

第5章 仙台市地下鉄(南北線)

第1項 被害状況

1. 仙台市地下鉄(南北線)の概要

仙台市地下鉄(南北線)は、昭和62年7月15日に八乙女駅～富沢駅間(13.59km・16駅)で営業を開始した。その後、平成4年7月15日に八乙女駅～泉中央駅まで延伸し、現在、泉中央駅～富沢駅間(14.77km・17駅)で営業している。

仙台市を南北に貫く仙台都市圏における基幹公共交通機関で、平成22年度は1日あたり約15万人のお客さまにご利用いただいている。(表2.5.1、図2.5.1参照)

営業区間	泉中央～富沢
営業キロ	14.77 km
駅間距離	最長 1.52 km (長町南～富沢) 最短 0.57 km (広瀬通～仙台) 平均 0.92 km

軌間	1,067mm
電気方式	直流 1,500V
保有車両	84両
(電動車両)	42両
車両長	制御車 21.75m 電動車 20.00m
定員	144人/両
編成両数	4両
運転間隔 (平日)	朝混雑時(平均) 3～5分
	昼間時(平均) 7分
	夕混雑時(平均) 5分30秒
運転所要時分	28分15秒～29分30秒
運転方式	ATO・ワンマン (自動列車運転装置)

表 2.5.1 南北線の概要

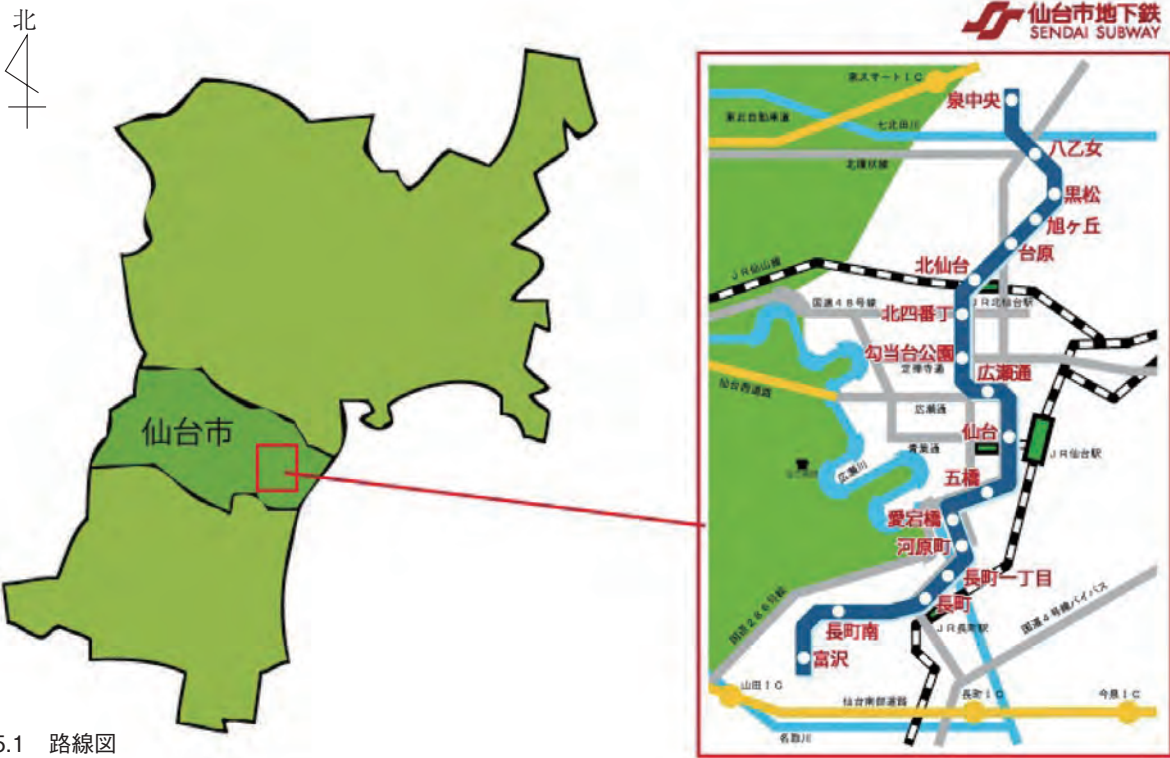


図 2.5.1 路線図

2. これまでの地震対策

当市地下鉄では、高い確率で発生が予想されていた宮城県沖地震に備えて、ハード面やソフト面において様々な対策を実施してきた。

ハード面での主な取り組みとしては、阪神・淡路大震災以降に発出された国の耐震補強に関する通達に基づき、地下駅の中柱や高さ4mを超える高架橋等の橋脚及び一本柱の耐震補強工事を実施している。(写真 2.5.1 参照)

