

3.11東日本大震災 緊急復旧工事記録

Report on Emergency Restoration Works after the Great East Japan Earthquake of March 11, 2011



雲 越 隆 一*¹
Ryuichi KUMOKOSI



平 島 崇 嗣*²
Takashi HIRASHIMA



佐 直 信 次*³
Nobutugu SAJIKI



吉 田 俊 一*⁴
Toshikazu YOSHIDA

要 旨

2011年3月11日（金）14:46、宮城県三陸沖を震源とするマグニチュード9.0、最大震度7の地震が発生した。本稿は、その震災により寸断された鉄道関連施設の様々な緊急復旧方法や、福島県のシンボリック施設「スバリゾートハワイアンズ」のメイン会場であるウォーターパーク（室内プール）大屋根鉄骨の座屈・破断に対する復旧についての状況を記した工事記録である。

キーワード：東日本大震災，緊急復旧工事

1. はじめに

2011年3月11日（金）14時46分 宮城県三陸沖（北緯38度、東経142度9分）深さ約25kmを震源とするマグニチュード9.0最大震度7の地震が発生した。

この地震により津波が発生し、岩手から福島にかけての太平洋側で甚大な被害をもたらした。

また、東北新幹線やほかの鉄道機関においても大きなダメージを受け、関東方面からの輸送手段を断たれてしまった。

その中で唯一救われたのは、東北自動車道や常磐自動車道などの高速自動車道路網の被害が比較的少なかったため、被災地への輸送経路は陸路で確保することができたことである。

当時は、宮地エンジニアリング(株)の発足直前で(株)宮地鐵工所と宮地建設工業(株)と別れて事業展開していたため、前者は道路橋関連で官公庁へ、後者はJR等鉄道関連会社およびゼネコンへ協力する体制をとった。

本稿は、後者の対応した工事の中からピックアップして報告するものである。

2. 鉄道関連施設の復旧

まず、社内に緊急対策本部を設置し、迅速な対応でき

るよう機材や労務を確保して、JRや関係ゼネコンへ技術協力を申し出て、いつ依頼が来ても出動できる状態で待機した。

ほどなくして、JRや鉄道関連ゼネコンから協力要請が入った。

JRとしては、大規模輸送手段である東北新幹線の復旧を最優先するというので、新幹線施設の早期復旧に

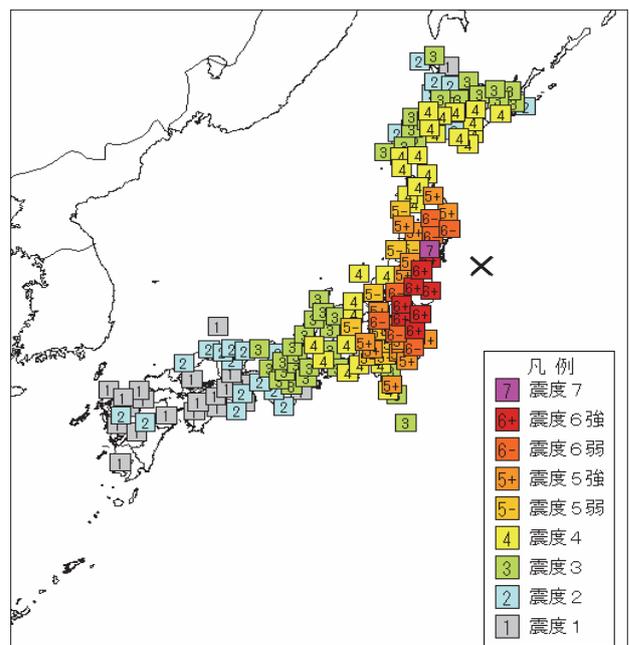


図-1 震度分布（気象HP）

*¹ 建設事業本部 保全事業部保全工事部保全工事グループ

*² 建設事業本部 工務・計画本部長

*³ 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ グループリーダー

*⁴ 建設事業本部 工務・計画本部計画部計画グループ サブリーダー

ともなう技術・施工協力依頼をうけた。

取り急ぎ、翌12日から機材関係を、13日から技術要員および現場要員を現地へ送り込んだ。

移動に際し高速道路等は通行止めとなっていたが、警視庁より緊急車輛通行許可証を発行して頂いた。また、菅井副社長（当時専務）はJRより新幹線設備の被害状況確認とその対策立案の依頼を受け、被災箇所の点検に長期間同行した。

