

第1回 新幹線の地震対策に関する検証委員会

日時：令和4年5月31日（火）
17:30～19:30
場所：中央合同庁舎2号館B1階
国土交通省第2会議室A・B
(Web 併用)

— 議 事 次 第 —

1. 開会
2. 鉄道局長 挨拶
3. 検証委員会の趣旨について
4. 委員長 挨拶
5. 議事
 - (1) 令和4年福島県沖を震源とする地震について
 - (2) 東北新幹線の施設被害状況等について
 - (3) これまでの新幹線の地震対策について
 - (4) 今後の検証の進め方について
6. 閉会

<配付資料一覧>

- ・資料1 検証委員会の趣旨について
- ・資料2 令和4年福島県沖を震源とする地震について
- ・資料3 東北新幹線の施設被害状況等について
- ・資料4 これまでの新幹線の地震対策について
- ・資料5 今後の検証の進め方について

新幹線の地震対策に関する検証委員会

【委員】

いがらし あきら 五十嵐 晃	京都大学防災研究所流域災害研究センター 教授
さわだ すみお 澤田 純男	京都大学防災研究所地震災害研究部門 教授
しまむら まこと 島村 誠	愛媛大学防災情報研究センター 客員教授
しもむら たくみ 下村 匠	長岡技術科学大学環境社会基盤工学系 教授
すだ よしひろ ◎須田 義大	東京大学生産技術研究所 教授
たかはし よしかず 高橋 良和	京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 教授
まき たけし 牧 剛史	埼玉大学大学院理工学研究科環境科学・社会基盤部門 教授
みやもと たけふみ 宮本 岳史	明星大学理工学部総合理工学科機械工学系 教授
やまだ ますみ 山田 真澄	京都大学防災研究所地震防災研究部門 助教
あおい しん 青井 真	国立研究開発法人防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター センター長
つかだ しんや 東田 進也	気象庁地震火山部地震火山技術・調査課 課長
むろの よしたか 室野 剛隆	公益財団法人鉄道総合技術研究所研究開発推進部 JR部長

【オブザーバ】

北海道旅客鉄道株式会社
東日本旅客鉄道株式会社
東海旅客鉄道株式会社
西日本旅客鉄道株式会社
九州旅客鉄道株式会社
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構

【事務局】

国土交通省鉄道局

(◎：委員長、五十音順、敬称略)

第1回 新幹線の地震対策に関する検証委員会

国土交通省 鉄道局

■ 検証委員会の趣旨について

(資料 1 / 国土交通省)

■ 令和 4 年福島県沖を震源とする地震について

(資料 2 / 気象庁・鉄道総研)

■ 東北新幹線の施設被害状況等について

(資料 3 / JR東日本)

■ これまでの新幹線の地震対策について

(資料 4 / 国土交通省)

■ 今後の検証の進め方について

(資料 5 / 国土交通省)

令和4年3月16日に発生した東北新幹線の脱線及び施設被害を踏まえ、構造物等の耐震設計等の技術基準、耐震補強計画等これまで進めてきた新幹線の地震対策を検証し、国土交通省が取り組むべき方向性を整理する。

【検証項目】

- ・ 構造物や電化柱の耐震基準に関する現状整理、評価
- ・ 構造物や電化柱の耐震補強計画に関する現状整理、評価
- ・ その他これまで進めてきた地震対策の現状整理、評価

【検証構成員】

(委員)

構造物等の耐震対策、早期地震検知システムの整備、脱線・逸脱防止対策の観点から選任

(事務局)

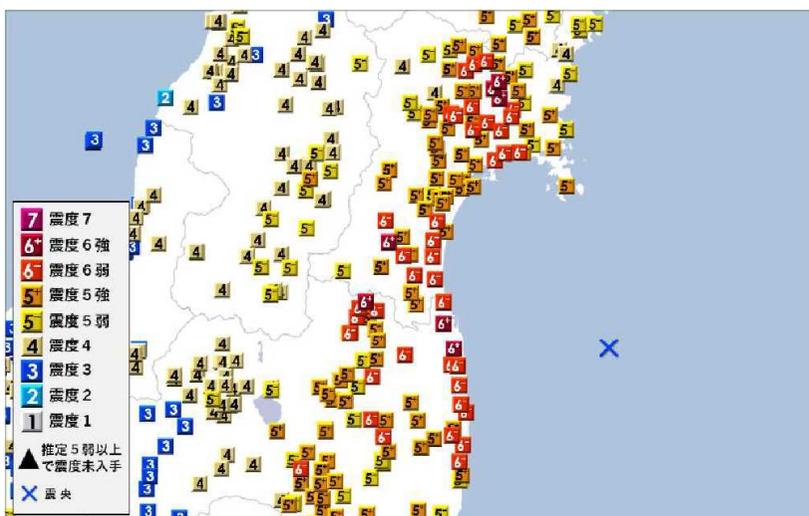
国土交通省鉄道局

(オブザーバ)

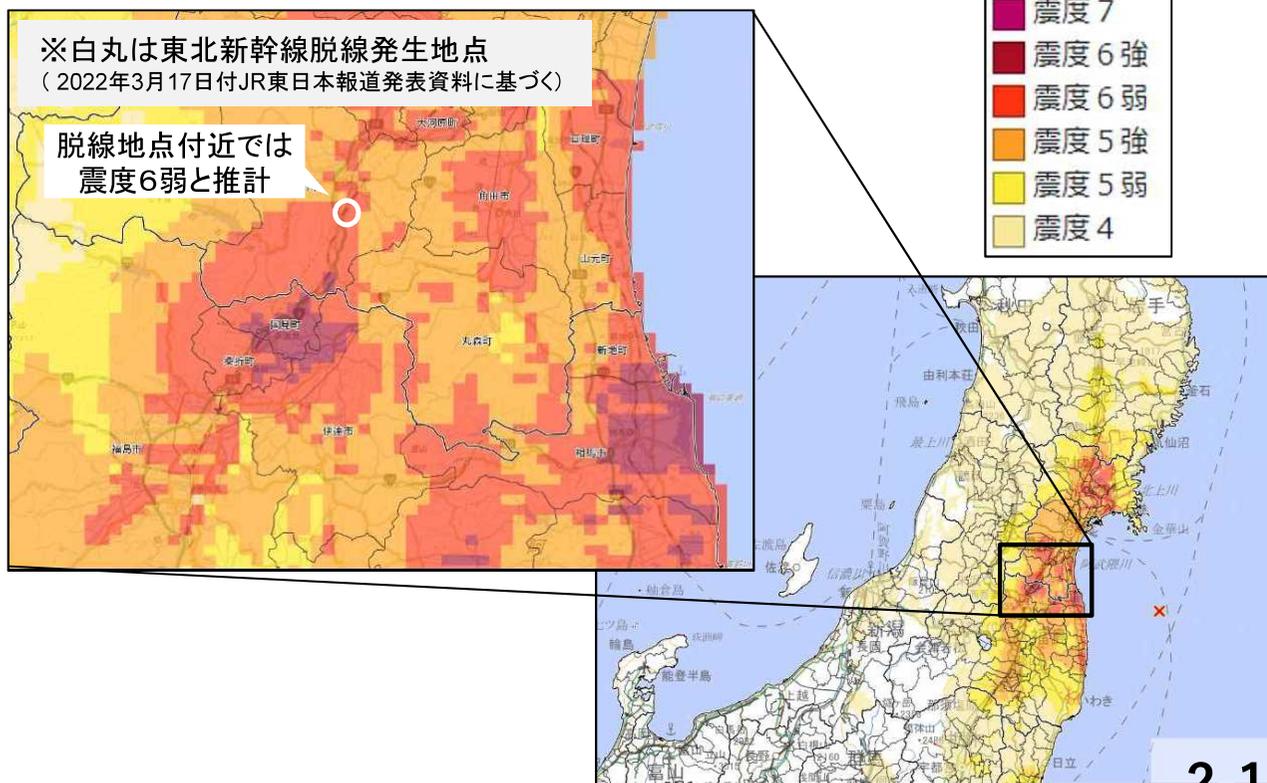
新幹線運行会社（JR北海道、JR東日本、JR東海、JR西日本、JR九州）
鉄道建設・運輸施設整備支援機構

- 3月16日23時36分に福島県沖の深さ57kmを震源とするマグニチュード7.4の地震が発生し、宮城県登米市(とめし)・蔵王町(ざおうまち)、福島県国見町(くにみまち)・相馬市(そうまし)・南相馬市(みなみそうまし)の合計5つの市町で最大震度6強を観測した他、北海道から九州地方にかけて震度6弱～1を観測。
- 16日23時39分に宮城県、福島県に対して津波注意報を発表したが、17日05時00分に解除。宮城県の石巻港で31cmの津波を観測した他、宮城県、福島県の沿岸で津波を観測。
- 4月30日24時00分現在、震度1以上を観測した地震が125回発生(震度6強:1回、5弱:1回、震度4:2回、震度3:10回、震度2:30回、震度1:81回)。また、今回の地震発生の約2分前にもマグニチュード6.1の地震が発生。
- 宮城県北部では、長周期地震動階級4を観測。高層ビル高層階等では、非常に大きな揺れになった可能性。
- 地震波検知から9.6秒後の23時36分55.6秒に緊急地震速報(警報)を発表。

■ 震度分布図



■ 推計震度分布図



■ 津波の観測状況

観測点名	最大波
石巻市鮎川	17日01時41分 10cm
石巻港	17日02時14分 31cm
仙台港	17日01時45分 0.2m
相馬	17日03時15分 0.2m
いわき市小名浜	17日02時55分 6cm

2022年の福島県沖を震源とする地震について ～標準設計地震動との比較～

(公財)鉄道総合技術研究所

謝辞

防災科学技術研究所および国土技術政策総合研究所の
データを使用致しました。記して感謝致します。



耐震設計標準における設計地震動

L2地震動について

定義

建設地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動

設定

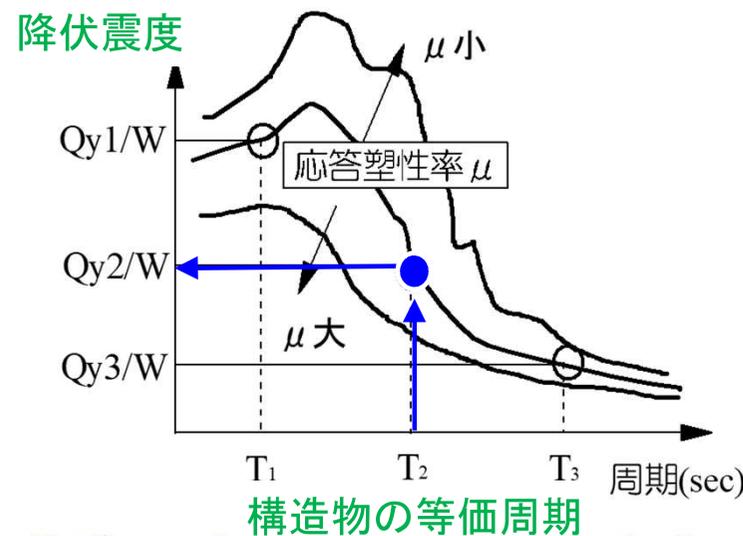
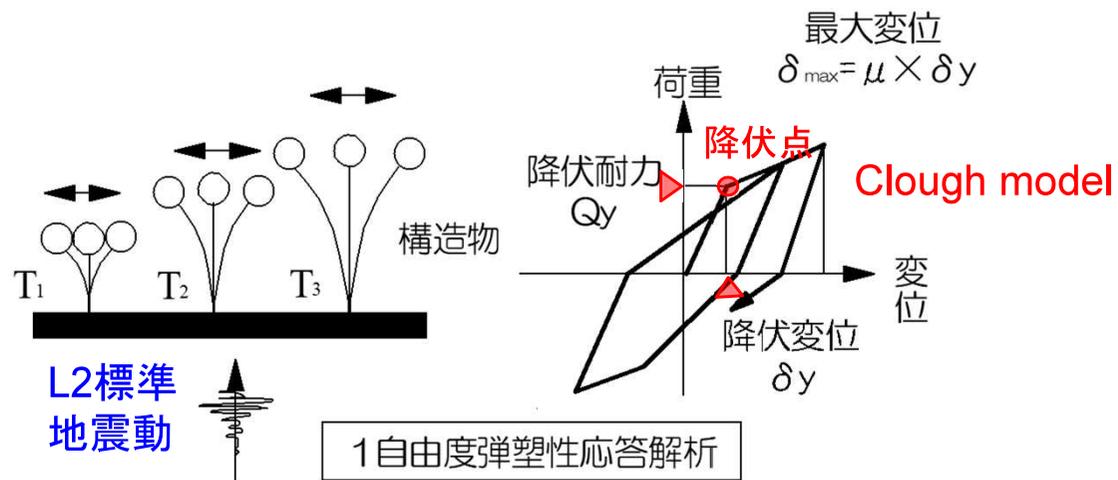
- 震源となる断層と建設地点を特定し、強震動予測手法に基づき地点依存の地震動として算定するものとする
- ただし、設計の便を考えて
 - ① Mw7.0よりも大きな震源域が建設地点近傍(≒直下)に確認されない
 - ② 耐震設計上の基盤面より深い地盤構造による著しい地震動増幅がない場合には、標準的な地震動を用いてよい(本資料では、標準L2地震動)

所要降伏震度スペクトル

- 鉄道構造物の耐震設計では、『**所要降伏震度スペクトル**』を用いて、性能を照査している
- 所要降伏震度スペクトルとは、構造物の応答をある**応答塑性率 μ** に収めるために、構造物に付与すべき強度（**降伏震度**）を算定したものである

塑性率 $\mu = \text{最大応答変位 } \delta_{\max} / \text{降伏変位 } \delta_y$
 降伏震度 = 降伏荷重 Q_y / 自重 W

