

2024年度（令和6年度）  
地震工学委員会第1回研究会

地震災害軽減のための  
ダメージフリー構造技術に関する  
調査研究小委員会

—2023年度小委員会活動報告—

## 小委員会構成

- ◆ 委員長：運上 茂樹
  - ◆ 副委員長：松崎 裕
  - ◆ 幹事長：党 紀
  - ◆ 幹事：伊津野 和行（前委員長），何 昕昊，  
川崎 佑磨，藤倉 修一，四井 早紀
  - ◆ 委員数：30名（2024年5月21日現在）
  - ◆ 活動期間：2020年4月～2024年9月（4.5年）
- 
- ◆ 2021年度から以下の3つのワーキンググループを設置
    - WG1（運上主査）：ダメージフリーの在り方
    - WG2（党主査）：新材料・新構造・デバイス
    - WG3（川崎主査）：モニタリングや地震後の診断技術

## 活動概要

我が国では、情報化が発達して交通・電力等ライフラインに極度に依存した都市と、高齢化・人口減少が進む地方とが併存しているが、どちらも大地震に対して脆弱であることは近年の地震被害から明らかである。

人命や生活を守る上で社会基盤構造物の果たす役割は大きく、可能な限りの被害最小化と災害発生時の迅速な事後対応への備えが求められている。

超過外力に対する影響評価や対策技術の開発も喫緊の課題で、地震後の迅速な健全度判定技術も必要とされている。

本小委員会では、我が国が置かれる地震環境や最近の技術開発を踏まえ、今後の地震災害軽減に必要とされる次世代の技術展開について調査研究を行うことを目的として活動している。

## 2023年度の活動報告(1)

- ◆委員会・幹事会（委員会3回・幹事会1回）
  - 第1回幹事会：2023年4月18日 7名参加  
（委員会事項：5月の総会に向けた予算，今後の進め方  
（報告書とりまとめ）に関する協議）
  - 第1回委員会：2023年4月19日 オンライン20名参加  
（講演：原子力発電所鉄筋コンクリート製地中構造物の耐  
震性能照査高度化研究）  
（委員会事項：各WGの活動状況報告，  
R4年度予算執行結果報告，  
小委員会の活動計画・スケジュール，  
小委員会の最終成果準備）
  - 第2回委員会：2023年12月14日 オンライン18名参加  
（委員会事項：最終報告書の進捗に関する協議）
  - 第3回委員会：2024年3月11日 対面 15名参加  
（委員会事項：最終報告書の審議，今後の進め方）

## 2023年度の活動報告(2)

### ◆WG活動 (WG1：1回, WG2：9回, WG3：2回) (WG1：1回＋メール審議)

- 報告書担当章の中間打ち合わせ
- その後、報告書執筆作業を進めながらメールでの議論

### (WG2：9回＋メール審議)

- WG2：技術レビュー  
報告書作成に関する集計作業と修正について議論  
ダンパー実験見学
  - SWG1（新構造）：新構造に関する技術レビュー報告
  - SWG2（新材料）：新材料に関する技術レビュー報告
  - SWG3（新デバイス）：新デバイスに関する技術  
レビュー報告

### (WG3：2回＋メール審議)

- 報告書の構成・担当案，1次案の進捗審議

## 2023年度の活動報告(3)

### ◆ 小委員会活動成果報告書のとりまとめ

2023年度は小委員会活動の最終年度にあたり、委員会・3WGにおいて、成果報告書の作成に注力

### ◆ ポイント：

- **ダメージフリーの達成目標**  
被害最小化，迅速な事後対応への備え，超過外力に対するリダンダンシー強化，迅速な健全度診断，等
- **ダメージフリー・コンセプト**
- **ダメージフリーを実現する新構造，新材料，新デバイス**
- **ダメージフリーを実現する診断技術**

地震災害軽減のためのダメージフリー構造  
技術に関する調査研究小委員会  
活動成果報告書

— 真に地震災害に強い新たな構造コンセプトの展開に向けて —

2024年3月11日（時点版）

土木学会 地震工学委員会

## 2023年度の活動報告(4)

### ◆小委員会活動成果報告書：議論継続中の目次案

まえがき

小委員会委員名簿

#### 第1章 研究目的

1. 1 本小委員会の研究目的
1. 2 研究分担と研究体制
1. 3 小委員会の活動経緯

#### 第2章 ダメージフリーコンセプト (WG1)

2. 1 ダメージとダメージフリー（物理的，機能的）
2. 2 社会的に求められる要求性能レベル：ダメージフリー
2. 3 既往のデザインコンセプト
2. 4 DF小委員会で目指す地震被害軽減のためのコンセプトの定義
2. 5 ダメージフリーコンセプトに基づく設計論

