

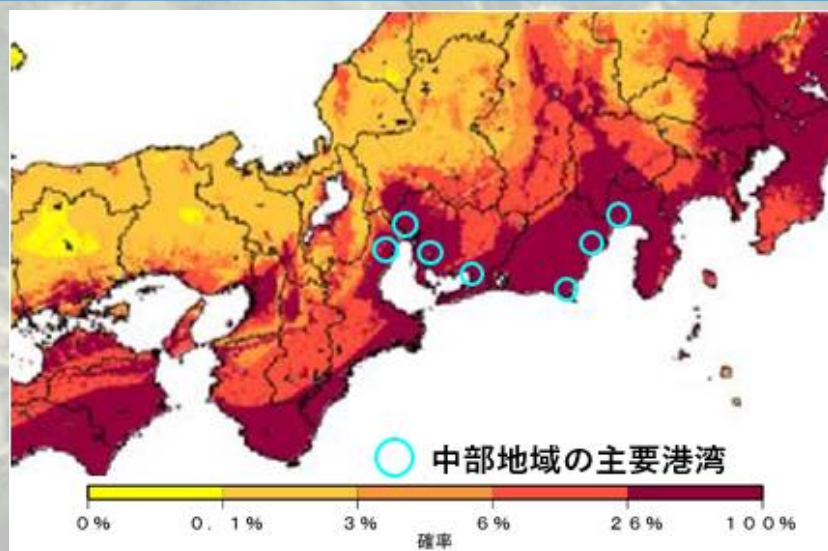
「港湾施設被害度診断システム」その1

(中部地方整備局・ニュージェック・沿岸技術研究センターの3社で開発)



システム開発の背景

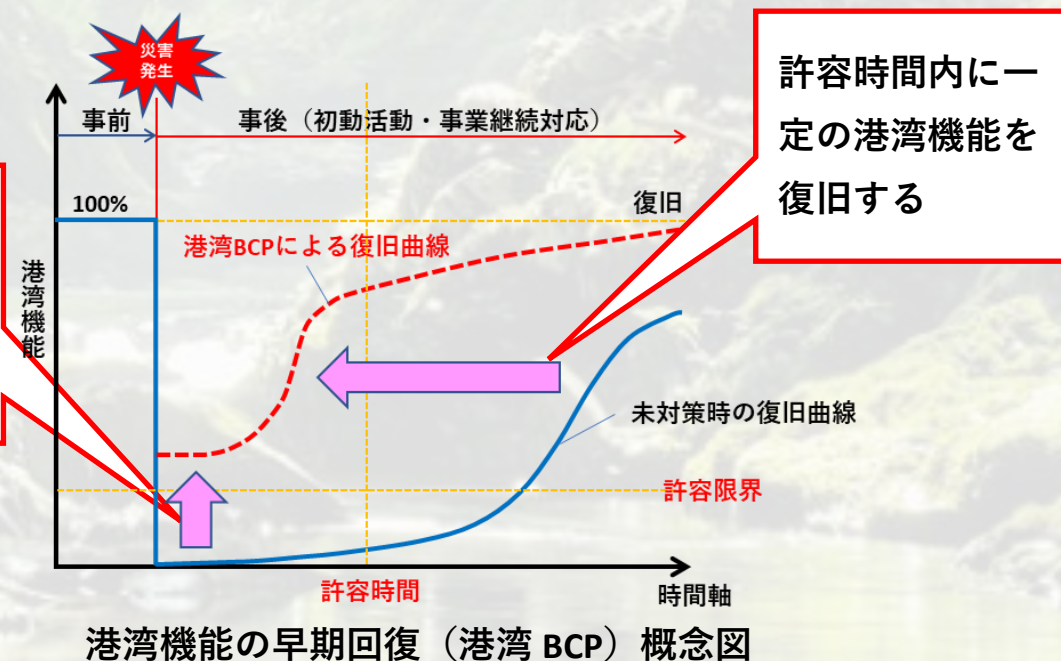
- 南海トラフ巨大地震（M8～M9 クラス）の今後 30 年間の発生確率は **70%～80%**
- 中部の主要港湾は、今後 30 年間に震度 6 以上の揺れに見舞われる確率が高い
- 港湾は、災害発生時には**緊急物資受入拠点・復興活動拠点**として機能
- 地震災害発生直後の**係留施設の使用可否情報**は極めて重要