➡ 構造物への設計作用を議論する場合は弾性応答スペクトルではなく、**所要降伏震度スペクトル**



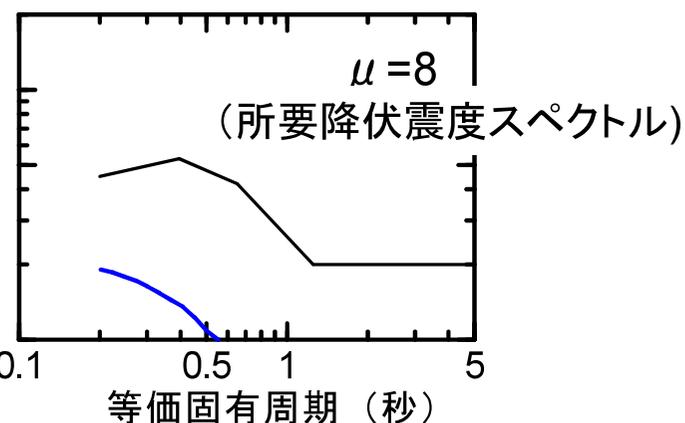
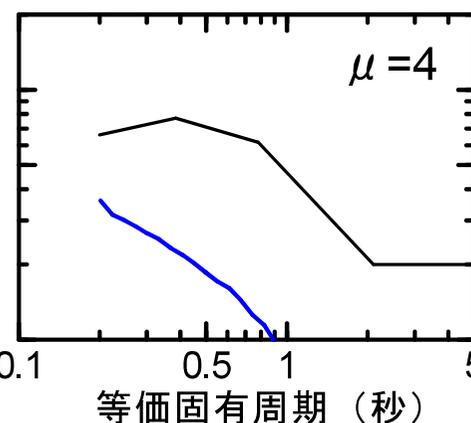
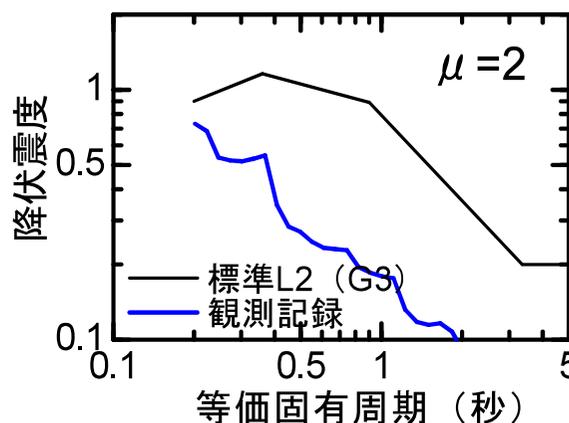
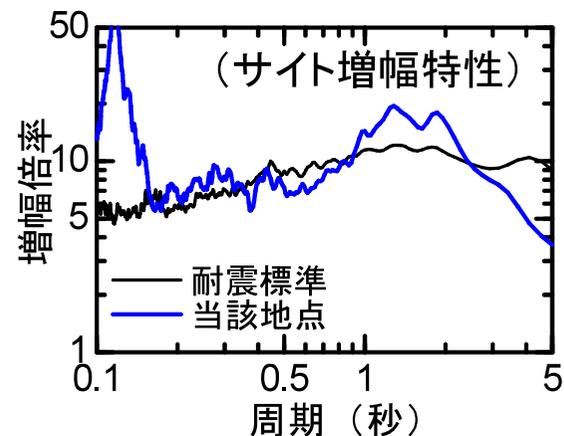
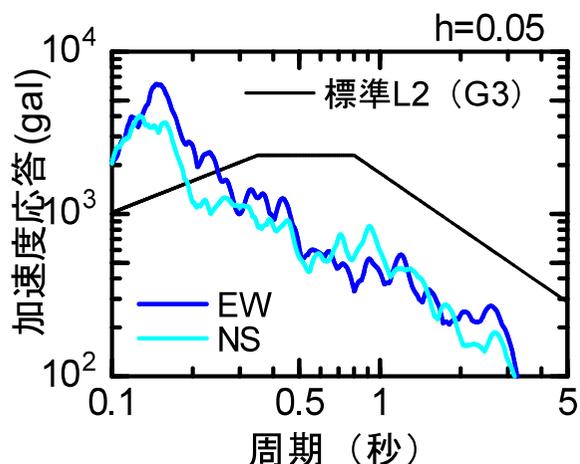
対象とした地震動



震源近くの加速度や計測震度の大きな地点を抽出して整理を実施した。

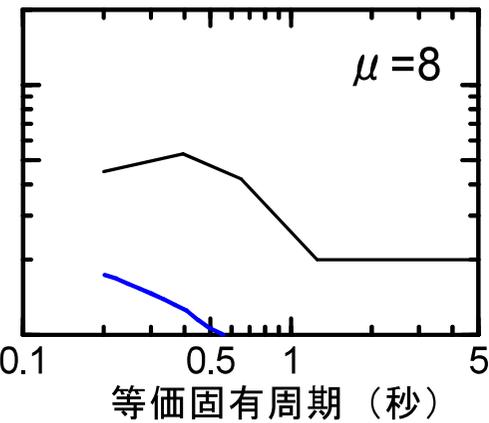
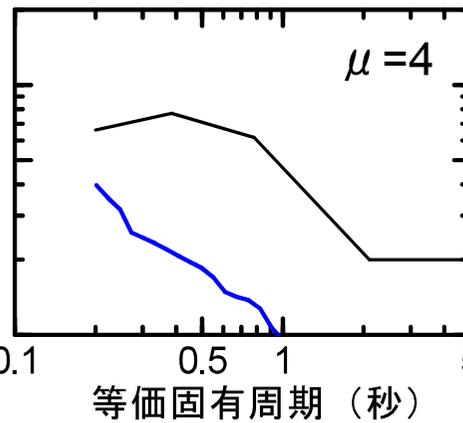
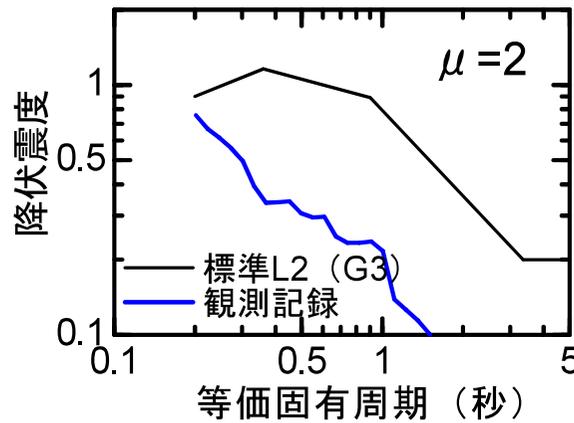
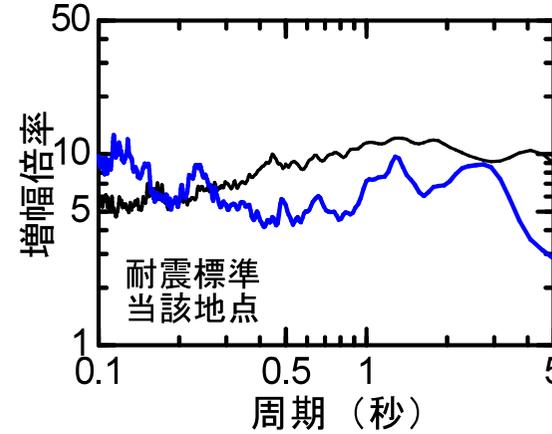
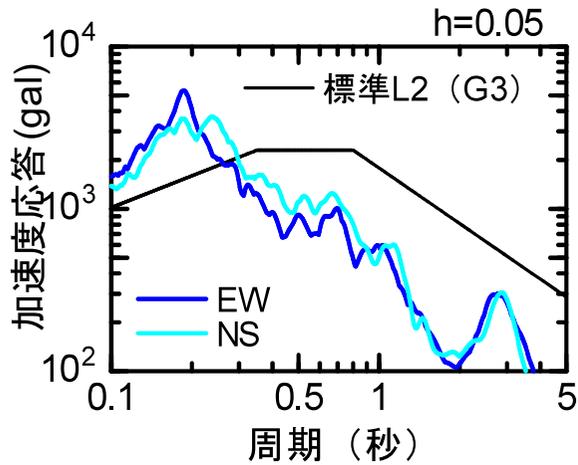


KiK-net川崎 (MYGH07)



- ① 観測記録の弾性応答スペクトルは、周期0.25秒より短周期側で標準L2地震動を上回る
- ② サイト増幅も、上記の範囲で非常に卓越しており、①の特性はサイト増幅の影響が大きいと推定
- ③ 観測記録の所要降伏震度スペクトル(塑性率 $\mu > 2$)は、標準L2地震動を大きく下回る(必要な強度は小さい→設計作用としては想定範囲内)

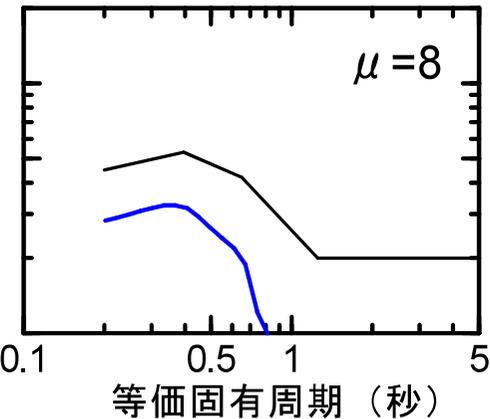
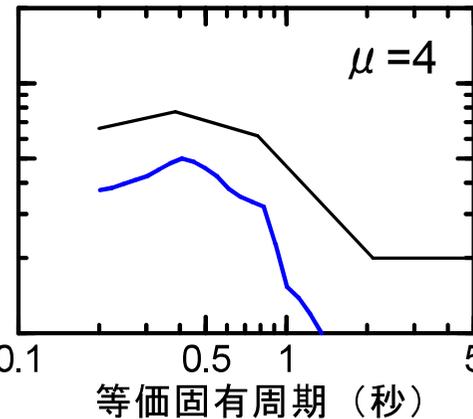
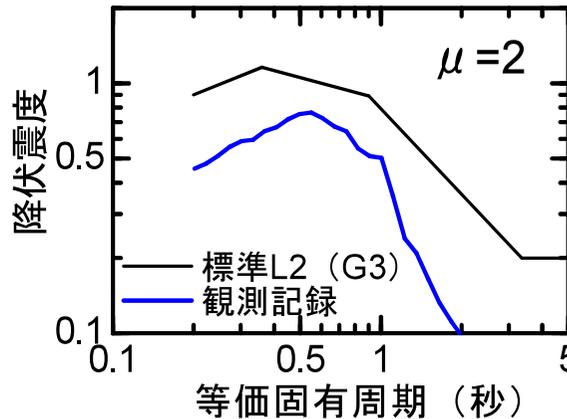
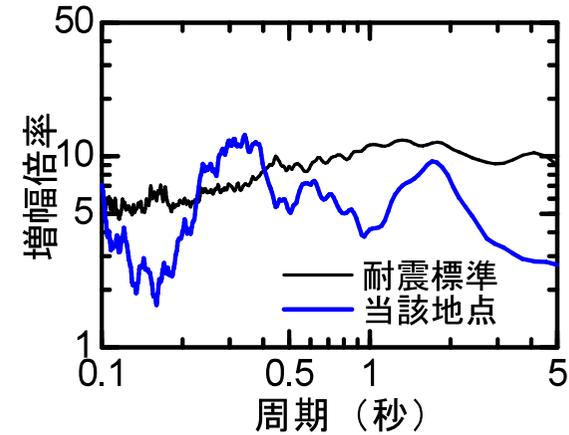
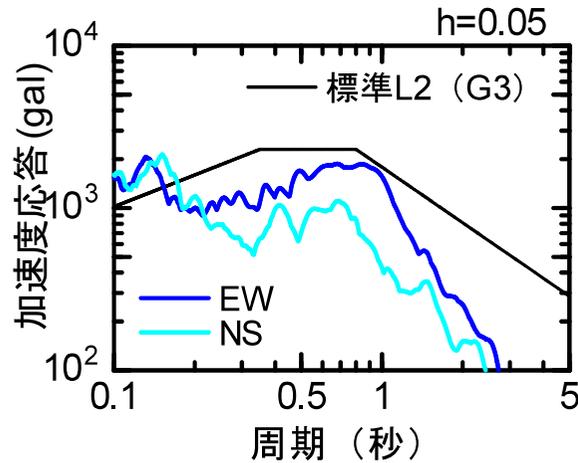
KiK-net山元 (MYGH10)



- ① 観測記録の弾性応答スペクトルでは、周期0.3秒より短周期側で標準L2地震動を上回る
- ② サイト増幅も、上記の範囲で大きくなっており、①の特性はサイト増幅の影響が大きいと推定
- ③ 観測記録の所要降伏震度スペクトル(塑性率 $\mu > 2$)は、標準L2地震動を大きく下回る(必要な強度は小さい→設計作用としては想定範囲内)



K-NET相馬 (FKS001)



- ① 観測記録の弾性応答スペクトルでは、周期0.5~1.0付近の応答が大きく、標準L2地震動と同程度である
- ② サイト増幅のピークと弾性応答スペクトルのピークにズレが見られる→非線形化の影響or表層地盤の影響
- ③ 観測記録の所要降伏震度スペクトル(塑性率 $\mu > 2$)は、標準L2地震動を下回るが、他の地点よりも大きい(必要な強度は小さい→設計作用としては想定範囲内)

まとめ

1. 観測記録の中には、鉄道の耐震設計標準で規定されているL2地震動の標準スペクトル(弾性応答スペクトル)を一部の周期で超えるものも存在する。
2. サイト増幅特性が、設計で考慮している標準的な値よりも大きいことが主な要因と考えられる。
3. 耐震設計においては、所要降伏震度スペクトルを用いて性能を照査しており、塑性率 $\mu=2$ 以上では、観測記録の所要降伏震度スペクトルは設計用所要降伏震度スペクトルに包含されており、標準L2地震動の想定範囲内であった。
→設計で求められている必要強度よりも小さく、作用としては設計標準の想定範囲内と言える

第1回 新幹線の地震対策に関する検証委員会

東北新幹線の施設被害状況等について

 令和4年5月31日
東日本旅客鉄道株式会社

本日のご説明内容

1 新幹線の地震対策の取組み

- (1)耐震補強対策
- (2)列車緊急停止対策
- (3)列車の線路からの逸脱防止対策

2 福島県沖の地震の観測値

- (1)沿線地震計の主な観測値
- (2)新幹線早期地震検知システムの作動状況

3 脱線・設備被害の概要

- (1)脱線の概要
- (2)設備被害（土木構造物・線路設備・駅設備・電車線設備）

4 運転再開までの取組み

- (1)スケジュール
- (2)復旧作業内容（車両・設備・電気）

5 過去の震災を受け構築してきた復旧支援体制

- (1)地震復旧に対する技術支援体制
- (2)大規模地震に備えた検測装置や予備品の配置

1 新幹線の地震対策の取組み

取組み方針

当社では、新幹線脱線対策に係る中間とりまとめ（国土交通省 鉄道局 2005年3月30日）に基づき、以下の方針で大規模地震対策に取り組んでいる。

- 当社においては、過去に発生した地震を教訓として、
 - ① 構造物が大きく壊れないようにする（**耐震補強対策**）
 - ② 走行中の列車を早く止める（**列車緊急停止対策**）
 - ③ 脱線後の被害を最小限にする
(**列車の線路からの逸脱防止対策**)

