



# 阪神高速の橋梁プロジェクトと 推進技術

阪神高速道路(株)  
金治 英貞

2019.12.23  
JSCE構造工学 2019年度第2回研究会 (土木学会講堂)

1

## 関西の道路ネットワーク



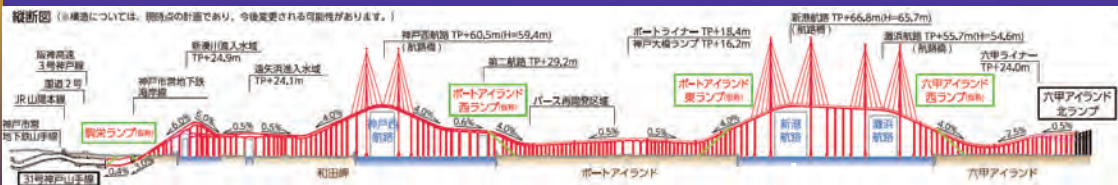
# 阪神高速のネットワークと建設路線



# 大阪湾岸道路西伸部



# 大阪湾岸道路西伸部



航路高59→65.7m

Hanshin Expressway Company LTD

5

# ビジョンを大事にしたい

Visionary Bridge

世界に誇れる橋梁計画と先進技術への挑戦

都市戦略と調和したデザイン・環境戦略

被災地ゆえの減災設計・技術戦略

計画時からのライフタイムアセットマネジメント戦略

Hanshin Expressway Company LTD

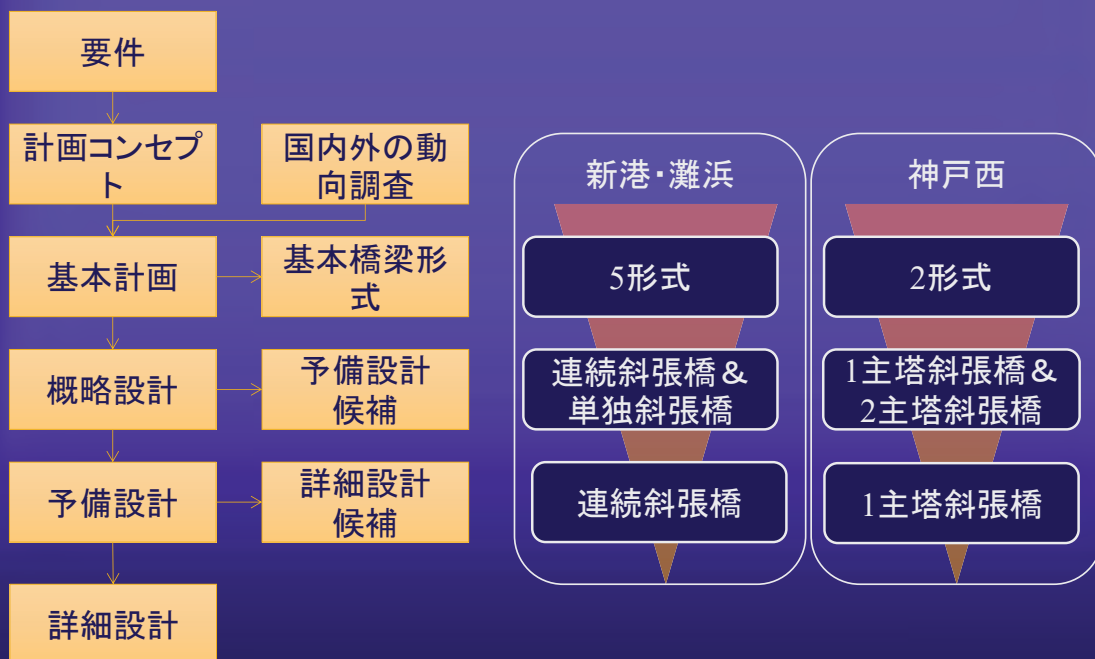
