

東北地方太平洋沖地震による仙台空港アクセス線の被災状況と復旧工事

Restoration Works for the Sendai Airport Transit Damaged by the Tohoku Region Pacific Coast Earthquake

坂口 秀一*

Shuichi Sakaguchi

高橋 雅**

Masashi Takahashi

永野 心治**

Shinji Nagano

要 約

仙台空港アクセス線は、東日本大震災発生後の津波により、仙台空港の滑走路を下越しするトンネルが水没するなどの被害を被った。当社施工区間を含む高架橋区間には、一見、重大な被害はないように見えたが、企業先からの要望により調査を実施したところ、沓座の破損などの列車走行に支障となる問題があることを発見した。当社の粘り強い調査により当社施工区間の被害全容を明らかにしたことが評価され、他社施工区間を含む約 3.7km 範囲の被害状況の調査と補修工事を請け負い、平成 23 年 10 月 1 日に全線で再開に至った。本稿では、被害状況の調査結果、補修工事の内容、地震後の調査方法の提言などについて述べる。

目 次

- § 1. 概要
- § 2. 被災状況の調査結果
- § 3. 補修工事
- § 4. 地震後の調査方法に関する提言
- § 5. おわりに

§ 1. 概要

仙台空港アクセス線は、JR 名取駅と仙台空港を結ぶ総延長 7.1 km の鉄道路線である。JR 線との相互直通運転により、仙台駅と仙台空港駅を最速 17 分で直結している。本路線の建設には当社も参画し、平成 19 年 3 月 18 日に開業した。

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震および地震後の津波によって、仙台空港駅の運輸管理所および施設管理所が冠水したほか、空港下のトンネルが水没し、杜せきのした駅および美田園駅の駅舎も損傷を受けて運行休止状態となった。このため、鉄道・運輸機構（以下、JRTT）からの要請を受けて、3 月 16 日～18 日に当社施工の名取起点 1 km 422 m～2 km 944 m（L=1522 m）の高架区間について調査を実施した。

高架橋は、沓座までの高さが 6.3～12.6 m の橋脚を杭

基礎（場所打ち RC 杭、 ϕ 1.2～1.5 m、L=12.5～21.5 m）により支持した構造であったが、最大加速度 2700 gal、継続時間約 3 分の大きな揺れを受けたにも係わらず、上部工の落橋や下部工の損傷は確認されなかった。これは、地震の初期に短周期の強い地震動が働き、長周期の地震動は兵庫県南部地震の 1/2～1/5 程度と比較的小さかったことが幸いしたと言える。しかし、沓座や周囲のコンクリートに損傷が確認されたため、補修が必要であると判断し、損傷箇所および補修方法を取りまとめて報告をした。

この迅速かつ誠意ある対応が評価され、最終的に他社施工区間も含めた 0 km 533 m 90～4 km 232 m（L=3698.1 m）の高架橋について、被災状況の調査および補修工事を担当することとなった（表一1、図一1）。

表一1 調査実施日と調査内容一覧

調査日	人数	調査内容
3 月 16 日	6	1 km 422 m～2 km 944 m 概略調査
3 月 17 日	6	1 km 422 m～2 km 944 m 詳細調査 (JRTT 立会い)
3 月 18 日	6	1 km 422 m～2 km 944 m 詳細調査
3 月 29 日	8	0 km 533 m 90～1 km 422 m, 2 km 944 m～4 km 003 m 詳細調査
3 月 31 日	4	0 km 533 m 90～1 km 422 m, 2 km 944 m～4 km 003 m 詳細調査
	3	全区間の架道橋調査
4 月 7 日		23:32 余震発生（震度 6 弱）
4 月 8 日	3	JRTT 設計技術部立会い、補修方法確認
	2	22:00～国道部の架道橋調査
4 月 12 日	3	4 km 003 m～4 km 232 m 詳細調査

* 土木計画部技術課

** 北日本（支）名取（出）



図ー1 工事箇所位置図

表ー2 部位ごとの被災数量一覧

単位：箇所

部位	健全箇所	要補修箇所
防音壁（左側）	36	105
防音壁（右側）	24	107
防音壁遊間プレート（左側）	114	10
防音壁遊間プレート（右側）	117	6
杵座まわり	109	119
ゴム沓	222	6
上部工	94	35



杜せきのした駅プラットフォーム



地震後の高架橋全景（2 km 500 m 付近）

写真ー1 高架橋の外観状況



写真ー2 防音壁撤去部（1 km 225 m 左側）



写真ー3 鋼棒ストッパー周囲の剥離

§ 2. 被災状況の調査結果

調査当初、杜せきのした駅のプラットフォームは至る所で損傷していたが、高架橋の上部工および下部工、防音

壁などの土木構造物は重大な被害がないように見えた（写真ー1）。しかし、点検足場や高所作業車を用いた上部工支承部の詳細調査により、落橋防止ストッパー周囲



写真-4 ストッパー前面のせん断破壊 (0 km 638 m)