の3点を柱として地震対策を進めてきた。

- 今後もこれらの考え方をもとに、引き続き地震対策に鋭意取り組んでいく。

(1)耐震補強対策

耐震補強対策（土木構造物）

- 当社が保有する新幹線の高架橋柱 約77,000本のうち、耐震補強を必要と判断し、補強計画を策定している柱は約46,220本である。
- そのうち、2022年3月末時点において耐震補強が完了している高架橋柱は約36,620本であり、そのうち「せん断破壊先行型」は約18,920本の全てが、「曲げ破壊先行型」は約17,700本が、完了している。
- 残りの約9,600本については、地震の発生しやすさや柱の耐震性能を考慮して補強を進めている。

【高架橋柱の主な耐震補強工法】



鋼板巻き耐震補強工法



RB(リブバー)耐震補強工法

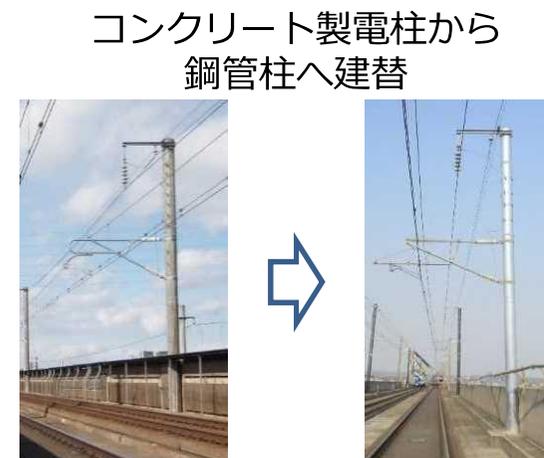
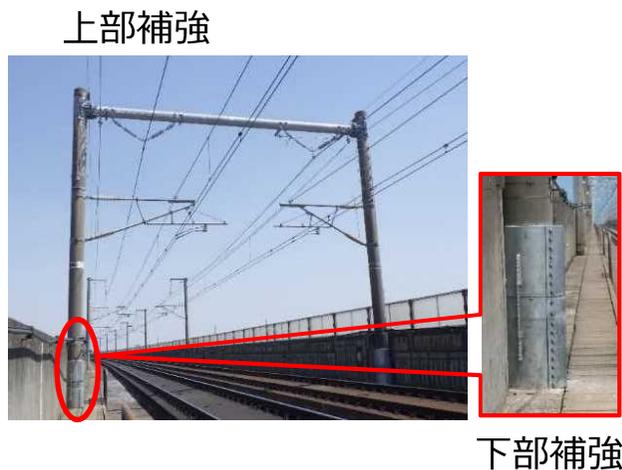


一面耐震補強工法

耐震補強対策（電柱）

- 大規模地震発生時に高架橋を損傷させないように電柱が損傷しても、列車の車両限界に支障しない構造としている。
- 新幹線高架橋上のコンクリート製電柱（単独柱）約20,000本を対象とし、昨年度末までに約2,250本の耐震補強を完了している。
- 「地盤や構造物の揺れやすさ」を加味した優先順位に基づいた約4,000本の施工予定についても対策のスピードアップを検討している。

【耐震補強工法】



(2) 列車緊急停止対策

JR東日本における新幹線早期地震検知

以下の(1)~(3)の組合せにより、地震時に新幹線を緊急停止する体制を構築

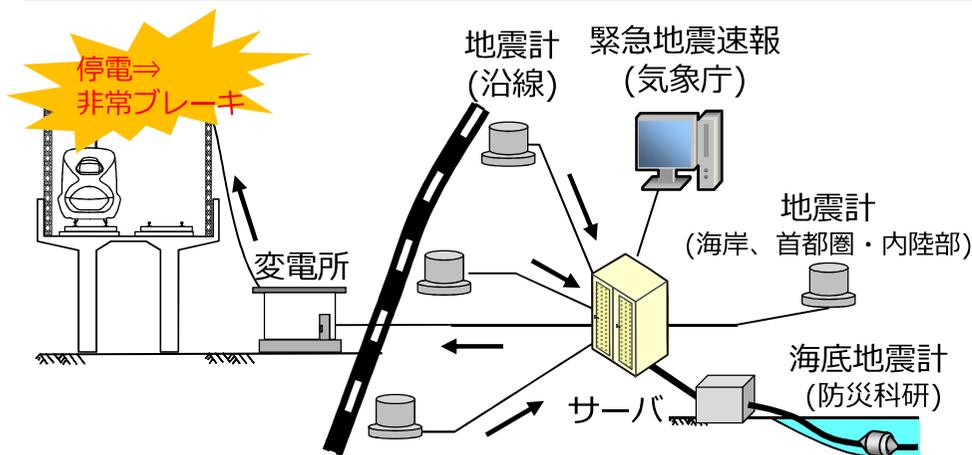
(1)沿線、海岸、首都圏・内陸部地震計で検知したP波情報および緊急地震速報から震央、マグニチュードを推定し警報範囲を判定、警報範囲内の区間を停電させ非常ブレーキを動作

+

(2)沿線・海岸・内陸地震計及び海底地震計で観測した地震動(gal値)が基準値を超過した場合、関係区間を停電させ非常ブレーキを動作

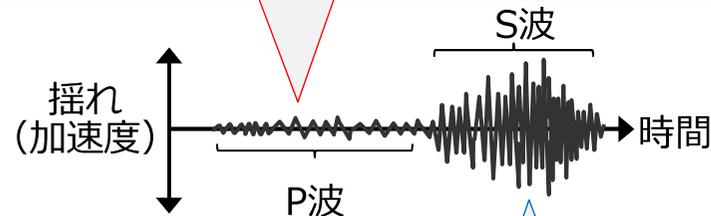
+

(3)沿線地震計で観測した地震動(SI値)が基準値を超過した場合、関係区間を停電させ非常ブレーキを動作



P波情報等から震央とマグニチュードを推定し影響範囲円を描画、影響範囲内を停電して列車を緊急停止

- 【対象】
- ・沿線地震計
 - ・海岸地震計
 - ・首都圏・内陸部地震計
 - ・緊急地震速報



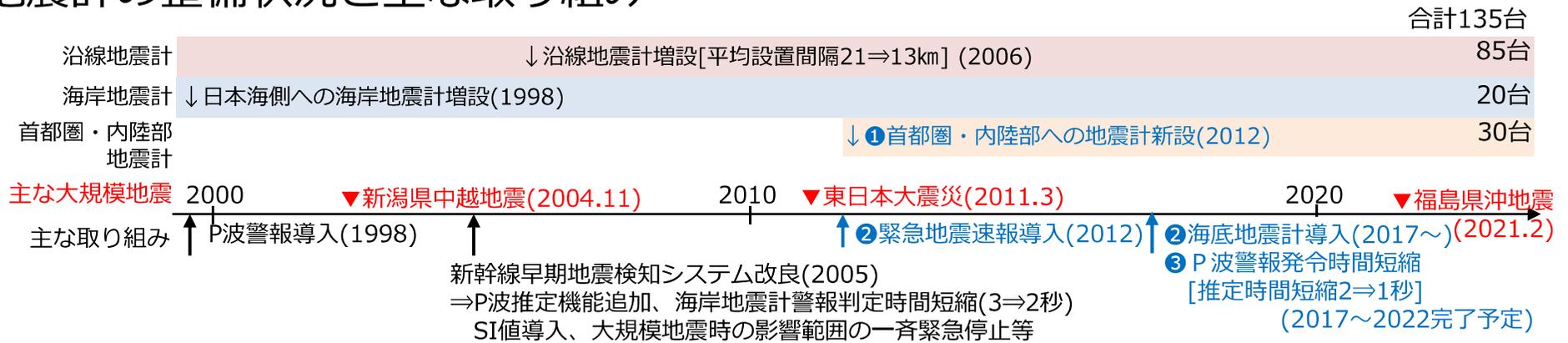
地震計で観測した地震動が基準値を超過した場合、当該地震計受持区間を停電させ列車を緊急停止

- 【対象】
- ・沿線地震計(gal値・SI値)
 - ・海岸地震計(gal値)
 - ・首都圏・内陸部地震計(gal値)
 - ・海底地震計(gal値)



これまでの早期検知体制強化の取り組み

地震計の整備状況と主な取り組み



東日本大震災以降の取り組み

①首都圏・内陸部地震計増設

首都圏・内陸部に地震計を計30台増設、地震検知体制を強化

地震計総数

- ：沿線地震計 85台
- ◇：海岸地震計 20台
- △：首都圏・内陸部地震計 30台

合計135台

◆▲：増設した地震計
(北陸新幹線延伸に伴う増設海岸地震計含む)

②緊急地震速報(気象庁)および海底地震計情報(防災科研)導入

S-NET海底地震計観測点計125箇所

※従来の地震検知体制と比較し条件により最大約20秒程度の検知時間短縮(海底地震計の例)

③P波警報発令時間短縮

緊急停止警報 初期微動から地震情報を推定する方法を改良、警報発令までの時間を最短2秒から1秒へ短縮(2022年度未完了予定)

揺れ

時間

初期微動(P波) 主要動(S波)

※海岸、首都圏・内陸部地震計50台の更新時に実施(沿線地震計は平成10年度より1秒で警報発令)

(3) 列車の線路からの逸脱防止対策

逸脱防止対策の整備状況

今回、脱線した車両ならびに脱線箇所の上設備は整備を完了していた。

1 L型車両ガイド

2006年度～2008年度
全車両設置完了



2 改良型接着絶縁レール

2006年度～2011年度
全箇所交換完了



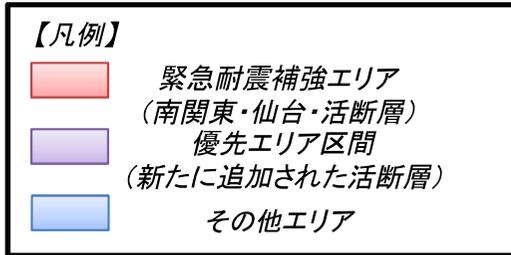
3 レール転倒防止装置

2009年度～2029年度目途に完了予定

- ・緊急耐震補強エリア（南関東・仙台・活断層）
- ・優先施工エリア（新たに追加された活断層）
- ・上記以外の本線



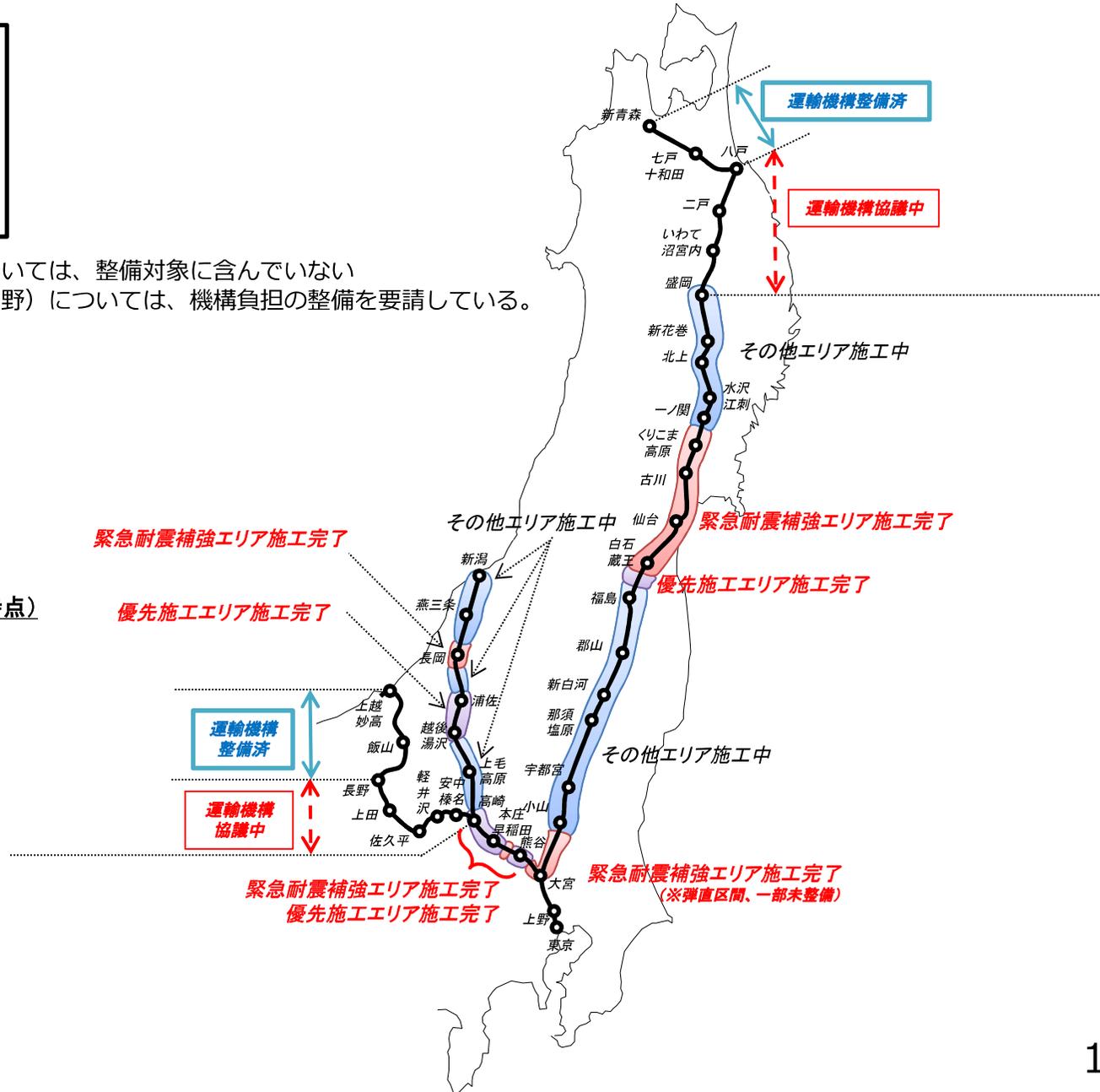
レール転倒防止装置整備状況



※低速区間（東京～大宮）及び分岐器については、整備対象に含んでいない
 ※整備新幹線区間（盛岡～八戸・高崎～長野）については、機構負担の整備を要請している。

■ 転倒防止装置敷設実績(2022年3月末時点)

