

鉄道施設のメンテナンス

2013年3月7日

東日本旅客鉄道株式会社

輿石 逸樹

1. JR東日本の概要

JR東日本の事業エリアと保守エリア

○JR東日本の事業エリア

○JR東日本の保守エリア

<営業キロ数>
 在来線: 67線区、6,377.9km
 新幹線: 3線区、1,134.7km
 合計: 70線区、7,512.6km



凡例

明治(～1912)	—
大正(～1925)	—
戦前(～1945)	—
戦後(～1986)	—
民営化後(1987～)	—

維持管理している設備(土木、軌道、建物、機械)

軌道

在来線 約9,400km
新幹線 約2,100km

橋りょう

約14,800箇所

トンネル

約1,300箇所

土工設備

約5,500km

駅舎

約1,700駅

駅ビル・ホテル

約56万㎡

運転関連設備

約1,400台

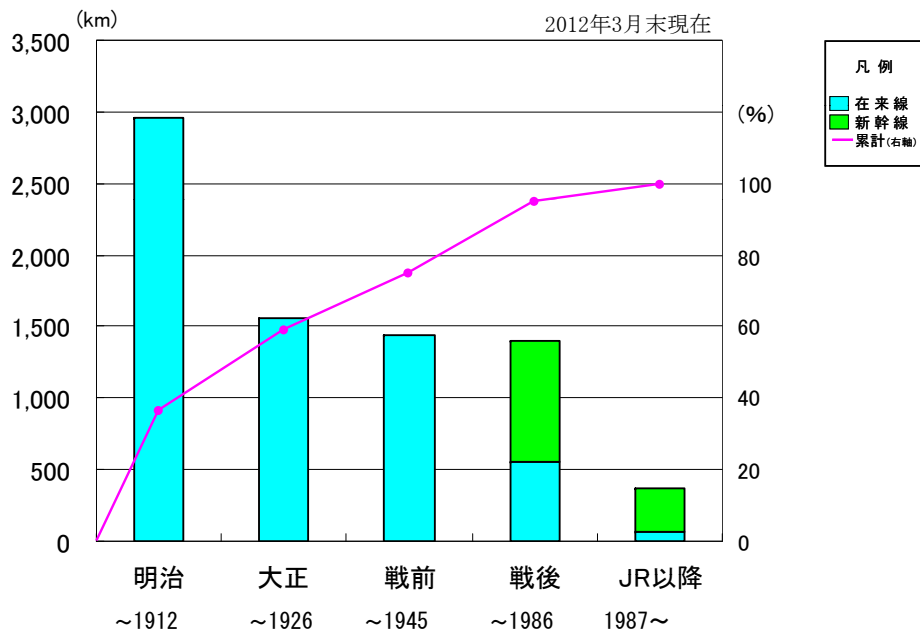
出改札設備

約19,000台

昇降機設備(EV,ESC)

約2,900基

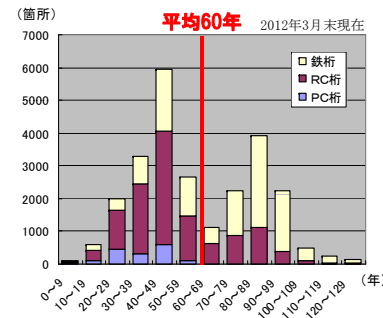
JR東日本の鉄道の開通時期



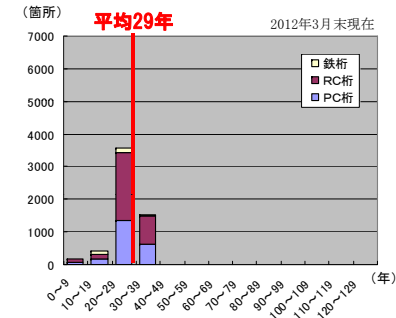
5

鉄道土木構造物の経年(橋りょう)

○在来線



○新幹線



○経年構造物の代表事例

左沢線最上川橋りょう 経年125年(明治19年架設)



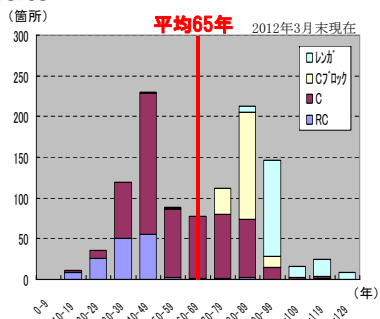
内房線山生橋りょう 経年88年(大正13年竣工)



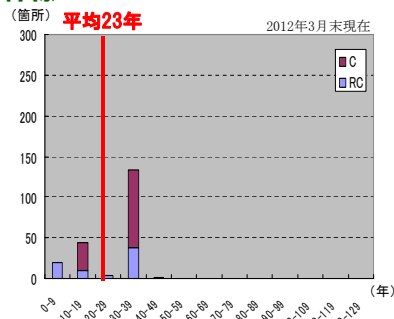
6

鉄道土木構造物の経年(トンネル)

○在来線



○新幹線



○経年構造物の代表事例

東海道線清水谷戸トンネル(左) 経年125年(明治20年竣工)

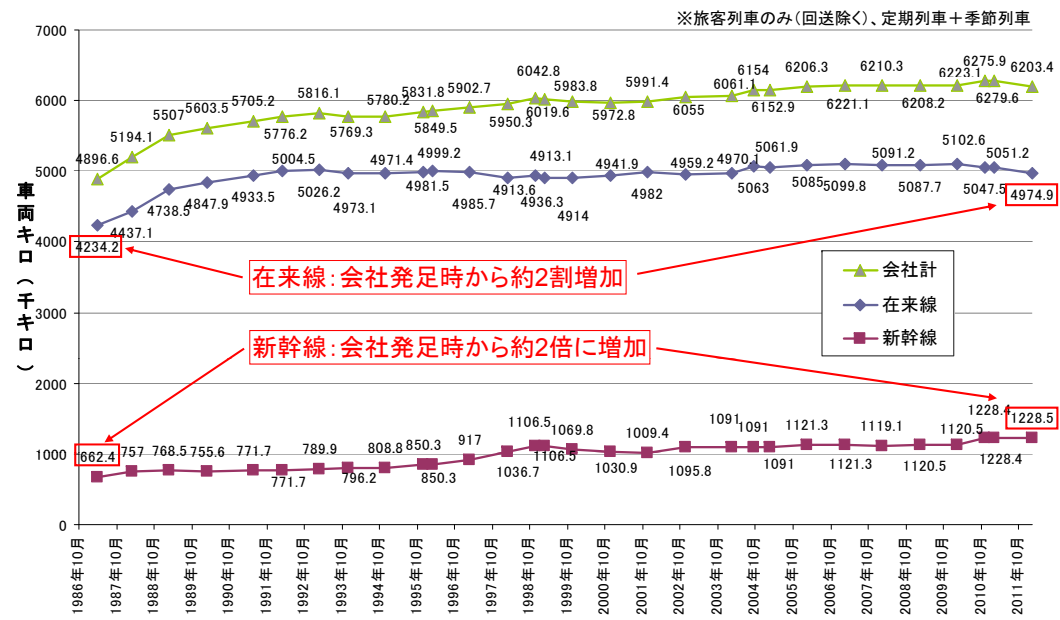


鉄道構造物は道路と比較して
20年程度平均経年が長い。

7

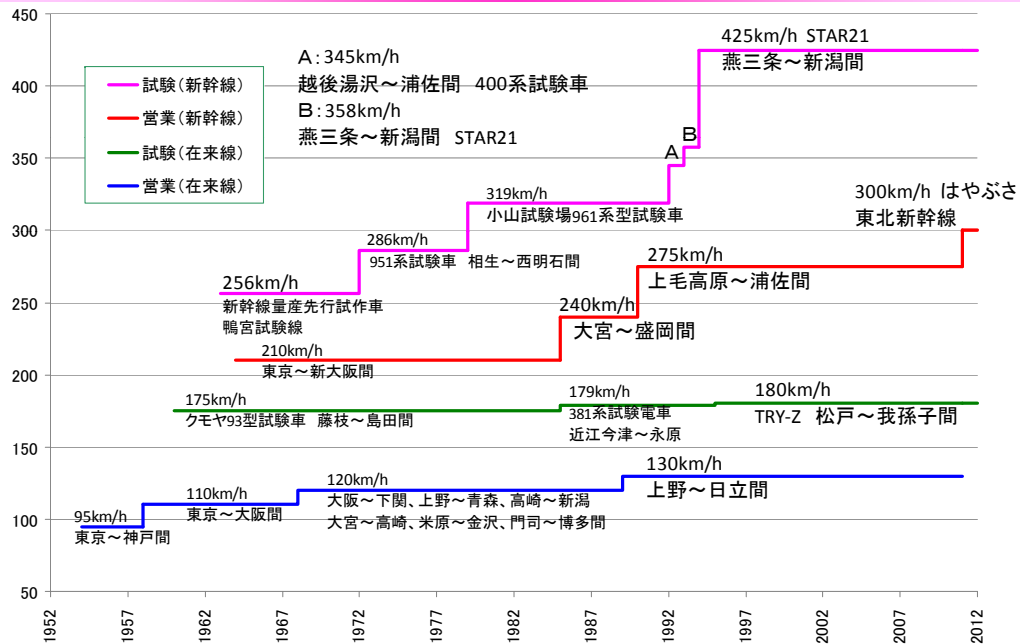
JR東日本における車両キロの推移(1日あたり)