6

# 世界に誇れる橋を



Hanshin Expressway Company LTD

# 選定プロセス

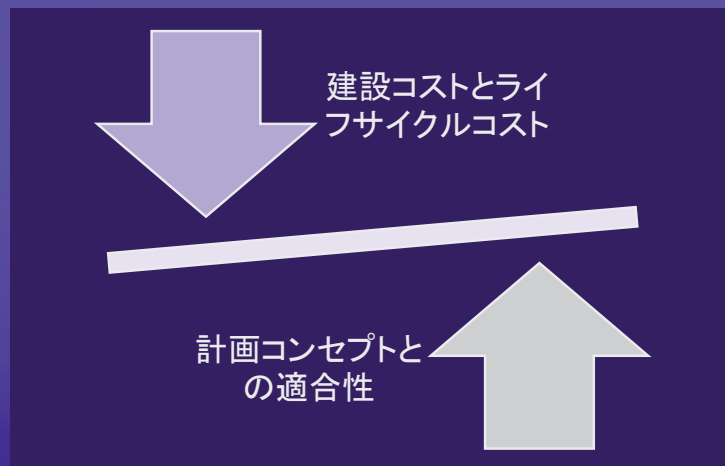


Hanshin Expressway Company LTD

# 計画コンセプトと構造留意事項

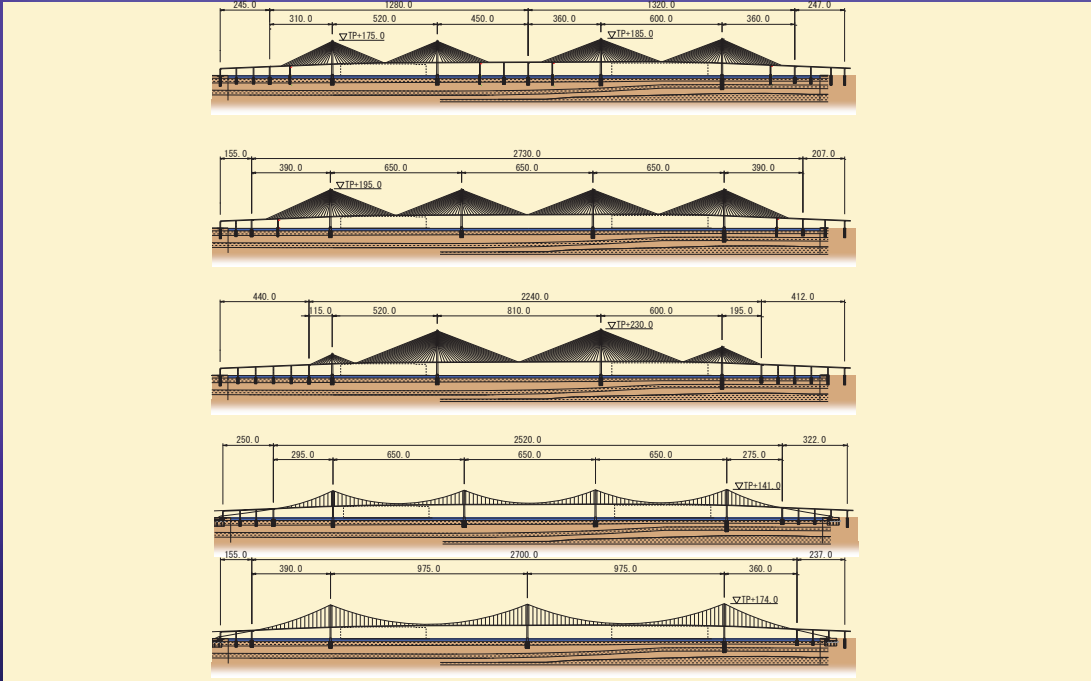


# 基本形式の評価



経済性(建設コスト、ライフサイクルコスト)の評価結果及び各橋梁形式の計画コンセプトに係る長所・短所を踏まえた総合的な判断により橋梁形式を選定

# 基本橋梁形式(新港灘浜航路)



Hanshin Expressway Company LTD

11

# 予備設計候補(新港灘浜航路)

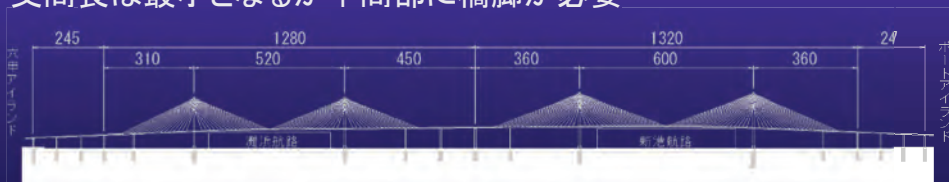
## 橋梁形式比較案(1):連続斜張橋(等径間)