全体数量	実績
2243km	1021km



2 福島県沖の地震の観測値

(1) 沿線地震計の主な観測値

		今回の地震 (2022/3/16 23:36)	昨年地震 (2021/2/13)	東日本大震災 (2011/3/11)
地震の規模		M7.4	M7.3	M9.1
新藤田SSP 270k817m ※1	SI値	91.3	86.1	107.7
	gal値	811.0	866.9	898.7
新白石SP 283k883m ※2	SI値	89.4	48.2	67.6
	gal値	582.7	351.7	514.0

- ※1 福島県内で中程度の損傷を受けた高架橋近傍の地震計
(今回の沿線最大値観測箇所)
- ※2 宮城県内で中程度の損傷を受けた高架橋近傍の地震計 (223B脱線現場)

(2) 新幹線早期地震検知システムの作動状況

東北新幹線の停電区間及び停電状況

地震①
 発生 2022/3/16 23:34
 震源 福島県沖、深さ57km
 規模 マグニチュード6.1

地震②
 発生 2022/3/16 23:36
 震源 福島県沖、深さ57km
 規模 マグニチュード7.4

- 駅
- 沿線地震計
- ◇ 海岸地震計
- △ 首都圏・内陸部地震計

運転規制等の状態

- 運転中止区間
(大規模地震時の警備等区間)
- 運転中止区間
- 速度規制区間
- 規制なし

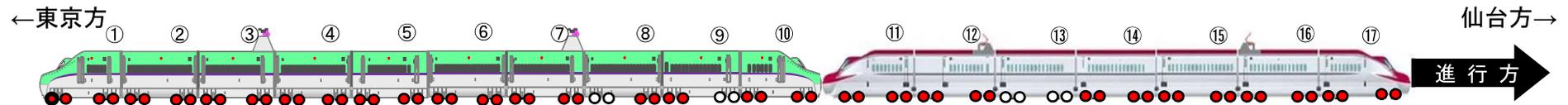


- 新幹線早期地震検知システム動作により、東北新幹線全線で停電発生、当時在線中の3列車全てで非常ブレーキが動作
- 運転中止規制区間は新白河～盛岡間、同区間走行中のやまびこ223号は地震①による停電・非常ブレーキで緊急停止
- 運転中止区間にP波警報発令した地震計は、全て警報発令時間短縮改良済

3 脱線・設備被害の概要

(1) 脱線の概要

1. 発生日時：2022年3月16日（水）23時34分 M6.1地震発生
23時36分 M7.4地震発生
※確認したところ東北新幹線223Bの脱線が判明
2. 発生場所：東北新幹線 福島・白石蔵王駅間
(東京起点284k100m付近)
3. 関係列車：第223B列車（東京発・仙台行）
4. 編成：H5系10両（函館新幹線総合車両所所属）
+ E6系7両（秋田新幹線車両センター所属）17両編成



《13号車を除いた全ての車両（16両）が脱線》

5. 概況：

同列車の運転士は、同駅間を走行中、福島県沖を震源とする最大震度6強（マグニチュード7.4）の地震により停車した。確認したところ17両編成のうち16両の車両が最大約1000mm脱線していた。なお、同列車にはお客さま75名及び乗務員5名が乗車していた。発生当時はお客さまからのお怪我の申告は無かったが、その後現時点までに6名のお客さまから打撲等の申告があった。



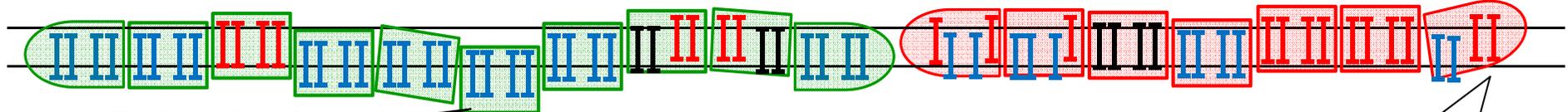
脱線車両の状況

東京

赤：仙台に向かって左に脱線した軸、青：仙台に向かって右に脱線した軸、黒：脱線しなかった軸

仙台

1号車 2号車 3号車 4号車 5号車 6号車 7号車 8号車 9号車 10号車 11号車 12号車 13号車 14号車 15号車 16号車 17号車



最大脱線幅6号車約

1000mm



6号車

5号車

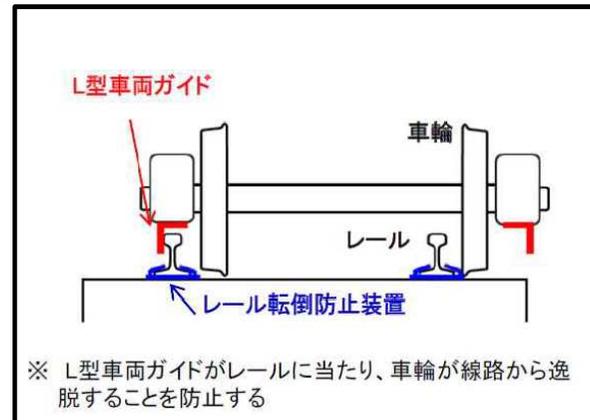


15号車台車

先頭17号車約600mm



【参考：逸脱防止対策の機構】

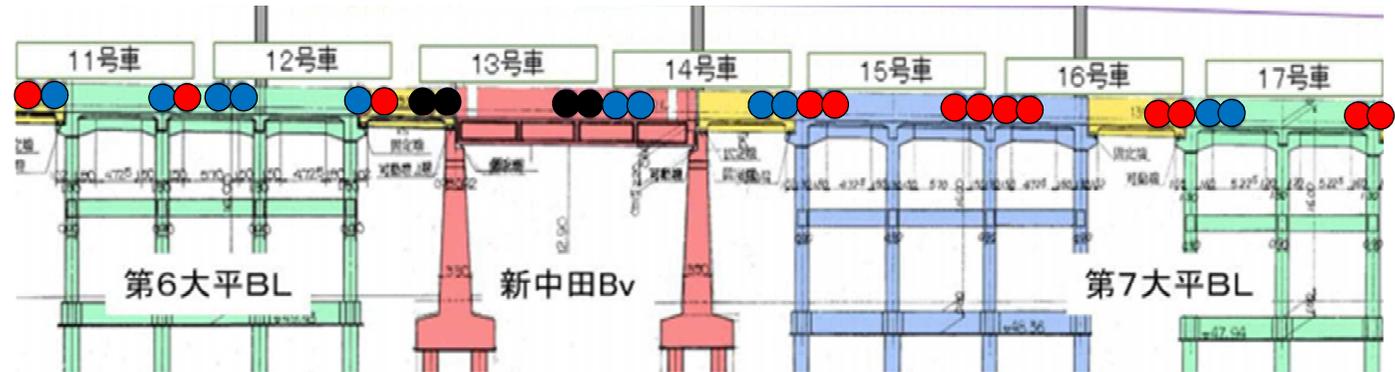


※脱線した60軸のうち50軸はL型車両ガイド等がレールにかかる状態であった。

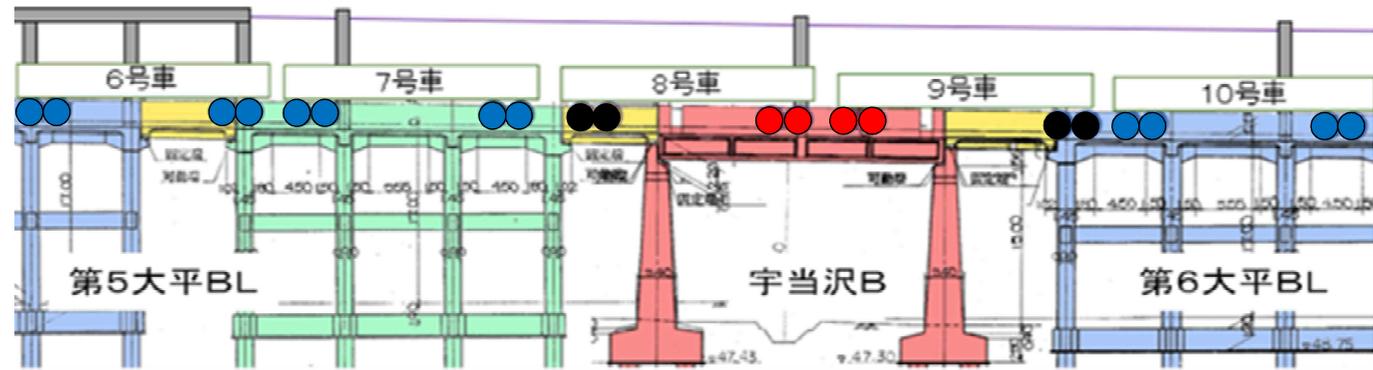
脱線車両の停車位置と土木構造物

赤: 仙台に向かって左に脱線した軸 青: 仙台に向かって右に脱線した軸 黒: 脱線しなかった軸

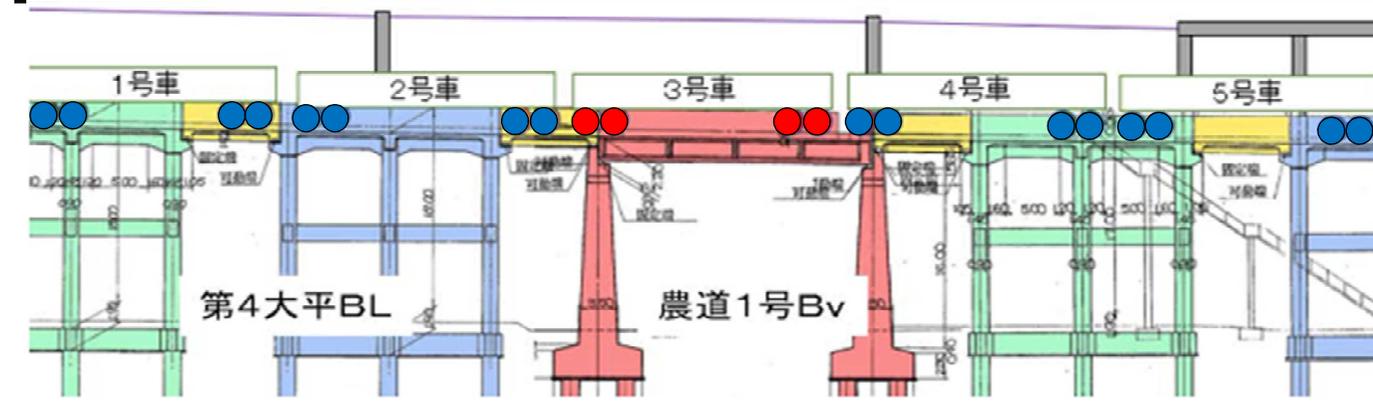
E6系7両



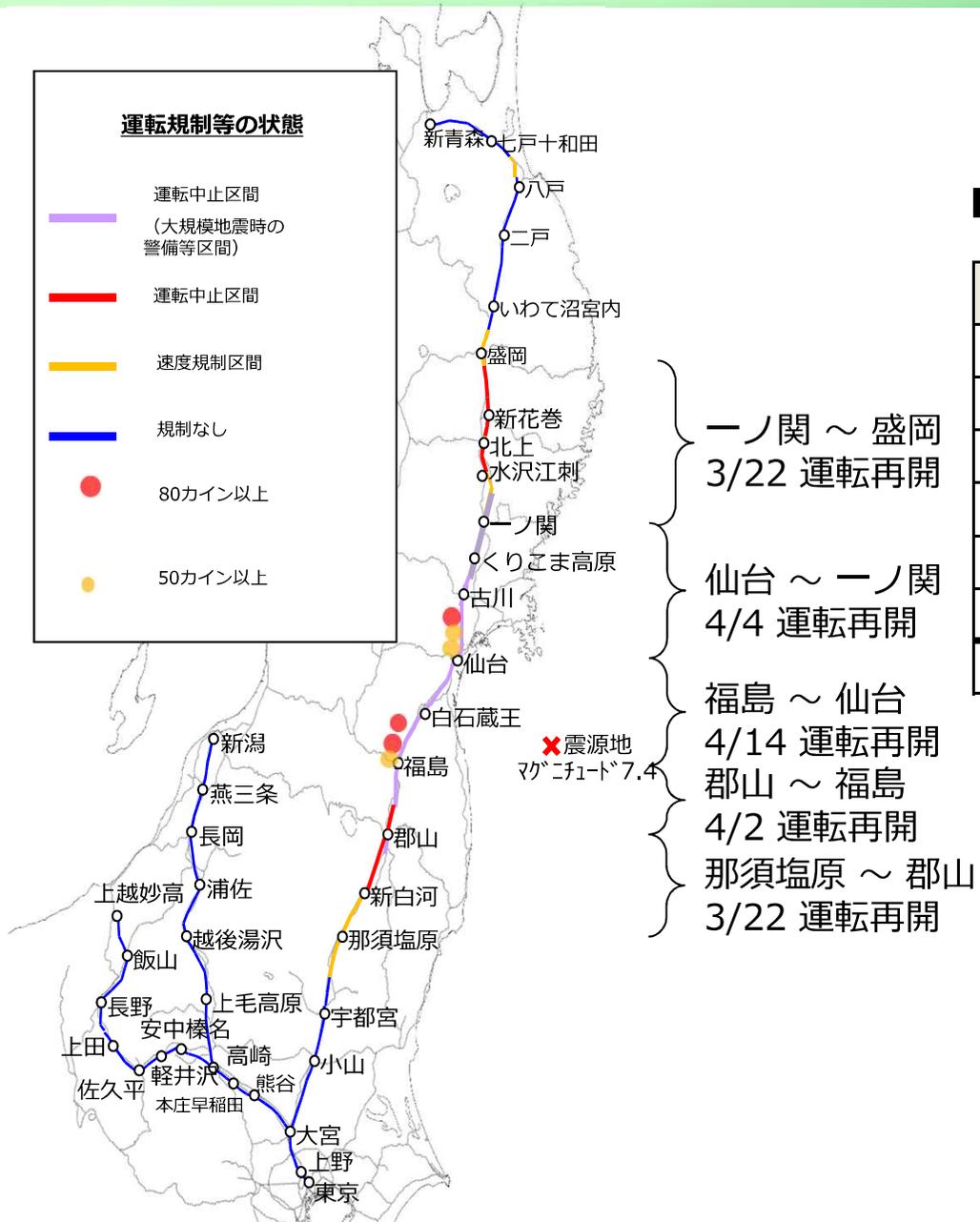
H5系5両
10~6号車



H5系5両
5~1号車



(2) 設備被害



■ 東北新幹線における主な被害状況

主な被害	箇所数
電柱被害	約90本
架線断線	2箇所
架線金具等の損傷	約550箇所
土木設備被害	約60箇所
軌道変位・損傷	約300箇所
駅設備被害	約10箇所
合計	約1,000箇所