社内においても計画部・工事部・機材センターで対応者を選任し、対策立案・資機材及び作業員の手配に当たった。

(1) 東北新幹線 花京院Bv

花京院Bvは、東北新幹線仙台駅構内の終点方に位置し、国道45号を跨ぐ支間73m、重量が約2,000tの合成桁である。支承がピン構造となっており、起点方が可動、終点方が固定となっている。今回終点方の固定支承のピンと下支承のせん断キーが破断し、ピンが抜け落ちた状態で右側に200mmほどズレた（写真-1）。

応急復旧方法としては、ズレた桁を元の位置に戻し、ピンを挿入して橋軸直角方向を仮固定する方法で決定された。

支承前面の橋脚部に横スライドできる設備を設置し、ジャッキにて水平に押し約200mm移動させた。このとき、横スライドさせる軌条として、桁横取り作業時に使用している当社機材の滑り架台および滑り沓を使用し、摩擦力を $\mu < 0.1$ にしてスムーズにスライドする構造とした（写真-2）。

また、本合成桁は、鋼重だけではなくコンクリート床版および路盤コンクリート、軌きょうが載っており、反力として一箇所に500tほど作用するため、前面で仮受けするコンクリート橋脚の押抜きせん断破壊が懸念された。よって、横取り軌条下の反力受けの構造は、200tジャッキを7台並べて、荷重が偏らず分散するように工夫した。

3月14日から調査を行い、16日から準備を始めてわずか7日間で無事に元の位置まで戻すことができた（写真-3）。

最後の水平ストッパーは、当社施工範囲外であったが、4月5日ですべて完了した。



写真-1 花京院Bv 損傷状況



写真-2 横スライド設備設置状況



写真-3 応急復旧状況（橋軸直角方向仮固定）

(2) 東北新幹線 貨物線Bi

貨物線Biは、東北新幹線の線路橋で、東北本線仙台～東仙台間で並走する区間に位置し、東北貨物線を跨ぐ線形となっている。

橋りょう形式は、2径間のPC単純T桁橋で、中間を支持するP2橋脚は、コンクリート支柱に鋼製横梁が支承構造で貨物線を跨ぎ、その上にPCT桁橋が支承で固定されている構造である。

地震の被害としては、このP2橋脚の横梁支承部が著しく破損している状況であった（写真-4）。

詳細は、以下の通り。

①固定支承

- ・桁と支承を繋ぐセットボルトが全数破断
- ・破断したセットボルトのソールプレートと上支承間挟まれ

②可動支承

- ・下支承サイドストッパー固定ボルト破断
- ・アンカーボルトの破断
- ・可動用ローラーの位置ズレ（10mm程度）

いずれにせよ、ジャッキアップおよび仮受けは復旧作業を行うには不可欠であったため、ジャッキアップ計画を行った。本橋は横梁の上にPCT桁が載った構造であり、偏心荷重を含めると1支承当り最大560tと大きいため、1BOX当り500tと300tの油圧ジャッキを各々2台、計4台使用して行う計画とした。

ジャッキを受ける箇所には、補剛材のL型鋼を桁にボルトで固定し施工を行った。ジャッキアップは、ジャッキ支持点の補強部材の強度を目安に500tと300tジャッキの反力バランスを計測しながら慎重に行った（写真-5）。

ジャッキアップ後、わずか2日で損傷部材の取替えやアンカーボルトの継足し溶接などを行い、ジャッキダウンを行い、3月23日に一旦工事は完了した（写真-6）。

しかし、4月7日23時32分頃、マグニチュード7.1、宮城県で震度6強の大きな余震が発生し、翌日現場を確認した結果、本震時と同じような損傷で、再復旧が必要となった。