- ✓ 各主径間を均等割にした連続斜張橋案
- ✓ 塔は大型化するが、均等化により桁の重量がバランスし、中央部の海中橋脚が不要となる
- ✓ 連続斜張橋としては、国内外で実績最大規模



## 橋梁形式比較案(2):単独斜張橋

- ✓ 2つの航路幅より決定される最小支間を設定した2連の斜張橋案
- ✓ 支間長は最小となるが中間部に橋脚が必要

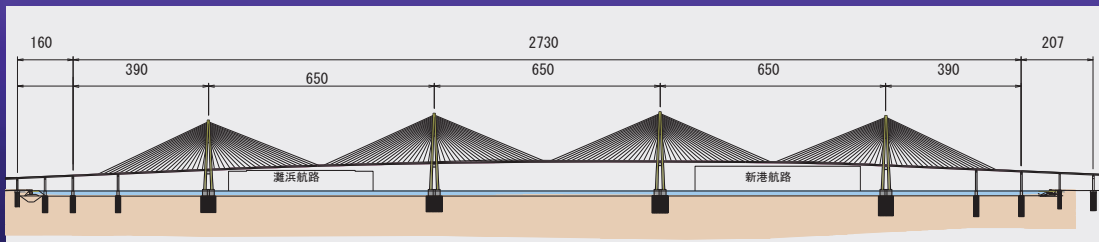


Hanshin Expressway Company LTD

12

# 絞り込み案

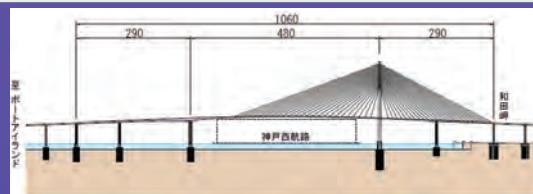
- ① 維持管理性が高い
  - ✓ 地震時に損傷リスクの高い桁端部が少ない
  - ✓ 桁端部が陸上に近接した箇所が存在し、緊急点検時のアクセス性や修復性に優れる
  - ✓ 国際航路間の中央海上橋脚が無く、点検・補修が容易である
- ② 景観性に優れる
  - ✓ 2つの人工島を結ぶ一本の線として連続性を有する
- ③ 地震動や地盤変位に対する構造冗長性が高い



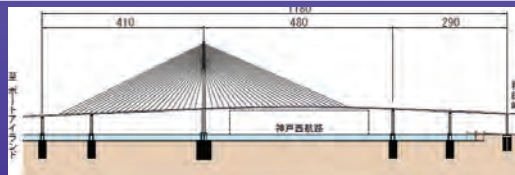
Hanshin Expressway Company LTD

# 予備設計候補(神戸西航路)

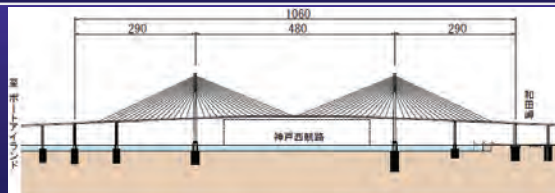
橋梁形式比較案(1): 1主塔斜張橋(和田岬側)



橋梁形式比較案(2): 1主塔斜張橋(ポートアイランド側)