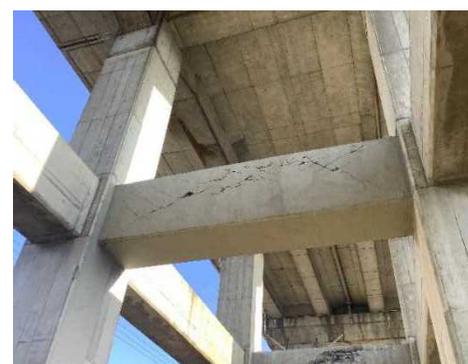
設備被害（土木構造物）

■ 被害箇所 59箇所

	郡山以南	郡山～ 福島	福島～ 仙台	仙台～ 一ノ関	一ノ関 以北	計
高架橋柱・橋脚	—	—	17箇所	—	—	17箇所
中層梁	—	—	23箇所	1箇所	—	24箇所
ストッパー	—	1箇所	7箇所	6箇所	—	14箇所
スラブ突起部	—	—	2箇所	—	—	2箇所
停車場	1箇所	1箇所	—	—	—	2箇所



高架橋柱(ラーメン橋台)



中層梁



ストッパー 22

設備被害（土木構造物）

■ 新幹線高架橋柱の耐震補強状況及び本地震での損傷状況

これまでの大規模地震
による損傷事例

損傷度
大

- 桁・スラブの落下
- 柱の破断等による構造物の崩壊



※ 阪神・淡路大震災

損傷度
中

- 桁・スラブの沈下
- 鉄筋はらみ出し



損傷度
小

- 桁・スラブの沈下なし
- 表面コンクリートの剥落・ひび割れ



本地震での損傷状況



上層柱はせん断破壊
先行型のため、補強済み



高架橋柱の性能と
耐震補強状況



【せん断破壊先行型】

- ・約18,920本 補強完了

【曲げ破壊先行型】

- ・約16,700本 補強完了
- ・約1,400本 今後補強予定

【曲げ破壊先行型】

- ・約1,000本 補強完了
- ・約8,200本 今後補強予定

※ 2022年3月末実績

設備被害（線路設備）

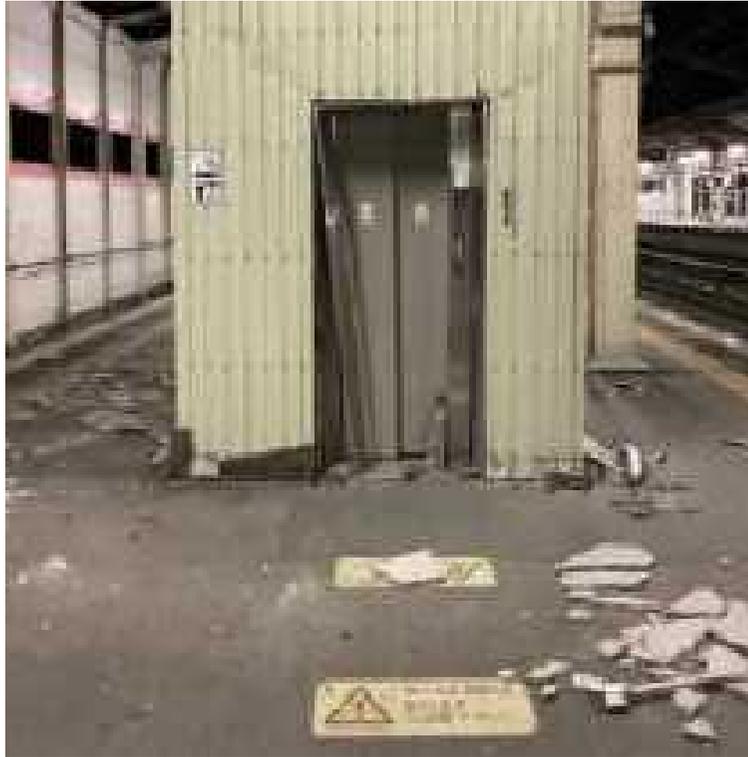


福島県内の高架橋
被害箇所での軌道変位

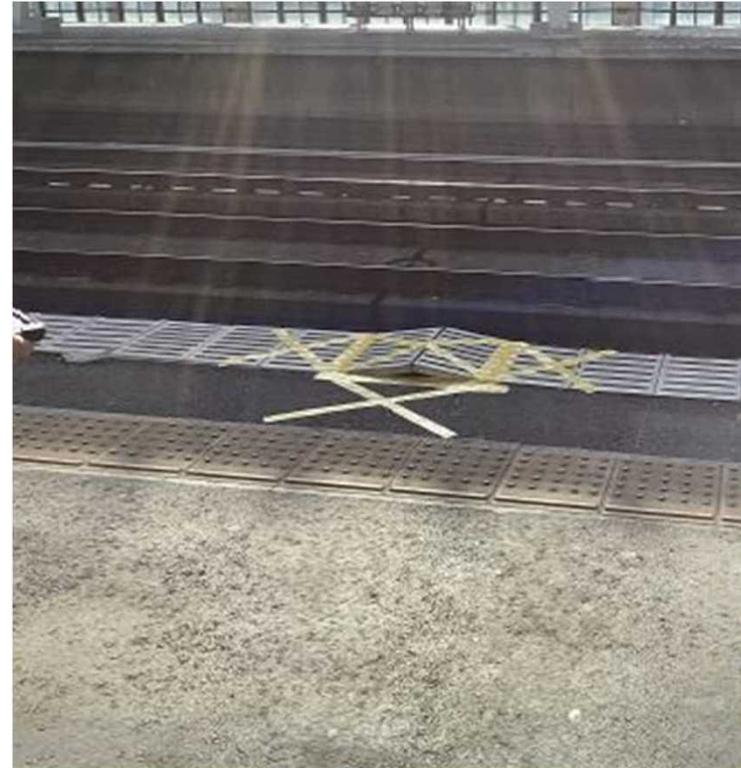


スラブ突起部の損傷

設備被害 (駅設備)



駅設備破損
(福島駅)

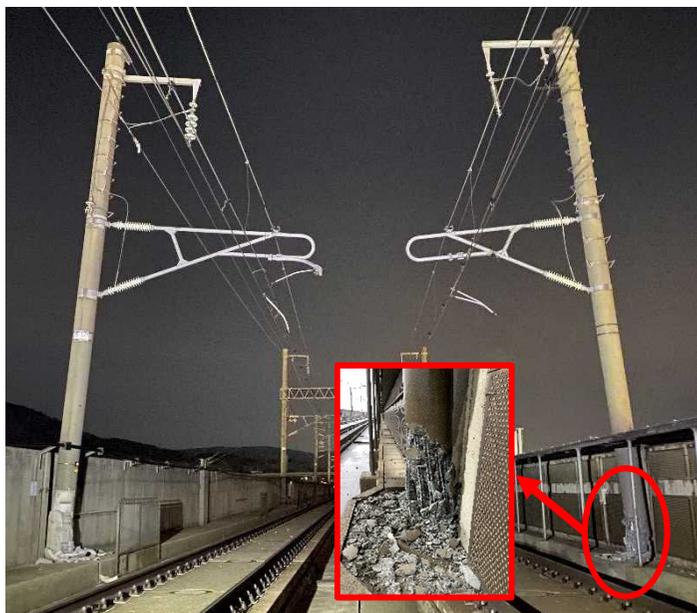


停車場設備被害
(郡山駅)

設備被害（電柱）

■被害箇所 96本

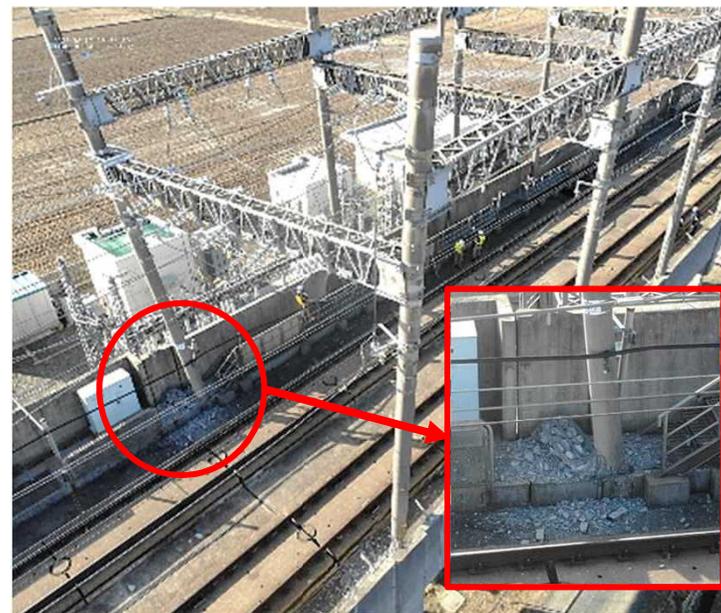
	郡山以南	郡山～福島	福島～仙台	仙台～一ノ関	一ノ関以北	計
損傷	—	4本	32本	15本	—	51本
傾斜	4本	6本	15本	20本	—	45本



