# 橋梁の地震防災を 考える

(一財)阪神高速道路技術センター

南莊淳

# 橋梁の地震防災を考える

はじめに

兵庫県南部地震と阪神高速道路

既往の被害地震と耐震基準の変遷

橋梁の代表的な被災事例

耐震•制震•免震

橋梁耐震設計の最新事例

防災から減災へ

おわりに

## はじめに

#### 自己紹介(地震防災に関係した職歴を中心に)

- 1952.7 静岡教覚寺の長男として生まれる
- 1978.4 阪神高速道路公団入社・・・主として橋梁、トンネル等の調査・設計・建設・保全業務に従事
- 1991.5 工務部設計課···技術審議会耐震分科会他担当、日本道路協会 上部構造小委員会、耐震設計小委員会委員
- 1995.1 兵庫県南部地震発生(神戸第二建設部)、湾岸線復旧工事担当、 日本道路協会耐震設計小委員会、下部構造小委員会委員他
- 1996.5 工務部調査役・・・震災遺族訴訟被告側代理人準備書面作成
- 2012.7 阪神高速技術(株) 専務取締役、代表取締役
- 2018.7 阪神高速道路技術センター 理事長

### 兵庫県南部地震と阪神高速道路

#### 地震の概要

- 地震発生 1995年1月17日午前5時46分
- 震源地 北緯34.6度東経135度、深さ16km(淡路島北端)
- 震源規模:マグニチュード7.3
- 地表最大加速度観測値:818gal

復旧工事期間 623日間(1995.1.17~1996.9.30)

復旧工事延べ人員 250万人

復旧費用 約2220億円(兵庫県域)

#### 工事概要

- 橋脚(撤去311基、再構築308基、補修・補強843基)
- 橋桁(撤去183径間、再構築182径間、補修・補強1085径間)
- 分散型免震支承 10703個
- 落橋防止装置 2676箇所

震災資料保管庫 1999.10開設、語り継ぐ、防災教育

# 既往の被害地震と耐震基準の変遷

被害地震	被害の概要	耐震基準への反映
関東地震 (大正12年)	基礎の倒壊や傾斜 等の甚大な被害	大正15年道路構造に関する細則案 ・震度法による耐震設計の導入
新潟地震 (昭和39年)	液状化による下部構 造の変状による落橋	昭和46年道路橋耐震設計指針 ・液状化に対する設計法の導入 ・落橋防止対策の規定の導入
宮城沖地震 (昭和53年)	支承部や鉄筋コンクリート橋脚の損傷	昭和55年道路橋示方書 ・鉄筋コンクリート橋脚の設計法の高度化(段落し部およびせん断耐力に関する設計法) ・液状化に対する設計法の高度化 ・落橋防止対策の規定の強化
		平成2年道路橋示方書 ・鉄筋コンクリート橋脚に対する地震時保有水平耐力の照査の導入 ・連続橋の耐震設計法
兵庫県南部 地震 (平成7年)	橋脚の破壊・倒壊等 による落橋を含む甚 大な被害	平成7年復旧仕様・平成8年道路橋示方書 ・内陸型直下地震による地震動の考慮 ・橋脚・基礎等各構造物部位に対する地震時保有水平耐力法の導入 (従来よりも大きな地震力を考慮) ・落橋防止システムの強化
東北地方太平洋沖地震 (平成23年)	津波による橋梁被害 積層ゴム支承の破断	平成24年道路橋示方書 ・橋梁計画段階における津波に対する構造的配慮の規定 ・設計地震動の見直し(レベル2・タイプ I )

\* 首都高速の再生に関する有識者会議資料より一部引用

# 橋梁の代表的な被災事例

- 1. 鋼橋上部工の被災例
- 2. 長大橋の被災例
- 3. 鋼製橋脚の被災例
- 4. RC橋脚の被災例
- 5. 地盤の液状化による基礎の被害
- 6. 橋梁付属物の被害
- 7. 余震対策と撤去技術