車両キロ: 列車キロに編成両数を掛けた値



8

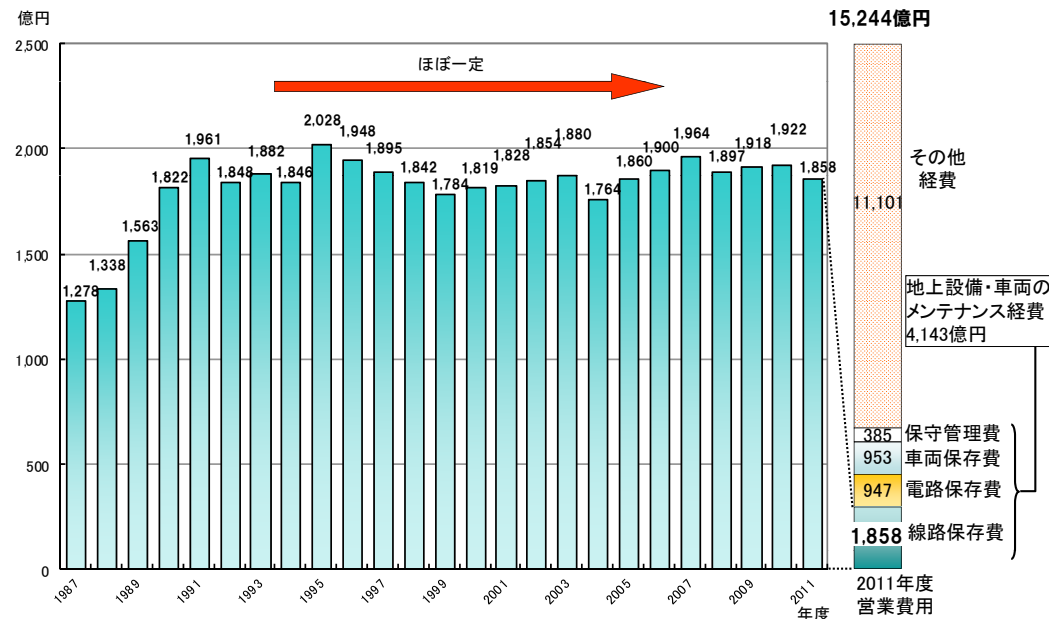
JR東日本における最高速度の推移



※JR東日本に関するデータを表示。(ただし国鉄改革以前は国鉄に関するデータを含む)

JR東日本における線路保存費の推移

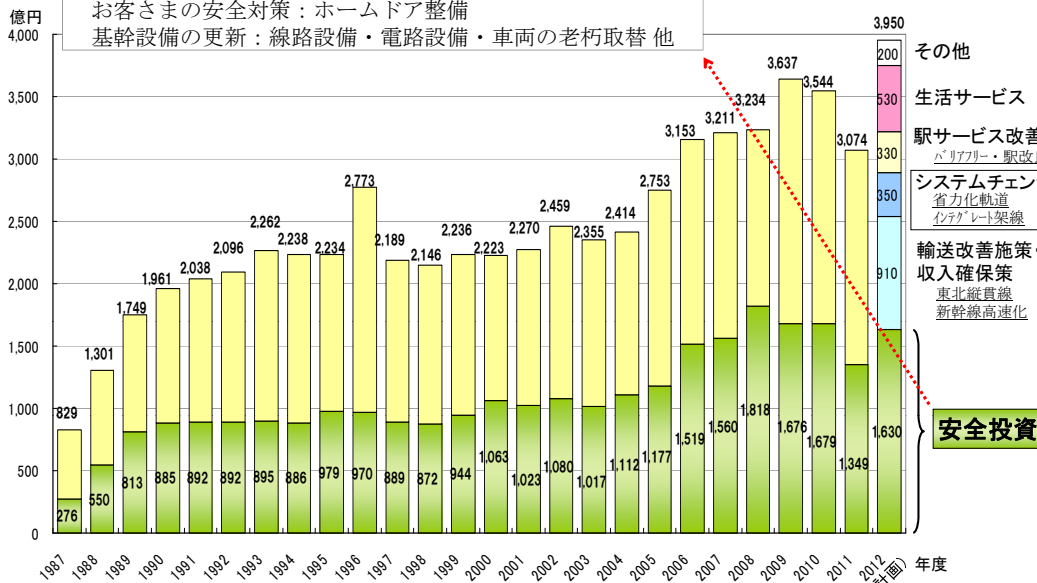
線路保存費：線路設備(線路、土木構造物、駅舎等)に係る維持補修費用(関係する現業従事員人件費を含む)



JR東日本における安全に関する設備投資額の推移

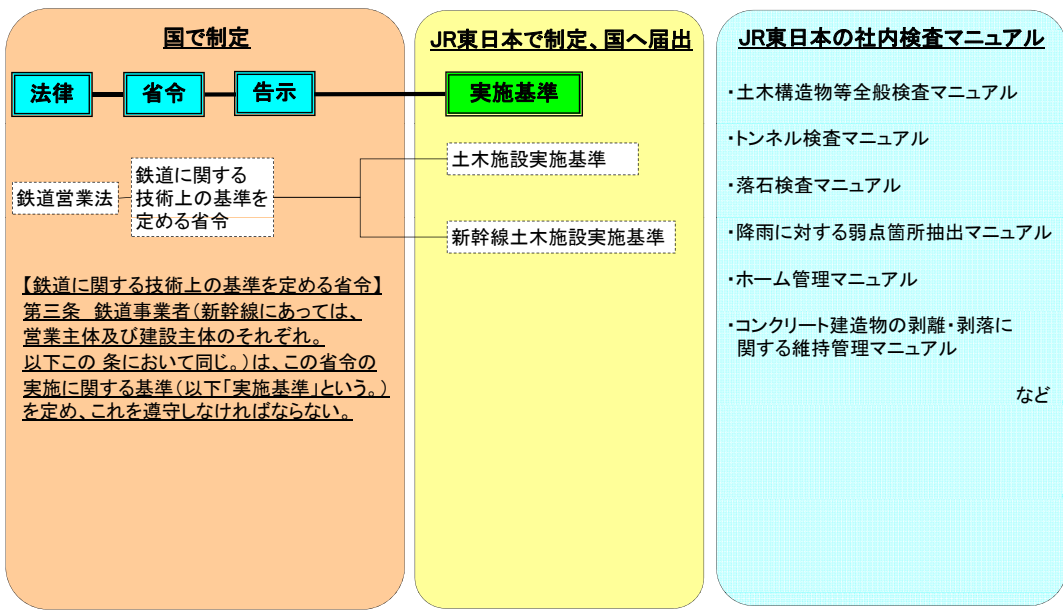
安全投資の主な内容

- 大規模地震対策：高架橋・駅舎の耐震補強
- 防災対策：橋りょう取替、斜面盛土対策
- お客さまの安全対策：ホームドア整備
- 基幹設備の更新：線路設備・電路設備・車両の老朽取替 他



2. 検査体系と対象設備、検査体制の変遷

土木構造物の規程体系(法令)