①電柱損傷



②電柱傾斜



③ストラクチャ損傷

電車線設備の主な被害



トロリ線断線



トロリ線クセ



トロリ線クセ
⇒ 添線にて仮復旧



曲線引装置損傷



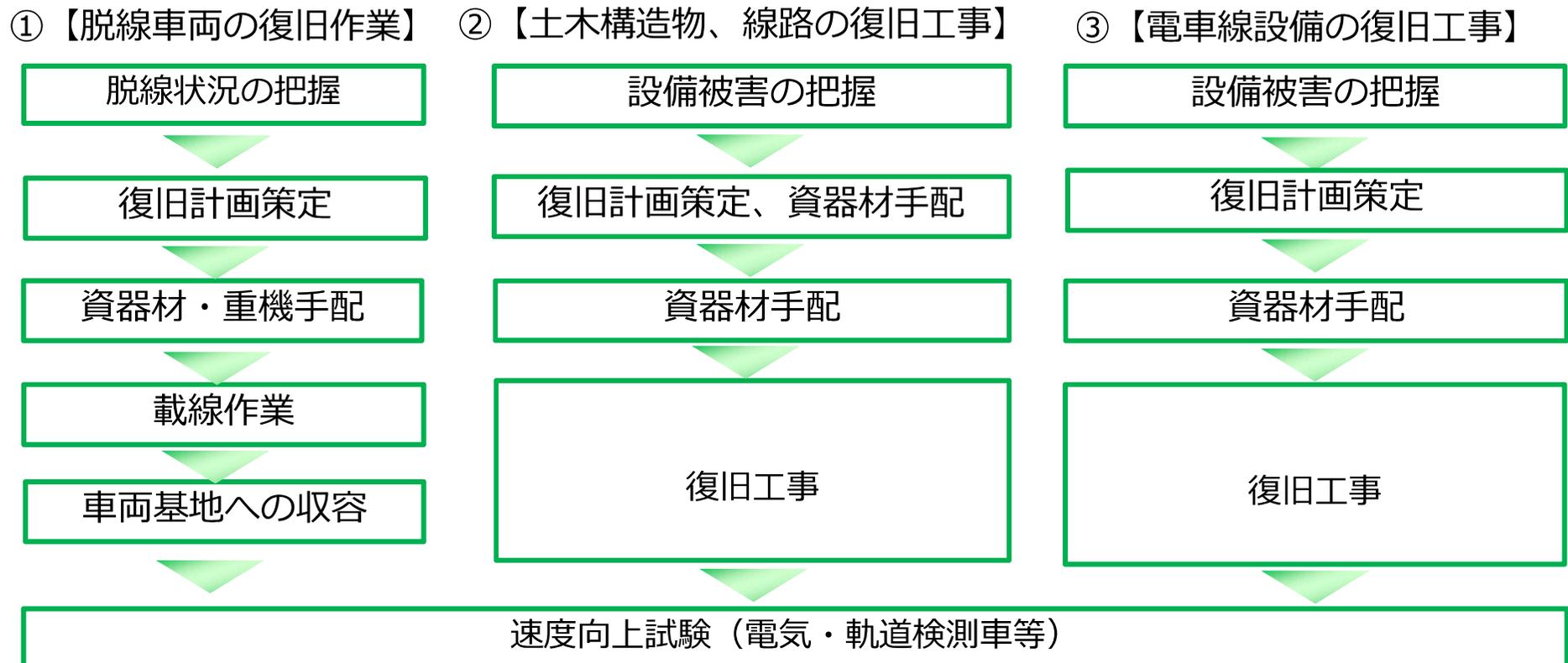
自動張力調整装置損傷

4 運転再開までの取組み

今回の地震発生後の対応の考え方

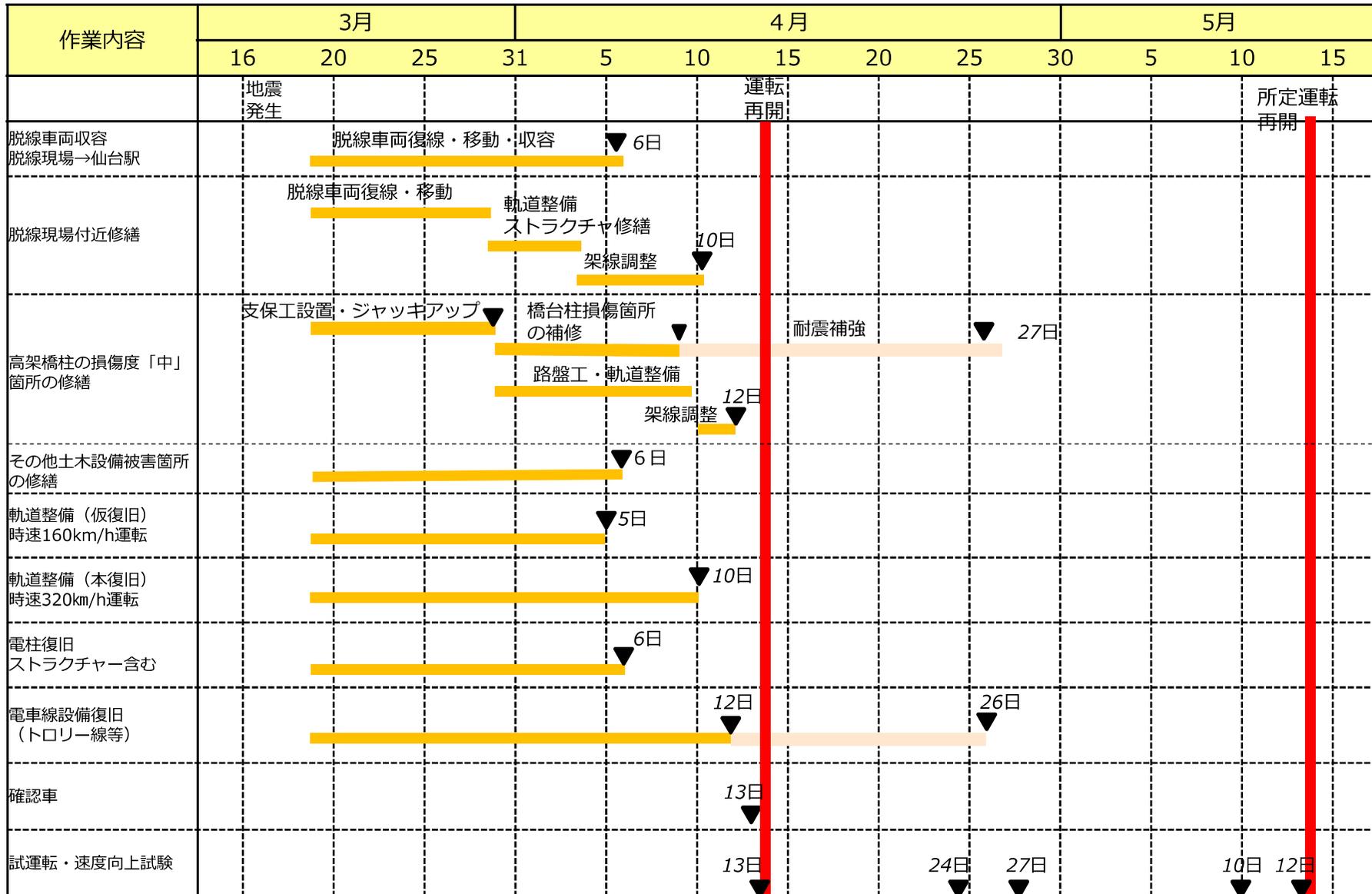
「防災業務計画」や、全社員配布の「地震発生時の対応マニュアル」に基づき、**お客さまの安全を最優先に**、本社・支社等に対策本部を立ち上げ、対応した。

対応フロー



(1) スケジュール 東北新幹線（福島駅～仙台駅間）の復旧工程（結果）

■ : 運転再開に必要な施工実績 ■ : 所定運転再開に必要な施工実績



(2) 復旧作業内容 (車両関係)

■ジャッキアップによる載線



ジャッキアップ作業



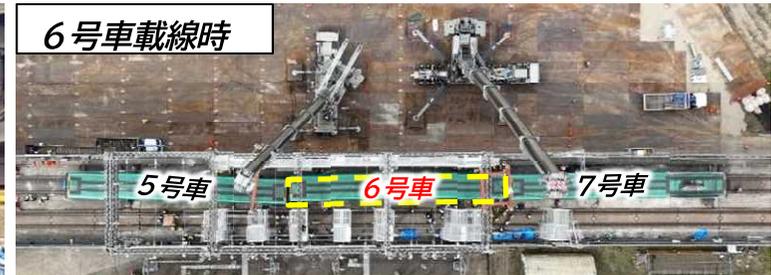
余震対策



台車ねじれの修正

■クレーンによる載線

6号車載線時



クレーン設置状況

※中越地震、九州新幹線での脱線復旧作業を教訓に、余震対策で山留めを設置

■車両の回送



載線箇所からの小移動



保守用車による牽引
脱線現場 → 仙台駅



営業車両による牽引
仙台駅 → 車両センター

(2) 復旧作業内容 (設備関係)

■軌道の復旧

福島～白石蔵王



高架橋下層柱の損傷による軌道変位



レール・スラブ撤去



鉄筋組立・型枠設置



コンクリート打設



樹脂てん充
レール・スラ
ブ復旧

■土木設備の復旧

福島～白石蔵王



高架橋下層柱の損傷状況



桁および橋台のジャッキアップ



柱の修復

(2) 復旧作業内容 (電気関係)

■ 電柱の復旧

福島～白石蔵王



座屈した電柱



保守用車・クレーン車による建替作業



復旧した電柱



座屈したストラクチャ電柱



土木によるストラクチャのジャッキアップ



復旧したストラクチャ電柱

■ 架線断線の復旧

福島～白石蔵王



断線し垂れ下がった架線



保守用車による接続作業



復旧した断線箇所

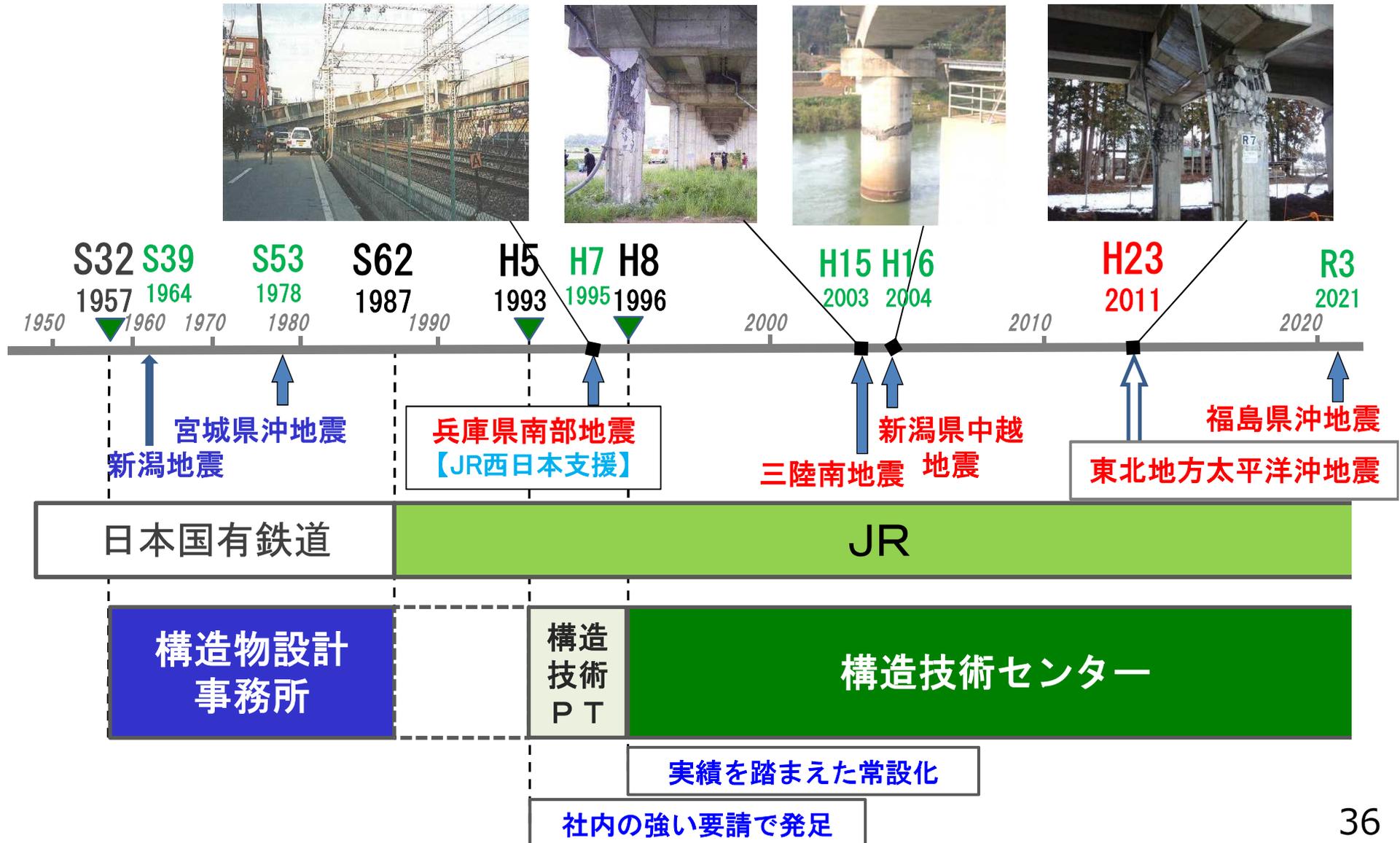
J Rグループ等からの支援

支援元	支援内容
鉄道・運輸機構	鋼管柱
J R北海道	長幹がいし 架線延線車、多機能保全車
J R東海	曲線引装置、中間連結器
J R西日本	中間連結器
J R九州	自動張力調整装置

5 過去の震災を受け構築してきた復旧支援体制

(1) 地震復旧に対する技術支援体制

◇鉄道構造物に関する技術支援組織の変遷
「構造物設計事務所」から「構造技術センター」へ



構造技術センターに集積された災害復旧技術を活用した早期復旧

✓ 検証した技術的知見を用いた復旧方法

【5 δ y時】 【10 δ y時】

水平荷重 (1/Py) vs. 水平変位 (1/δ y)

【損傷部材を補修した試験体の実験】

・ひび割れ注入と断面修復を基本とした性能回復

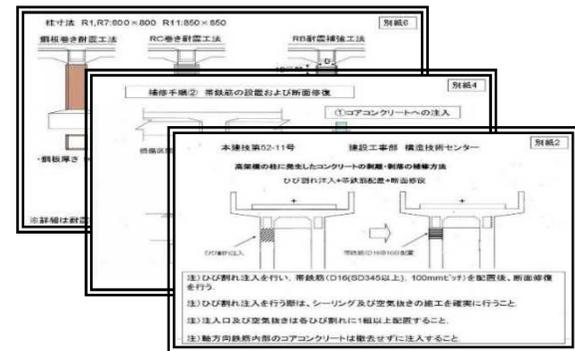
✓ 性能と輸送の早期回復を目的とした復旧指示

【損傷状況】 【応急復旧】 運転再開 【恒久対策】

・調達しやすい材料および一般的な機械を活用した施工方法

✓ 依頼から24時間以内を目標とした指導文書の発行により迅速に補修方針を指示

- ・今回の地震に対する指導文書発行件数 **40件以上**
- ・蓄積された過去の指導文書を活用した迅速な復旧指示
(兵庫県南部地震、三陸南地震、新潟県中越地震、東北地方太平洋沖地震など)



(2)大規模地震に備えた検測装置や予備品の配置

軌道検測装置 (i-STAR)

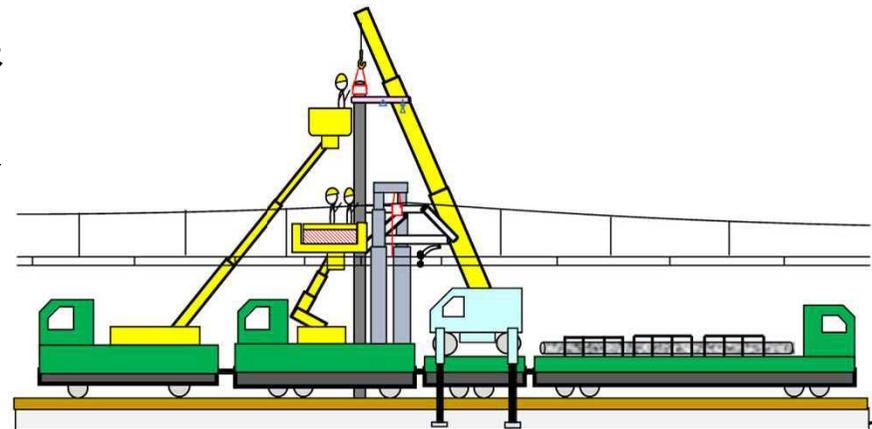
過去に発生した2度の震災の経験を踏まえ、2012年度末に製作した軌道検測装置を1台配備した。

トラックなどでの陸送が可能で、モーターカーなどによる牽引により人力に比べて長距離を短時間で、かつ新幹線の高速走行に必要な微細な軌道変位データも検測することができる。