写真-5 鋼棒ストッパー (φ 90 mm) の破断 (1 km 862 m 50)

のコンクリートの破断，ゴム沓のずれや脱落などが確認された。部位ごとの被災数量を表-2 にまとめる。

2-1 防音壁

防音壁は幅 1.5～2.0 m，高さ 2.56 m，厚さ 20 cm の PC コンクリート 2 次製品により構築されていた。主に，遊間プレートの変形・破断，プレート取付けボルトの破断，ボルト孔の損傷，ボルト孔周囲のひび割れなどが確認された。また 1 km 225 m 左側では，根元アンカーから剥離して落下しそうな状態で残っていた（後に撤去，写真-2）。

2-2 沓座部

(1) 落橋防止工の周囲

兵庫県南部地震の際には山陽新幹線の高架橋で落橋が見られたが，今回の地震では 1 箇所も発生していない。これは，落橋防止工（以下，ストッパー）が有効に作用した効果と言える。ストッパーは可動側で 30～50 mm の遊間が設けられていたが，地震時の振幅はこれ以上に大きかったものと推定され，多くの箇所ですトッパー周囲の損傷が確認された。主に，ストッパー周囲のコンクリートの剥離であったが（写真-3），数ヶ所においてストッパー前面（一部背面）のコンクリートがせん断破壊し，鉄筋の露出が確認された（写真-4）。

また，1 km 862 m 50 において補修工事の過程で，前面のコンクリートを斫り取った際に 3 本配置されている鋼棒ストッパー（φ 90 mm）のうちの 2 本が破断していることも確認された（写真-5）。



写真-6 ゴム沓の橋軸直角方向へのずれ (0 km 590 m 50)



写真-7 ゴム沓の橋軸方向へのずれ (2 km 784 m)



写真-8 ゴム沓脱落部の空間 (10 mm, 0 km 590 m 50)



写真-9 ゴム沓の変形 (水平に 20 mm, 2 km 132 m)

(2) ゴム沓

沓座にゴム沓を適用している箇所では振動の際に橋軸方向や橋軸直角方向にずれて，沓座から半分が飛び出しているもの（0 km 590 m 50 右側（写真-6），0 km 638 m 右側および 2 km 784 m 右側（写真-7）），ゴム沓が脱落しているもの（0 km 590 m 50 左側，写真-8），せん断変形したもの（2 km 132 m（写真-9），3 km 463 m 左側），押しつぶされているもの（2 km 894 m 左側）などの変状が確認された。



写真-10 上部工のひび割れ (2 km 794 m)

2-3 上部工

上部工は主要な道路を横断する架道橋について、桁下面および側面の目視調査を行った。その結果、問題となる変状は確認されなかった。ただし、第1下増田高架橋の空港方 (2 km 794 m) において、RC 桁の下面および側面にひび割れが確認された (写真-10)。この部分はラーメン構造端部の調整桁であり、隣接する下部工胸壁部との遊間がなくなっていたことから、地震により当該部が胸壁部に激しく接触した際に、ひび割れが発生したものと推定される。ハンマによる打音の結果、濁音を発して浮いた状態であることが判明し、浮き部分は落下する危険性が高いことを確認した。

§3. 補修工事

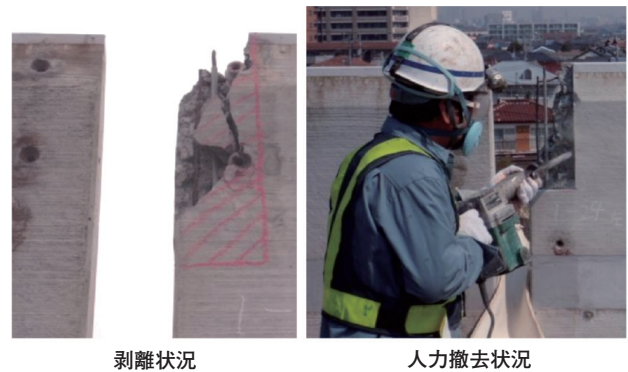
補修方法は、JRTT の新幹線工事で実施している方法に準じた。ただし、大きな被災を受けた箇所は高所かつ狭隘であったことから、特殊な施工方法を適用する必要がある。これらについては、4月8日にJRTT 設計技術部による現地立会いの下で基本方針を決定した。以下に、代表的な補修内容とその手順をまとめる。

