

# 性能に基づく橋梁等構造物の 耐震設計法に関する研究小委員会 活動報告

委員数59名（大学：16名，公的機関研究所・道路会社等：7名，民間：36名，H29年5月23日）

委員長：矢部正明，副委員長：秋山充良

幹事長：松崎 裕

幹 事：小野 潔，高橋良和，武田篤史

## 小委員会のWG構成と主な検討項目

### 性能設計WG

武田篤史主査

- 危機耐性を指向した橋梁の耐震設計
- 橋の地震応答観測の普及に向けた検討

### 動的解析WG

矢部正明主査

- 動的解析の実力と有効性の提示
- 耐震設計に用いる地震応答算出の高度化

### 既存構造WG

秋山充良主査

- 既存コンクリート構造物の耐震性能評価
- 免震支承や制震装置に生じる経年劣化と耐震性能評価
- 施工上の制約を受ける橋梁構造の耐震補強

### 熊本地震による 橋梁被害分析WG

高橋良和主査

- 橋梁の被害実態の整理
- 橋梁の被災原因の究明

# 性能設計WG：危機耐性を指向した橋梁の耐震設計

## 危機耐性＝「想定外」との訣別

設計地震動：工学的な合理性で決定  
＝設計地震動以上の地震は発生しうる

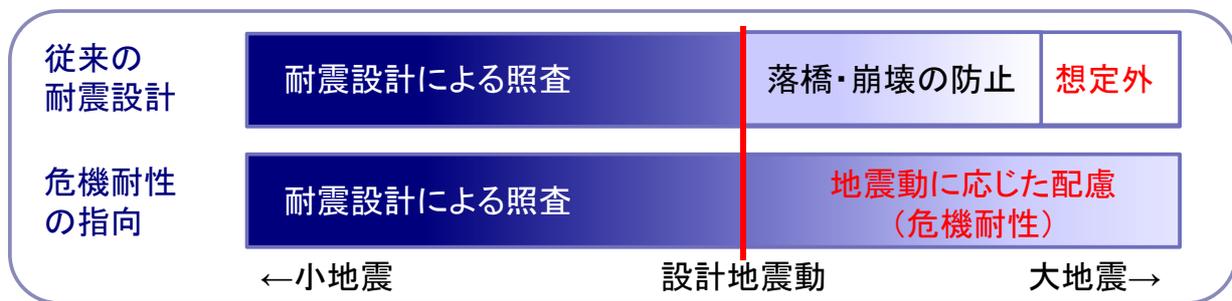
設計地震動以上の地震に対しても、  
社会への影響を軽減するように配慮する

従来の耐震設計でも  
・落橋防止装置  
・RCのせん断破壊防止  
これら配慮には限界がある

## コラプスコントロールの導入

絶対に破壊しないものは、  
構築不可能

↓  
どのように壊すか  
どのように復旧するか



3

# 性能設計WG：危機耐性を指向した橋梁の耐震設計

## 主な検討課題（報告書内容）

### 1. 危機耐性を考慮した耐震設計の考え方

- ・危機耐性の概念・定義  
あらゆる状況の想定→社会的な影響を小さくする配慮
- ・周辺概念に用いる用語  
レジリエンス，ロバストネス，リダンダンシー・・・
- ・現行基準における危機耐性  
落橋防止装置，せん断破壊の防止，構造計画における配慮・・・