確率論的地震動予測地図～今後 30 年間に震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率

出典：全国地震動予測地図 2017 年版（地震調査研究推進本部）

災害発生直後も許容限界以上の港湾機能を維持する



港湾機能の早期回復（港湾 BCP）概念図



東日本大震災における緊急物資・燃料の受け入れ

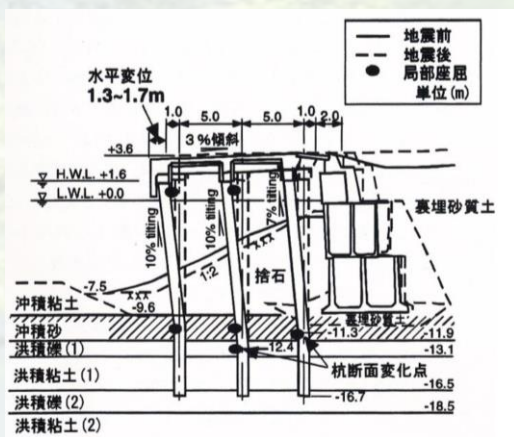
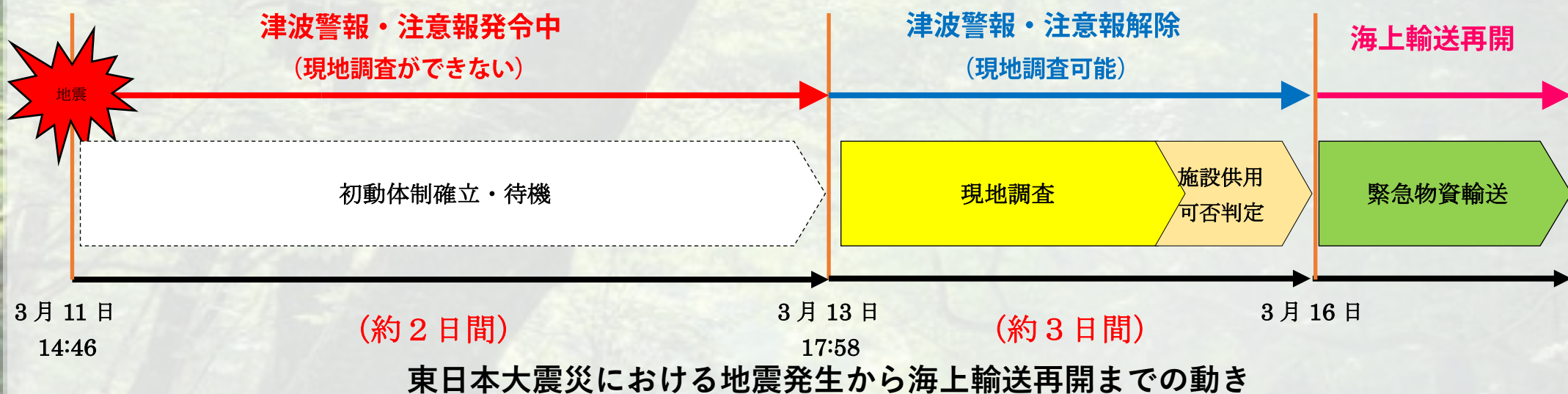
出典：東北地方整備局震災伝承館

「港湾施設被害度診断システム」その2

(中部地方整備局・ニュージェック・沿岸技術研究センターの3社で開発)