## 2023年度の活動報告(5)

### ◆小委員会活動成果報告書：議論継続中の目次案

#### 第3章 ダメージフリーを目指す新構造・新材料・新デバイス (WG2)

3. 1 新構造に関する技術レビューと最近の研究事例
3. 2 新材料に関する技術レビューと最近の研究事例, 性能実験
3. 3 新デバイスに関する技術レビューと最近の研究事例, 性能実験

#### 第4章 ダメージフリーをモニタリング・診断するためのIoTセンシング技術 (WG3)

4. 1 既往の事例・調査～地震応答などを対象～
4. 2 既往の事例・調査～IoT技術の活用～
4. 3 既往の事例・調査～その他～
4. 4 実橋へのIoTセンシング適用事例

#### 第5章 ダメージフリー構造技術に関するまとめ及び方向性, 今後の課題

5. 1 現状の整理と目指す方向性
5. 2 今後の課題

あとがき



# ダメージフリー構造とは？ 何を目指しているのか？

1. ダメージとは？
2. ダメージフリーとは？
3. 本小委員会で目指すダメージフリー構造とは？
4. これまでのデザインコンセプトとは何が違うのか？
5. ダメージフリーを実現するための新たな構造技術の方向性は？

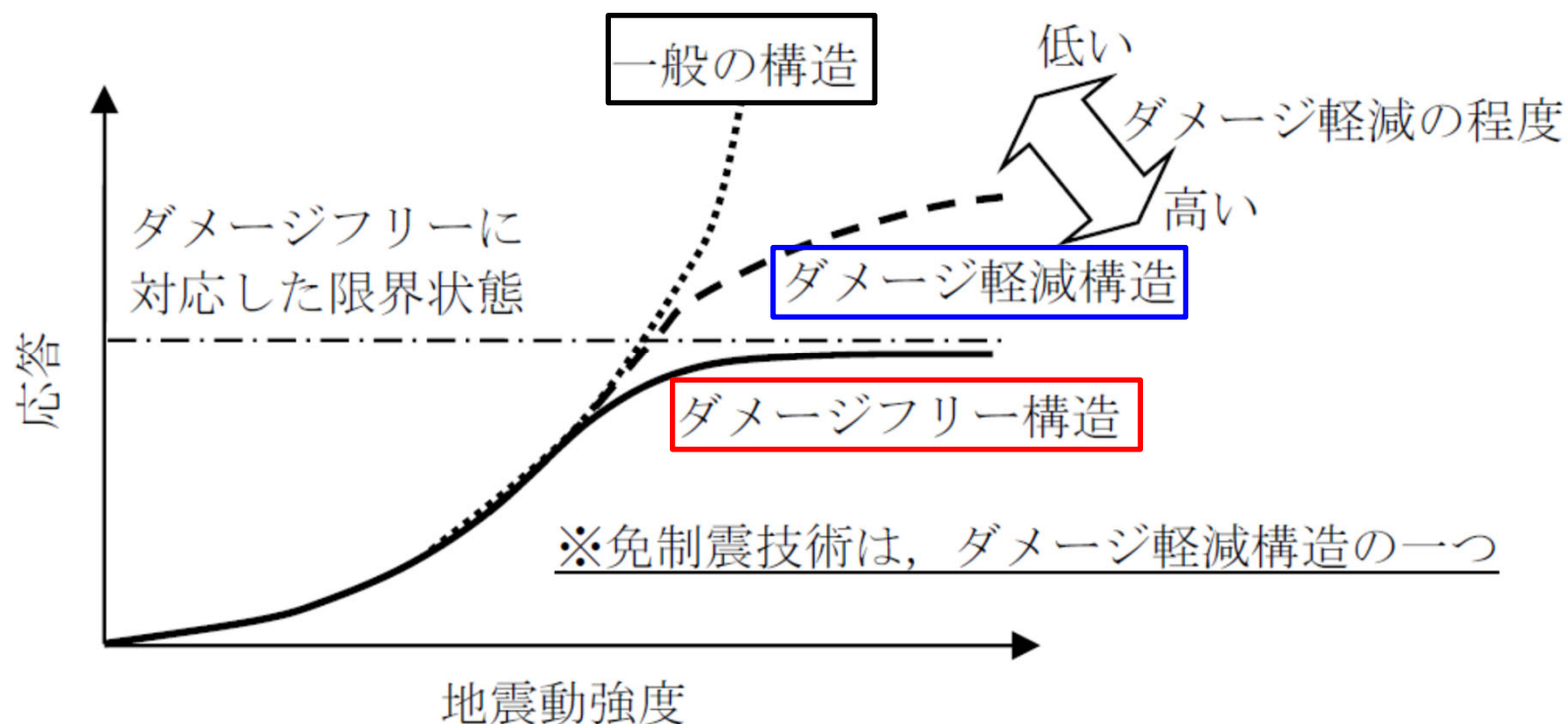
# 1. ダメージとは？

- **ダメージといっても様々な捉え方がある**
  - 構造物等本体のダメージ（部材等のひびわれ・剥離等）
  - 構造物等が果たすべき機能のダメージ  
（荷重支持性能低下・残留変位による使用制限等）
  - 構造物等の挙動が人命に及ぼすダメージ  
（利用者あるいは周辺に波及する崩壊等）



## 2. ダメージフリーとは？

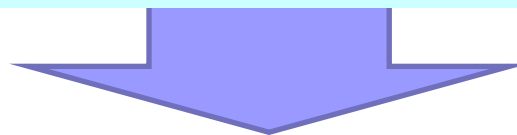
- ダメージの捉え方に関する議論
  - 究極の概念としての**ダメージフリー構造**
  - さらに、**ダメージ軽減構造**



## 2. ダメージフリーとは？

### ➤ 改めて、ダメージとは？

地震など外力作用によって発生する「ダメージ」とは、「構造物等本体への影響」のみならず、構造物等に起因する「人命への影響」，「社会・経済への影響」を含み，その事象「ダメージ」が発生していない状態からの「負の変化（低下・喪失・影響）を有する状態」を意味する。