また、地震発生時のエレベーター閉じ込め事故を防止するため、全エレベーターにP波感知型地震管制装置を設置している。



写真 2.5.1 耐震補強工事

さらには、八乙女駅及び富沢駅に地震計を設置し、40ガル（震度4相当）以上を感知した場合は、自動的に列車を停止させるシステムや、気象庁が提供する緊急地震速報を衛星回線及びインターネットにより受信し、震度5弱以上の地震が沿線で予測される場合は、自動的に列車を停止させる緊急地震警報システムを導入している。(図 2.5.2 参照)

ソフト面では、消防・警察及び関係部署の協力を得ながら、地震等を想定した総合防災訓練を定期的実施しており、避難誘導、負傷者救護及び復旧作業等の訓練を通じて対応力を強化するとともに、災害時における職員の安全意識の向上も図っている。(写真 2.5.2 参照)



写真 2.5.2 避難誘導訓練

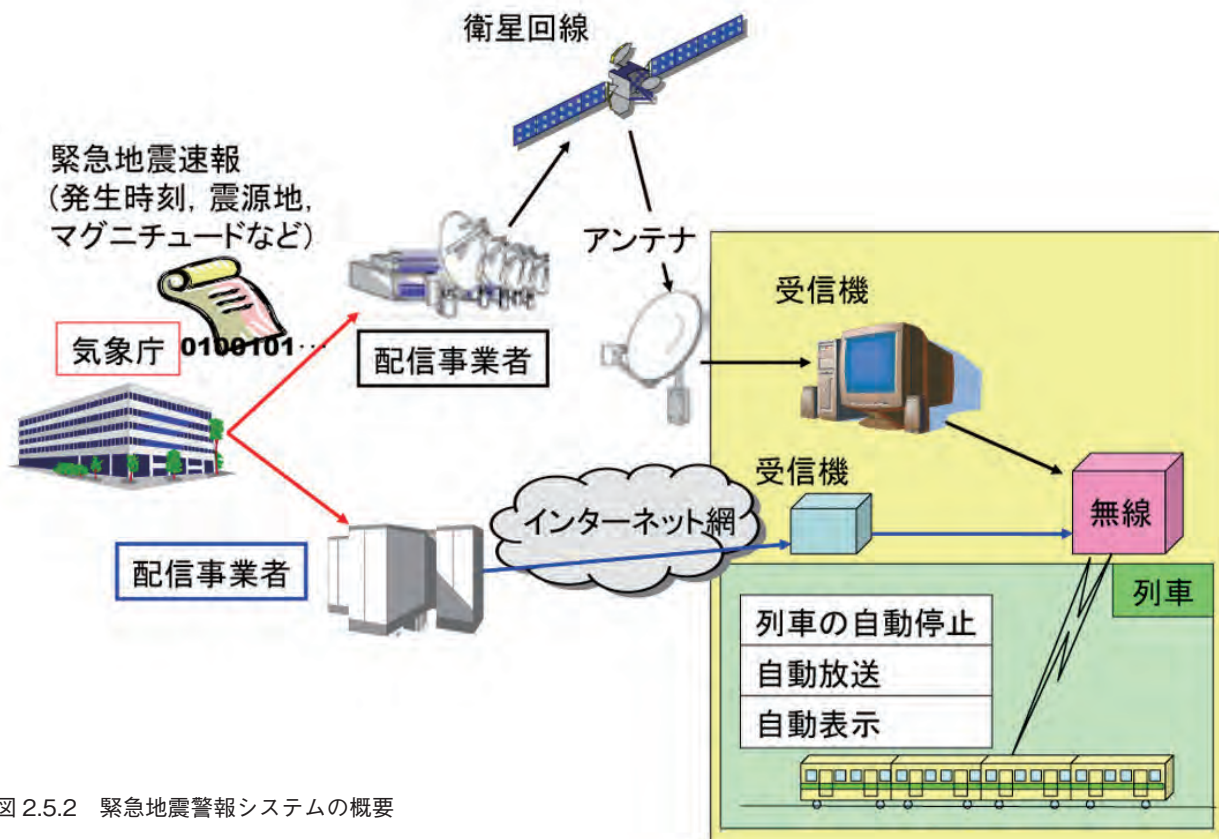


図 2.5.2 緊急地震警報システムの概要

3. 地震発生直後の状況と対応

(1) 地震発生時の列車運行状況

地震発生時、本線には列車が10本在線しており、走行中の全ての列車は、地震計からの信号により自動停止した。10本のうち2本は駅間に停車したが、脱線等の被害はなかった。(図2.5.3参照)

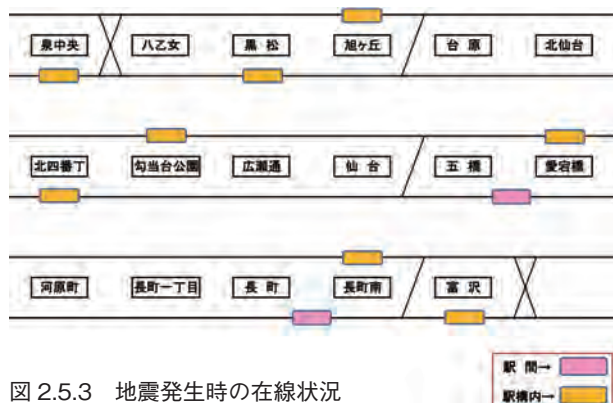


図 2.5.3 地震発生時の在線状況

八乙女駅と富沢駅の2ヶ所に設置している地震計では、南部の富沢駅が389.6ガルであったのに対し、北部の八乙女駅では阪神・淡路大震災の約1.4倍に相当する1,149.9ガルを計測するほどの大きな揺れとなった。なお、緊急地震警報システムの信号受信は、地震計の信号受信の約2秒後であった。