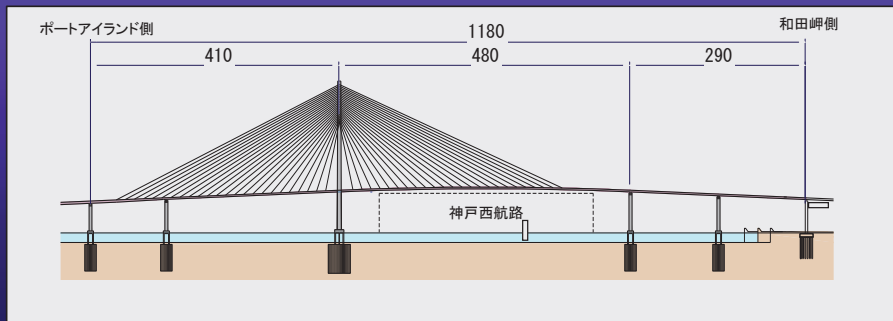
橋梁形式比較案(3): 2主塔斜張橋



Hanshin Expressway Company LTD

# 絞り込み案

- ① 維持管理性が高い
  - ✓ 一般的に点検が困難である主塔が1本である
- ② 景観性に優れる
  - ✓ 主塔が1本であることにより、デザイン性が高い
- ③ 不測の事態に対するリスクが相対的に最も小さい
  - ✓ 断層上の堆積層にみられる地層の傾斜(とう曲)を避けた位置に主塔を配置



Hanshin Expressway Company LTD

# 海外の連続斜張橋

順位	橋梁名	所在地	種類	主径間長	主塔数(本)	主塔形状(材質)	完成年	備考(剛性向上策)
1位	Queensferry Crossing	イギリス	鋼・コン	650m	3	独立1本柱(RC)	2017	ケーブルクロス
2位	Erqi Yangtze River	中国	鋼	616m	3	ダイヤモンド型(RC)	2011	主塔形状
3位	Rion-Antirion Bridge	ギリシャ	鋼・コン	560m	4	ピラミッド型(RC)	2004	主塔形状
4位	Ting Kau Bridge	中国	鋼・コン	475m	3	独立1本柱(RC)	1998	塔頂ケーブル連結
5位	Jiashao Bridge (嘉紹大橋)	中国	鋼	428m	6	独立1本柱(RC)	2013	サポートケーブル
6位	Chishi Bridge (赤石大橋)	中国	PC	380m	4	H型(RC)	2016	
7位	Yiling Yangtze River Bridge	中国	PC	348m	3	逆Y型(RC)	2001	
8位	Millau Viaduct	フランス	鋼	342m	7	独立1本柱(RC)	2004	
9位	Mersey Gateway Bridge	イギリス	PC	318m	3	独立1本柱(RC)	2017	
10位	Mezcala Viaduct	メキシコ	鋼	312m	3	H型(RC)	2016	

Hanshin Expressway Company LTD

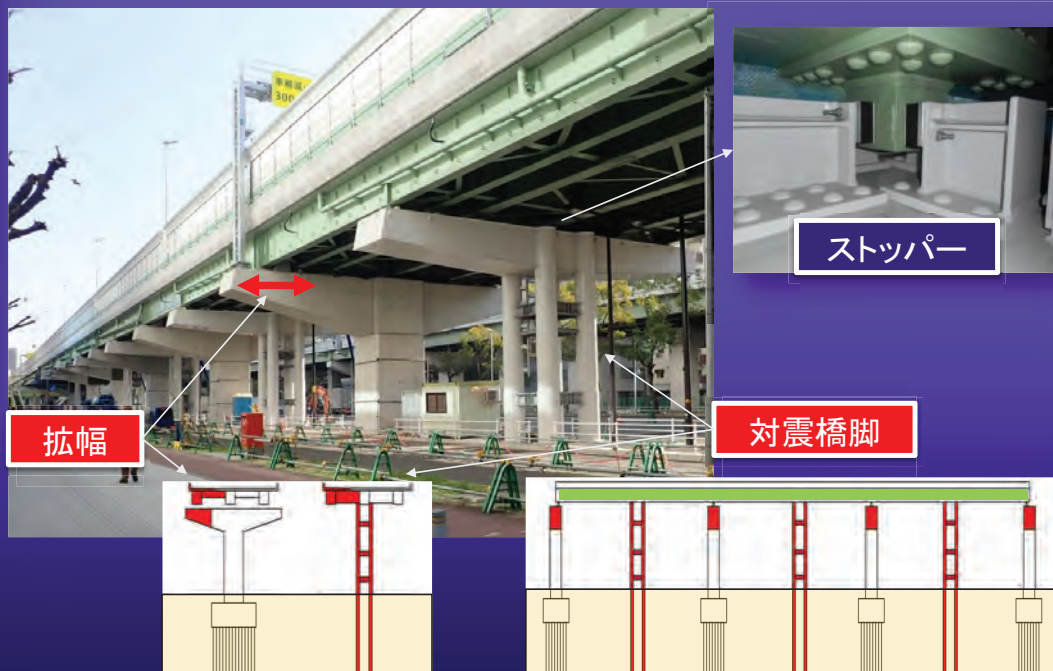


# 西船場JCT



- ①既設構造物の制約を受けた新たな景観の創出
- ②縦目地レスによる走行性に優れる道路
- ③地下埋設物等をふまえた基礎一体型 鋼管集成橋脚
- ④損傷制御設計による対震橋脚を用いた拡幅

