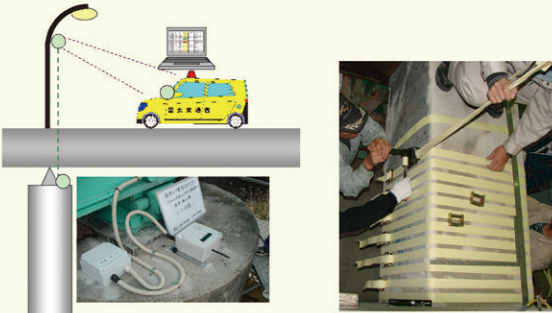


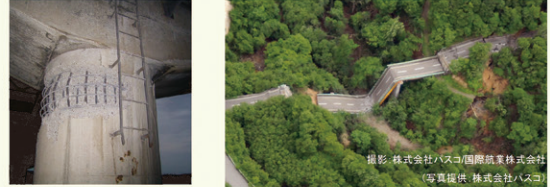
## 橋の地震損傷を早期に検知、復旧する技術



(独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター  
平成23年9月30日 土研新技術ショーケース 2011 in 東京

## 頻発する大規模な地震と道路橋の被害

- 2003年宮城県北部地震 (M6.4, 震度6強)
- 2003年十勝沖地震 (M8.0, 震度6弱)
- 2004年新潟県中越地震 (M6.8, 震度7)
- 2005年福岡県西方沖地震 (M7.0, 震度6弱)
- 2007年能登半島地震 (M6.9, 震度6強)
- 2007年新潟県中越沖地震 (M6.8, 震度6強)
- 2008年岩手・宮城内陸地震 (M7.2, 震度6強)
- 2011年東北地方太平洋沖地震 (M9.0, 震度7)



撮影: 株式会社ハスコ/国際産業株式会社  
(写真提供: 株式会社ハスコ)

## 道路橋の点検・復旧の重要性

### 災害時道路ネットワークの確保

地震直後の救急救命活動, 被災者の避難, 救援物資輸送等の震後対応において極めて重要



## 安全性, 供用性に影響する橋脚の被害

落橋, 道路面の大きな沈下等の明らかな被害



## 安全性, 供用性に影響する橋脚の被害

路上走行による点検では分からない被害



## 道路橋の点検における現状の課題



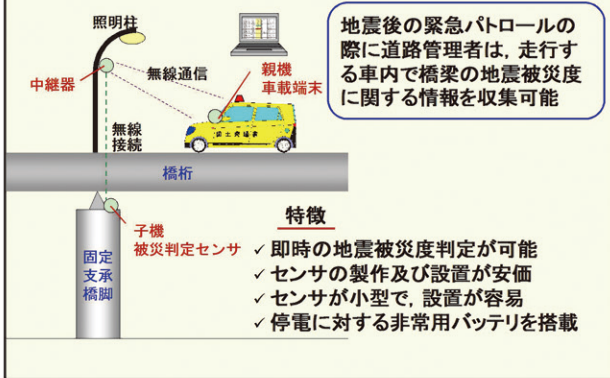
- ✓ 目視による被災の検知  
→ 異常時における詳細点検による
- ✓ 被災程度の把握
- ✓ 使用性, 応急復旧の判断  
→ 専門家による目視判定による

- 被災程度の定量的な判断基準がない
- 目視による判定が困難(水中の構造物, 夜間)
- 全体の被災度の把握に時間がかかる



構造物の損傷を迅速かつ客観的に検知・判定できる技術の開発

### 橋梁の地震被災度判定システムの要求性能



### 対象構造物

#### 既往の地震被害

鉄筋コンクリート橋脚の被害が多い



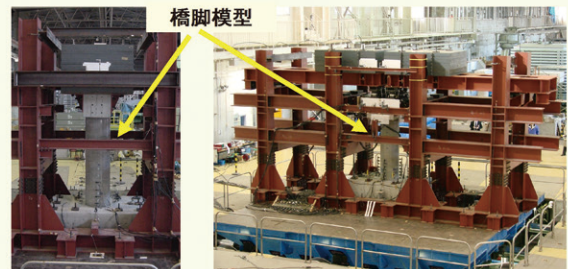
### 研究のアプローチ

- ・ 鉄筋コンクリート橋脚模型に対する振動台加震実験結果の分析
- ・ 被災度判定センサの試作と実橋梁における測定実験
- ・ 数値解析による適用性に関する検討