(2) お客さまの避難誘導

駅構内及びホーム停車中の列車内のお客さまは、駅務員と運転士が地上の状況を確認のうえ、駅舎外へ避難誘導した。

また、駅間に停車した2列車のお客さまについては、駅務員と運転士の誘導のもと、トンネル内を最寄駅まで徒歩で避難した。

地震発生から約1時間で全てのお客さまを駅舎外へ避難誘導したが、この間、お客さまは冷静に行動し、負傷者はいなかった。

(3) 連絡通信手段の状況

運転指令と運転士が通話する列車無線や駅構内等で職員が使用する構内PHS及び内線電話の通信が可能であったことから、お客さまの避難誘導や駅舎施設の点検結果報告等に効果を発揮した。

しかし、一般の外線電話や携帯電話などの外部通信手段が途絶えたことから、管理部門である仙

台市交通局と駅・運転・施設・車両管理部署との連絡や職員の安否確認等に時間を要した。

(4) 電力供給の状況

地震発生直後に電力会社からの送電が全て停止したため、4ヶ所の変電所のうち2ヶ所に設置してある非常用発電機を稼働させ、駅の重要設備へ電力の供給を行った。

長時間にわたり非常用発電機を稼働させたため、備蓄燃料の不足も懸念されたが、地震発生約10時間後に1ヶ所の変電所で電力会社より電力の供給を受けることができた。

さらに、地震発生約17時間後には、他の1ヶ所の変電所でも電力の供給を受け、営業再開に可能な電力を確保することができた。

4. 鉄道施設等の被害

(1) 土木構造物・軌道

①高架橋・橋りょう

富沢駅～黒松駅間では運行を阻害するような損傷はなかったが、北部の地上区間である黒松駅～泉中央駅間の高架橋・橋りょう部では、橋桁を固定する桁受部6ヶ所及び橋脚およそ50本が大きく損傷していることが確認された。(写真2.5.3参照)