ジャッキアップと復旧は、前回と同じ施工方法が進められたが、再び大地震が発生した時を想定し、恒久的な措置も至急行う必要があった。



写真-4 貨物線Bi 損傷状況



写真-5 ジャッキアップ・仮受設備設置状況



写真-6 応急復旧状況

検討の結果、横梁支承部の間に変位制限構造の部材を取付けることを提案し、これが採用された。

この部材も、今回の再復旧と同時に進行する必要があったため、当社協力工場にて突貫で製作を行って、現地に持ち込み、取付けを行った（写真-7）。

固定支承部はフランジを加熱矯正し、ソールプレートを再製作、設置して4月22日に再復旧工事も完了した。

（3）東北新幹線 RC立体ラーメン高架橋

RC立体ラーメン高架橋部は柱のせん断破壊（ちょうちん座屈）の現象が多く見受けられた（写真-8）。よって、いったん高架橋を柱部で仮受けする必要がある、工事の要請を受け当社のベント材と梁材を現地に搬入し、組立・仮受けを行った。

被災状況から判断して、座屈したRC高架橋の柱部コンクリートが粉碎しており、余震等により崩壊する危険もあったため、本作業は昼夜を徹して行われた。

掘削したフーチングコンクリート上に、小型クレーンおよび機工具等を用いて狭隘な高架下に支保工組立を行った（写真-9）。

機材搬入から支保工仮受けまで、1パーティー約2日間で組立・仮受けを行い、鉄筋切断・圧接～コンクリート打設、支保工荷重開放まで4日間ほどで復旧を行った。

（4）東北新幹線 PC高架橋

PC高架橋部については、橋脚上に設置してあるコンクリートサイドブロックが破壊しており、桁が橋軸直角方向に20mm～110mm程度横ズレを起していた。

これについては、橋脚上の支承前面に機高の低い補修用ジャッキにテフロン板を挟んでセットした。横方向に押す設備としては、永久構造物として設置してあった変位制限装置のアンカーボルトが破断していたため、新たに後施工アンカーを施工して変位制限装置を取付け、これを反力板代わりにして、ジャッキを横向きにして、正規の位置まで横取りした。こういった事象は、たくさんあり、当社だけでも11橋脚部分について修繕を行った（写真-10）。



写真-7 恒久復旧状況 変位制限装置設置



写真-8 RC立体ラーメン高架橋損傷状況



写真-9 支保工設置・仮受状況



写真-10 PC高架橋横取り修繕状況

(5) 東北本線名取駅自由通路

本自由通路は、名取駅の西口から東口の橋上駅舎を結ぶもので、東北本線下り線および引き込み線を3本跨いでいる。

この度の地震により、自由通路のゴム支承がせん断破壊して引きちぎれ、下りの線路方向へ約670mm旋回横ズレをおこした。橋脚横梁上に自由通路の端横桁が乗る状態で止まり、落橋は免れたが、今後の余震等を考慮すると、一日も早く元の位置に戻し、仮に固定する必要があった（写真-11）。

復旧工事の要請を受け、現場へ直行した結果、最も早く元に戻す方法は、線間内に支保工を建て、そこで仮受けして横取りする方法であった。

このとき、駅舎などの施設も相当なる被害を受け、営業線として再開予定までの20日間であった。

よって、西口の線路脇から線路を跨いで搬入路を一時的に設置し、そこから機材運搬トラックとクレーンを進入させて、自由通路脇に支保工（ベント）を組立て、それぞれ横取りして桁下に設置した（写真-12）。