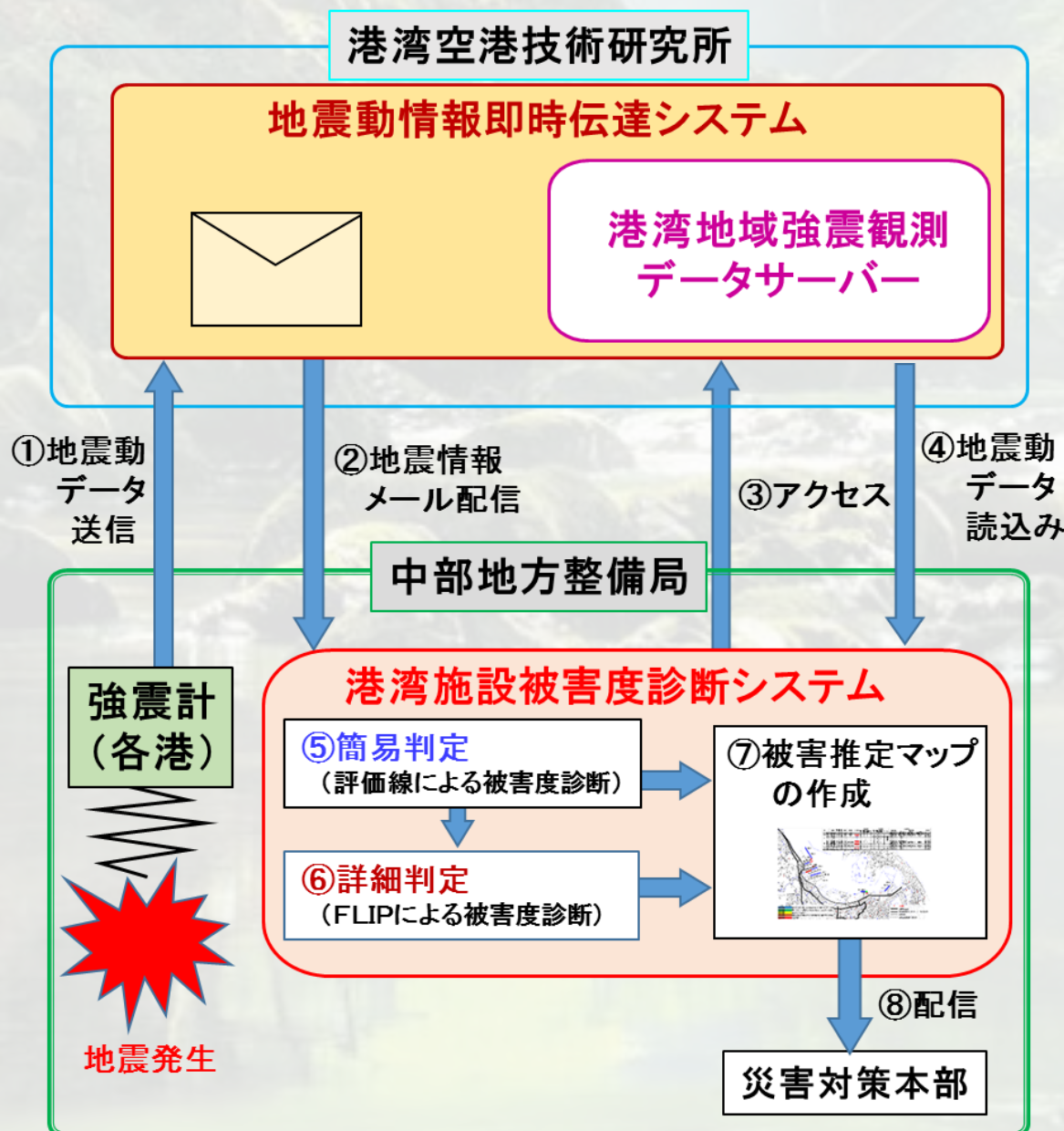
災害時の被災施設確認における3つの課題

- 課題①：津波警報等の発令中は現地調査ができず、被災状況が把握できない
- 課題②：栈橋式・矢板式係留施設は、目視調査では土中部の損傷把握が困難
- 課題③：港湾の施設被災状況調査には多くの時間とマンパワーが必要



阪神淡路大震災における栈橋式係留施設の損傷事例（健全に見えたが鋼管杭が座屈していた）

港湾施設被害度診断システムの概要(フロー)



地震発生～被害推定まで、
自動処理されるシステム

国内初!