### ➤ 「ダメージフリー」とは？

「構造物等本体に全く損傷が生じない」というある特定の構造物等の状態に限定されず，この状態を含め，「構造物等の有する役割・機能・性能」の負の変化（低下・喪失・影響）を防ぐこと，あるいは，従来に比較してその負の変化の程度を大幅に縮小・軽減できること，を意味する。

### 3. ダメージフリー構造とは？

#### ▶ 本小委員会で研究対象とする 「ダメージフリー構造」

想定を超えるような外力に対しても、ねばり強く抵抗し、仮に損傷が発生してもその状態を適格に検知・診断し、そして容易に修復可能である機能をビルトインした構造機構であり、さらに構造物の管理体制・システムを含めて、「構造物の有する役割・機能・性能」の負の変化（低下・喪失・影響）を防止する、あるいは、従来に比較して大幅に最小化可能な構造機構とその管理体制、を意味する。

## 4. これまでのデザインコンセプト とは何が違うのか？

### ➤ 危機耐性コンセプト：Anti-Catastrophe Concept

危機耐性：設計で想定された外力を越える外力に対しても耐性をもつこと（「想定外」の事象への対応）

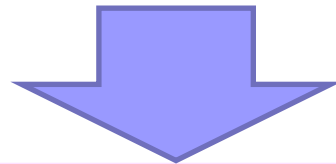
定義：狭義の設計段階で想定していなかった事象においても，構造物が，単体またはシステムとして，破滅的な状況に陥らないような性質

設計	カテゴリー1		カテゴリー2
	レベル1 地震	レベル2 地震	
性能	安全性		危機耐性
	復旧性・修復性		
	使用性・供用性		

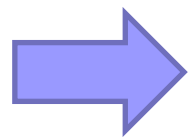
## 5. ダメージフリーを実現するための 構造技術の方向性は？

### ➤ ダメージフリー構造

想定を超えるような外力に対しても、「建造物の有する役割・機能・性能」の負の変化（低下・喪失・影響）を防止する、あるいは、従来に比較して大幅に最小化可能な構造機構とその管理体制を意味する。