しかし、高さ4mを超える柱のうち、耐震補強を実施していた柱には損傷はなかった。



写真 2.5.3 七北田川橋りょうの損傷状況

②八乙女駅上屋

地上駅である八乙女駅では、上屋支柱を固定しているアンカーボルトが多数損傷した。全柱本数46本のうち17本についてアンカーボルトが破断、29本に曲がりが見られ、余震による被害拡大防

止のための応急処置を実施した。(写真 2.5.4、写真 2.5.5 参照)



写真 2.5.4 八乙女駅の上屋支柱を固定しているアンカーボルトの破断状況



写真 2.5.5 八乙女駅の応急処置状況

③トンネル内等

これまで漏水がある箇所には導水樋を設置するなどの対策により、軌道や電気通信設備への影響を減じてきたが、今回の地震でトンネル内及び駅出入口部等の、これまで漏水がなかった一部区間において、漏水箇所が増加した。(写真 2.5.6、写真 2.5.7 参照)



写真 2.5.6 トンネル内の漏水状況



写真 2.5.7 トンネル内の漏水状況

④軌道

黒松駅～泉中央駅間において、レールの上下方向や水平方向の歪み・変状が確認された。(写真 2.5.8 参照)

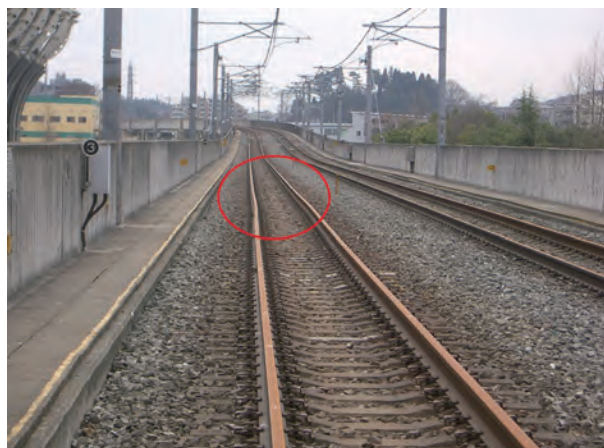


写真 2.5.8 横方向に変位した軌道

(2) 電気設備

地上駅である八乙女駅では、ホーム階の照明器具や案内掲示器等が脱落した。(写真 2.5.9、写真 2.5.10 参照)

電車線については、地上部においてハンガー等の脱落があったものの、支持物に鋼管柱を採用していたことから支持物の破損被害はなかった。

また、列車運行状況を監視している指令センターには、大きな被害はなかった。



写真 2.5.9 照明器具の損傷状況



写真 2.5.10 案内掲示器等の脱落状況

第2項 復旧に向けた取り組み

1. 災害対策本部の設置と被害状況の把握

地震発生後直ちに仙台市災害対策本部が設置されたことに伴い、仙台市交通局においてもその構成組織である「交通部」を設置し、地下鉄南北線をはじめ、市営バス及び東西線建設工事における被害状況の確認に全力を挙げた。(図 2.5.4 参照)

2. 復旧工事

高架橋等については、原形に復旧することを基本とした。(表 2.5.2 参照)

詳細調査終了時点では、被害の大きい七北田川橋りょうの橋脚等を改めて造り直すことと考えていたため、運休区間である台原駅～泉中央駅間での運転再開の目標は、当初5月末頃を見込んでいた。

その後、国土交通省東北運輸局の指導並びに東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所の全面的な協力のもと、損傷部分を造り直すのではなく、新幹線等の復旧工事で採用し実績のある、既存の構造物を活かしながら補強する工法を用いることで、大幅

に工期を短縮できることが確認されたことから、4月29日の全線運転再開を新たな目標として、4月初旬から本格的な復旧工事に着手した。(写真 2.5.11、写真 2.5.12 参照)



写真 2.5.11 七北田川橋りょうの復旧状況
(被害状況は写真 2.5.3 参照)



写真 2.5.12 八乙女駅上屋支柱の復旧状況
(被害状況は写真 2.5.4 参照)

第3項 運転再開

1. 富沢駅～台原駅間運転再開（3月14日）

地下トンネル区間の長町南駅～黒松駅間と高架橋区間の富沢駅～長町南駅間では、隣接する車両基地も含め運行の障害となるような大きな損傷被害がなく、鉄道事業者としては早急に市民の足を確保することが最大の責務であると考え、震災3日後の14日より富沢駅～台原駅間で運行を再開した。