「港湾施設被害度診断システム」その3

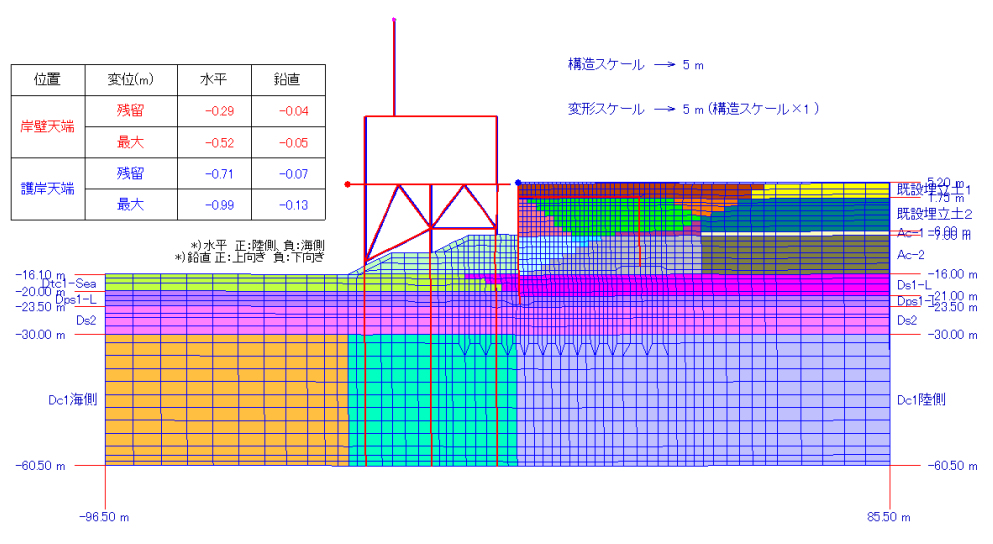
(中部地方整備局・ニュージェック・沿岸技術研究センターの3社で開発)

FLIPを用いた詳細判定手法

○ FLIP は、港湾施設設計における変形照査に使用されており、高精度の被害度診断が可能であることから、本システムの詳細判定に活用

○ FLIP 解析には多くの計算時間を要するため、診断時間短縮の工夫が必要

※ 300 秒以上の地震波を入力した場合、解析終了までに35 時間以上かかる



FLIP による栈橋式係船岸の地震応答解析例

速度の PSI 値を用いた簡易診断手法

- 係留施設毎に大小様々な地震動の FLIP 解析を実施
- 速度の PSI 値と施設被害評価指標との関係を「評価線」として整理
- 地震発生直後に速度の PSI 値を用いて施設被害度を即時推定する手法を開発
- 想定外の要素を排除、あらゆる地震動の大きさに対応、地震動の連続的発生にも対応

※ 300 秒以上の地震波を入力した場合でも、数分で解析終了

【FLIP解析に用いた地震動波形】

- ◇ 50年確率地震動
- ◇ 75年確率地震動(レベル1地震動)
- ◇ 100年確率地震動
- ◇ 150年確率地震動
- ◇ 200年確率地震動
- ◇ 500年確率地震動
- ◇ M6.5直下型レベル2地震動
- ◇ 活断層型レベル2地震動
- ◇ 海溝型レベル2地震動 など

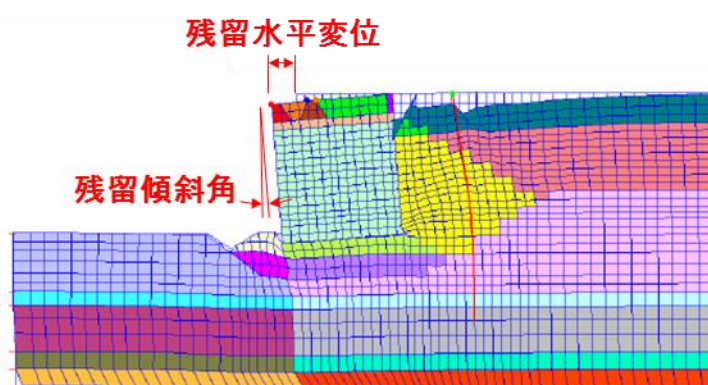


速度の PSI 値と施設被害評価指標の整理例(残留水平変位の例)