### 2. ライフサイクルにおける危機耐性の考え方

- ・計画段階，設計段階，施工段階，供用段階，既設構造物補強時の各段階  
コラプスコントロールと復旧ストーリーの構築，具体化，実現，更新，再構築

### 3. 危機耐性の実装に向けての課題

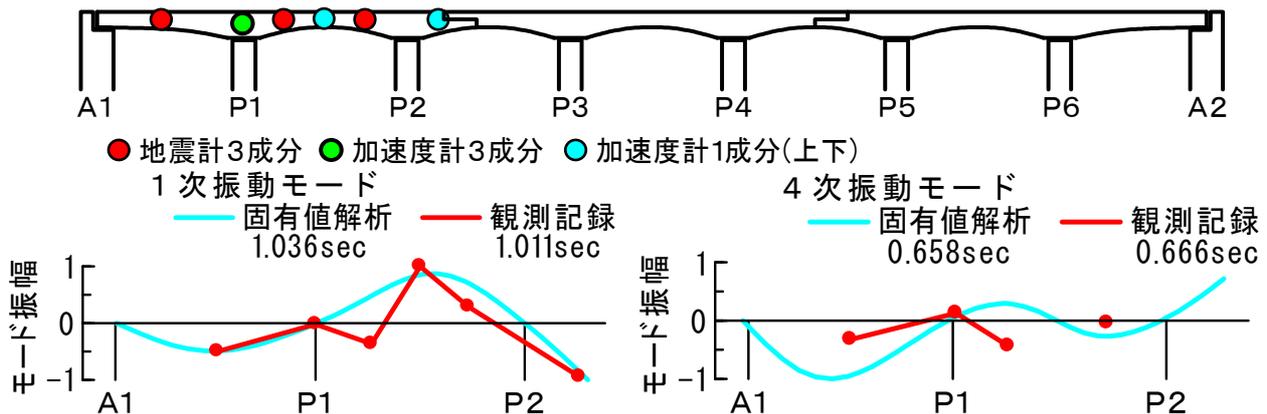
- ・技術的な課題，制度的な課題，社会的な課題  
性能の規定方法，規準への導入方法，社会的コンセンサス・・・
- ・必要となる技術開発課題  
ポストピークの解析技術，危機耐性の高い構造形式・・・

4

# 橋の地震応答の観測を普及させるための検討

## 目次案

1. 橋の地震応答観測の現状
2. 橋の地震応答観測の必要性
3. 橋の地震応答観測普及のための方策
4. 地震計を用いた橋の応答の連続観測実施例



5

## 既存構造WG

### 目次案

1. 既存コンクリート構造物の耐震性能評価(取りまとめ:松崎裕先生)
  - 1.1 材料劣化が鉄筋やコンクリートの力学的特性に及ぼす影響
  - 1.2 材料劣化が生じたコンクリート部材の構造性能に関する実験的研究
  - 1.3 材料劣化が生じたコンクリート部材の構造性能に関する解析的研究
  - 1.4 コンクリート部材に生じた材料劣化および部材の力学特性の変化に関する点検・検査・診断
  - 1.5 既存コンクリート構造物の補修・補強における注意点
  - 1.6 既存コンクリート構造物の耐震性能評価の合理化に向けた提言
2. 免震支承や制震装置に生じる経年劣化と耐震性能評価(取りまとめ:党紀先生)
  - 2.1 免震支承や制震装置に関連する経年劣化事例
  - 2.2 免震支承や制震装置に生じる経年劣化が耐震性能に及ぼす影響
  - 2.3 免制震装置の点検・検査・診断方法の整理
  - 2.4 諸外国の設計基準に採用されている免震支承や制震装置の経年劣化対策
  - 2.5 橋梁用免制震デバイスの耐震設計と維持管理
  - 2.6 橋梁用免制震デバイスの耐久性向上に関する近年の進展と展望
3. 施工上の制約を受ける橋梁構造の耐震補強(取りまとめ:松村政秀先生)  
施工が困難な実例の収集→耐震補強の進展を防ぐ技術的課題の整理

6

# ライフサイクル地震工学の必要性 (RC部材・免震支承等)

## 1章・2章の目指すところ

→ 以下のような問題1~4への解答に資する基礎データ・文献情報の提供



竣工後数十年先の耐震性をどのように確保するのか？

問題1: 腐食ひび割れを有する構造物はどの程度  
初期状態より耐震安全性が低下しているのか？

問題2: あと何年間, 耐震性を有するのか？  
(余寿命は何年か？)