### 損傷する鉄筋コンクリート橋脚の応答の特徴

鉄筋コンクリート橋脚模型に対する振動台実験

1/4~1/5の縮小模型に対する実験



### 損傷する鉄筋コンクリート橋脚の応答の特徴

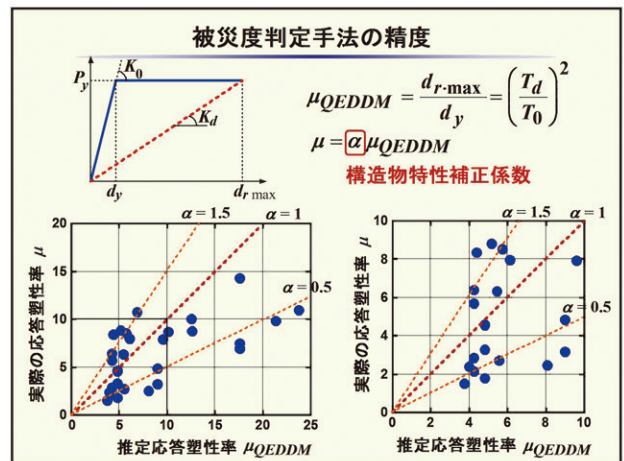
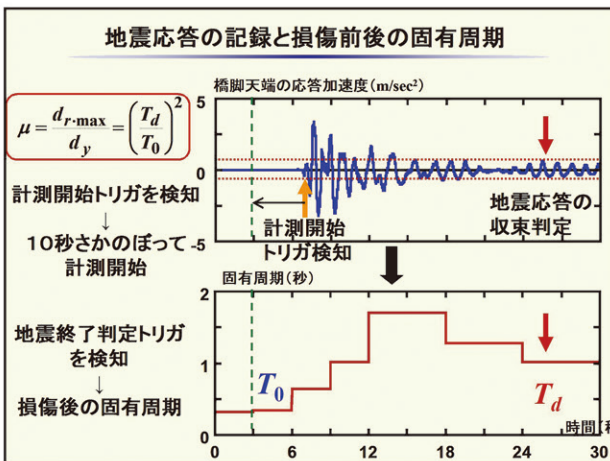