簡易診断の施設被害評価指標の種類

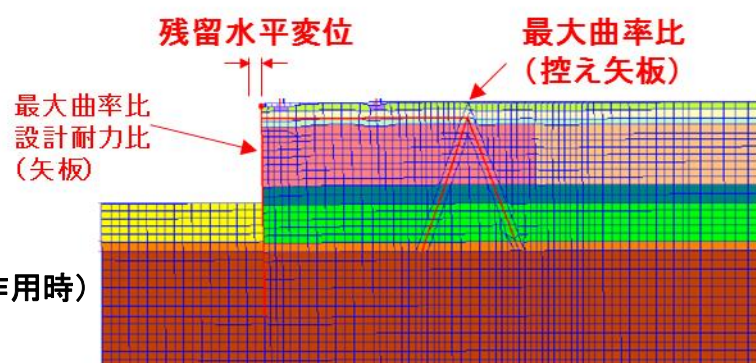
【重力式】

- ◇ 残留水平変位
- ◇ 残留傾斜角



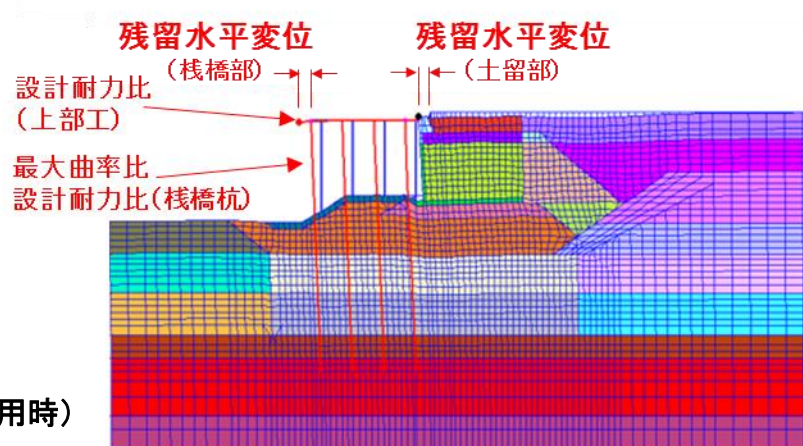
【矢板式】

- ◇ 残留水平変位
- ◇ 最大曲率比(矢板・控え矢板)
- ◇ 設計耐力比(矢板：接岸力・牽引力作用時)



【栈橋式】

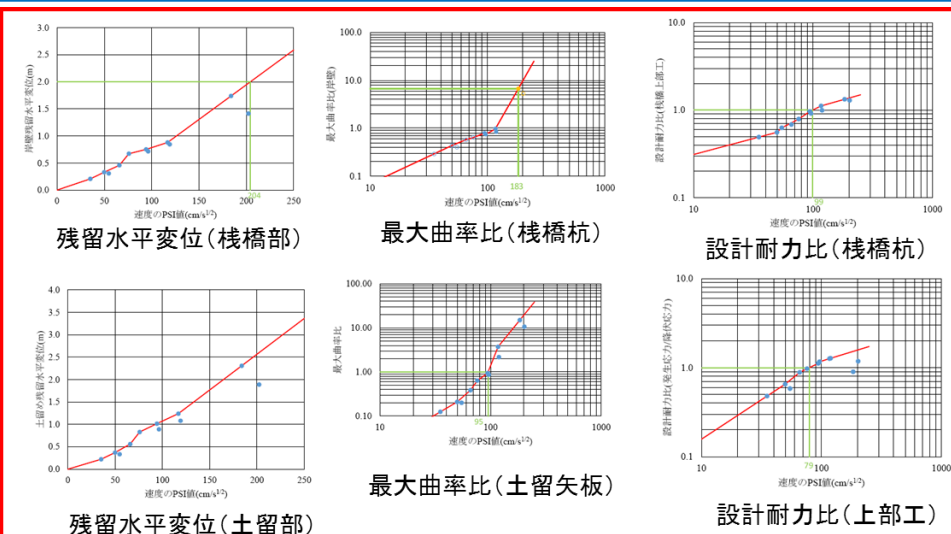
- ◇ 残留水平変位(栈橋部・土留部)
- ◇ 最大曲率比(栈橋杭・土留矢板)
- ◇ 設計耐力比(栈橋杭：接岸力・牽引力作用時)
- ◇ 設計耐力比(上部工：曲げモーメント、剪断力)