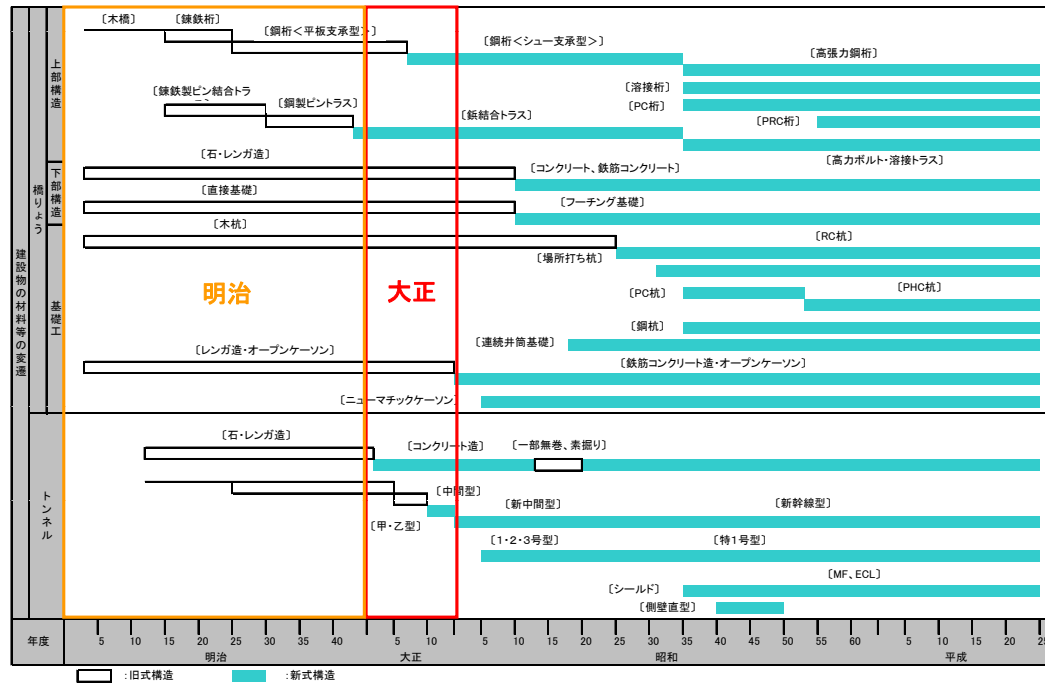


土木構造物の規程体系(具体的な検査区分)

	検査の区分				
	初回検査	全般検査		個別検査	随時検査
		通常全般検査	特別全般検査		
検査周期	新設又は改築・取替時	2年を超えない期間	10年を超えない期間 (ただし、在来線トンネルは20年)	必要の都度	必要の都度 (台風や地震後等)
検査方法	目視検査	目視検査	詳細な目視検査	計測機器を用いた検査	目視検査
対象構造物	新設又は改築・取替構造物	すべての土木構造物		Aランク構造物	弱点箇所等

土木構造物メンテナンスレベル向上のため、
 2001年度から導入。
 (トンネルは1999年度から導入)

設備の歴史(橋りょう、トンネル)



3. 鉄道土木構造物の現状

鉄道土木構造物の現状(1)

新線建設による路線拡大



既存設備の改良・維持管理の時代

17

鉄道土木構造物の現状(2)

既存構造物を取り替えることは可能か？

- ・主要な線区では列車を止めることは不可能
- ・取替えには莫大な経費が必要



- ・既存構造物を適切に検査・修繕し延命化することが基本
- ・全面取替え工事は例外的な大事業

18

鉄道土木構造物の現状(3)

〔メンテナンスの目標〕

- ・安全性の確保は線区を問わず共通
- ・快適性、速達性等のサービスレベルには軽重
- ・最近、特にコンクリート片落下などもあり、第三者への傷害事故防止が大きな課題

19

メンテナンス業務の特徴

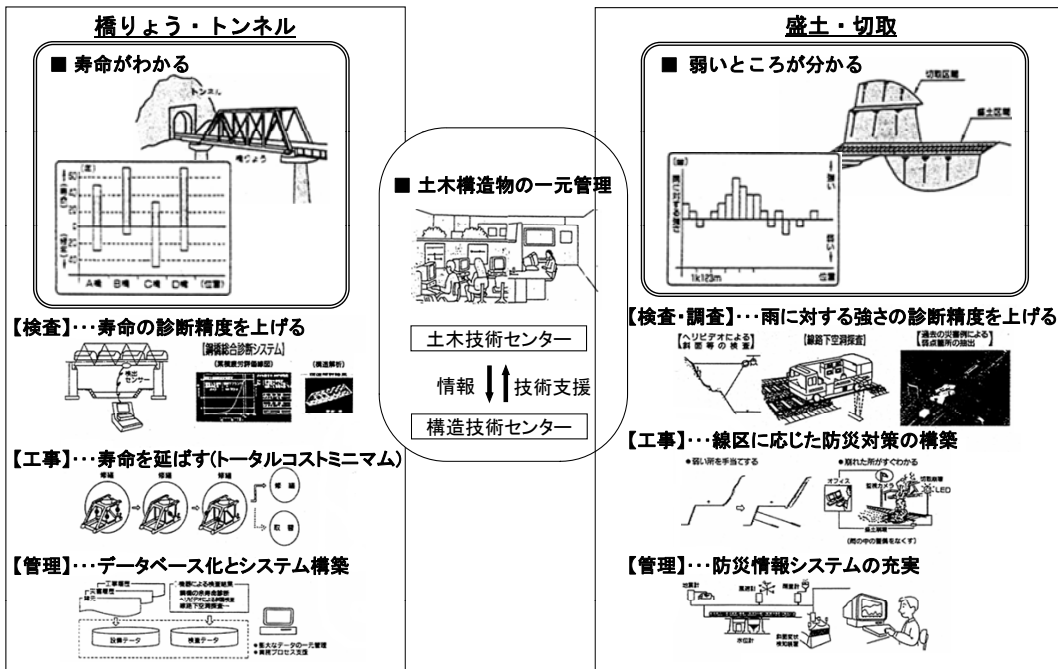
- ・繰り返し業務
 - ・突発的な事故対応
- } 現状維持となり易い

業務改善目標・技術レベルの向上目標の

設定が必要

20

メンテナンス改革のコンセプト(1990年代から現在)



4. 鉄道土木構造物のメンテナンスの取り組み(具体的事例)

ハード対策: 防災強化の取り組み

自然災害対策

各種工事の計画立案、施工計画・工事発注・施工監理を実施

降雨防災対策



耐震補強対策



トンネル耐震対策



雪害対策



風対策



落石対策



高架橋の耐震補強

【高架下の利用状況】

○高架橋下を店舗等で使用していない場合



【損傷の形態】

○せん断破壊先行型

ねばりがなく、急激に大きく損傷する

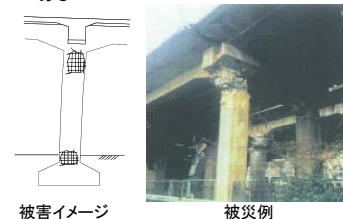


○高架橋下を店舗等で使用している場合



○曲げ破壊先行型

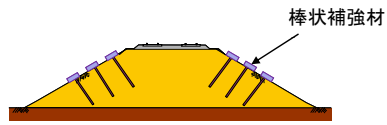
柱の端部付近に、損傷が発生するおそれがある



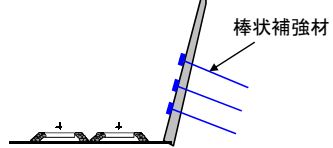
首都直下地震対策

○盛土・切取の耐震補強

【盛土補強のイメージ】



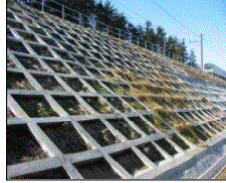
【切取補強のイメージ】



盛土崩壊

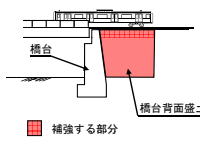


対策工(棒状補強材+のり枠工)



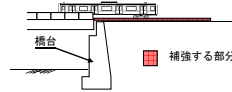
○橋台背面盛土

橋台の裏側にある盛土



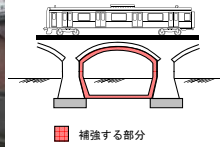
○脱線防止ガード

列車の脱線を防止するため、レールの内側に設置するガード



○レンガアーチ高架橋

レンガ積みで建設されたアーチ高架橋



降雨防災強化対策(東京100km圏)