ベント設置後、西口側終点方の支承部を旋回中心として、ベント上に設置した送り台（スライド装置）上で桁をジャッキアップして、旋回横取りを行った。

支承はゴムがせん断破壊しており、大きな余震が発生するとまた動くことが考えられるため、新規製作する期間、橋脚横梁に支承にぶつけるようにストッパーを設けて、応急復旧対策とした。これが功を奏し、4月2日に運転再開しての5日後、大型余震が発生し、支承部のアンカーボルトは破断したが、支承自体はストッパーにぶつかって、30mm程度のズレしか生じず、軽度の補修にて4月12日にまた運転を再開させることができた（写真-13）。

その10ヶ月後、支承を製作し、現地で取替を行って、恒久復旧工事はすべて完了した（写真-14）。



写真-11 名取駅自由通路 損傷状況



写真-12 旋回・横取り用ベント 設置状況



写真-13 大型余震による損傷状況



写真-14 支承取替状況

(6) その他

鉄道関連施設の復旧について、代表的な工事を5件紹介

介したが、その他にも数多くの事象に対処した。表-1

にその概要を一覧表にして紹介しておく。

表-1 橋梁関係対応リスト

工事件名	距離程	要請者	対応内容	工程	現場担当者
1 新幹線 花京院B	328 k 660m	鉄建建設株	可動柵のズレ補修	2011/3/14~3/31	雲越 隆一 河口 直己 三田村 朋宏 佐々木 智之 佐藤 正明 朝倉 一久
2 新幹線 貨物線B	326 k 088m	鉄建建設株	橋脚横梁の支承部破損の補修 支点補強リブ取付・ソールプレート交換 ・落橋防止取付	2011/3/14~6/12	豊嶋 透 朝倉 一久 雲越 隆一 田中 栄樹 池田 浩
3 新幹線 第1中曽根・第1中野B L	455K914m ~	鉄建建設株	高架橋2橋の支柱の破損箇所をベントにて桁受	2011/3/14~4/5	佐藤 正明 河口 直己 吉田 友和 佐々木 智之 稲田 博史
4 新幹線 愛宕B L		鉄建建設株	高架橋柱2本の破損箇所をベントにて桁受	2011/3/14~4/5	河口 直己 稲田 博史 佐藤 正明 吉田 友和
5 新幹線 仙台地区	325K470m ~329K636m	鉄建建設株	5橋の支承部ボルト破断補修	2011/3/29~6/15	豊嶋 透 朝倉 一久 雲越 隆一
6 新幹線 藤川B	328K997m	鉄建建設株	壁高欄間のメッキ鋼板・ボルトの納入	2011/3/20~3/22	増子 康弘
7 新幹線 仙台バイパス橋梁	329k643m	鉄建建設株	3径間連続PC箱桁の両端部支承の上柵落下・ズレ ・セットボルト破断の補修・支承落下防止設置	2011/4/12~4/21	河口 直己 雲越 隆一
8 新幹線 花京院付近アンカー		鉄建建設株	支承部補修		雲越 隆一
9 新幹線 総合車両センター構内 スカイロード		鉄建建設株	建屋間連絡通路(単純トラス)のズレ修正 恒久ストッパー設置	2011/4/19 ~2012/6/30	渡邊 和広 増子 康弘
10 新幹線 郡山地区高架橋	212K515m ~214K075m	仙建工業株	高架橋支柱破損箇所仮受用ベント材の搬入	2011/3/12~4/10	田中 栄貴
11 新幹線 古川~一関間 小野高架橋他	371K024m ~371K114m	仙建工業株	2橋の支承移動箇所の修正	2011/3/19~3/25	佐藤 正明 朝倉 一久
12 新幹線 支承部補修(宮城県北部)		仙建工業株	支承亀裂箇所の現場溶接補修	2011/4/2~5/20	雲越 隆一 朝倉 一久
13 新幹線 岩切東河原他5橋	333K499m ~372K387m	仙建工業株	4/7の余震による新幹線PC高架橋6橋 の横ズレ補修	2011/4/11~4/18	田中 栄貴 日沢 恭助 佐藤 正明