3-1 防音壁

(1) 遊間プレート取り付けボルト孔周囲のひび割れおよび剥離の補修

防音壁遊間プレート取り付け部の大部分は、以下の手順で一般的なひび割れ補修を行った。

- ①プレートの撤去
- ②コンクリート剥落部の撤去 (人力撤去)
- ③撤去により露出した鉄筋の切断
- ④切断面への接着剤 (商品名ハードロック) の塗布
- ⑤ウレタン塗膜防水材 (商品名トップコート) の塗布
- ⑥ボルト孔のコーキング
- ⑦プレート (大部分を再利用) の取り付け



剥離状況

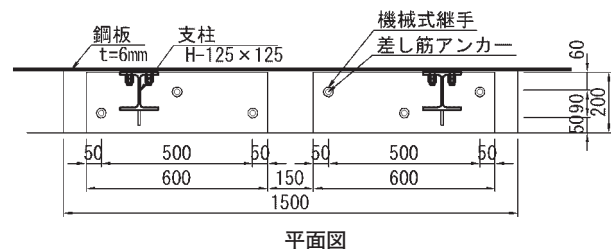
人力撤去状況



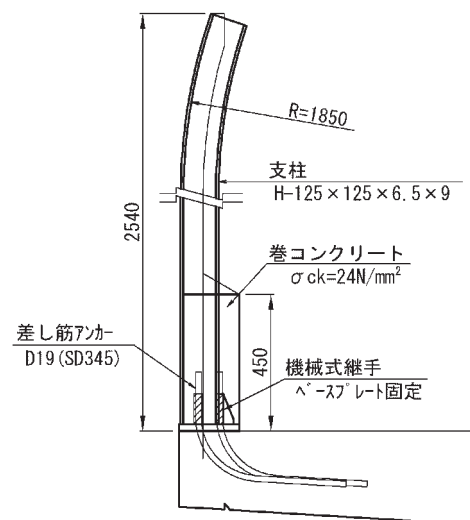
トップコート塗布状況

施工完了状況

写真-11 防音壁ボルト孔周囲の補修状況



平面図



断面図

図-2 防音壁復旧構造図

(2) 防音壁撤去部の復旧

防音壁撤去部は1箇所だったことから、経済的かつ短期間で復旧が可能な鋼製防音壁を適用し、復旧後の構造を次の①～④のとおりとした (図-2)。

- ①鋼板を固定する支柱（H-125×125×6.5×9、2本）を取り付けたベースプレートを設置する。
- ②ベースプレートを既存のアンカー筋および機械継ぎ手のスリーブで固定する。
- ③支柱の根元を周囲と同じ高さまでコンクリートで根固めする。
- ④支柱に鋼板を取り付ける。

復旧は以下の手順で行った（写真－12）。

- ①防音壁ベース欠損部の修復
- ②無収縮モルタルにて高さ調整
- ③H型鋼（ベースプレート含む）の設置
- ④機械式継手にて固定
- ⑤ベースコンクリートの打設・養生
- ⑥鋼製防音壁の設置

3-2 沓座部

- (1) ウォータージェットによるコンクリート撤去
ストッパー周囲のコンクリートが破損した箇所は以下の手順で断面修復を行った。

- ①破損したコンクリートを斫り鉄筋を露出
- ②鉄筋の防錆処理
- ③アンカーピンの打設、補強鉄筋の配置
- ④型枠の設置
- ⑤無収縮モルタルの打設
- ⑥剥落防止工・表面保護工（商品名：セメンシヤスメッシュ工法、ビニロンメッシュ# 2010の貼付け、セメンシヤス #5000 および #5500 の塗布）

コンクリートの斫りは削岩機を用いた人力作業を基本としたが、ストッパーの背面側で破碎機のノミが届かない箇所（0 km 761 m および 2 km 784 m の2箇所）は、ウォータージェット工法を適用した（写真－13）。

- (2) 鋼棒ストッパーの入れ替え

杜せきのした駅の駅舎下に位置する 1 km 862 m 50 で破断していた鋼棒ストッパー（φ 90 mm）は、以下の手順で撤去・再設置を行った（写真－14）。

- ①鋼棒ストッパーの位置を測量、下部工胸壁部下面にコア抜き機をセット
- ②上向きにコンクリートをコア抜きし、破断した鋼棒ストッパーの撤去
- ③新しい鋼棒を挿入、クランプを用いて位置を固定
- ④型枠の設置
- ⑤無収縮モルタルの打設
- ⑥剥落防止工、表面保護工