盛土のり面工(フリーフレーム)



切り取りのり面工(フリーフレーム)



トンネル坑口覆い工



運転規制の改正を行う区間における効果

○運転中止解消・運転中止規制値改正

路線名	区間	規制改正効果
横須賀線	大船～横須賀	運転中止の解消
東海道線	早川～熱海	運転中止基準値の改善
中央線	高尾～塩山	運転中止基準値の改善
常磐線	柏～取手	速度規制の徐行速度向上 (15km/h → 35km/h)

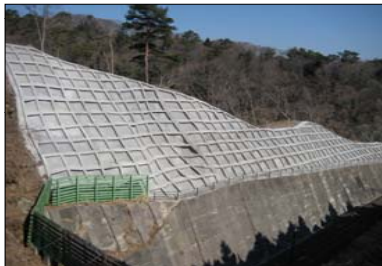
土砂崩壊・落石対策

○土砂崩壊対策

のり面工(東北本線)



のり面工(常磐線)



○落石対策

落石防護網(羽越本線)



落石止柵(飯山線)



雪害対策

○雪崩、倒木対策

なだれ覆工(田沢湖線)



吊り柵(田沢湖線)



なだれ止柵(奥羽本線)



ストッパーワイヤー(青梅線)



強風対策

○防風柵整備

高架橋区間



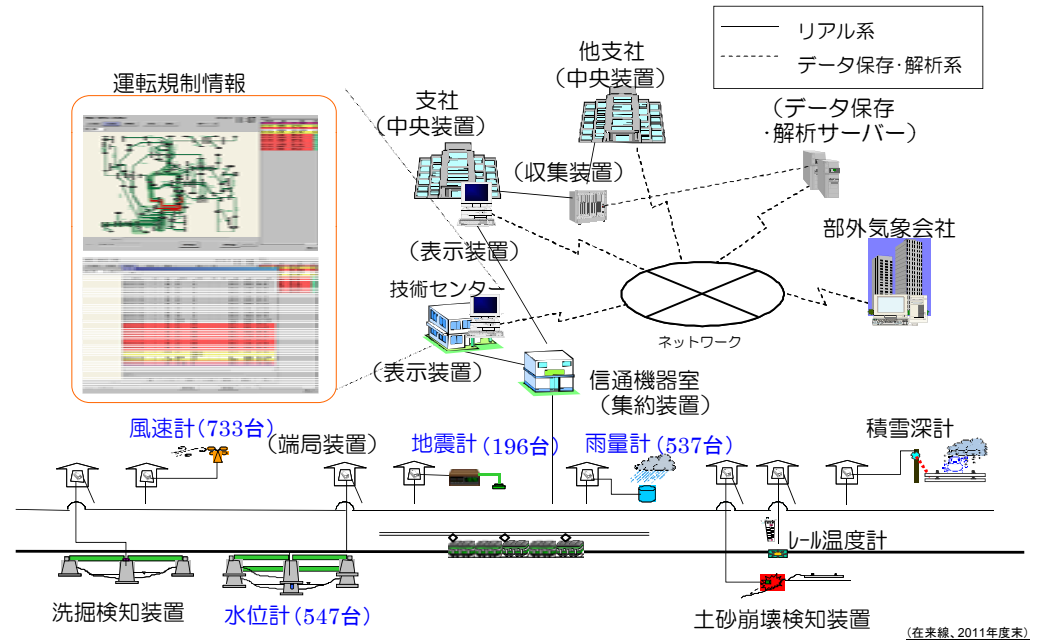
盛土区間



橋りょう区間



ソフト対策:防災情報システム



JR東日本において開発・導入している検査装置類

○トンネル覆工表面撮影車

1号機



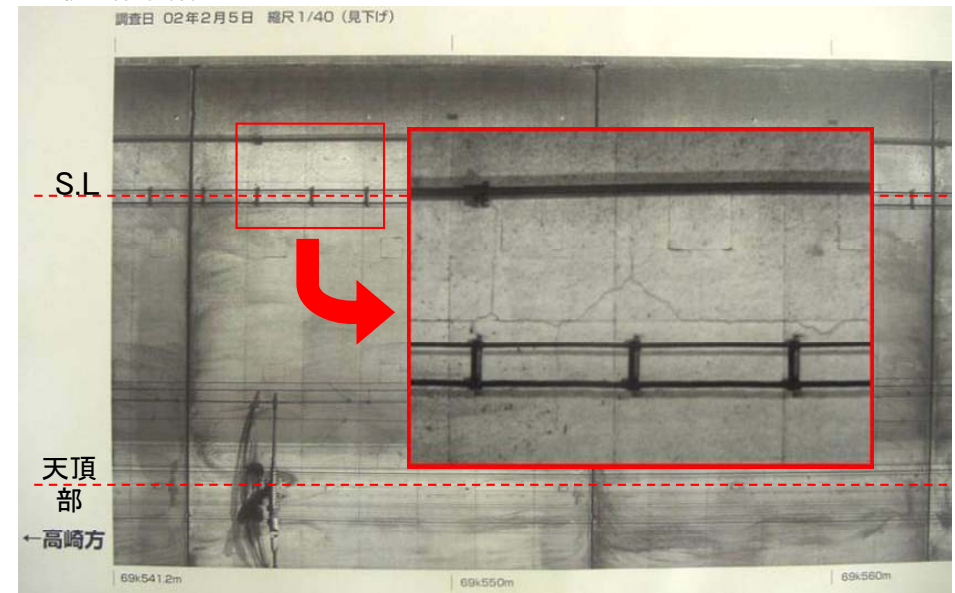
2号機



JR東日本において開発・導入している検査装置類

○トンネル覆工表面撮影車の撮影結果

連続画像印刷紙



JR東日本において開発・導入している検査装置類

○トンネル覆工検査車の導入

検査車導入の効果

- ・検査精度の向上
- ・検査の自動化、省力化
- ・検査結果の電子データ化

【従 来】検査ハンマー等による打音検査



- ・判定に個人差あり
- ・多大な労力を要する

新幹線トンネルの特別検査における覆工コンクリート検査に適用



レーダ検出器

検査車による計測作業(写真は試験走行)