14 新幹線 第一八幡崎BL	336K716m	仙建工業株	高架橋間のRC単純桁の横ズレ補修	2011/4/13~4/20	鈴木 貴信 森田 満
15 新幹線 第5鷹ノ巣高架橋	345K892m	仙建工業株	高架橋支柱根元部座屈箇所のベント によるスラブ受	2011/4/14~4/19	佐藤 正明
16 新幹線 保守基地 富久山橋梁	216K240m	仙建工業株	単純鋼箱桁の支承ストッパー破損 ・横ズレの補修・落橋防止板設置	2011/5/20	朝倉 一久
17 新幹線 白石蔵王駅付近 齊川橋梁		東鉄工業株	P C T桁橋の柵モルタル補修	2011/3/20~3/22	-
18 新幹線 第二喜沢高架橋		東鉄工業株	高架橋柱部分の座屈に対しジャッキ貸与	2011/3/12~6/30	-
19 新幹線 高欄部鋼板製作		鹿島建設株	壁高欄間のメッキ鋼板・ボルトの納入	2011/4/3	-
20 新幹線保守線 八反田B(国見)	250K313m	第一建設工業株	新幹線保守線上下線の桁ズレ修正 ・支承サイドブロック補修	2011/9/19 ~11/17	朝倉 一久
21 横須賀線東戸塚 連続ラーメン橋		鉄建建設株	連続ラーメン橋コンクリート橋脚座屈により 仮受ベント組立	2011/3/11~19	天野 真 平島 崇嗣 日沢 恭助 増子 康弘
22 仙石線 苦竹駅 ホーム桁		仙建工業株	ホーム桁3連の横ズレ修正	2011/3/16~4/9	田中 栄貴 増子 康弘 日沢 恭助
23 東北本線 名取駅自由通路		仙建工業株	桁横ズレ補修 支承取替・落橋防止装置設置 ・桁端横桁曲がり補修	2011/3/16~8/10	田中 栄貴 河口 直己 豊嶋 透 池田 浩 三田村 朋宏 増子 康弘
24 ベント機材貸与要請		ユニオン建設株	資材センターへベント機材貸与	2011/3/11~	-
25 鹿島線 第一宮中架道橋		東鉄工業株	上下線・ホーム桁の横ズレ修正(最大1.35m)	2011/3/14~4/25	小原 久 松田 芳昭 森田 満 小岳 弘幸
26 鹿島線 第二宮中架道橋		東鉄工業株	橋軸方向のズレ修正	2011/3/23~4/28	小原 久 松田 芳昭 森田 満 小岳 弘幸
27 常磐線(水郡線) 鋼桁支承		東鉄工業株	茨城県 小水津駅~大津港駅間 橋梁14橋 の破損支承補修	2011/3/24~4/9	嘉手川 修 佐藤 正明
28 東北本線 福島・東福島間 初田川高架橋		東鉄工業株	PC 2 主桁破損支承の取替・桁座拡張 ・H鋼ストッパー埋込	2011/4/18~	小原 久
29 飯山線 中条川橋梁		第一建設工業株	支承破損箇所の補修	2011/3/29~4/19	相澤 達也
30 八乙女駅構内鉄骨		銭高組株	駅舎建築鉄骨のアンカーボルト破損の補修	2011/4/2~4/13	田中 栄貴 嘉手川 修
31 仙台地下鉄南北線		鴻池・若築 ・野口JV	地下鉄南北線復旧用材料手配・納入	2011/4/5~4/27	嘉手川 修
32 国道398号錦橋		仙建工業株	道路橋 3径間単純PC桁の3連目の横ズレ ・段差補修	2011/4/1~6/30	渡邊 和広

3. 建築関連施設の復旧

(1) スパリゾートハワイアンズ震災復旧

3月11日の東日本大震災においては、異状は認められなかったが、4月11日に発生した余震と思われる直下型地震（福島県浜通り震度6弱）発生の影響で湯の岳断層がある敷地内に深刻な被害を受ける（写真-15）。プールやフラダンスステージなどのメイン会場であるウォーターパークでは大屋根トラスを含む鉄骨柱が大きく座屈変形を起こした（写真-16）。