### 鋼橋上部工の被害



桁端部の衝突による損傷



橋脚倒壊に伴う主桁の座屈



横構(2次部材)の座屈

### 長大橋の被害



東神戸大橋における ウインド沓の破損

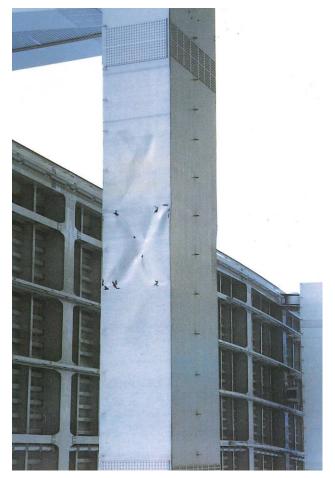


湾岸線西宮大橋の落橋



六甲アイランド大橋における主構の横ずれ

### 鋼製橋脚の被害



柱部のせん断座屈



円形橋脚の座屈と割れ



座屈による橋脚の圧壊

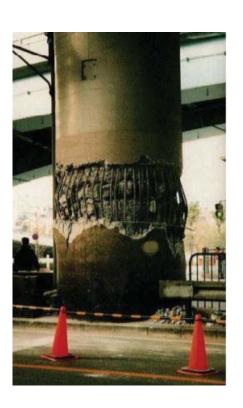
### RC橋脚の被害



基部の曲げ破壊



せん断破壊

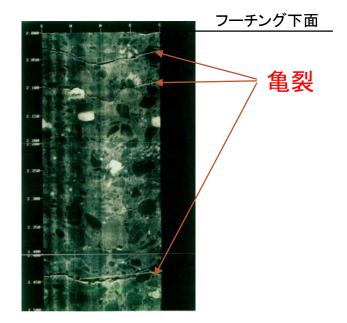


鉄筋段落し部の破壊

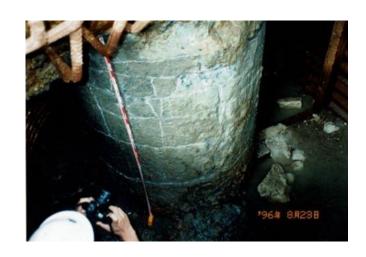
### 地盤の液状化による基礎の被害



埋立地護岸の崩壊に伴う基礎の側方流動



ボアホールカメラによる杭内部の調査



杭頭部のひび割れ状況

### 支承の被害



ローラー支承のローラー部逸脱



ピボット支承の破損

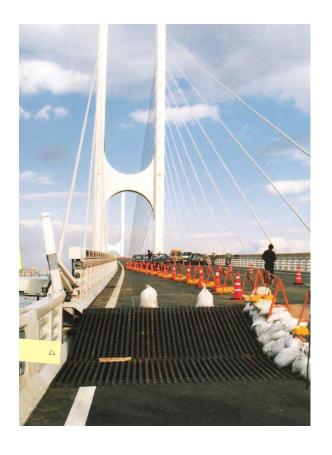


ピン支承の破損



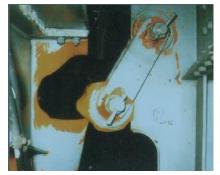
沓座コンクリートの損傷

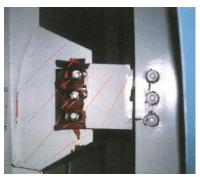
### 伸縮装置の被害





### 耐震連結装置の被害





### 照明柱、情報版の被害







#### 余震対策と撤去技術

#### 余震による2次災害防止のための応急補強



ベント支持



鋼製橋脚補強

#### 撤去時の特殊工法



ワイヤーソー工法



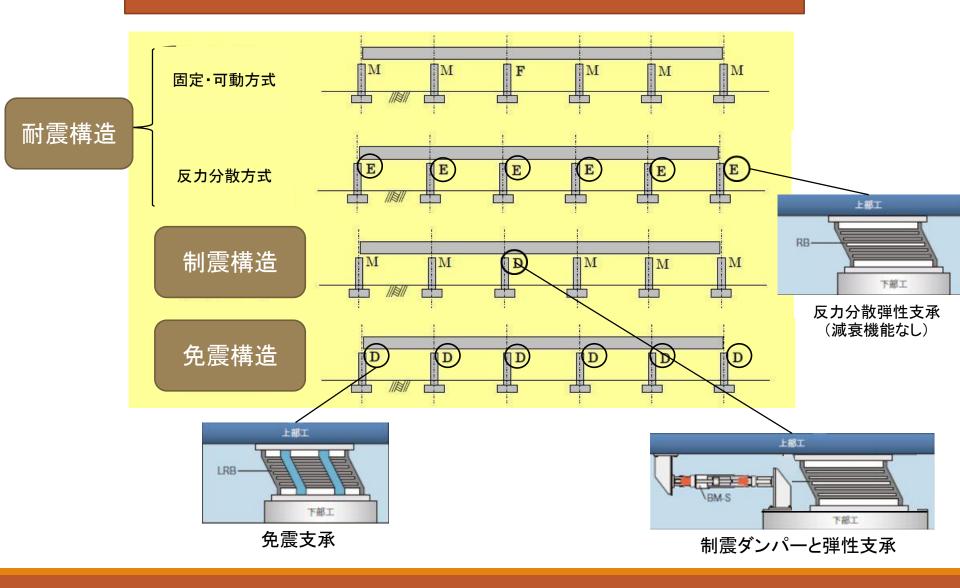
自走台車工法

# 耐震•制震•免震

- □強さで地震力に抵抗する耐震設計