異状箇所の3次元画像表示

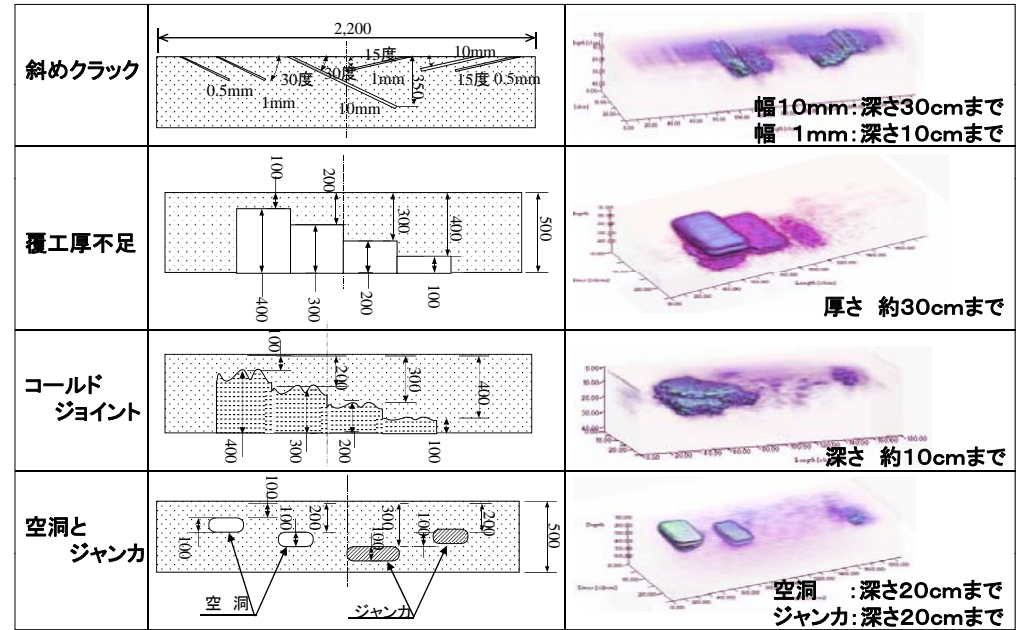
抽出された異状箇所

覆工内部の3次元画像表示により詳細に解析

33

JR東日本において開発・導入している検査装置類

○トンネル覆工検査車の基本性能試験結果



34

JR東日本において開発・導入している検査装置類

○高架橋剥離検査装置(赤外線カメラ)の開発

【目的】

地上から精度よく効率的にコンクリート片の剥離を特定できる検査手法の開発

【開発概要】

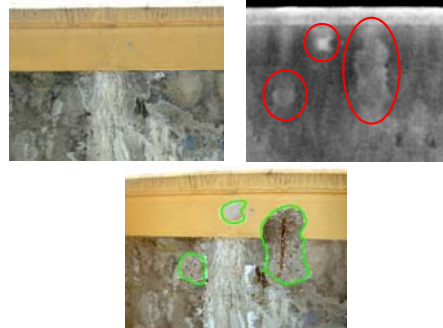
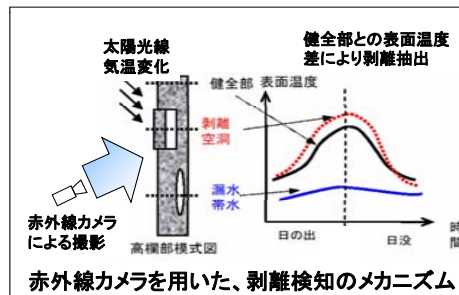
赤外線カメラを用いた剥離検査手法を策定(気象条件による検査マニュアルの作成)



高所作業車を用いた打音検査



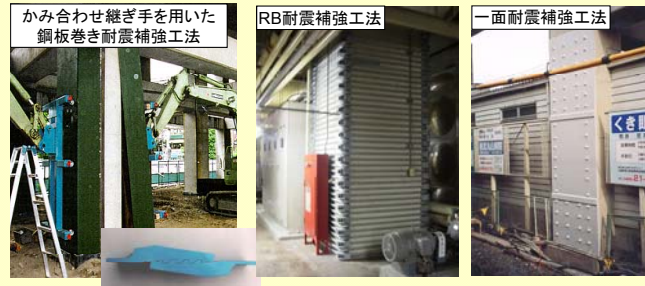
赤外線カメラを用いた地上からの検査



35

JR東日本において開発した新構造・補強・補修工法

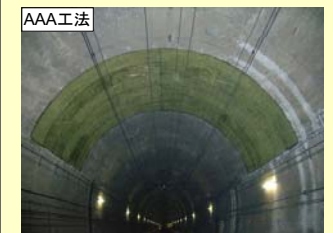
耐震補強工法



長期耐久性塗装(T7)

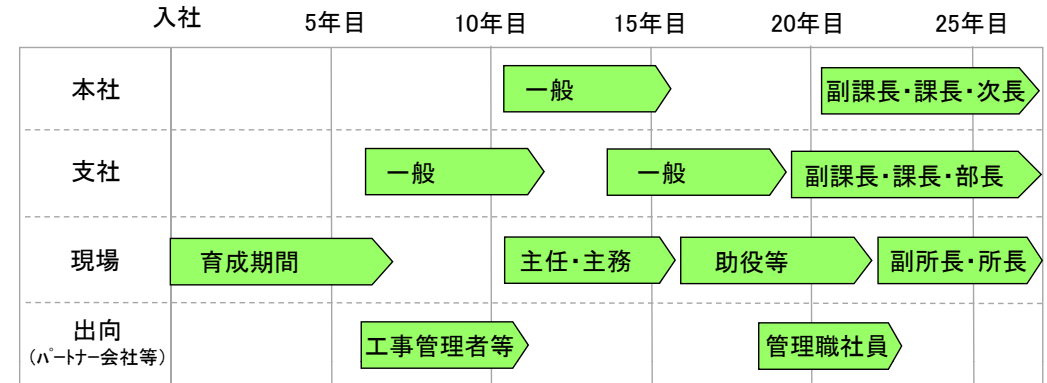


トンネル剥落防止工法



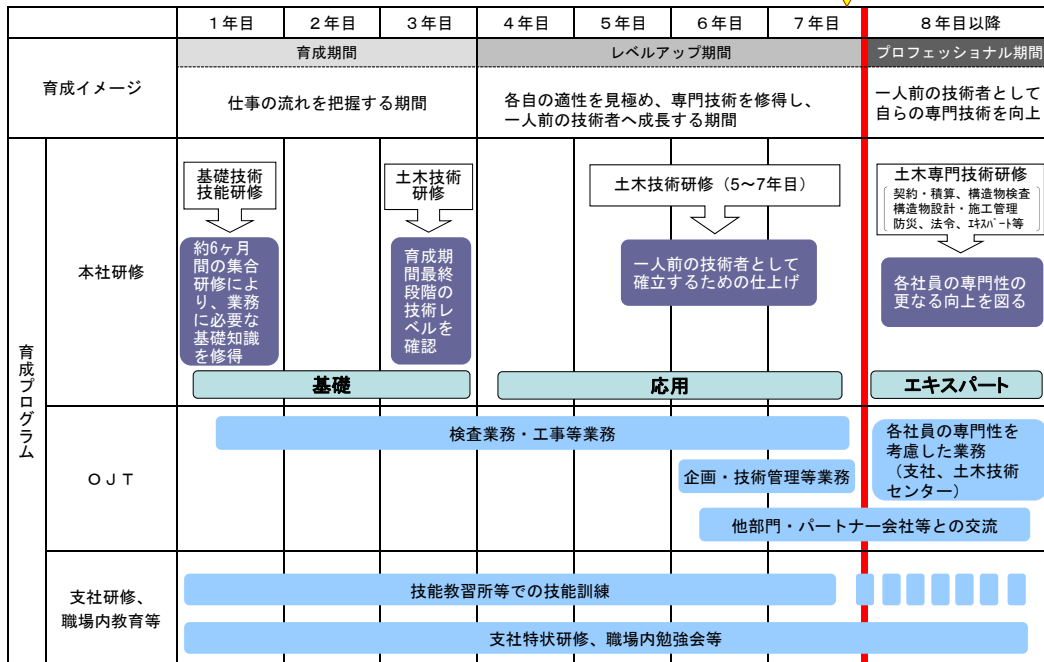
36

○土木系社員(プロフェッショナル採用)が、主に土木構造物のメンテナンスを中心として仕事をする場合のライフサイクル



5. メンテナンス技術者の育成

技術者育成のための研修制度



新入社員研修(カリキュラム、実技)

新入社員に対して、6ヶ月間の集中教育により、
 ・配属後に即戦力として業務に従事できるように基礎的な技術・技能の修得
 ・従来、OJTで教育していた運転保安、業務知識を集中的に学習
 ・実構造物や訓練設備を活用した実習に重点を置く

区分	場所	4月	5月	6月	7月	8月	9月
新入社員研修	総合研修センター	配属					
基礎技術技能研修	共通		安全基礎、運転保安、資格(無線、高所作業車)				
	系統別		座学(基礎知識、規程)、実習(設計、検査、工事)				
	支社別	主に各支社		支社概要、安全・運転保安、他系統実習			
	共通	総合研修センター					目標設定



新入社員研修(カリキュラム、実技)

土木部門の業務に従事する上で最低限必要な規程・基準類の知識や、検査や工事業務に関する知識・技能を網羅した研修を行う。

主な実技カリキュラム

【実習】

- ・検査機器取扱実習
- ・測量実習
- ・コンクリート打設実習
- ・保線実習
- ・...

【フィールド実習】

- ・全般検査実習
- ・トンネル特別検査実習
- ・高架橋剥落点検実習
- ・多客輸送期間前総点検実習
- ・工事施工現場視察
- ・...

【演習】

- ・MARS演習
- ・工事業務(積算、図面作成)演習
- ・...