問題3: どのような点検・検査結果が得られた場合が  
倒壊の危険信号か？

問題4: 適切な補修・補強の実施時期は？

医療の現場

誕生

成長・青年期

老化の進行

発病・悪化

死亡



膨大なサンプルの蓄積  
⇒ 点検・検査に基づき, 患者の  
状況に応じた適切な診断



インフラ構造

竣工・健全

潜伏期

劣化の顕在期

損傷・倒壊

架け替え

竣工から倒壊までの劣化の変状をモニターした事例が皆無  
⇒ 点検・検査に基づきインフラ構造の余寿命評価が現時点で困難

7

## 施工上の制約を受ける橋梁の耐震補強

### 3章の目指すところ

施工上の制約を受ける困難な事例の収集 → 補強の進展を防ぐ技術課題の整理

#### 着目する制約

- 施工時期・時間の制限 (渇水期, 鉄道運行時間の長さ等)
- 施工空間の制限 (建築限界・作業ヤード・店舗と隣接等)
- 騒音・振動の制限
- 異なる管理者間の協議の困難さ
- 技術基準 (既存構造物の性能照査基準の必要性)
- 経済性

8

## 目次案

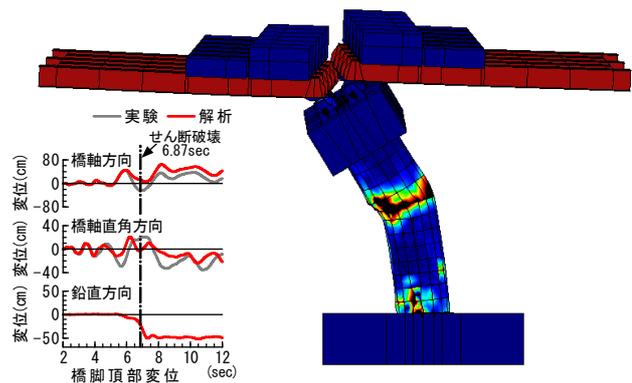
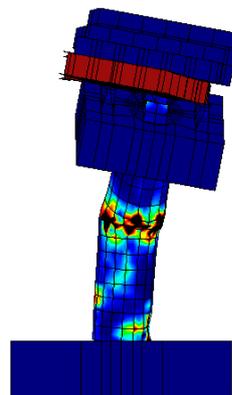
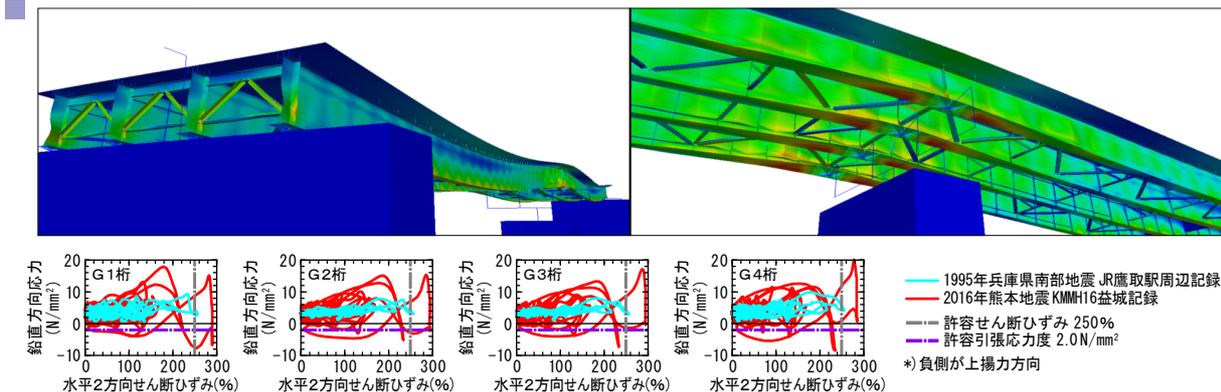
### 1. 動的解析の実力と有効性の提示

- 1-1. 橋で観測された地震応答の再現性
- 1-2. 地震動によって橋に生じた損傷の再現性
  - 1-2-1. 被害が生じた橋の周辺地盤上での地震動の推定
  - 1-2-2. 橋に生じた損傷の再現性
- 1-3. 大型模型による振動破壊実験の再現性
- 1-4. 大型模型による正負交番載荷実験の再現性
- 1-5. 動的プッシュオーバー解析を用いた設計地震動を超える地震動強度に対する橋の地震応答の外挿