# 対震橋脚を用いた新しい拡幅構造



# 皿型高力ボルト摩擦接合



トルシアボルト

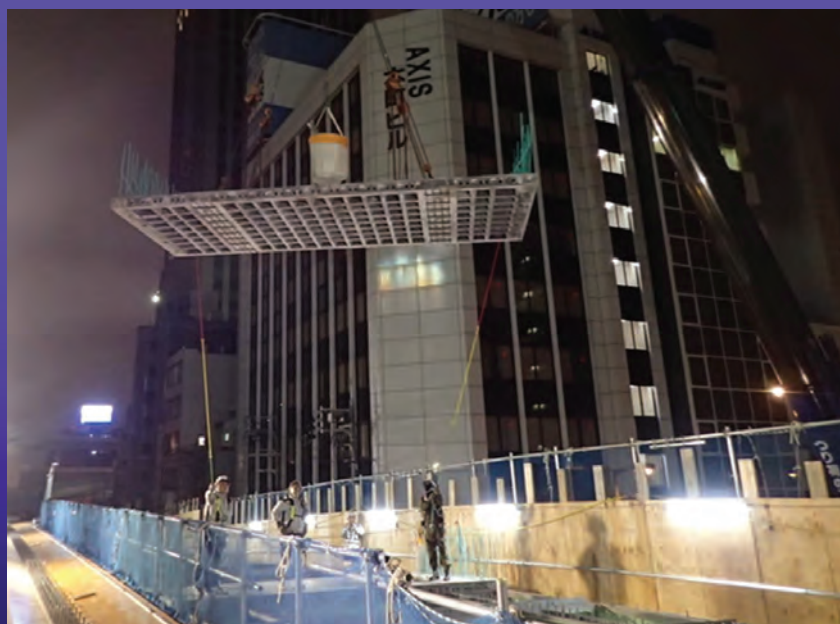


皿型ボルト

Hanshin Expressway Company LTD

19

# ワッフル型UFC床版



Hanshin Expressway Company LTD

20

# 大規模更新事業



3号神戸線 京橋付近



14号松原線 喜連瓜破付近



15号堺線 湊町付近



3号神戸線 湊川付近



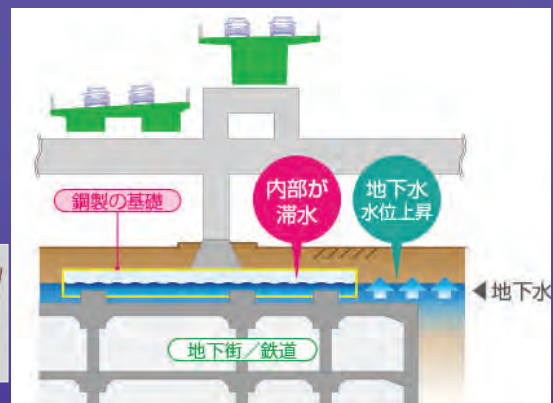
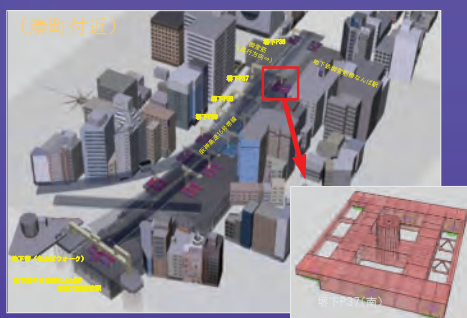
11号池田線 大豊橋付近