検査機器取扱実習(路盤下空洞探査)



コンクリート打設実習



全般検査実習



トンネル特別検査実習



高架橋剥落点検実習



保線実習(道床突き固め)

41

技術訓練のための研修設備

○技能教習所(各支社に整備)

技術職の社員が必要とする鉄道固有の技術や技能を学ぶ訓練施設



実習棟 (東京支社)



全景 (八王子支社)



ホーム・トンネル(新潟支社)



災害検地装置 (長野支社)



橋りょう検査訓練



トンネル検査訓練

42

メンテナンス技術者の社内資格制度

○社内資格制度の制定

鉄道特異技術である保線・土木(メンテナンス関係)部門においては、該当する資格が社外に無かったことから、2007年度より社内資格制度を導入し、当該部門の技術者が自らの技術力向上に取り組むための1つの目標とした。

■試験名称: 鉄道技術検定

■試験部門:

・土木構造物メンテナンス技士

鉄道土木構造物に関するメンテナンスについて、基礎的な知識・技術を習得しており、それらの基本指導ができるレベル

<主な出題範囲>

構造物検査と健全度判定、検査結果に基づく措置、構造物の変状と変化の着眼点、災害と運転規制、技術基準・規定類 他



43

6. 検査データベース(MARS)

44

検査データベース(MARS)



検査等の維持管理業務

紙の台帳での管理⇒電子データとシステムによる管理

1996年(平成8年)から活用

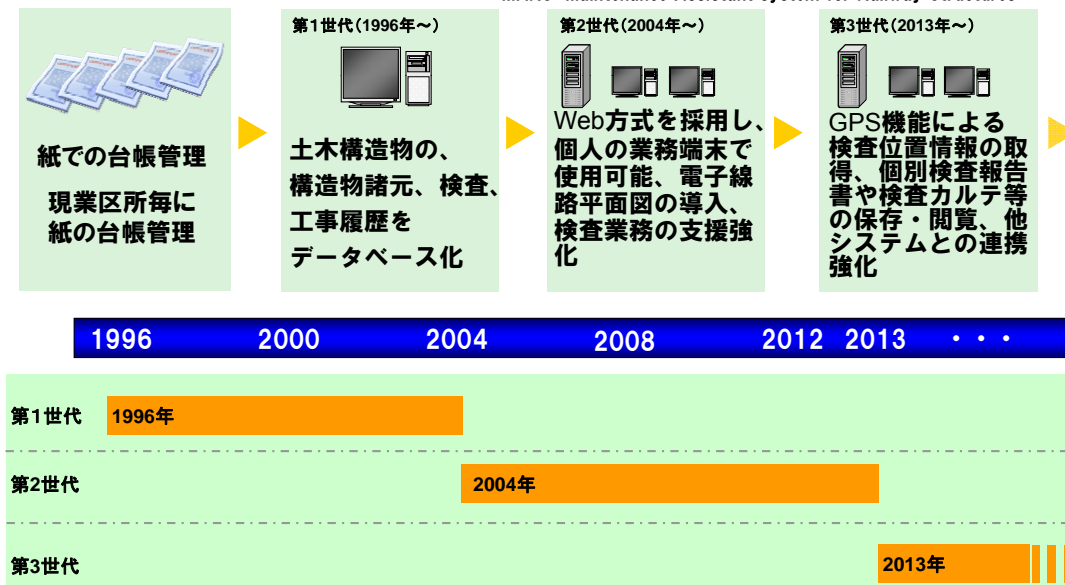
土木構造物管理システム

Maintenance Assistant system for Railway Structures
通称:MARS

検査データベース(MARS)

○土木構造物管理システム(通称MARS)の経緯

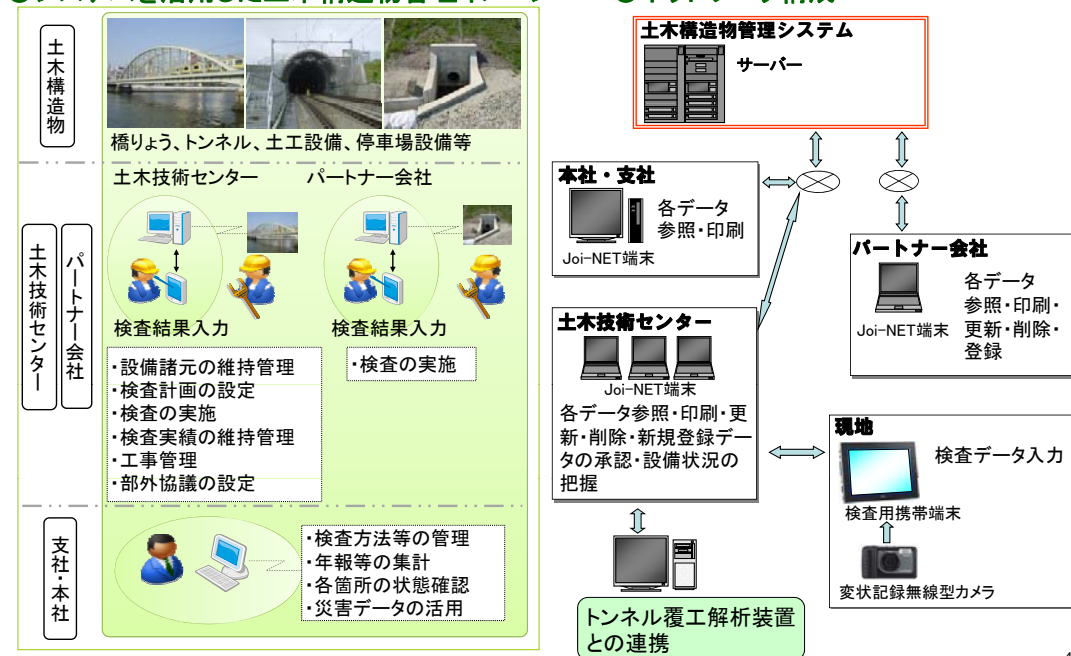
MARS Maintenance Assistant system for Railway Structures



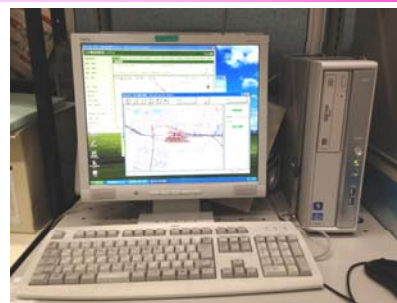
検査データベース(MARS) ～土木構造物管理システムの概要～

○システムを活用した土木構造物管理イメージ

○ネットワーク構成



検査データベース(MARS) ～土木構造物管理システムの概要～



携帯端末
: 10.1インチのタブレット端末
専用カメラ
: 通信・GPS機能付きデジタルカメラ

土木構造物管理システムの主な機能

設備台帳管理

橋梁・トンネル・土工等設備・停車場設備の位置や名称など構造物の諸元等を管理

検査データ管理

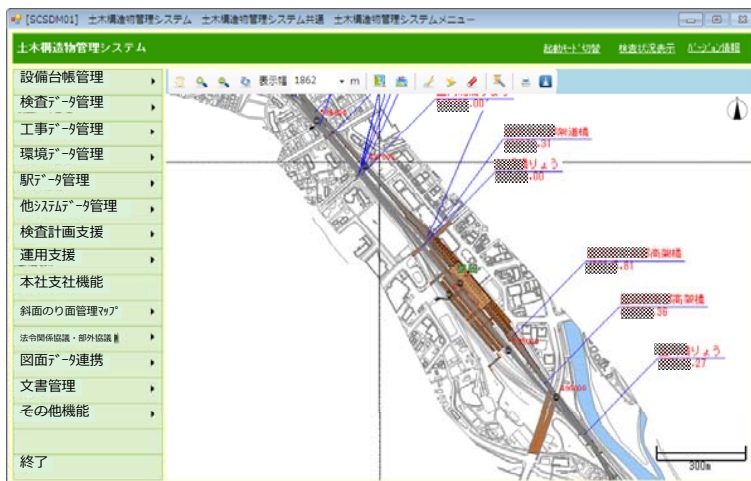
橋梁・トンネル・土工等設備・停車場設備の検査データ(変状記録、変状調書、変状写真等)を記録・閲覧