### 2. 耐震設計に用いる地震応答算出の高度化

- 2-1. 積層ゴム系支承の地震応答を算出するための上部構造モデルの詳細化
- 2-2. 免・制震ディバイスを用いた橋の粘性減衰マトリックスのモデル化  
(要素別Rayleigh型粘性減衰による免震橋加振実験結果の再現性)
- 2-3. 橋の減衰に関する研究のレビュー
- 2-4. 被害地震の際に観測された強震記録による地震応答特性  
(構造から見た地震動特性)

## 積層ゴム系支承の地震応答算出・曲げせん断破壊震動実験



## 熊本地震による橋梁被害分析WG

### 検討方針（報告書内容）

熊本地震で被災した橋梁について、特徴的な被災橋梁ごとにサブWGを立ち上げ、被災状況を整理するとともに、被災メカニズムを推定する。その際、**できるだけ2パターン以上のストーリー**を考える。

推定した被災メカニズムに応じて解析方針を決定、数値解析を行い、被災メカニズムを検討する。

### 対象橋梁とSWG長

- 大切畑大橋(松崎・東北大)
- 俵山大橋(馬越・耐震解析研究所)
- 扇の坂橋(藤倉・宇都宮大)
- 桑鶴大橋(松永・共同技術コンサルタント)
- 府領第一橋(幸左・元九工大)
- 阿蘇大橋(崔・九州大)
- 南阿蘇橋(秋山・早稲田大)

11

## 熊本地震による橋梁被害分析WG

### 大切畑大橋に対する着眼点

- 加速度入力と変位入力(残留変形に対する測量結果も踏まえる)
- 元来、橋軸方向を念頭に置いた落橋防止構造の効果？
- 設計で想定した損傷シナリオ通りの壊れ方？
- 地動加速度、地盤変位等の超過作用に対する危機耐性の実装
- 復旧性を考慮したあるべき壊し方、そのための構造とは？

### 俵山大橋に対する着眼点

- 橋台パラペットとの桁衝突、主桁下フランジの座屈、RC橋脚、ゴム支承といった特徴的な損傷を橋梁全体系モデルを用いた地震応答解析によって再現・評価し、被害メカニズムを解明する。

### 扇の坂橋に対する着眼点

- 非線形動的解析による再現解析結果と被害との比較
- 曲線橋としての回転挙動
- 桁とパラペットの衝突

12

## 熊本地震による橋梁被害分析WG

### 桑鶴大橋に対する着眼点

- 基礎の被災・地盤変状を含む被害分析に基づく地震発生から被災に至る2パターン以上のシナリオ(仮説)の作成
- 再現解析と被害との比較

### 府領第一橋に対する着眼点

- 桁衝突から落橋に至る現象を数値解析的に評価
- 変位制限・支承のモデル化・落橋防止システムの設計法

### 阿蘇大橋に対する着眼点

- 土砂災害による橋の崩落の可能性について、橋に落下した土砂量を推定し、静的解析による分析
- 周辺地盤上の推定地震動を用いた地震応答解析

### 南阿蘇橋に対する着眼点

- 橋軸直角方向の地震時応答変位は、桁がRC壁に衝突するほどの値に達しているのか(衝突速度の推定)
- 耐震補強の効果の確認

13

## 性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム

平成10年以降ほぼ毎年開催しており、今年度で20回目の開催

**日時** 平成29年7月4日(火)・5日(水)

**場所** 土木学会 講堂およびA・B会議室

**参加費** 正会員10,000円/人, 学生会員6,000円/人,  
非会員15,000円/人(講演論文集代含む)

**特別講演** 川島一彦先生

橋梁の耐震設計の目指す方向(向かうべき方向)

小委員会中間報告

**講演論文提出締切** 平成29年6月7日(水)

### 特徴

1. 地震被害分析や復旧工事から、実務事例、小委員会で議論している危機耐性も含めて広範なテーマを募集
2. 40歳以下の若手研究者・技術者を対象とした優秀講演者表彰<sup>14</sup>