- □揺れを吸収し地震力を制御する制震設計
- □揺れを受け流し地震力をかわす免震設計

兵庫県南部地震の教訓
・・・地震力の増大に力だけで 抵抗することの限界

#### 高架橋における構造形式の比較(模式図)



西

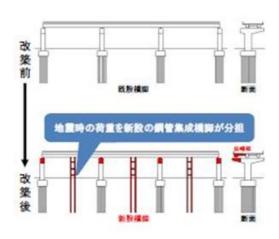
# 橋梁耐震設計の最新事例

(阪神高速道路西船場ジャンクション)

鋼管集成橋脚の開発と機能分離橋脚形式の採用

北

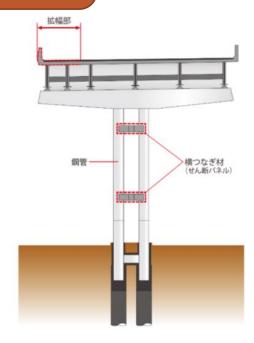




拡幅部の新設桁の常時荷重は既設橋脚で分担し、地震時荷重は新設の鋼管集成橋 脚で分担する機能分離橋脚形式を採用

#### 鋼管集成橋脚を用いて耐震性を向上





新設する中間橋脚には、施工ヤードが限られていること、工事期間の短縮、さらに地震時の復旧性を考慮して杭基礎一体型の鋼管集成橋脚を採用。

鋼管集成橋脚の柱鋼管には低コストの既製鋼管を使用し、横つなぎ材には低降伏点鋼材を用いた制振デバイス「せん断パネル」を採用した耐震性能の高い構造。

地震時には、「せん断パネル」が地震エネルギーを吸収し、ほかの部材の損傷を抑え、 柱材である鋼管は地震後も使用できる状態となるように設計。

# 防災から減災へ

防災・・・予想される災害に対して、その被害を未然に防ぐために必要な手立てを行い、極力被害を発生させない、主としてハード面での対策 減災・・・予想される災害に対して十分な対策を施しても、それを上回る 災害が発生した場合には、極力人的被害を最小限にするため、日頃 から避難などの準備をしておく、主としてソフト面での対策

東北地方太平洋沖地震の教訓 ・・・想定外を想定する、人知を超える 自然災害に備える

# おわりに

橋梁技術者として地震防災とどう向き合うか

震災遺族訴訟での和解の意義

知っていても対処しなければ犯罪

経験工学だけでは許されない

設計基準は過去の経験則

橋梁計画、建設段階における想像力・・・維持管理に対しても同様

ご清聴ありがとうございました。 ご安全に!!