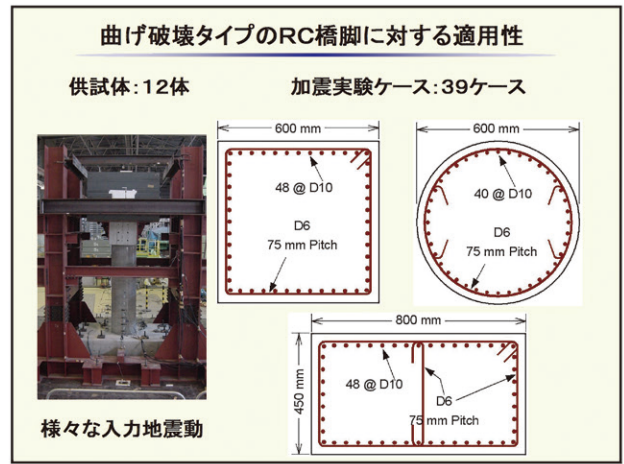
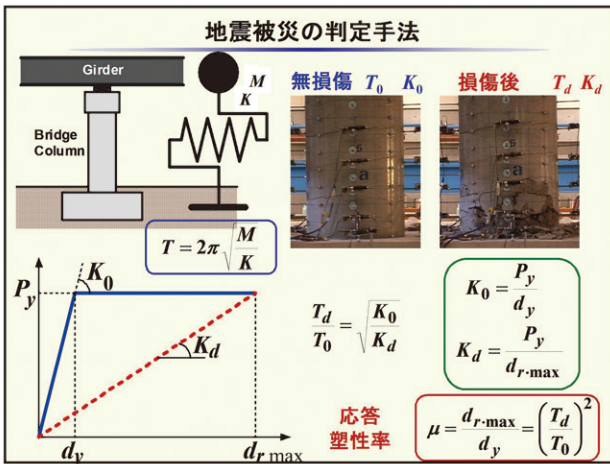
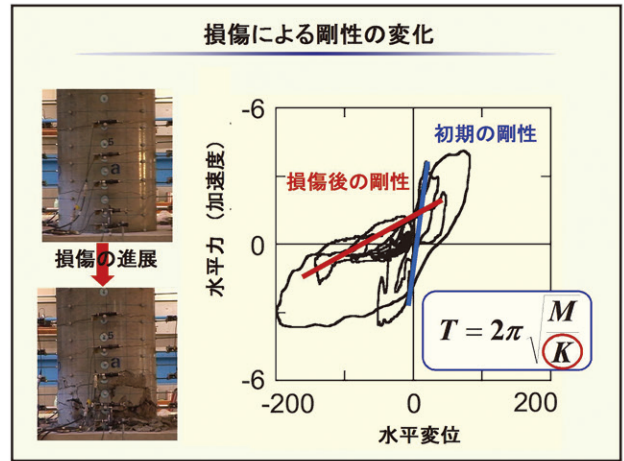
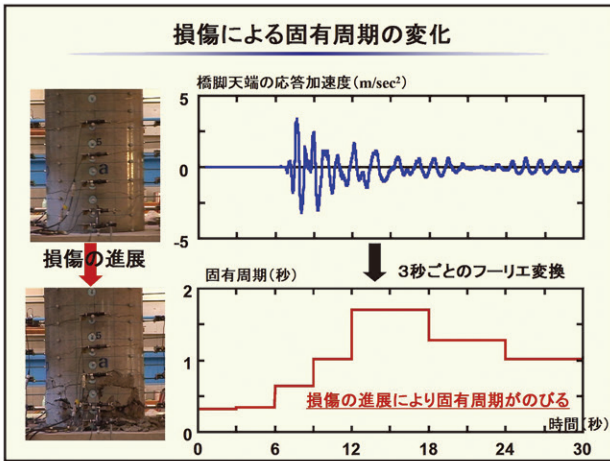
鉄筋コンクリート橋脚模型に対する振動台実験より