施設被害評価指標の評価線

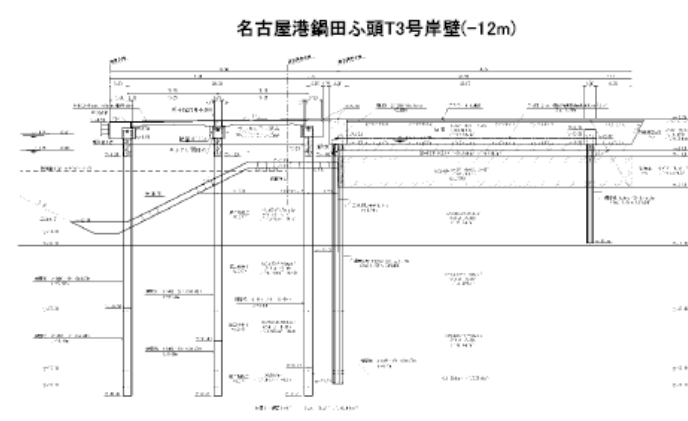
(栈橋式係船岸の事例)

- 係留施設の構造形式を踏まえて複数の施設被害評価指標の評価線を作成



栈橋式岸壁の施設被害評価指標の評価線の事例

様々な指標を踏まえて係留施設の供用可否を判定



「港湾施設被害度診断システム」その4

(中部地方整備局・ニュージェック・沿岸技術研究センターの3社で開発)

診断結果の出力(被害推定マップ)

○ 災害対策本部への提出を想定し、診断結果を「被害推定マップ」として図化

稼働実績の紹介 (H30.6.18 大阪北部地震)