工事データ管理

工事件名、工事費を管理・登録

図面データ管理

線路平面図、構造物の
財産図管理



設備台帳

○諸元

通称線名、キロ程、駅間…
構造種別、構造形式、支間…
設計荷重、製作年月…
検査日、健全度…

○河川情報

河川名称、河川水系、河川種別、
河川管理者…

○道路情報

道路名称、道路種別、空頭高…
…

検査データ

○検査計画

検査予定日、検査実績…

○検査データベース

検査日、検査種別、
変状部位、位置、大きさ、
健全度、変状原因、変状写真
…

電子線路平面図



構造物の図面



工事データ

○工事計画

構造物、工事件名、計画キロ程、
対策工種別、単価、数量…

○工事実績

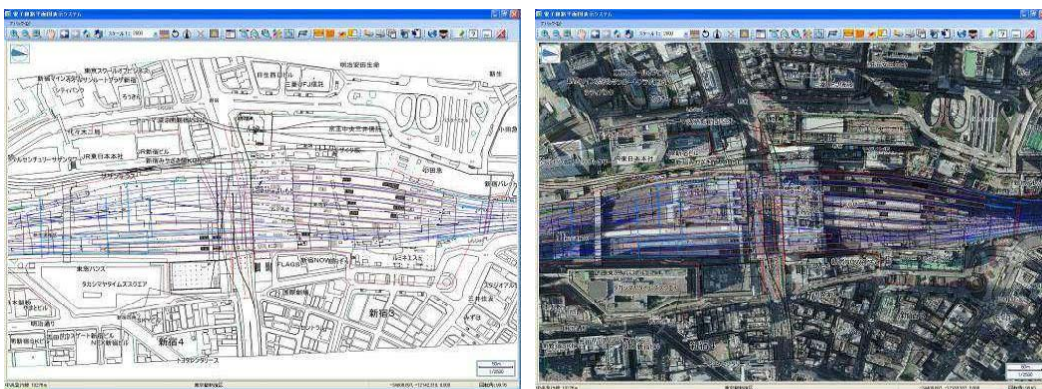
数量、金額、健全度ランク



設備台帳、検査記録、図面、映像の一元管理(データベース化)

電子線路平面図(GIS)

図面を電子化することにより、任意の地点を
拡大縮小し、自由に表示が可能、航空写真との重ね合わせが可能



設備台帳、検査記録、図面、映像の一元管理(データベース化)

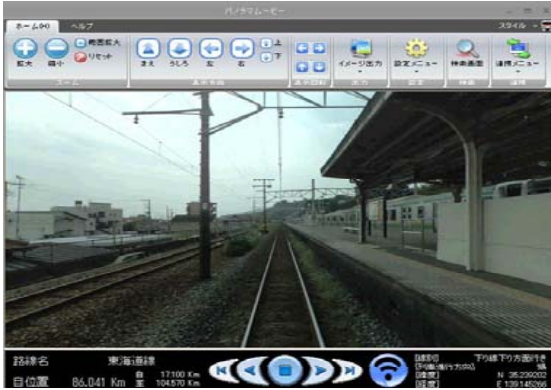
3次元表示が可能となりいろいろな角度で鳥瞰画像



設備台帳、検査記録、図面、映像の一元管理(データベース化)

360度パノラマカメラデータベース

検測車(East-i)を利用した撮影(2009年～)

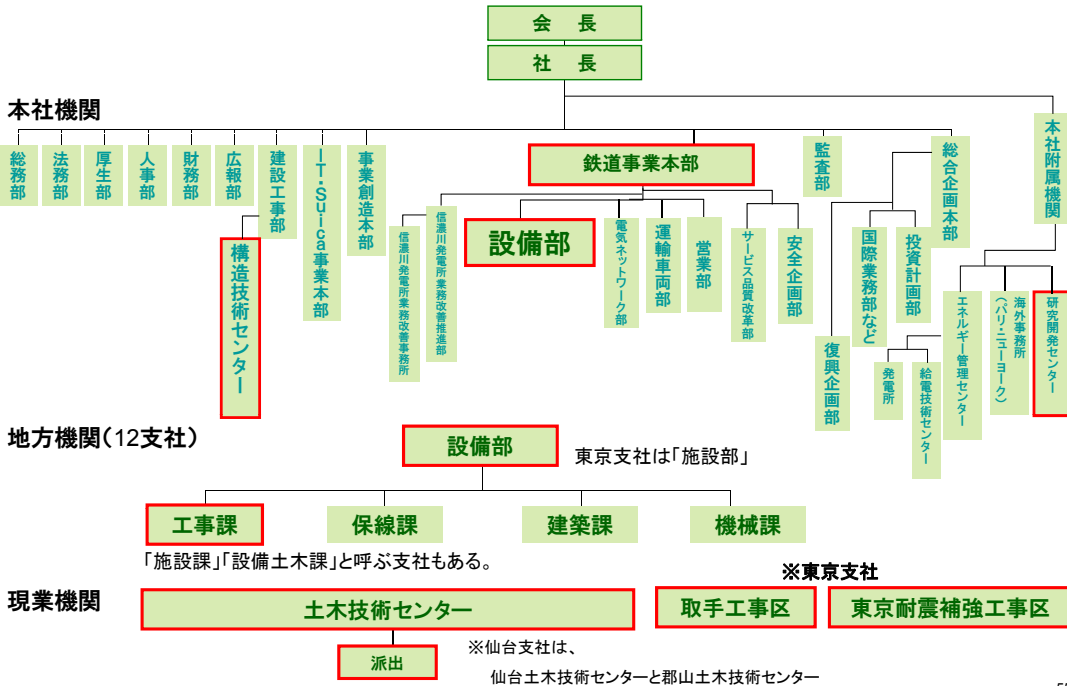


- 【カメラの機能】
- ・ハイビジョンカメラを6台内蔵。
 - ・15コマ/秒で撮影でき、100km走行時もブレない。
 - ・データ量は2GB/分。
- 【映像の内容】
- ・2009年度イーストアイ(電車)の運行スケジュールで撮影
 - ※夜間検測している線区は撮影対象外



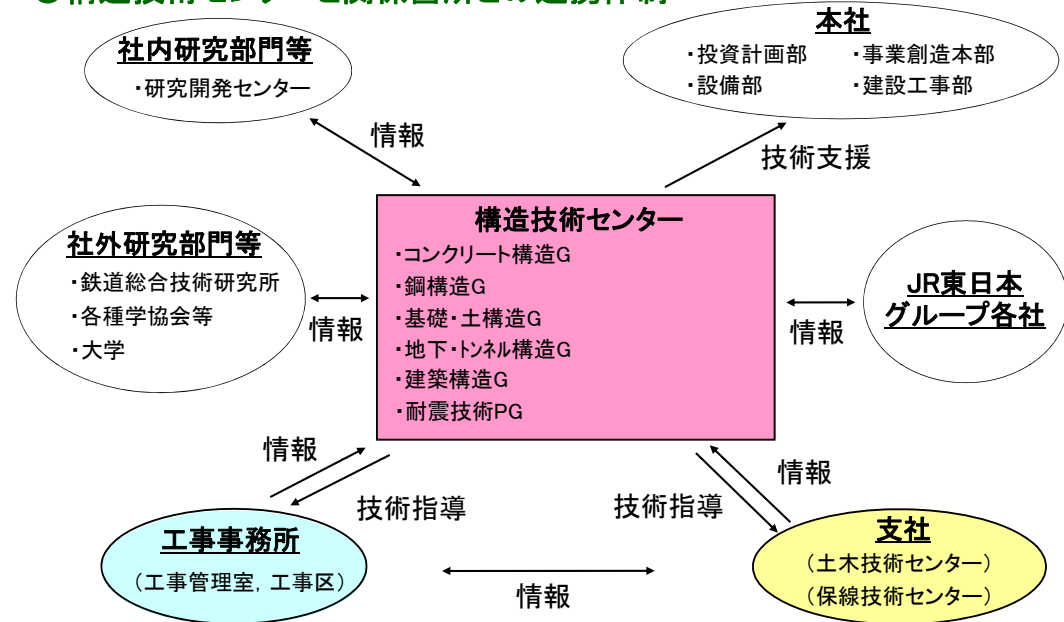
7. 構造技術センターの役割

JR東日本の組織体系



構造技術センターの役割

○構造技術センターと関係箇所との連携体制



○構造技術センターの業務内容

- ・構造物建設への構造計画・設計施工に対する技術指導・支援
- ・災害・事故の早期復旧、構造物メンテナンス業務への技術指導
- ・技術力の維持・向上および技術継承
- ・技術基準類等の整備
- ・鋼鉄道構造物及び合成鉄道構造物の工場製作に係る品質管理

