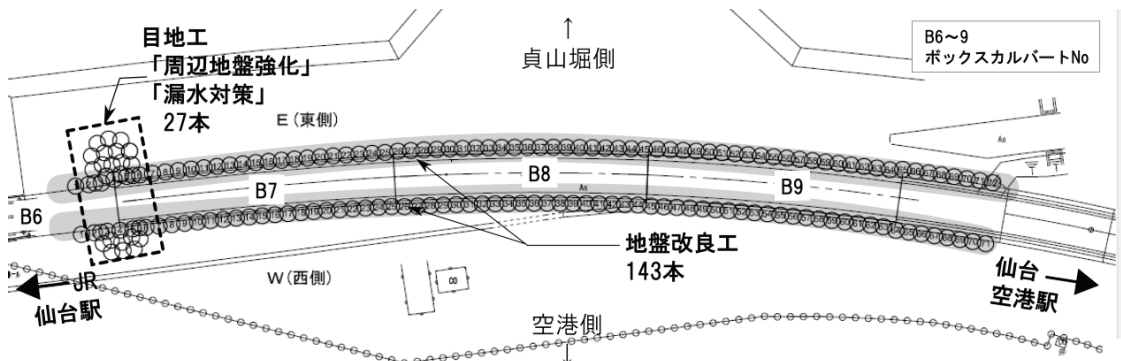


図 3.6.3 地盤改良工事の全体図

3.6. 地盤改良工法の概要

本工事は、仙台空港およびアクセス鉄道が運行される中で実施されたため、空頭制限に加えて、鉄道軌道および近接構造物への影響が懸念された。そのため、変位を抑制することができ、周辺地盤への影響が少ない工法を選定する必要があった。検討の結果、高圧噴射攪拌工法が選定され、また排泥効率が良い三重管式高圧噴射攪拌工法が採用された。地盤改良の仕様を、表 3.6.3 に示す。

表 3.6.3 地盤改良の仕様

項目	仕様
工法	三重管式高圧噴射攪拌工法
対象土	砂質土
改良深さ (m)	11.8 (根入れ 1.7)
改良径 (mm)	φ 2500
改良本数 (本)	地盤改良工：143 目土工：27
設計基準強度 (kN/m ²)	3000
固化材の種類	工法専用固化材

1) 地盤改良工

三重管式高圧噴射攪拌工法により、躯体側部および下部の地盤改良が実施された。

改良体の仕様を、表 3.6.3 および図 3.6. に示す。改良体は、直径が 2.5m、止水性を確保するためにラップ配置とし、設計基準強度は、三重管式高圧噴射攪拌工法の砂質土に対する標準的な仕様⁴⁾の 3000kN/m²、改良体の長さは、砂層 (As1-2) への根入れを 1.7m 確保するために 11.8m に設計された。

なお、鉄道が運営される中での復旧工事であったため、トンネルの変位や軌道の変位に管理基準値を設け、自動計測による管理体制のもと施工が実施された。管理値を超える変形は生じず、鉄道運行に支障をきたすことなく工事は実施された。

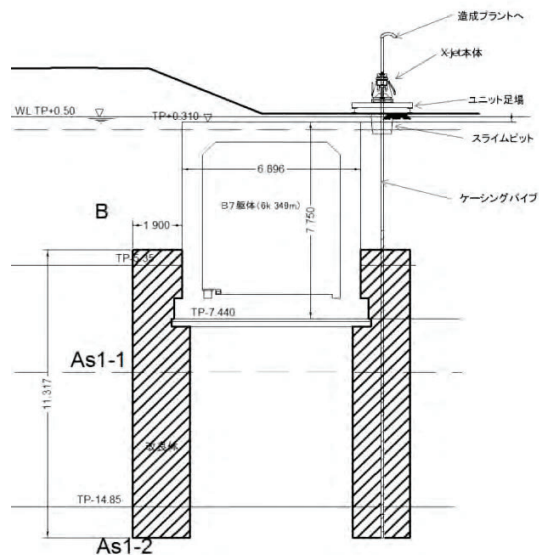


図 3.6. 地盤改良工の概要

2) 目地工

B6とB7の目地部では、躯体の側壁部と天端部を鉄筋コンクリートで巻き立て、あと施工アンカーにより躯体を一体化させる補強工事が実施された。工事の実施にあたり、目地部周辺のコンクリート面を露出させるため、**図 3.6.** および**図 3.6.6** に示す立坑を構築する必要があった。現地は緩い砂地盤で地下水位も高いため、地盤の掘削にあたり地下水位対策が必要となった。そこで、ウェルポイントによる地下水位低下工法などを検討したが、立坑周辺の地盤をセメント系固化材により固化処理し、地盤の強化と漏水対策を行う工法が有効的であると判断された。工法は、「地盤改良工」と同じ三重管式高圧噴射攪拌工法が選定された。

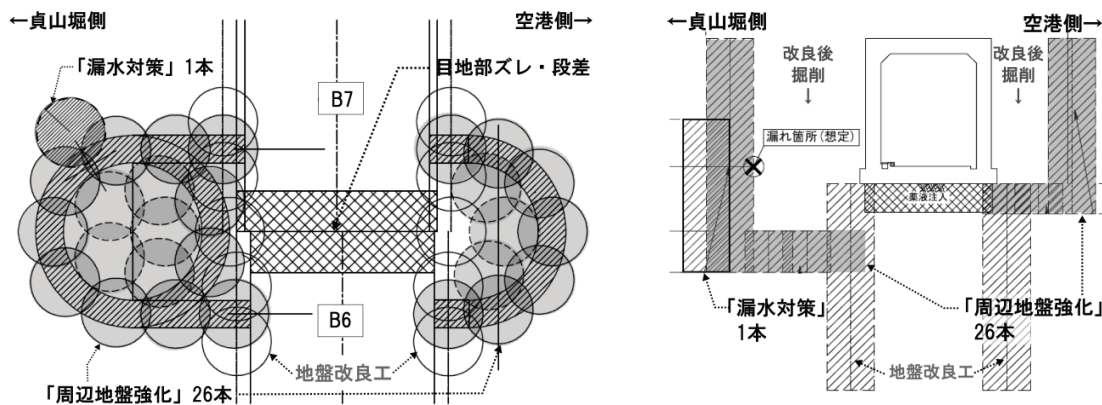


図 3.6. 周辺地盤強化・漏水対策の平面図³⁾

図 3.6.6 周辺地盤強化・漏水対策の断面図³⁾

3.6.6 おわりに

震災から早期の運行再開を果たした仙台空港アクセス鉄道では、空港と鉄道が運行する中で復旧工事が実施された。そのため、「空頭制限」「近接構造物」や「鉄道軌道の変位」など、様々な制約がある中で工事であったが、三重管式高圧攪拌工法を採用することで、施設運用下での地盤改良工事を実施することができ、トンネル躯体の長期的な安定性を確保することができた。

【参考資料】

- 1) 国土地理院「地理院地図（電子国土 Web）」をもとに（一社）セメント協会が作成
- 2) 五洋建設（株） 提供：平成 23 年度 仙台空港アクセス鉄道（災害復旧）地盤改良外工事 工事報告書
- 3) 五洋建設（株） 提供：平成 23 年度 仙台空港アクセス鉄道（災害復旧）地盤改良外工事 工事写真集
- 4) クロスジェット協会：X-jet クロスジェット工法技術資料<第 15 版>、p.2、2012