■地震発生からシステム稼働～結果出力の経過

6月18日

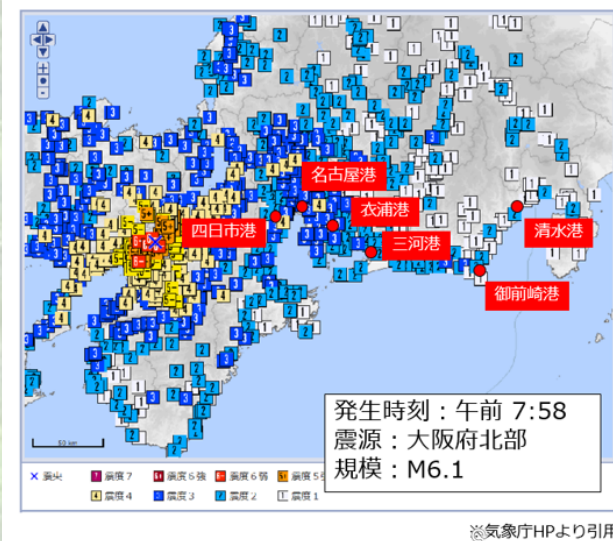
07:58 地震発生

08:04 港湾地域強震観測網(港空研)より地震動情報のメール配信

08:09 システム稼働開始【地震発生13分後】

08:43 全港の簡易判定結果のマップ化完了【地震発生45分後】

16:27 全港の詳細判定結果のマップ化完了【地震発生8時間29分後】



地震動を観測した港湾
・四日市港
・名古屋港
・衣浦港
・三河港
・御前崎港※
・清水港※
※PSI値が2.0以下のため
供用可否判定に移行せず

システムによる
供用可否判定施設
・四日市港 8
・名古屋港 20
・衣浦港 6
・三河港 3
計4港湾37施設

地震発生から 簡易判定は 45分で完了
詳細判定は 509分で完了

簡易診断の施設被害評価指標の種類

課題①： 津波警報等の発令時は現地調査ができず、被災状況が把握できない

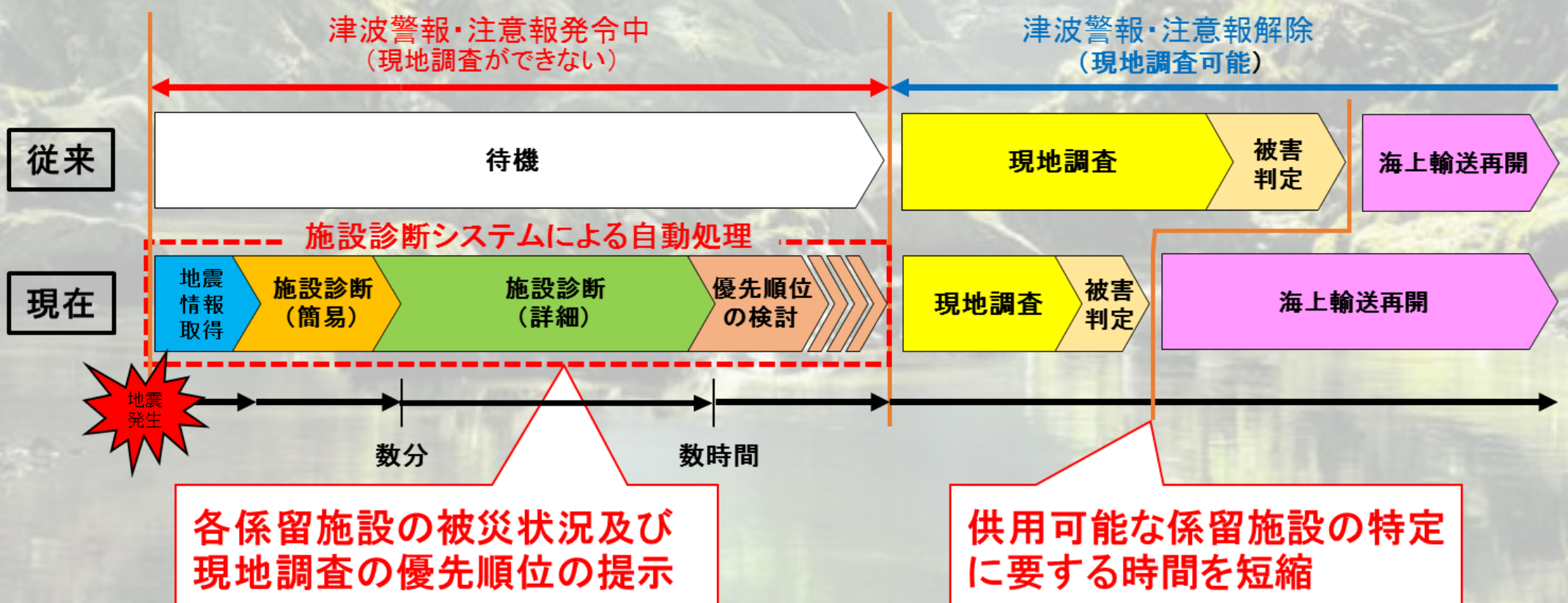
⇒現地調査ができない時間帯に、係留施設の被災状況を推定する

課題②： 栈橋式・矢板式係留施設は、目視調査では地中部の損傷把握が困難

⇒FLIP解析結果を基に地中部の状況を推定し、損傷を把握する

課題③： 港湾の施設被災状況調査には多くの時間とマンパワーが必要

⇒優先順位の提示により現地調査を効率化し、時間短縮と省力化を図る

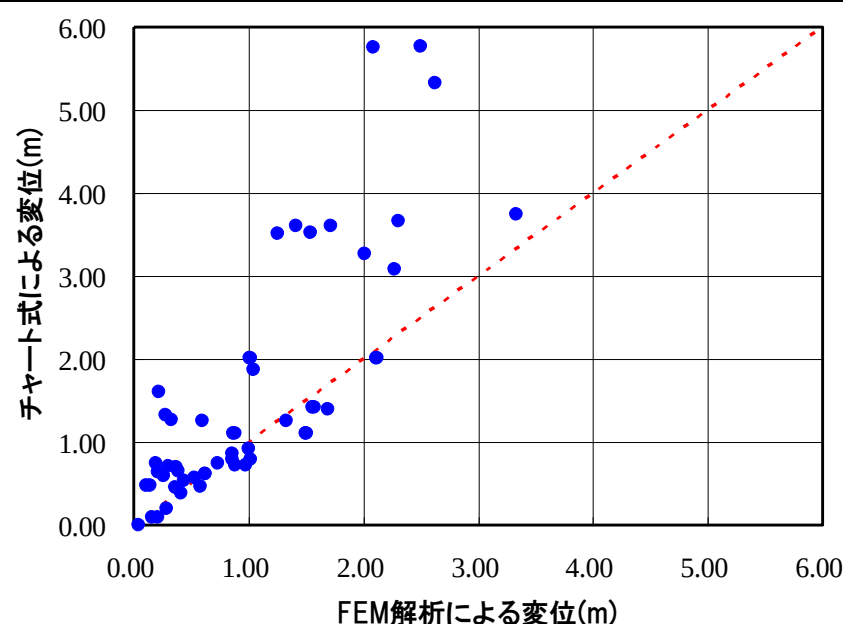


「港湾施設被害度診断システム」その5

(中部地方整備局・ニュージェック・沿岸技術研究センターの3社で開発)