13号東大阪線 法円坂付近

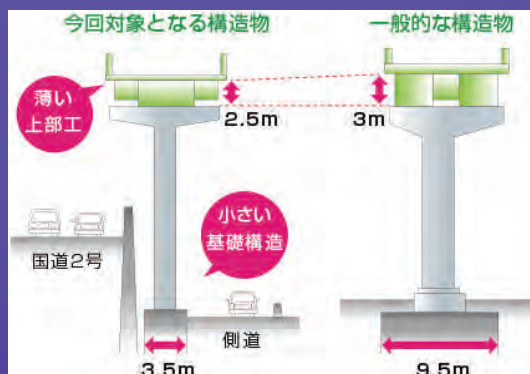
Hanshin Expressway Company LTD

# 15号堺線 湊町付近



Hanshin Expressway Company LTD

# 3号神戸線 湊川付近



Hanshin Expressway Company LTD

# 14号松原線 喜連瓜破付近



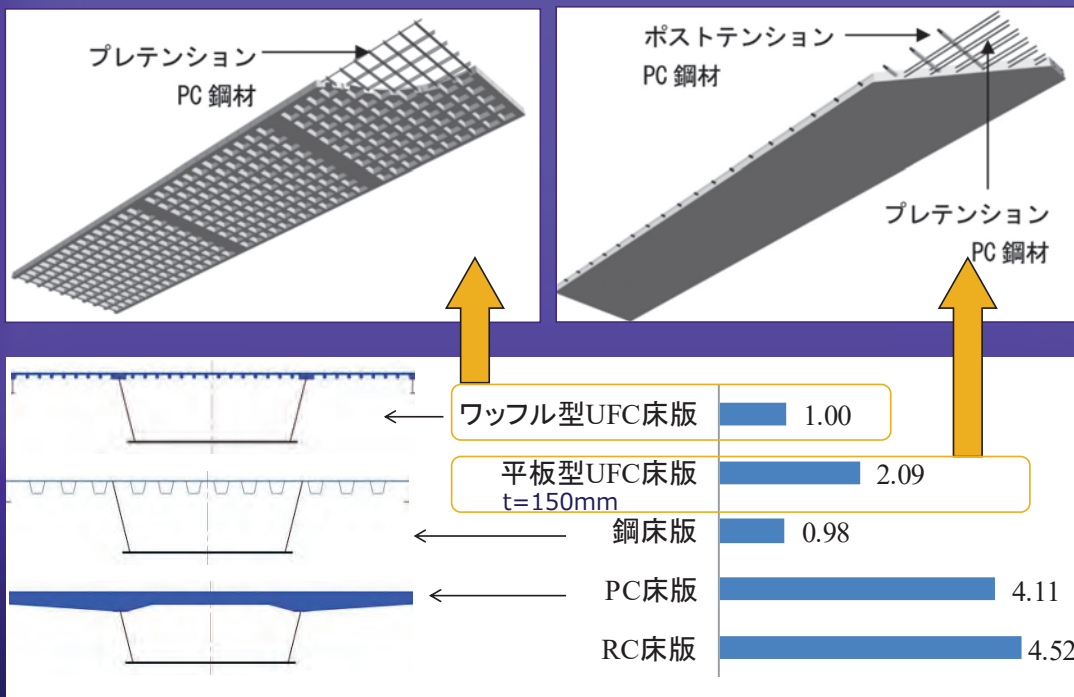
Hanshin Expressway Company LTD

# 研究・技術開発

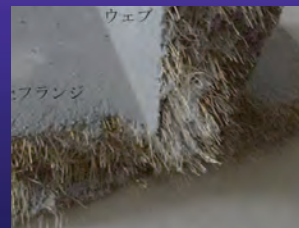
- ① 道路交通システム高度化PJ
- ② ジョイントレス技術開発PJ
- ③ 構造物長寿命化技術開発PJ
- ④ 点検・診断効率化技術開発PJ
- ⑤ 防災・減災高度化技術開発PJ
- ⑥ スマートストラクチャ技術開発PJ
- ⑦ 環境デザイン技術開発PJ
- AI等最新技術利活用WG