通常時、南北線は全区間複線での折り返し運転をしており、両端末駅の他に入換設備があるのは、長町南駅・五橋駅・台原駅である。折り返しを台原駅とした理由は、台原駅以北の黒松駅や旭ヶ丘駅まで運転するとなると、台原駅～黒松駅間は単線での折り返し運転となり、列車同士の衝突や運転速度超過を防止する ATC（自動列車制御）シ

損傷箇所位置図(地下鉄南北線高架・橋梁部)



⑦七北田公園高架橋



②仙台川橋梁



④八乙女架道橋RA2



⑩電車線

注) 数字は、表 2.5.2 の番号と共通している。

図 2.5.4 構造物の被害状況

施設種別	番号	構造物名	主な被害(損傷)状況	復旧方法
土土施設 (橋梁・ 高架橋等)	①	黒松小学校架道橋 (杉の田高架橋)	・黒松小学校架道橋P1のゴム支承に橋軸方向のずれ ・柱・梁接合部のコンクリートにクラック	・ゴム支承の交換 ・クラックに樹脂注入
	②	仙台川橋梁	・横桁と桁受のストッパー部の損傷	・横桁の再構築 ・桁受とストッパー部の補修
	③	七北田高架橋 (八乙女駅高架橋)	・架道橋の柱上部のコンクリートが剥落 ・駐輪場脇の土留壁にせん断クラック ・軌道桁折受部のストッパー部のコンクリートにクラックと剥離	・クラックに樹脂注入 ・コンクリートの剥離・剥落箇所を撤去し、無収縮モルタルにより断面補修
	④	八乙女架道橋RA2	・軌道桁折受部のストッパー部のコンクリートにクラックと剥離 ・桁・柱接合部のコンクリートにクラック	・クラックに樹脂注入 ・コンクリートの剥離・剥落箇所を撤去し、無収縮モルタルにより断面補修
		八乙女架道橋RA1	・桁・柱接合部のコンクリートにクラック ・泉中央軌道桁折受部のストッパー部のコンクリートにクラック	・クラックに樹脂注入
	⑤	高柳高架橋R1 高柳高架橋R6	・軌道桁折受部のストッパー部のコンクリートにクラック ・柱部のコンクリートに剥落(軽微な損傷であり、列車運行に支障なし)	・クラックに樹脂注入 ・無収縮モルタルにより断面補修
	⑥	七北田川橋梁P1	・橋脚のコンクリートに剥離・剥落 ・八乙女方橋脚の胸壁付根のコンクリートに剥離剥落	・剥離・剥落コンクリートの撤去後、アンカーボルトを打設し、アングラ材により連結。無収縮モルタルにより増し厚を行い再構築。 ・胸壁と橋脚の打継ぎ目に無収縮モルタル打設後、エポキシ樹脂を注入し断面補修。鋼板と貫通ボルトにより補強。
		七北田川橋梁P3	・胸壁軌道桁折受部のストッパー部(泉中央)のコンクリートにクラック	・クラックに樹脂注入
	⑦	七北田公園高架橋 R7～R14	・R7・R8の八乙女方軌道桁折受部のストッパー部のコンクリートに剥離 ・R7～R14の柱部のコンクリートに剥離とせん断クラック	・コンクリートの剥離箇所を撤去し、無収縮モルタルにより断面補修 ・クラックに樹脂注入 ・コンクリートの剥離箇所を撤去し、無収縮モルタルにより断面補修 ・損傷が大きい高架橋の端柱を鋼板巻き立てにより補強(8本)
	⑧	八乙女駅上屋 (建築) (電気)	・泉中央方:駅舎ホーム上屋を支えている基礎ボルトの破断 ・黒松方:駅舎ホーム上屋を支えている基礎ボルトの湾曲 ・駅舎ホーム階の照明器具等の脱落	・破断:基礎コンクリートを基部まではつり、ボルトを新設し再構築 ・湾曲:基礎コンクリートを一部はつり、既設ボルトを健全部で切断。新しいボルトを溶接し再構築。 ・脱落した照明器具等の取付け
軌道	⑨	黒松～泉中央間	・土木構造物の損傷等に伴い、軌道の水平・高低・通り・平面性等が損なわれた。	・整備目標値(土木実施基準)を満足するよう、補修作業を実施
電車線	⑩	黒松～泉中央間	・ハンガー等の脱落や支持金物の変形	・ハンガー等の取付け。支持金物の手直し。 ・漏洩電流測定による機能確認の実施