類似技術との比較(沿岸構造物のチャート式耐震診断システム)

ツール	港湾施設被害度診断システム	チャート式耐震診断システム
開発目的	地震発生直後の係留施設の 供用可否判定	地震に対する危険性が高い沿岸構造物の スクリーニング
診断対象	システムに登録された係留施設 (特定の施設)	様々な構造諸元・地盤条件の沿岸構造物 (施設特定なし)
FLIPモデル	個々の施設の構造諸元・地盤条件を反映した 詳細なモデル	標準的な構造形式・地盤条件により 簡略化したモデル
労力	地震波形入力～供用可否判定まで 自動処理	施設情報、地盤情報、地震情報をEXCEL表に 手入力
出力情報	・残留水平変位 ・鋼材照査結果(栈橋式、矢板式) ・上部工照査結果(栈橋式) ・供用可否(暫定供用の可否も判定)	・残留鉛直変位(栈橋式係船岸を除く) ・残留水平変位(傾斜型・重力式防波堤を除く) ・鋼材の健全性(矢板式・栈橋式のみ) ・背後地の沈下量(傾斜型堤防・重力式防波堤を除く)
診断精度	・簡易判定：FLIP解析とほぼ同等 ・詳細判定：FLIP解析と同等	FLIP解析に対して安全側に評価
その他	・港湾毎に判定結果マップを作成 ・クレーンの供用可否も判定可能	・重力式護岸、重力式防波堤の転倒危険性も評価可能

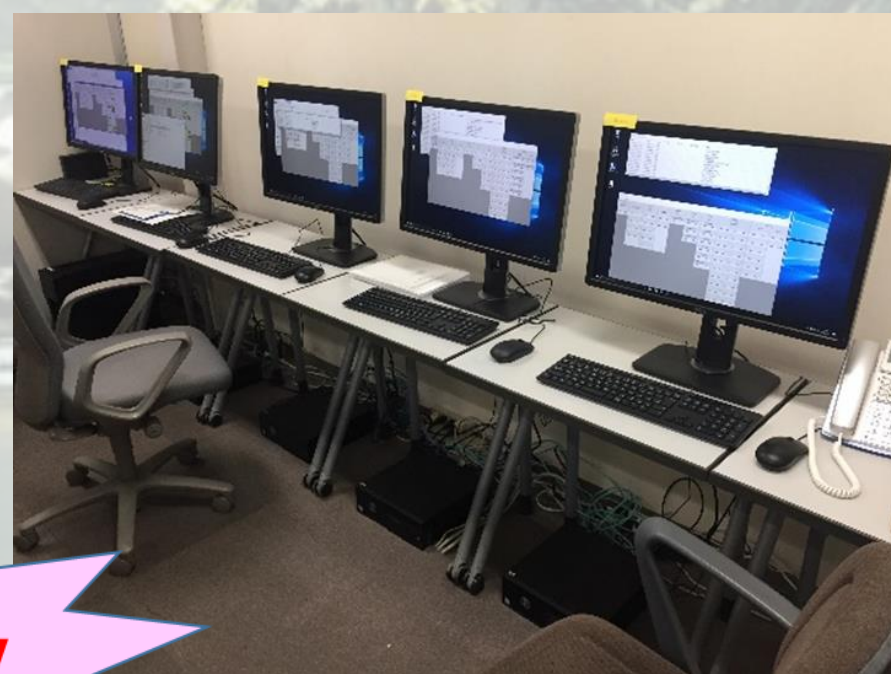


FLIP 解析とチャート式の推定変位量の比較

まとめ(システムの特徴・メリット)

- **現在最高レベルの港湾技術を結集して実現したシステム**
- **他に例が無く、独創性・新規性に長けている**
- 評価線を使用した被害評価指標推定手法の開発により、**想定外の要素を排除し、「全自動」で「短時間」に「高い精度」での供用可否判定を実現**
- パラメトリックスタディにより、**港湾施設以外(ex.河川堤防など)にも適用可能**

港湾施設被害度診断システムは、大規模地震災害に備えて、**365日・24時間** 地震を監視しています。



港湾施設被害度診断システムの待機の様子
(名古屋港湾空港技術調査事務所)

国内初