スパリゾートハワイアンズは、炭鉱労働者や家族の雇用を創出し、映画にもなった福島のみならず日本でもっとも有名なレジャー施設が営業中止状態になったことにより、震災を受けた地元のショックは大きかった。

したがって、震災復興のシンボルとして、一日も早く本施設を復旧し再開業することが重要な使命であった。

当社は、本工事の鉄骨補修の依頼を受け、まず現地調査を行った。余震から3カ月後のことであった。現地を見ると、室内プールの建屋を横断するようなかたちで地盤沈下を起し、基礎柱の数本が陥没した状態で建物が傾いて変形した状態であった。

当日、事業者である常磐興産(株)と設計監理会社、本復旧工事を請け負った飛鳥・常磐開発JVで行われた合同会議に当社計画部員も出席し、復旧概要について以下のような説明と施工の依頼を受けた。

- ・基本思想として、既存の建物を補修、補強して復旧する。
- ・陥没した鉄骨柱は元の高さまで戻す。
- ・座屈した屋根トラス（ダイヤモンドトラス）や柱および水平材および斜材は切断し、取替を行う。

まずは、陥没した鉄骨柱を元の高さまでジャッキアップ計画を行い、設備を組立て施工した。

当建屋鉄骨は、一部材は小さな断面でそれを組合わせた構造で構成されており、そのあらゆる箇所が変形・座屈していた。



写真-15 断層状況



写真-16 陥没部ジャッキアップ前



写真-17 陥没部ジャッキアップ完了

したがって、ジャッキアップ作業は慎重に行なわなければならない、設計監理会社から与えられた反力限界値を上限として、ジャッキ全体を反力管理しながら行った。

ジャッキアップは無事に完了し、鉄骨柱の高さは合わせる事ができた（写真-17）。

そこで、全体系を測量した結果、あらゆる箇所で地盤高の凹凸が出ており、相対的に調整して構造系を安定させる必要があった。

設計監理会社が検討の結果、東側妻部鉄骨が全体的に高くなっており妻面の屋根を突っ張ってる状況にあったため、その鉄骨を解体し、短く再製作して取り替えるよう指示を受けた。

よって、妻側鉄骨をいったん撤去するために仮受けが必要となり、そこに当社機材の支保工（ベント）を設置し、仮受けを行った（写真-18）。そして、破損を受けた妻側鉄骨柱の撤去を行い、ジャッキダウンにてベントの荷重を屋根に移行させ屋根の安定を確認した後、妻側鉄骨の部材長を実測・製作して取付けを行った。

また、座屈した柱や水平材、斜材および屋根トラスは計測・製作し、一部材ずつ切断して取付けを行った（写真-19、20）。これ自体一品一様であるため、工場製作と現地との連携が工期を短縮する第一条件であったため、合番工に近い業務を行う技術者を常駐させ対応した。

足場組立や壁外壁工事等との輻輳したなかでの工事で、工程調整に苦慮しながらも、当社施工範囲の施工は、与えられた約半年間の工期内に施工完了することができた。

2012年2月8日、スパリゾートハワイアンズは約11カ月ぶりに再開業し、補修された屋内プール（ウォーターパーク）では、フラダンスショーで賑わう活気を取り戻した画像がテレビのニュースに飛び込んできた。