表 2.5.2 構造物被害状況と復旧方法（黒松駅～泉中央駅）

システムが使用できず、安全を確保することが難しいと判断したことによる。(図 2.5.5 参照)



図 2.5.5 路線図

台原駅での折り返し運転の決定から再開まで僅かの時間であったが、折り返し運転用のダイヤ等を徹夜で作成した。

当初8分間隔の臨時ダイヤで運行を開始したが、3月28日からは平日朝ラッシュ時の運行間隔を概ね6分間隔に短縮して、列車の待ち時間短縮を図った。

2. シャトルバス輸送

(1) 泉中央駅～台原駅間

富沢駅～台原駅間で運行を再開することに伴い、台原駅～泉中央駅間については、代替輸送として3月14日から市営バスによるシャトルバス運行を開始した。

当初、泉中央駅～台原駅間をノンストップで運行していたが、3月17日からは八乙女駅でも停車し、お客さまの利便性を確保した。3月28日からは仙台市内を運行する市営バスが、主要幹線において30分～1時間間隔の運行から休日ダイヤによる運行となったため、シャトルバスの台数を維持するために、民間バス事業者に運行の一部を委託してシャトルバス輸送を継続した。

(2) 黒松駅～台原駅間

黒松駅～旭ヶ丘駅～台原駅間のシャトルバス運行については、市営バスが通常ダイヤでの運行再開時期を検討していたことなどから、全て民間バス事業者に委託することとし、県内の民間バス事業者と調整を行い、4月1日から運行を開始した。
(写真 2.5.13 参照)



写真 2.5.13 シャトルバスの運行状況（台原駅）

このようななか、バスの運行管理はもとより、各駅でのお客さまの案内やシャトルバス乗車待ちの動線を確保するために交通局職員を総動員して対応し、市営バスと運行を委託した民間バスにより、延べ46日間で約94万人のお客さまを輸送した。(図2.5.6、表2.5.3、写真2.5.14、写真2.5.15参照)



図 2.5.6 シャトルバス路線図

(1)泉中央・八乙女・台原ルート(所要時分:泉中央駅～台原駅間 約30分)			
項 目	平 日	土 休 日	
泉中央駅発	始発6:30～終発20:30		
台原駅発	始発6:50～終発20:30		
運行間隔	概ね15～20分間隔(朝ラッシュ時は2～3分間隔)		
(2)黒松・旭ヶ丘・台原ルート(所要時分:黒松駅～台原駅間 約15分)			
項 目	平 日	土 休 日	
黒松駅発	始発6:30～終発20:30		
台原駅発	始発6:50～終発20:30		
運 転 時 隔	6:30～7:00	20分	概ね20分間隔
	7:00～9:00	3～10分	
	9:00～17:00	20分	
	17:00～20:30	10～15分	

表 2.5.3 シャトルバスの運行概要

頻繁に強い余震が発生するなか、施工業者自らが被災したことなどにより、従事する専門の技術者や作業員の確保が難しい状況であったが、作業工程を確保可能な人員にあわせて調整しながら工事を行うなど、復旧にあたった職員は、様々な課題を一つひとつ解決しながら全線運転再開に向けて全力で対応にあたった。また、現場を担当する民間の技術者や作業員も昼夜を問わず、復旧工事に全力を尽くしていただいた。

このようななか、復旧工事が4月25日までに完了するとともに、併行して軌道や電車線の整備・調整・検査等を行い、4月26日からは試験走行を開始することができた。

4月28日の駅設備等の最終確認及び試運転を経て、4月29日始発より全線での通常運転を再開した。(写真2.5.16、写真2.5.17参照)



写真 2.5.16 普段の顔を取り戻した地下鉄



写真 2.5.17 お客さまを笑顔で見送る駅務員

第4項 東西線建設工事への影響

建設中の東西線については、震災発生当日に全線において工事を中断し、工事現場の安全確保を早急に行うとともに、被害状況の調査に着手した。調査の結果、以下の被害状況を確認したが、いずれも建設計画に大きな影響を与える程度の被害はなかった。