電柱建替用車両の導入

コンクリート柱を鋼管柱に建替えるための電柱建替用車両を導入する。1編成目は、2022年3月に納入済みであり、今後、さらに3編成を導入予定である。



災害予備品（復旧材料）

レール締結装置（タイププレート）

地震などにより大きな軌道変位が発生した場合に備えて、通常の調整範囲を超えた整備が可能な、特殊なタイププレートを災害予備品として備蓄している。



大規模地震に備えた予備品（電車線設備）

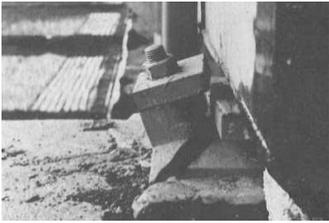
曲線引装置（特殊品）
自動張力調整装置
鋼管柱



■これまでの新幹線の地震対策について

【新幹線の地震対策の変遷】

資料4

		～1970年代	1970年代～1980年代	1990年代	2000年代	2010年代～			
主な地震被害	1891年 濃尾地震	1923年 関東地震	1978年 宮城県沖地震  桁支承部の破損	1995年 兵庫県南部地震  高架橋の倒壊	2004年 新潟県中越地震  上越新幹線の脱線	2011年 東北地方太平洋沖地震  電化柱の折損			
	1964年 新潟地震						 コンクリートはく離、鉄筋の座屈	 橋りょうの落橋	 高架橋柱の損傷
1968年 十勝沖地震									
主な耐震基準	土木構造物	1961年 新幹線構造物設計基準 制定	1972年 全国新幹線網設計標準 制定	1991年 鉄道構造物等設計標準 (コンクリート構造物) 制定	1998年 鉄道構造物等設計標準 (耐震設計) 制定	2012年 鉄道構造物等設計標準 (耐震設計) 改訂			
	電化柱	1930年 震度法を導入	1979年 修正震度法を導入 1983年 せん断破壊先行型の対策を導入	1991年 限界状態設計法を導入	1998年 2段階設計法 (設計地震動L1とL2に 対する設計) の導入	2012年 ・地震動の見直し、危機耐性の概念の導入 ・構造部に付随する施設の応答値の算定を 明記			
		1982年 電車線路設備耐震設計指針 (案) 発行		1997年 電車線路設備耐震設計指針 (案) 改訂 ※2007年応答スペクトル改訂		2013年 電車線路設備耐震設計指針・同解説 発行			
開業	東海道新幹線	▽1964年 (東京～新大阪)							
	山陽新幹線	▽1972年 (新大阪～岡山)	▽1975年 (岡山～博多)		九州 新幹線	▽2004年 (新八代～鹿児島中央)			
	上越新幹線	▽1982年 (大宮～新潟)				▽2011年 (博多～新八代)			
	東北新幹線	▽1982年 (大宮～盛岡) ▽1985年 (上野～大宮) ▽1991年 (東京～上野)			▽2002年 (盛岡～八戸)	北海道 新幹線	▽2016年 (新青森～新函館北斗)		
	北陸新幹線	▽1997年 (高崎～長野)			▽2015年 (長野～金沢)				

■これまでの新幹線の地震対策について

【大規模地震による新幹線の被害】

阪神・淡路大震災における鉄道の主な被害

- 阪神間の鉄道網を形成する23路線が被災し、18路線約330kmの区間が運行不能となり、被害額は約3,500億円（推計値）。
- 山陽新幹線では、高架橋柱の損傷等の被害を受け、運転再開までに81日間を要した。



山陽新幹線の高架橋の倒壊状況



J R神戸線の高架橋区間の被災状況

出典：阪神・淡路大震災 鉄道の被災と復旧の記録

■これまでの新幹線の地震対策について

【大規模地震による新幹線の被害】

新潟県中越地震、東日本大震災による鉄道的主要被害

【新潟県中越地震】

- 上越新幹線では、列車脱線のほか、トンネル部のコンクリート剥落、亀裂、高架橋の橋脚の表面コンクリート剥落などの被害が発生し、運転再開までに66日間を要した。

【東日本大震災】

- 東北新幹線では、電化柱の折損、高架橋柱等の損傷等の被害を受け、運転再開までに49日間を要した。



上越新幹線の脱線状況

(10両中8両が脱線したが早期地震検知警戒システムによる非常ブレーキが作動し、死傷者は発生しなかった。)



東北新幹線の高架橋柱の損傷状況

■これまでの新幹線の地震対策について

【大規模地震による新幹線の被害】

	兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	新潟県中越地震	東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災)	熊本地震	令和3年福島県沖地震	令和4年福島県沖地震
発生日時	H7.1.17(火) 5:46	H16.10.23(土) 17:56	H23.3.11(金) 14:46	H28.4.14(木) 21:26	R3.2.13(土) 23:07	R4.3.16(水) 23:36
地震の規模 (マグニチュード)	M7.3 (気象庁マグニチュード)	M6.8 (気象庁マグニチュード)	M9.0 (モーメントマグニチュード)	M6.5 (気象庁マグニチュード)	M7.3 (気象庁マグニチュード)	M7.4 (気象庁マグニチュード)

	山陽新幹線	上越新幹線	東北新幹線 ※1	九州新幹線	東北新幹線	東北新幹線
被害を受けた区間	新大阪～姫路 83km	浦佐～燕三条 65km	大宮～いわて沼宮内 536km	新玉名～新水俣 54km	新白河～一ノ関 227km	郡山～くりこま高原 172km
列車脱線	なし (始発前に地震)	1列車	1列車 (回送列車)	1列車 (回送列車)	なし	1列車
死傷者数	なし	なし	なし	なし	なし	負傷者6名
倒れた高架橋 落ちた橋梁(箇所)	8	なし	なし	なし	なし	なし
覆工が壊れた トンネル(箇所)	1	5	なし	なし	なし	なし
電化柱の折損等 (本)	43	136	約540(約270)	なし	約60	約90
高架橋の柱等の 損傷等(箇所)	708	8	約100(約20)	33	約10	約20
変電設備の故障 (箇所)	3	1	約10(約10)	なし	なし	1
橋梁の桁ずれ (箇所)	72	1	2(7)	4	1	2
被害箇所総数 (箇所)			約1,200		約940	約1,000
地震発生日から全線 運転再開までの日数	81日	66日	49日	13日	11日	29日

※1: () の数値: H23.4.7の余震(M7.1)による被害数量 **4-4**

■これまでの新幹線の地震対策について

【新幹線の地震対策の変遷（阪神・淡路大震災以降）】

国土交通省における取組み ～新幹線脱線対策協議会の設置～

- 平成16年新潟県中越地震において、営業中の新幹線が初めて脱線したことを踏まえ、国、新幹線を有するJR各社、関係機関等で構成される「新幹線脱線対策協議会」を設置。
- この協議会において、構造物の耐震補強や関連する技術開発等について情報共有を図り、JR各社において各種対策を順次進めている。

主な対策

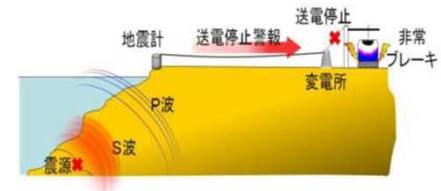
①構造物の耐震対策

- ・ 阪神・淡路大震災を受け実施した耐震補強については、概ね完了。
- ・ 東日本大震災後、各社において推進中の地震対策に加え、更なる対策を実施。



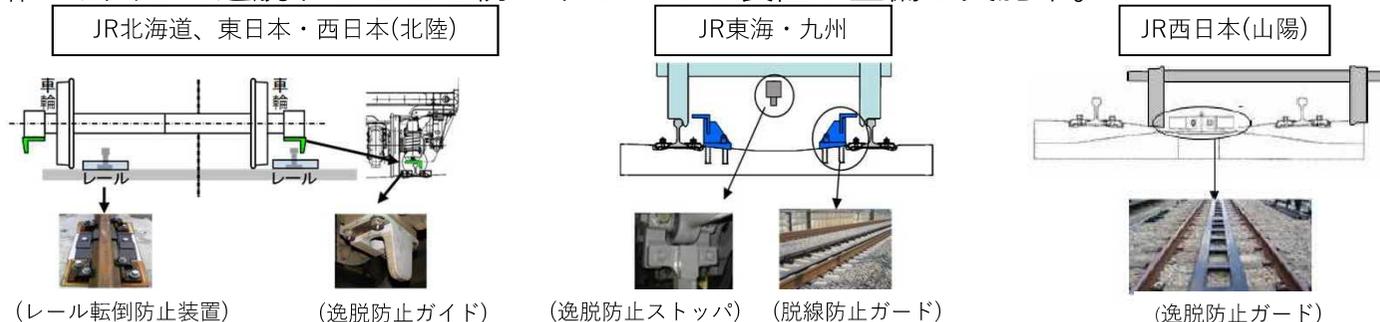
②早期地震検知システムの充実

- ・ 各社において、地震計の増設、地震検知システムの機能強化、列車ブレーキ力の向上を図るなど、早期に列車を停止させる取組みを実施。
- ・ 文部科学省が整備を進めている東日本太平洋沖等の海底地震計を活用することにより、新幹線早期検知システムの機能向上



③脱線・逸脱防止対策の促進

- ・ 地震時において、列車の脱線を極力防止するための脱線防止ガードの設置や、仮に脱線した場合においても、線路から大きく逸脱することを防止するための装置の整備を実施中。

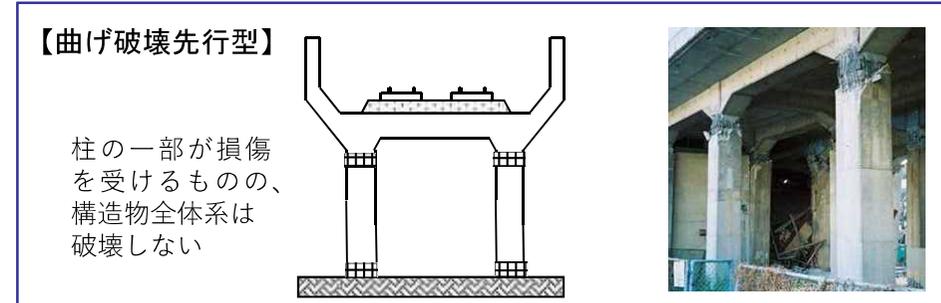
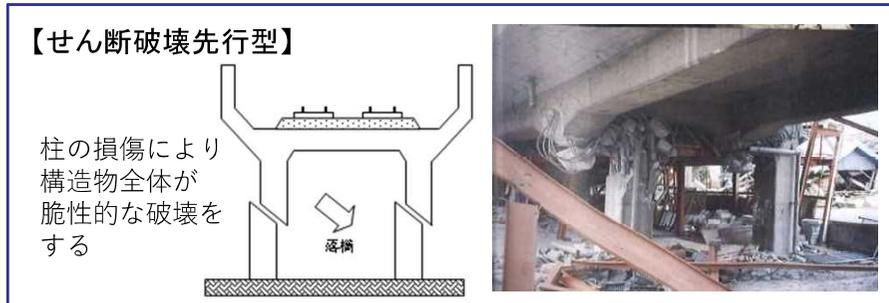


■これまでの新幹線の地震対策について

【地震対策の状況（JR東日本、JR東海、JR西日本（整備新幹線を除く））】

①-1 新幹線高架橋の耐震補強状況

- 大規模な地震時に構造物全体が崩壊しないことを目標にせん断破壊先行型の対策から実施
- 曲げ破壊先行型のうち、大規模な地震が発生する可能性が高い箇所等から復旧性を踏まえ、各社で必要な曲げ破壊先行型の対策を実施



	JR東日本 (東北新幹線、上越新幹線)	JR東海 (東海道新幹線)	JR西日本 (山陽新幹線)
高架橋柱の総本数	77,000本	34,000本	41,600本
せん断破壊先行型	18,920本	17,600本	32,600本
耐震補強実績	18,920本 ・2007年度までに完了 (診断誤り分についても2020年度完了)	17,590本 ・残り10本は、協議案件と関係する柱で、現在施工中	32,600本 ・2010年度までに完了 (診断誤り分についても2021年度完了)
曲げ破壊先行型 (鉄道事業者において整備計画が策定されているもの)	27,300本 ・南関東・仙台・活断層近接エリア（一部その他エリア）にある柱 ・2028年度までの完了を目標※	2,000本 ・東海地震の際に強く長い揺れが想定される激震地区（三島～豊橋間） ※その他、大規模改修にて中性化対策として鋼板巻きを実施中	2,500本 ・東海・東南海・南海想定エリアにある柱 ・2027年度までに完了予定
耐震補強実績	17,700本	2,000本 ・2008年度までに完了	1,880本

※2019年6月公表時点の目標であり前後する可能性あり

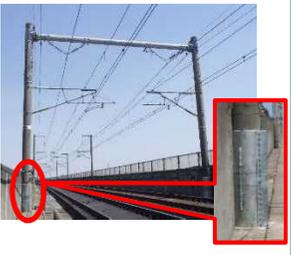
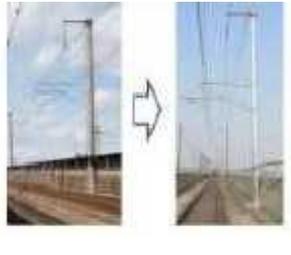
■これまでの新幹線の地震対策について

【地震対策の状況（JR東日本、JR東海、JR西日本）】

①-2 新幹線電化柱の耐震補強状況

- コンクリート製の電化柱のうち基礎部がモルタル等で埋め込まれている場合は、既設の電化柱に補強をする工法を採用
- 電化柱が比較的取り外しやすい基礎部である場合は鋼製の電化柱に取替

■各社耐震補強の方法

JR東日本		JR東海		JR西日本	
					
下部補強、上部補強	鋼管柱への建替え	コンクリート柱の 転倒防止補強	鋼管柱への建替え	電柱内部への 鋼管の挿入	鋼管柱への建替え

高架橋かつ単独コンクリート柱のある路線

2022.3.31現在

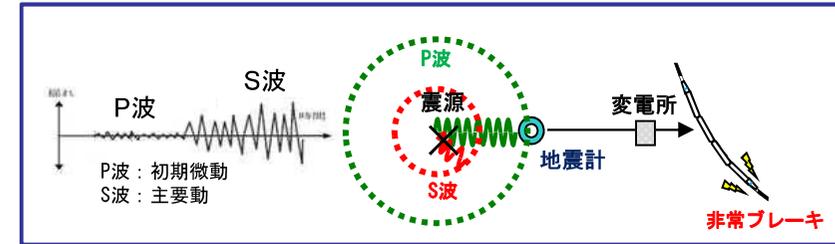
	JR東日本 (東北新幹線、上越新幹線)	JR東海 (東海道新幹線)	JR西日本 (山陽新幹線)
電化柱の総本数	約30,000本	26,200本	約14,500本
高架橋かつ単独コンクリート柱の本数	約20,000本	54本	約5,500本
耐震補強実績	約2,250本 ・地震の発生しやすいエリアから優先的に実施 ・2021～2027年度末までに、地震の発生しやすさ、地盤や構造物の揺れやすさによる優先度の高いエリアについて約4,000本の耐震補強を実施予定	54本 ・1996年～1997年度にコンクリート柱の転倒防止補強を実施（54本） ・1996年～1997年度にコンクリート柱から鋼管柱へ建替えを実施（133本）	1,025本 ・南海トラフ地震により強い揺れ（震度6弱）が想定される地域を優先的に実施 ・2013～2027年度末までに約2,500本の耐震補強を実施予定

■これまでの新幹線の地震対策について

【地震対策の状況】

② 早期地震検知システムの状況（地震計の充実）

- 地震のP波検知情報から地震の規模等を推定して鉄道変電所から列車への送電を自動的に停止し、列車の非常ブレーキを動作させ減速、停止させるシステム
- 東日本大震災以降、早期地震検知システムの更なる充実を図るため、各社が所有する沿線及び遠方地震計の増加に加え、文部科学省の防災科学技術研究所の地震観測システム（S-net、DONET）も活用することとし、更なる早期検知を図っているところ