写真-18 東妻部仮受ベント設備



写真-19 補修前

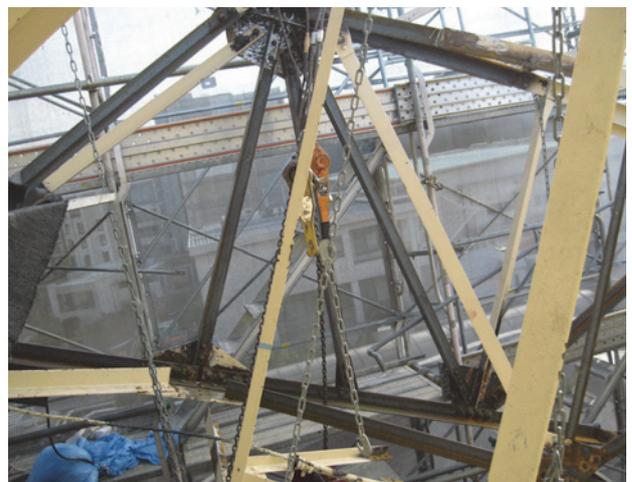


写真-20 補修後

表-2 建築関係対応リスト

工事件名	要請者	対応内容	工 程	現場担当者
1 東京タワー	(株) 竹中工務店	スーパーターンアンテナ支柱の曲がり確認ダンパー部の破断ピン交換	2011/3/12～3/13	大矢 亮
2 日大板橋病院	清水建設 (株)	病院塔屋の倒壊の恐れがあるため樹脂注入煙突解体	2011/3/15～5/31	内池 和彦 松田 和人
3 広野火力発電所 1～5号機	清水建設 (株)	天井クレーン破断ボルトの交換	2011/4/5～5/11	松田 和人
4 宮城県総合運動公園 宮城スタジアム	鹿島建設 (株)	屋根トラスの支点付近亀裂のためベント支持・補修	2011/4/13～2012/6	大矢 亮
5 日立オートモティブ システムズ	(株) 大林組	工場の柱座屈箇所の仮受・ジャッキアップ	2011/5/10～5/25	森田 満
6 福島第1原発 (4号機)	(株) 竹中工務店	4号機防護工の鉄骨地組・建方	2011/4/26～2013/12	森田 良次
7 スパリゾート ハワイアンズ	飛鳥建設・ 常磐開発JV	ドーム屋根鉄骨他の補修	2011/7/20～2012/3/20	雲越 隆一

(2) その他

今回、誌面の関係で詳細を報告できなかったが、建築関連においても、さまざまな各事業者やゼネコンから緊急復旧工事の依頼を受け、対応してきた。表-2に、その概要を一覧表にして紹介する。

4. あとがき

未曾有の東日本大震災が発生して、約3年が経過しようとしている。

この震災で、多くの犠牲者を出し、数えきれないほどの被害を受け、いまなお復旧されずにある施設やインフラもたくさん残っており、完全な復興を遂げるには、まだまだ時間が掛りそうである。

このような天災は、二度と起こって欲しくはないが、日本周辺の地形やプレート状況、また地球温暖化による異常気象などを考慮すると、避けて通れないのも現実である。

そんな時、社会的な要請として当社に求められるものは、やはり事業主体として長年培ってきた橋梁技術や大空間建築物や鉄塔建て方技術、また重量構造物を一時的に支えることができる豊富な機材であり、それより何よ

りも、この技術力や機材保有力を機能させる力、すなわち有事における社員の使命感と結束力であると考えている。

特に、この震災においては、余震の恐れや福島第一原発による放射線問題の風評被害の影響が多々あったにもかかわらず、震災2日目から果敢に現地に乗込み、不眠不休で対応に当たった社員や協力業者の方々には、感謝しきりである。

また、社内においても、休みなく構造検討や施工方法の立案にあたり、また資機材の手配等、非常に機能的に動けたことは、常に不測の事態に備え危機管理ができていた当社の自負するところである。

最後になりましたが、我々よりはるか重大な社会的責務に対し、危機管理と尊大な責任感をもってご指導いただきました、東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所をはじめ構造技術センター、各所の土木技術センターの皆様、また元請の鉄建建設(株)、仙建工業(株)、東鉄工業(株)、第一建設工業(株)、ほか鉄道関連各社の皆様、建築関連事業においては、企業者である常磐興産(株)、設計監理のHAL設計事務所(株)、飛鳥・常磐開発JV、鹿島建設(株)ほかゼネコンすべての関係者の皆様方に感謝を申し上げ、本記録の結びとさせていただきます。

2013.12.2 受付