(主な被害状況)

- ①橋りょうや開削トンネル本体構造物において、クラック発生（剥落等の損傷は無）
- ②開削工法で施工中の駅部において、地下埋設物の吊防護の部材変形及び仮設用土留壁地下部分から出水発生
- ③シールドトンネルのセグメントが、保管ヤード内で荷崩れ等により破損
- ④シールドトンネルにおいて、施工済みのセグメントが100mm程度移動
- ⑤荒井車庫の土工区間において、盛土の一部に亀裂発生

工事中断期間中においては、上記の被害調査を行うとともに、地盤等の再測量等工事再開に向けて準備を進め、再開の見通しが立った工区においては、資機材の調達及び技術者・作業員の手配を行い、6月20日以降、工区毎に順次工事を再開する運びとなり、9月1日には全工区における工事を再開した。

なお、現時点では、平成27年度の開業予定に変更は無いものと見込んでいる。

第5項 得られた教訓と次なる災害への備え

このたびの震災では、特に揺れが大きかった八乙女駅周辺の地上部分で被害が大きかったものの、そのほかの区間は比較的被害が少なく、発災直後の混乱がまだ続いていた3日後には一部区間で、4月29日には全線で運転を再開して、復旧・復興に向けてできる限り市民の足を確保し公共交通機関としての役割を果たすよう、最大限努めてきた。

負傷したお客さまがいなかったことや、一部区間での早期運転再開ができたことは、安全マネジメントの取り組みや、交通局全職員及び民間の技術者・作業員が一丸となって復旧作業などにあった成果といえる。

今回の経験から、地震に対する安全性や輸送力などについて地下鉄の優位性を再認識したところだが、一方で様々な課題もあった。

(主な課題等)

1. 非常用発電機稼動時の最重要負荷に対する電力供給の確保

非常用発電機の稼動時には、状況に応じて電力供給を重要負荷に限定することや、定期検査により減少する非常用発電機の燃料保有量を最大限確保しておくため、補給回数を増やすなどの対応を行い、非常用発電機の稼動時間をできるだけ延長させる対策をとることとした。

2. 災害時を想定した運行体制の計画

職員の出勤状況に応じた運行体制を確立するとともに、施設等が被災した場合における臨時ダイヤを複数パターン作成することとした。

3. 早期復旧に向けたマニュアル等の整備

震災時の構造物の調査項目や安全評価手法及び必要な機材の手配方法等が十分に整備されていなかったため、今回の被害状況や復旧方法を踏まえ、震災後の調査方法や損傷状況ごとの復旧マニュアルを作成するなど、早期復旧に向けた体制を再整備することとした。

おわりに

震災によって改めて感じたことは、地下鉄は市民の生活を支える重要な都市基盤であるということであり、今回見えてきた課題については、次なる災害の発生に備えるために検証を進めている。運休やシャトルバスの乗車待ちなどによりご不便をお掛けしたお客さまにお詫びするとともに、復旧に向けて多大なるご支援ご協力をいただいた皆さまに感謝申し上げます。

仙台市では市民とともに東日本大震災からの復旧・復興に向けて取り組むべき施策を「仙台市震災復興計画」として定め、一日も早い復興を達成するため計画的に取り組んでいる。

コラム①

地下鉄早期復旧に向けて

JR 東日本 東北工事事務所 大庭 光商

JR 東日本の新幹線構造物の被害は非常に広範囲に及びましたが、3月末には開業日が見えてきていました。そんな中で仙台市交通局さんの南北線の復旧に関して相談を受けた時、これまでの鉄道の震災復旧経験から補修・補強で対応できると考え、早期復旧案を提案させて頂きました。被災を受け開業を待ち望んでいるお客様のことを考えると少しでもお役に立てるものなら、是非ご協力したいと思いました。相談を受けた翌日には設計計算・図面を作成し、施工会社との打合せに臨むことができました。

仙台市交通局さんは早期復旧に本当に努力されており、お互い公共性の高い鉄道を運営している者としてお客様に喜んでいただけて嬉しい限りです。