- (3) フラットジャッキを用いたゴム沓の補修

せん断変形や押しつぶされたゴム沓は、その変形量が元の厚さの 40% 以下と小さかったので、このままの状態で使用しても問題ないと判断した。しかし、ずれたり脱落したゴム沓は再設置を行った。設置に際して、狭隘なために通常のジャッキアップができない箇所（0 km 590 m 50 右側および 0 km 638 m 右側）では、以下の手順で



ベース欠損部修復

H型鋼設置



ベースコンクリート打設

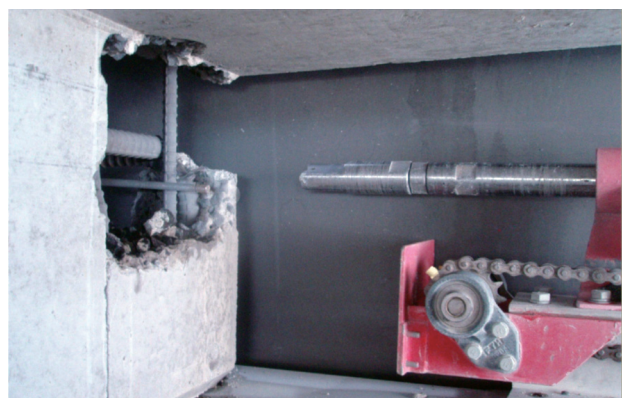
鋼板設置

写真－12 防音壁の復旧状況



背面側の破損状況

ウォータージェット作業後



ウォータージェットによる斫り

写真－13 ウォータージェットによる斫り

フラットジャッキを用いてゴム沓を再設置した（写真－15）。

- ①台座コンクリートをワイヤーソーにより撤去
- ②フラットジャッキおよびゴム沓（t=32 mm）を所定の位置に配置し、加圧して上部工と接触
- ③フラットジャッキの周囲にモルタルを打設（ジャッキは埋め殺し）



コア抜き状況

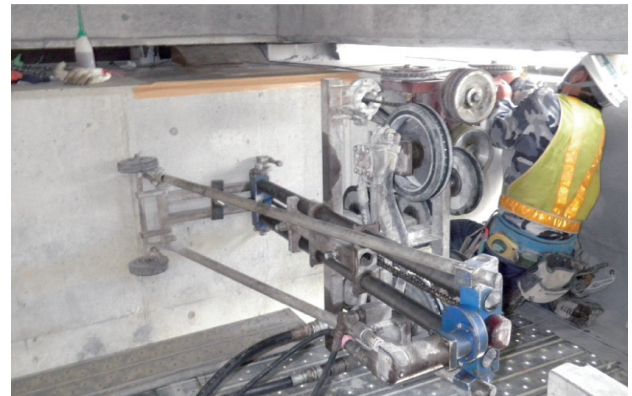


コア抜き完了後



鋼棒の位置固定状況

写真-14 鋼棒ストッパーの再設置



ワイヤーソーによる台座コンクリートの撤去

フラットジャッキおよびゴム沓のセット
写真-15 フラットジャッキを用いた再設置

3-3 上部工

2 km 794 m の PC 桁の下面および側面は、以下の手順で断面修復を行った（写真-16）。

- ①浮きコンクリートの撤去および防錆材の塗布
- ②アンカーピン（アンカー）の打設、無収縮モルタルの打設
- ③剥落防止工、表面保護工



コンクリート研り完了

§ 4. 地震後の調査方法に関する提言

今回の調査から、沓座部が大きな損傷を受けた箇所には次のような特徴がある。

- ①橋脚高さが 11.0～14.35 m と高く、ラーメン橋の端部またはこれに隣接する調整桁の支承部である。
- ②隣接スパンは桁高が大きい架道橋である。

このような箇所では、ラーメン橋や上部工の地震時慣性力・水平変位が大きく、ストッパーに過度な荷重作用があったものと推定される。今後調査実施時には、このような箇所を抽出し重点的に観察することが望ましい。

§ 5. おわりに

今回の調査では、雪が降る中で多様な構造物の様々な損傷の発見、4月7日に発生した震度6弱の余震による損傷範囲の拡大などを体験した。さらに復旧作業では調査時に発見できなかった新たな損傷が見つかり、その都度、施工計画を練り直すなど息をつく間がなかった。しかし、1日も早い復旧を目指す関係者の熱意に担当職員一同が応え、平成23年7月23日に美田駅まで、10月1日に全線で運転を再開することができた（写真-17）。

繊維シート貼付・アンカー設置完了
写真-16 PC桁下面の断面修復状況

写真-17 再開後の電車運転状況

最後に、調査・復旧工事に際してご指導をいただいた（独）鉄道・運輸機構設計技術部、仙台空港鉄道（株）をはじめ関係各位に、御礼と感謝の意を表します。