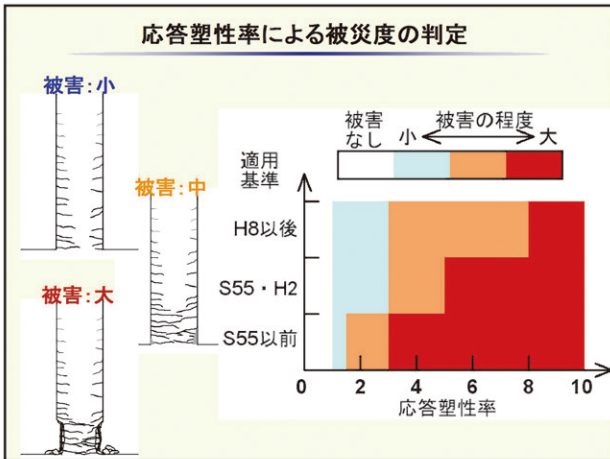


### 損傷する鉄筋コンクリート橋脚の破壊の様子

鉄筋コンクリート橋脚模型に対する振動台実験より







### 被災度判定センサの試作と実橋における計測

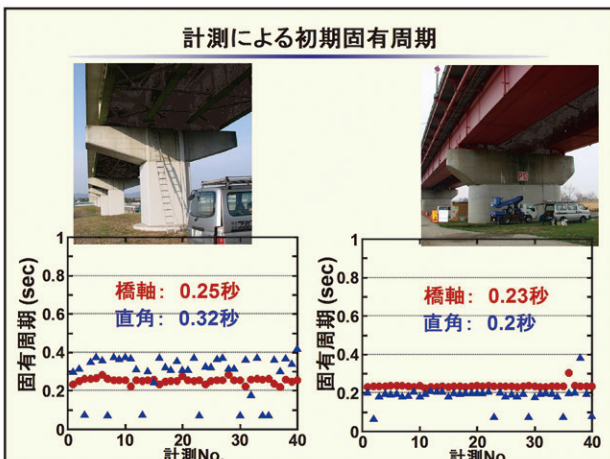
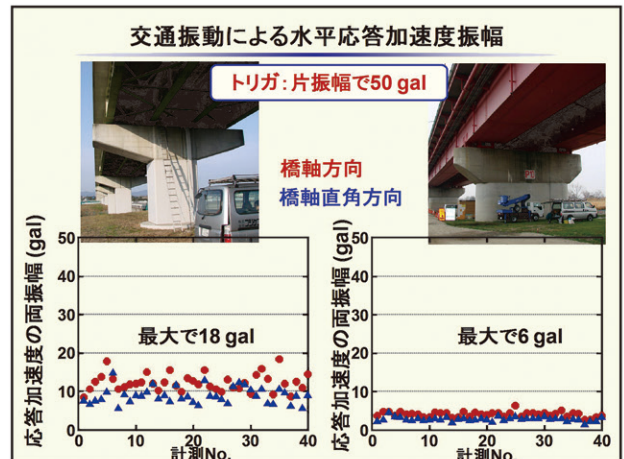
通信アンテナ  
表示部  
高さ 100mm  
重さ 2.9kg  
電源コード  
200 mm  
200 mm  
バッテリー  
各種基盤  
サーボセンサ

- トリガの合理的な設定  
計測開始トリガ  
地震終了判定トリガ
- 固有周期の推定精度

### 計測対象橋脚

3径間連続橋 固定橋脚 長方形断面 杭基礎 鋼板巻立て補強	3径間連続橋 固定橋脚 小判型断面 ケーソン基礎 RC巻立て補強	3径間反力分散橋 中間橋脚 円形断面 鋼管矢板基礎 軟らかい地盤上
---	--	---

橋脚天端において交通振動による応答加速度を計測

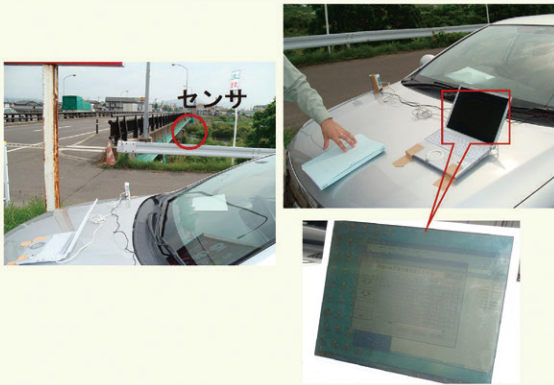


### 実橋梁への試験設置

- 運用上の課題点の抽出
- 実地における無線通信試験

国土技術政策総合研究所地震防災研究室と共同で設置

### 実橋梁における無線通信実験



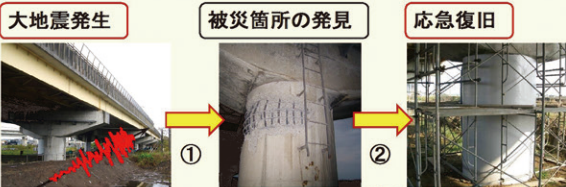
### 震災後に応急復旧した橋の監視対策への適用

東北地方太平洋沖地震により下部構造に被災が生じた橋



### 震災を受けた道路橋の応急復旧技術の必要性

地震後の橋の安全性の確保, 道路の機能の回復



- ① 被災箇所の早期発見  
→ 記憶型検知センサを用いた地震被災度の推定手法の開発
- ② 被災箇所の迅速な応急復旧  
→ 震災を受けた道路橋の応急復旧技術の開発