57

8. 工事発注仕様書やマニュアルの整備

58

メンテナンス上の課題を仕様書にフィードバック、仕様書にメンテナンスの工事種類を追加

○土木工事標準仕様書

目次

- | | |
|------------------------|-----------------|
| 1 総則 | 17 コンクリート構造物修繕工 |
| 2 土工 | 18 あと施工アンカー工 |
| 3 地盤改良工 | 19 鋼構造物の橋桁部材修繕工 |
| 4 薬液注入工 | 20 トンネル修繕工 |
| 5 掘削土留め工 | 21 のり面・斜面修繕工 |
| 6 線路下横断工 | 22 乗降場修繕工 |
| 7 基礎工 | 23 排水設備修繕工 |
| 8 無筋および鉄筋コンクリート工 | 24 塗替塗装工 |
| 9 プレストレストコンクリート工 | 25 鉄道林施業等 |
| 10 鋼構造物の製作 | 26 耐震補強工 |
| 11 鋼構造物の現場組立、架設および現場溶接 | 27 さく垣新設・取替工 |
| 12 一般鋼構造物の製作・運搬・建方 | 28 防雪柵仮設撤去工 |
| 13 塗装工 | 29 沓座修繕工 |
| 14 ホーム舗装工 | |
| 15 山岳トンネル工 | |
| 16 シールドトンネル工 | |

**メンテナンスの工事種類を
仕様書に追加制定**

59

合成短繊維の混入によるコンクリートの剥落防止対策



合成短繊維

- ・ナイロン繊維
- ・ポリプロピレン繊維
- ・ポリビニルアルコール繊維



剥離しても落下しない様子

- ・混入量はコンクリートの体積の0.04%～0.1%程度
- ・繊維の混入によりスランプは若干低下するが、強度、施工性には影響しない
- ・2004年度仕様書から実施

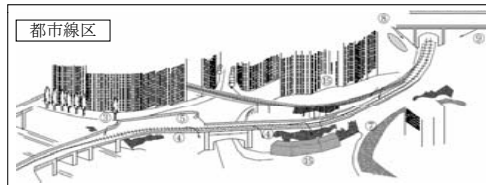
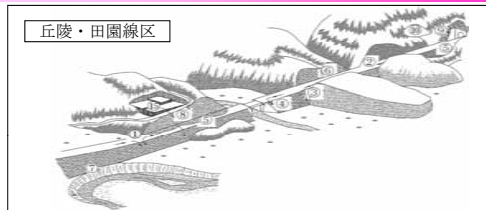
60

○検査編

- 1 土木構造物等全般検査マニュアル
- 2 コンクリート構造物の剥離剥落に関する検査マニュアル
- 3 トンネル検査マニュアル
- 4 降雨に対する弱点箇所抽出マニュアル
- 5 落石検査マニュアル
- 6 河川橋りょう等に関する一般知識と不定期検査マニュアル及び
運転規制基準値の設定マニュアル
- 7 ホーム管理マニュアル

○補修・補強編

- 1 耐震補強設計マニュアル
- 2 土木構造物等補修補強マニュアル
- 3 コンクリート構造物に関する調査と補修(アルカリ骨材反応)マニュアル
- 4 営業線路盤改良の設計施工マニュアル
- 5 落石対策マニュアル



- ① 下り勾配から上り勾配に変わる勾配変更点付近
- ② 切取と盛土が連続する区間
- ③ 切取区間に隣接する下り勾配側の盛土箇所
- ④ 下り勾配箇所の橋台背面の盛土
- ⑤ 片切片盛箇所
- ⑥ 線路山手に隣接する小沢・ガリー等の集水地形箇所
- ⑦ 河川の攻撃を受ける斜面・のり面及びそれに接する区間
- ⑧ 線路上方に道路・造成地等が隣接する切取
- ⑨ トンネル坑口に接する切取のり面
- ⑩ 線路上方に崩壊地・崩壊跡地が見られる箇所
- ⑪ 線路上方の斜面に裸地・倒木地・伐採跡地・山火事跡地が見られる箇所
- ⑫ 崖錐箇所につながる区間
- ⑬ 地すべり地を切取る箇所
- ⑭ 河成段丘を切取る箇所
- ⑮ 人工改変による雨水の流入および地下水の遮断
- ⑯ 災害履歴のある箇所
- ⑰ その他(沢を渡る盛土、線路上方に沼・池・湿地がある等)

抽出された箇所は、排水設備や湧水の状況等を確認のうえ、必要により防災措置を検討

落石検査マニュアル



上越線佐渡号列車脱線事故(S52.3)

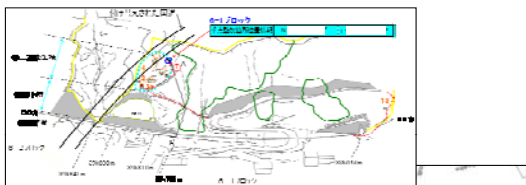
落石検査区間

- … 「斜面諸元図」「斜面管理図」「斜め空中写真」を作成
- … 沿線からの目視検査

ビデオ空撮画像や
現地踏査等による
抽出

重点監視箇所

- … 「斜面諸元図」「斜面管理図」「斜め空中写真」「カルテ」を作成
- … 「カルテ」に記載の箇所まで移動しての検査



斜面管理図



斜め空中写真

河川橋りょう等に関する一般知識と不定期検査マニュアル



田沢湖線六枚沢橋りょう洗掘(H7.9)



花輪線長木川橋りょう洗掘(H9.9)



検査の実施時期

- ① 洪水時
 - ・ 運転規制の警備時
 - ・ 洪水直後
- ② 災害時
 - ・ 災害直後
- ③ 近接河川工事等により検査の必要が生じたとき
 - ・ 工事前後、および工事中

橋りょう名	河川名	橋りょう形式	橋りょう長さ	河川幅員	河川流量	河川水位	河川流速	河川底質	河川周辺状況	河川管理状況	河川利用状況	河川周辺住民数	河川周辺産業	河川周辺施設	河川周辺環境	河川周辺災害履歴	河川周辺防災設備	河川周辺整備計画	河川周辺調査結果	河川周辺対策
田沢湖線六枚沢橋りょう	六枚沢川	RC橋	100m	10m	100m ³ /s	10m	10m/s	砂・石	河川周辺に農地あり	河川周辺に住宅あり	河川周辺に工場あり	河川周辺に学校あり	河川周辺に商店あり	河川周辺に公園あり	河川周辺に墓地あり	河川周辺に災害履歴あり	河川周辺に防災設備あり	河川周辺に整備計画あり	河川周辺に調査結果あり	河川周辺に対策あり
花輪線長木川橋りょう	長木川	RC橋	100m	10m	100m ³ /s	10m	10m/s	砂・石	河川周辺に農地あり	河川周辺に住宅あり	河川周辺に工場あり	河川周辺に学校あり	河川周辺に商店あり	河川周辺に公園あり	河川周辺に墓地あり	河川周辺に災害履歴あり	河川周辺に防災設備あり	河川周辺に整備計画あり	河川周辺に調査結果あり	河川周辺に対策あり

不定期検査記録簿書式例

9. メンテナンス業務のポイント(まとめ)

65

メンテナンス業務のポイント

①鉄道土木構造物のメンテナンスの特性

- 劣化、変状はローカルコンディション、施工状況等に起因
 - 古い構造物がすべて劣化しているわけではなく、個体差が大きい
 - 統計的な処理だけで評価することは困難、個別箇所の状況把握が不可欠



地域に特有の変状例(アルカリ骨材反応)



地域に特有の変状例(凍害)



個別の詳細な検査の例

- 主要な線区では列車を止めることは不可能
 - 取替えには莫大な経費が必要
 - 既存構造物を適切に検査・修繕し延命化することが基本
 - 全面取替工事は例外的な大事業



常磐線根川橋りょう架替

66

メンテナンス業務のポイント

②メンテナンス業務の特徴

- 繰り返し業務、突発的な事故対応が多く、現状維持となり易い
 - 業務改善目標、教育・訓練、技術レベル向上目標の設定が必要
 - 業務委託会社にも現場を熟知した技術者が必要、安定的・継続的な業務による技術者確保

<定期的な検査業務>



橋りょう検査



トンネル検査



のり面検査

67

メンテナンス業務のポイント

③メンテナンス技術者の育成上の課題

- 設備数量に対してトラブルが少ない
 - 低頻度
- 再現期間が長い
 - 経験を蓄積するチャンスが少ない
- 構造物の変状の進行は比較的緩やかで兆候を捉えることが難しい
 - 検査には一定の技量が必要
- 現場技術者と専門技術者の相互尊敬
 - 多数の設備から弱点を抽出することがスタート
 - ここが難しい



上越線石積土留壁倒壊(1987年)

68