	2022.3.31現在の地震計設置箇所数			2011.3.31現在の設置箇所数
	遠方	沿線	計	
JR北海道	9	8	17	—
JR東日本	50 (海岸部20 内陸部30)	85	135※	97
JR東海	21	50	71	71
JR西日本	14	59	73※	53
JR九州	6	12	18	18

※北陸新幹線延伸に伴う増を含む



北海道新幹線



S-net: 日本海溝海底地震津波観測網
(Seafloor observation network for earthquakes and tsunamis along the Japan Trench)

DONET: 地震・津波観測監視システム
(Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis)

※緊急地震速報は、海底地震計の観測データの活用を令和元年6月27日から開始している。

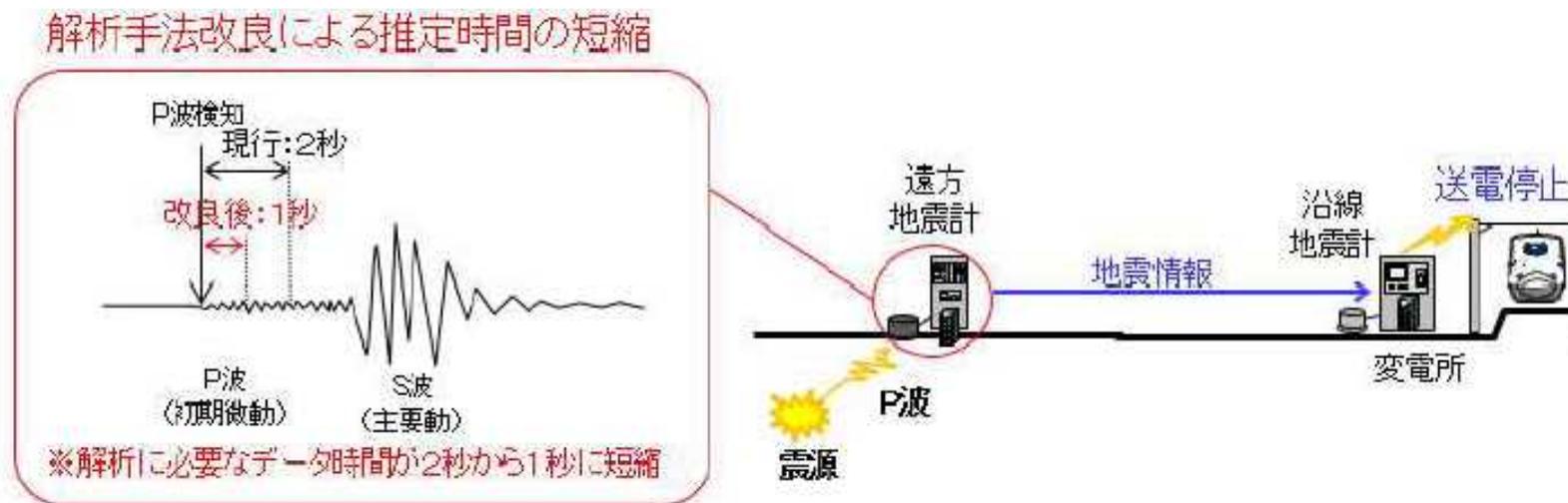
■これまでの新幹線の地震対策について

【地震対策の状況】

② 早期地震検知システムの状況（システムの機能向上）

- 更にP波を検知してから緊急停止警報の発報までに要する推定時間を最短2秒から1秒に短縮する機能向上を図っていくこととしている。

事業者名	遠方地震計	沿線地震計
J R 北海道	平成30年度に機能向上完了	平成30年度に機能向上完了
J R 東日本	令和4年度に機能向上完了予定	平成10年度に機能向上完了
J R 東海	平成30年度に機能向上完了	平成25年度に機能向上完了
J R 西日本	平成30年度に機能向上完了	令和3年度に機能向上完了
J R 九州	令和3年度に機能向上完了	令和3年度に機能向上完了

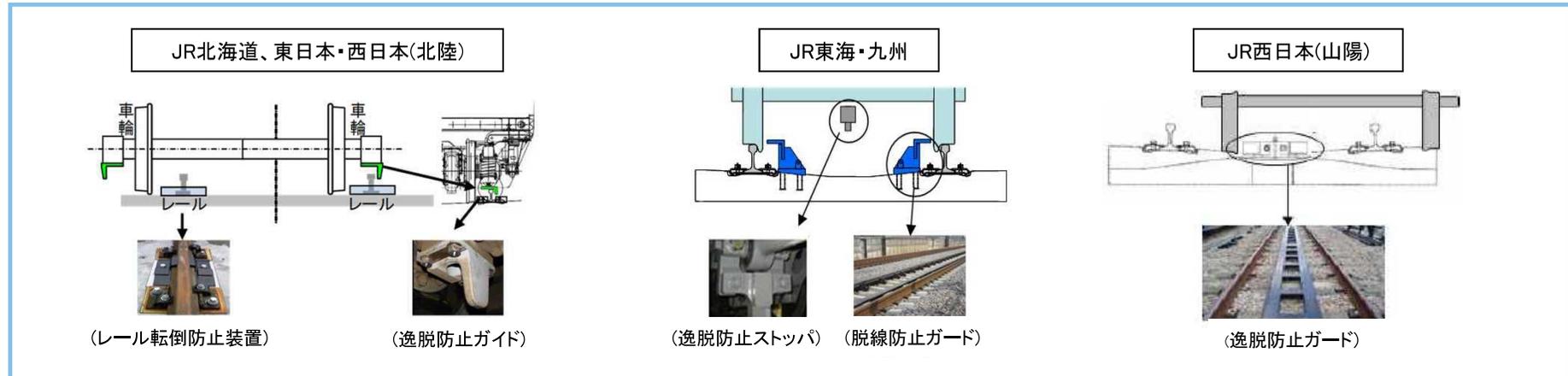


■これまでの鉄道の地震対策について

【地震対策の状況】

③ 脱線・逸脱防止装置の状況

- 地震時において、列車の脱線を極力防止するための脱線防止ガードの整備や、脱線した場合でも、大きく逸脱することを防止するための逸脱防止ガードの整備を実施中。



2022.3.31現在

事業者名	方式	敷設延長※ (km)	線路延長※ (km)
J R 北海道	<ul style="list-style-type: none"> 逸脱防止ガイド【完了】 レール転倒防止装置 	294	297
J R 東日本	<ul style="list-style-type: none"> 逸脱防止ガイド【完了】 脱線対策用IJ（接着絶縁継目）【完了】 レール転倒防止装置 	1,021 (997)	2,243
J R 東海	<ul style="list-style-type: none"> 脱線防止ガード 逸脱防止ストッパ【完了】 	728 (667)	1,069
J R 西日本	北陸 <ul style="list-style-type: none"> 逸脱防止ガイド【完了】 レール転倒防止装置 	537 (505)	1,454
	山陽 <ul style="list-style-type: none"> 逸脱防止ガード 		
J R 九州	<ul style="list-style-type: none"> 脱線防止ガード 逸脱防止ストッパ【完了】 	85	496

() は2021.3.31時点 ※上り線・下り線を合計した延長

■ 今後の検証の進め方について

【検討の方向性】

資料 5

■ これまで進めてきた地震に対する新幹線の被害軽減対策

3つの柱

- | | | |
|-------------|---|---------------------------|
| 建造物の耐震対策 | : | 支えている建造物が大きく壊れないようにすること |
| 早期地震検知システム | : | 走行中の列車を早く止めること |
| 列車の（脱線）逸脱防止 | : | 列車が脱線、もしくは大きく逸脱しないようにすること |

今回の地震被害の特徴

- 軌道面の大きな変位（建造物の被害による）
- 逸脱防止装置の一部外れ
- 電化柱傾斜による走行空間の支障
- 高架橋被害地点では、東日本大震災に匹敵する地震動

■ 今回WGを設置して検証する項目

建造物等の耐震対策

- 土木建造物や電化柱の耐震基準に関する現状整理、評価
 - ・ 今回の地震を踏まえた設計基準見直しの必要性の確認
 - ・ 電化柱設計指針の見直しの必要性について
- 土木建造物や電化柱の耐震補強計画に関する現状整理、評価
 - ・ これまで実施してきた耐震補強方法の妥当性の確認
 - ・ 耐震補強の整備進捗状況の確認と今後の整備のあり方について

耐震WG

早期地震検知システム

- 早期地震検知システムに関する現状整理、評価
 - ・ 現行システムの課題の有無の確認
 - ・ 更なる高度化に向けた方向性の確認

早期地震検知システムWG

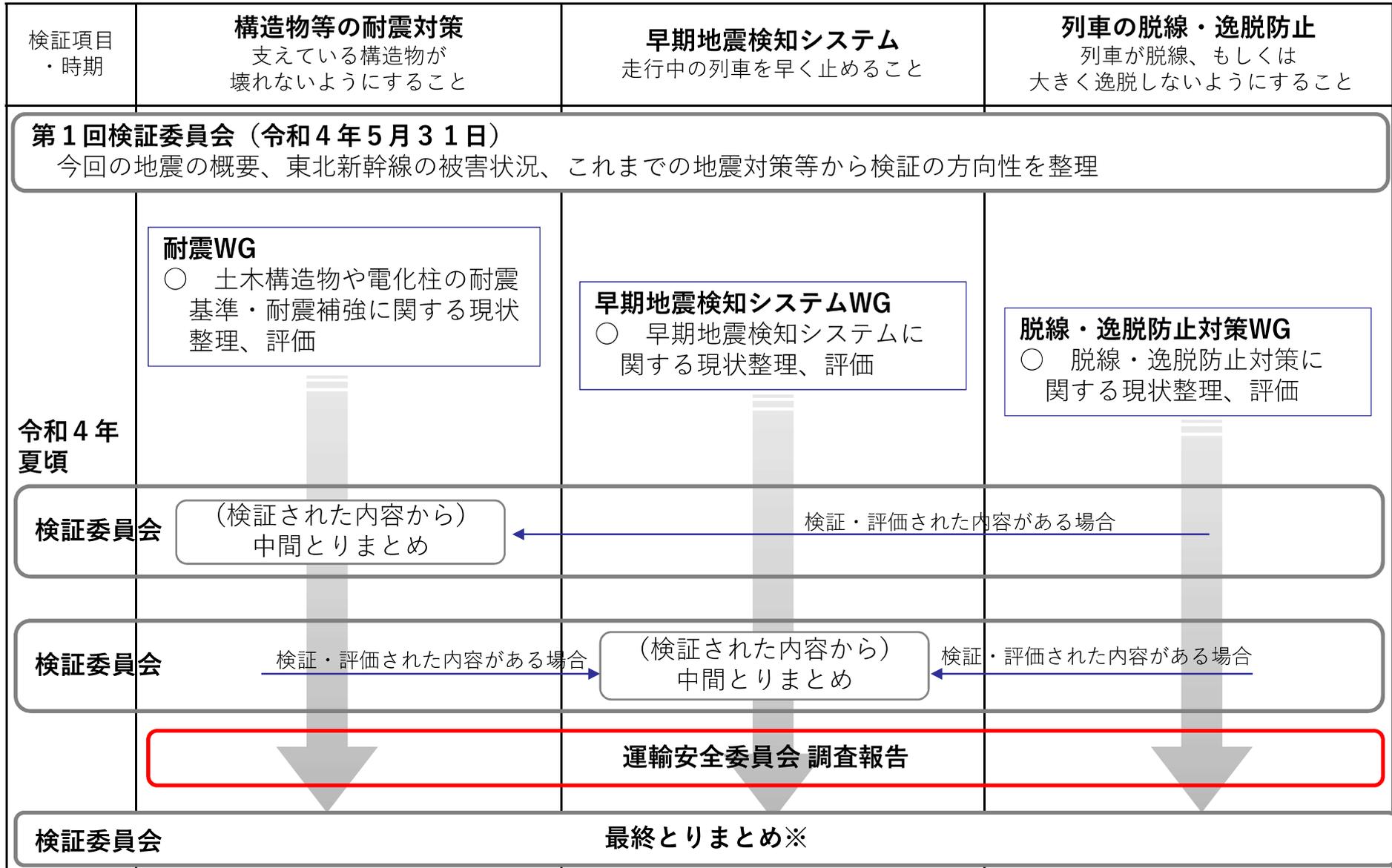
列車の脱線・逸脱防止

- 脱線・逸脱防止対策に関する現状整理、評価
 - ・ 各装置の課題の有無の確認
 - ・ 脱線・逸脱防止装置に求められる（最低限の）機能の考え方について
 - ・ 脱線・逸脱防止装置の整備進捗状況と今後の整備のあり方について

脱線・逸脱防止対策WG

■ 今後の検証の進め方について

【検証スケジュール】



※運輸安全委員会による調査報告に応じ、適宜追加検討の上、とりまとめる。

■ 今後の検証の進め方について

【検証体制】

検証項目	有識者	検証委員会	専門WG	
				追加
構造物等の耐震対策	京都大学防災研究所 地震災害研究部門 澤田 純男教授	○	耐震WG	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 神田 政幸部長 </div>
	埼玉大学大学院 理工学研究科 環境科学・社会基盤部門 牧 剛史教授	○		
	長岡技術科学大学 環境社会基盤工学系 下村 匠教授	○		
	京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 高橋 良和教授	○		
	京都大学防災研究所 流域災害研究センター 五十嵐 晃教授	○		
	公益財団法人鉄道総合技術研究所 研究開発推進部 室野 剛隆 JR 部長	○		
早期地震検知システム	愛媛大学 防災情報研究センター 島村 誠客員教授	○	早期地震検知システムWG	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター 小島 謙一 センター長 </div>
	京都大学 防災研究所 地震防災研究部門 山田 真澄助教	○		
	国立研究開発法人防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター 青井 真 センター長	○		
	気象庁 地震火山部地震火山技術・調査課 東田 進也 課長	○		
列車の脱線・逸脱防止	東京大学 生産技術研究所 須田 義大教授	◎	脱線・逸脱防止対策WG	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部 桃谷 尚嗣部長 </div>
	明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系 宮本 岳史教授	○		

◎検証委員会委員長