2004年中越地震: 1週間

### 応急復旧工法開発のポイント

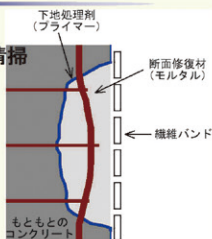
- a) 余震に対する応急的な安全性の確保  
脆性的な破壊を防止, 短期的なせん断耐力を確保
- b) 1日程度で復旧作業が完了
- c) 重機等による施工, 熟練の技術を必要としない
- d) 資材はある程度の長期間, 備蓄可能

- ・速乾性材料(MMA)を用いたCFS巻立て工法
- ・機械式定着による繊維バンド巻立て工法

要求性能	速乾性材料 CFS巻立て	機械式定着 繊維バンド巻立て
a) 短期的なせん断耐力の確保	優れる	やや劣る??
b) 1日程度で復旧を完了	優れる	特に優れる
c) 重機を要しない	優れる	優れる
d) 長期の備蓄可能	劣る	優れる

### 機械式定着繊維バンド巻立て工法

1. 損傷したコンクリートの除去, 修復部の清掃
2. 下地処理剤(プライマー)の塗布
3. モルタル等による断面修復
4. 機械式定着による繊維バンドの巻立て

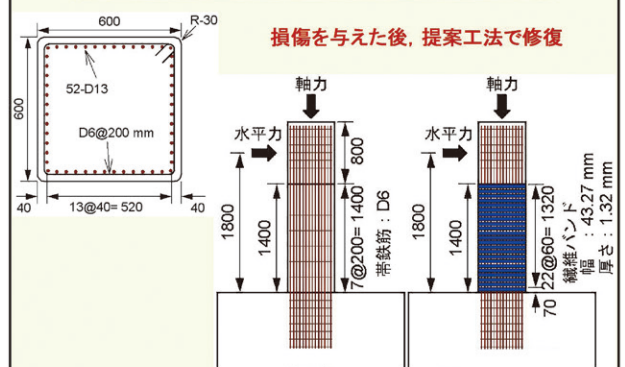


実働5時間程度(実験模型)で補修を完了

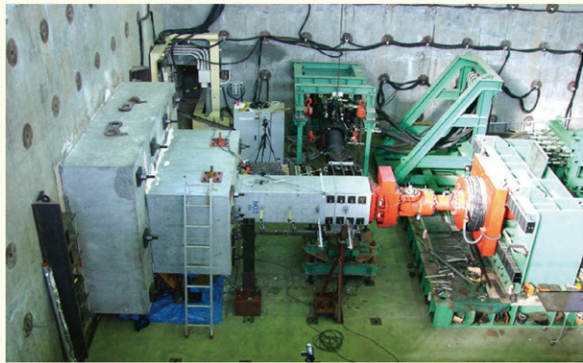


### 実験橋脚模型

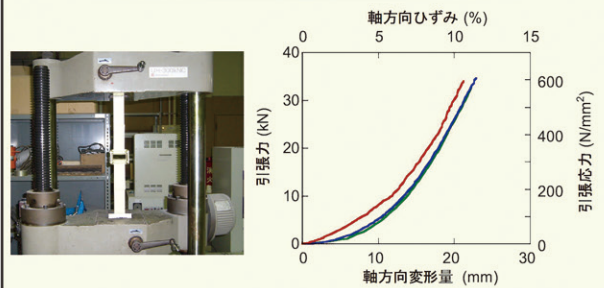
損傷を与えた後, 提案工法で修復



### 実験セットアップ

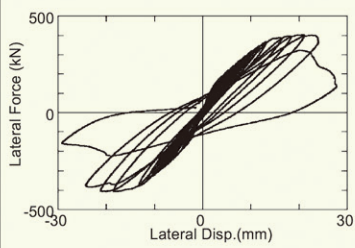


### バンドの力学的特性



バンドの繊維がしまっていくので、徐々にハードニング  