➤ 従来のレベル1・レベル2地震の対象範囲領域を機能性確保の観点で各段に拡張可能な新構造技術



それを実現する新構造・新材料・新デバイス  
6S-Technologies & 設計技術

## ➤ ダメージフリー構造技術の方向性の例

### 6S-Technologies & 設計技術

- Self-Reliance — 地盤震動から独立・分離した構造  
(免震, 遮断機構)
- Super-Elasticity — 超弾性構造 (材料等)
- Super-Ductility — 超じん性構造 (材料等)  
(損傷分散 / 損傷ステップ制御機構)
- Super-Energy Absorption — 超減衰構造・機構
- Self-Diagnosis — 自己損傷検知 / Real-Time (RT) 健全性診断  
(最小観測点のデータに基づくRT自動診断)
- Self-Repairability — セルフセンタリング機構 (残留変形最小化)  
— 機能確保下で修復可能な構造 (自立機構)

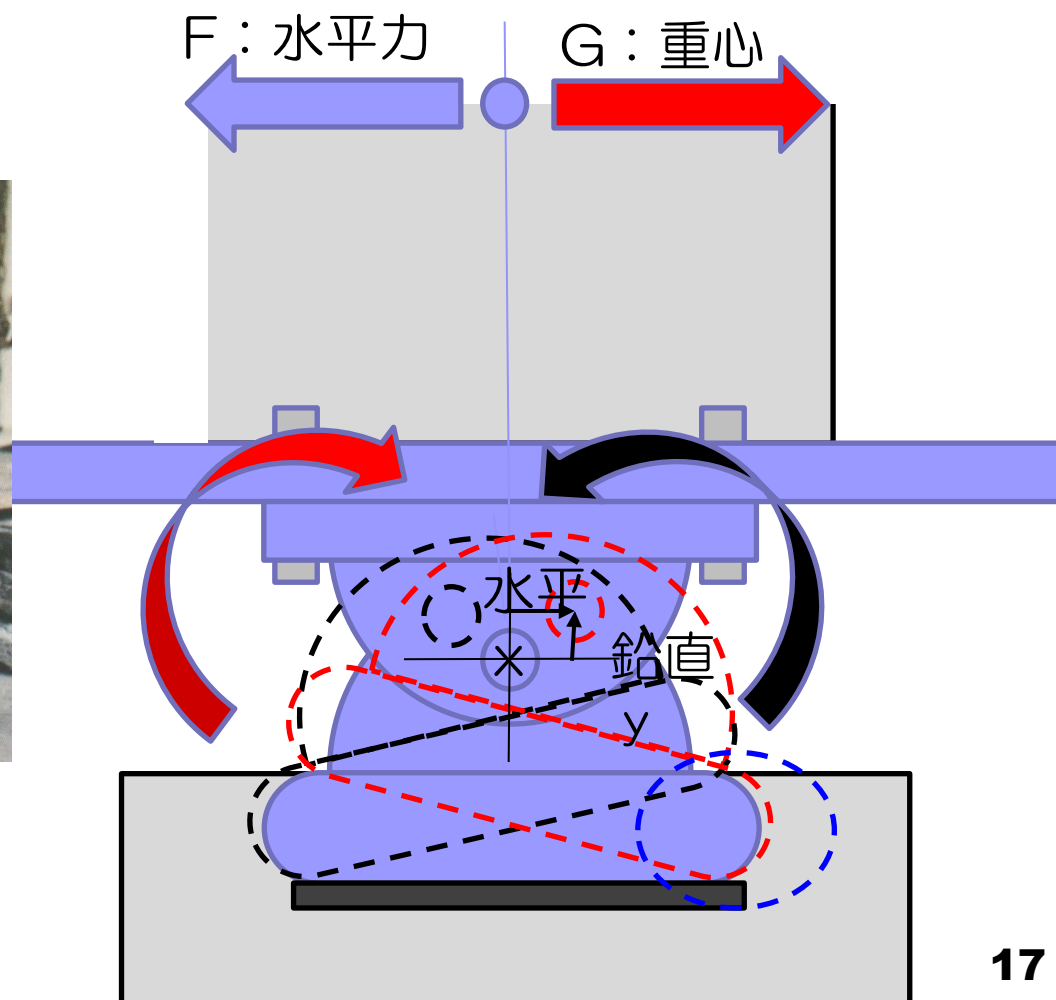


## Example: Self-Reliance

- 地盤震動から独立・分離した構造
- ロッキング免震支承（トリガー機能付地震力遮断機構）

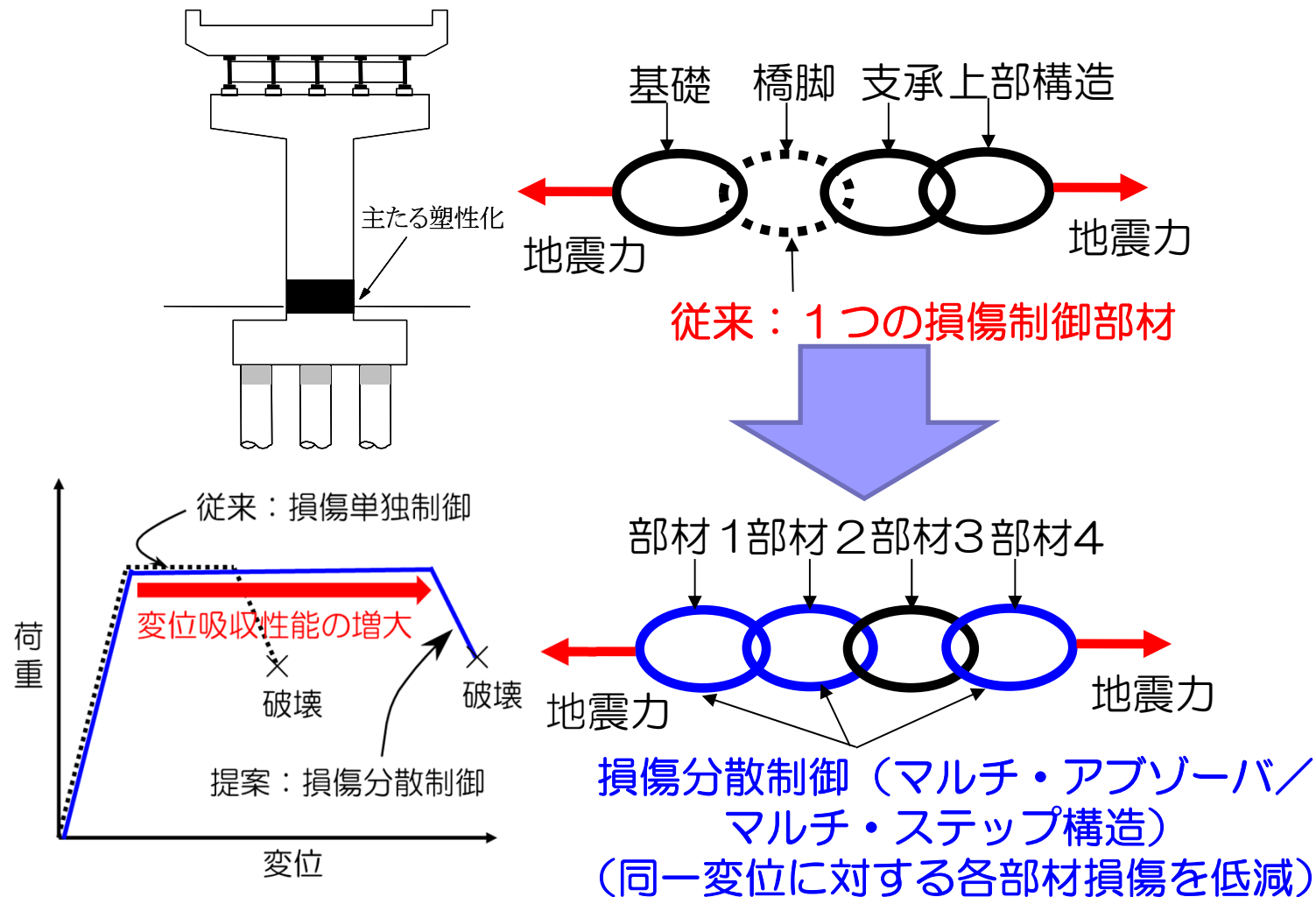


ピン支承の実損傷例：  
アンカーボルトの抜け出し



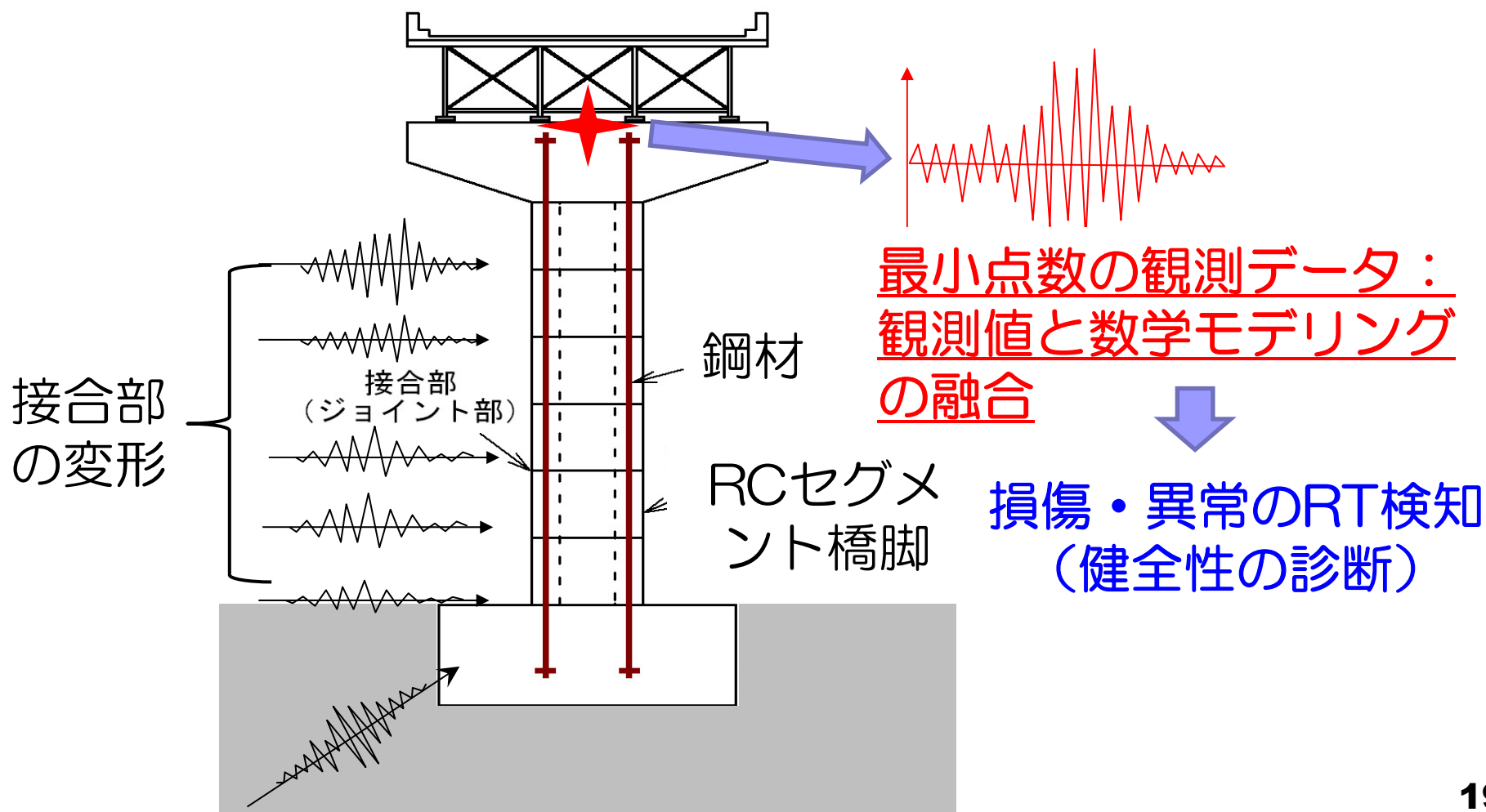
# Example: Super-Ductility

- 超じん性構造
- マルチ・アブゾーバ/マルチ・ステップ変形吸収機構



## Example: Self-Diagnosis

- 自己損傷検知／リアルタイム健全性診断
- 最小観測点データに基づく自動診断（状態把握オブザーバ）



## 2024年度の活動計画

### ◆小委員会・WG活動等

- 小委員会の活動成果報告書の調整，原稿ブラッシュアップ，印刷作業，そして成果報告会の企画準備・開催  
（令和5年12月の地震工学委員会総会において，2024年9月までの活動が承認）

### ◆行事等の予定

- 2024年9月18日（水）：報告会を開催予定  
（ハイブリッド形式，小委員会活動成果の報告）  
是非，ご参加のほどよろしくお願いいたします！

ご清聴ありがとうございました。