変形量が小さいレベルでは、ほとんど引張力が生じない

### 帯筋補強模型の履歴特性と損傷状況



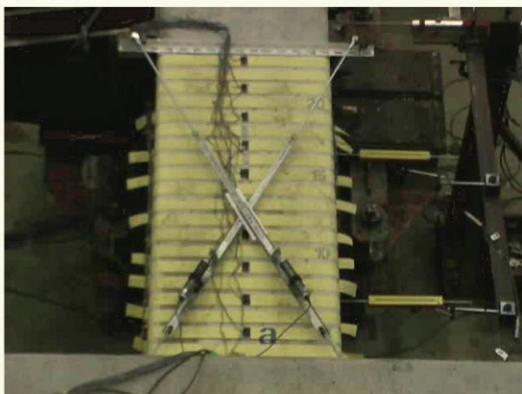
変位が30 mm弱の段階で  
せん断破壊



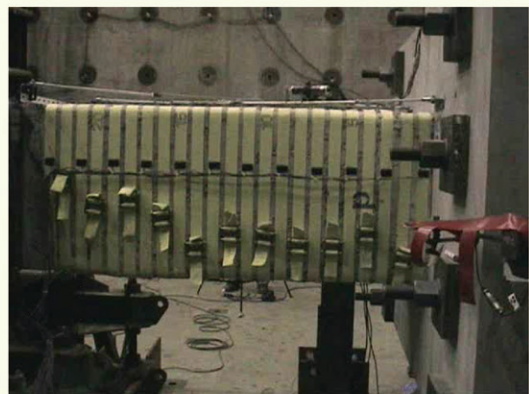
### 応急修復の状況



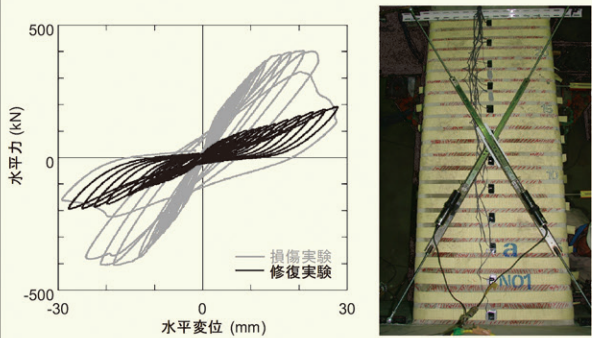
### 修復後の実験における損傷の進展



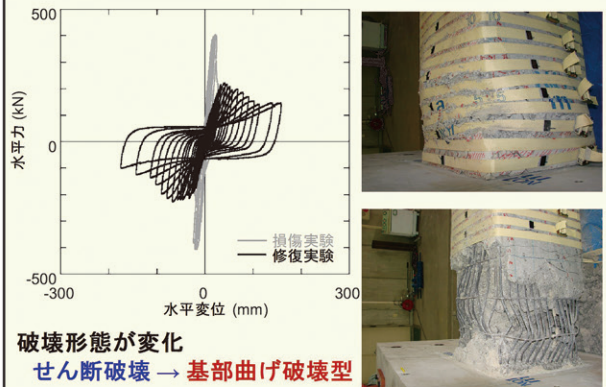
### 修復後の実験における損傷の進展 ー大変位領域ー



帯筋補強模型の補修後の履歴特性と損傷状況



帯筋補強模型の補修後の履歴特性と損傷状況



まとめ

【橋梁地震被災度判定システム】

- ・ 橋梁の地震被災度判定システムを開発。
- ・ 橋梁の地震被災度判定手法を鉄筋コンクリート橋脚模型に対する振動台実験結果をもとに確立。
- ・ 地震被災度判定センサを試作し、実橋梁へ適用

【鉄筋コンクリート橋脚の早期復旧工法】

- ✓ 地震後のRC橋脚の損傷を1日程度で修復できる機械式定着繊維バンド巻立て工法を提案。
- ✓ 提案工法によって修復すると破壊形態は曲げ破壊に変化
- ✓ バンドの高い伸び性能により内部のコンクリートが激しく損傷した状態でも脆性的な破壊は生じず、安定した変形性能を確保

お問い合わせ先

独立行政法人 土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
橋梁構造研究グループ

TEL: 029-879-6773  
E-Mail: caesar@pwri.go.jp