# 軽量なUFC道路橋床版



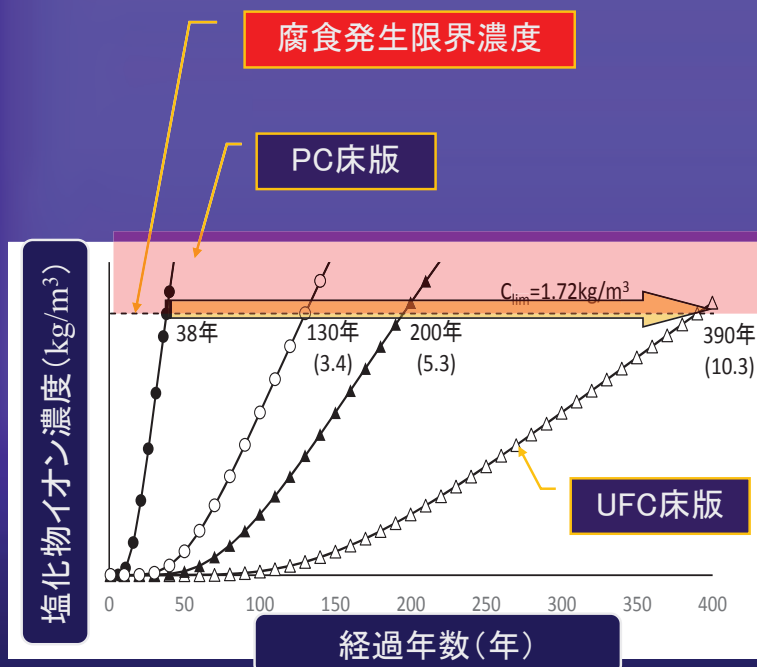
# UFC 超高強度繊維コンクリート



Hanshin Expressway Company LTD

27

# 塩化物イオン濃度の経年変化



(条件)

- ✓ 塩化物イオン拡散係数 (PC: 0.251, UFC: 0.002 cm<sup>2</sup>/年)
- ✓ かぶり (PC: 70mm, UFC: 20mm)
- ✓ 表面塩化物イオン濃度: 13kg/m<sup>3</sup> (飛沫帯)

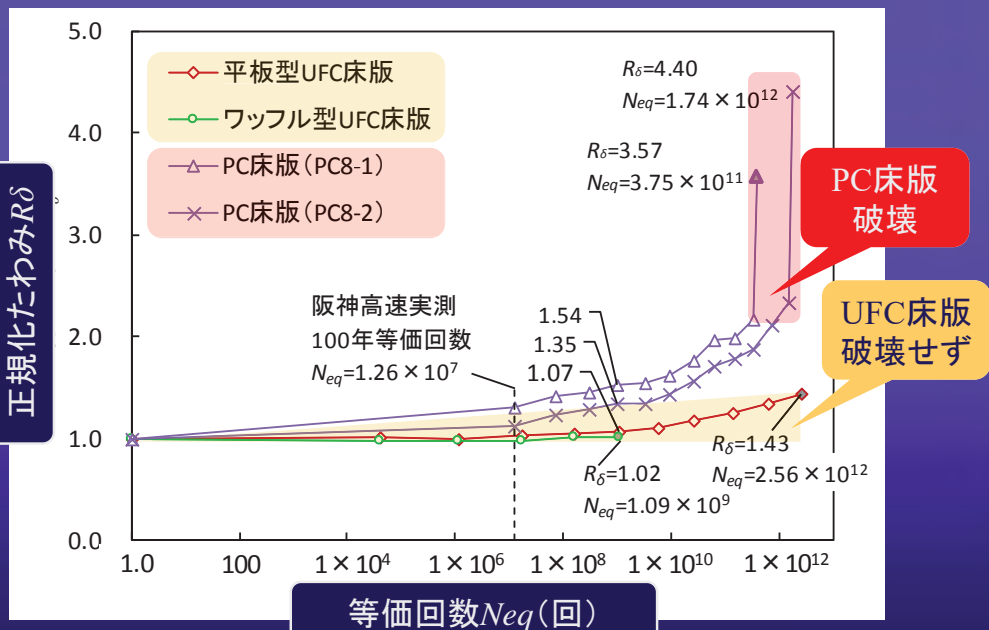
Hanshin Expressway Company LTD

28

# 疲労耐久性

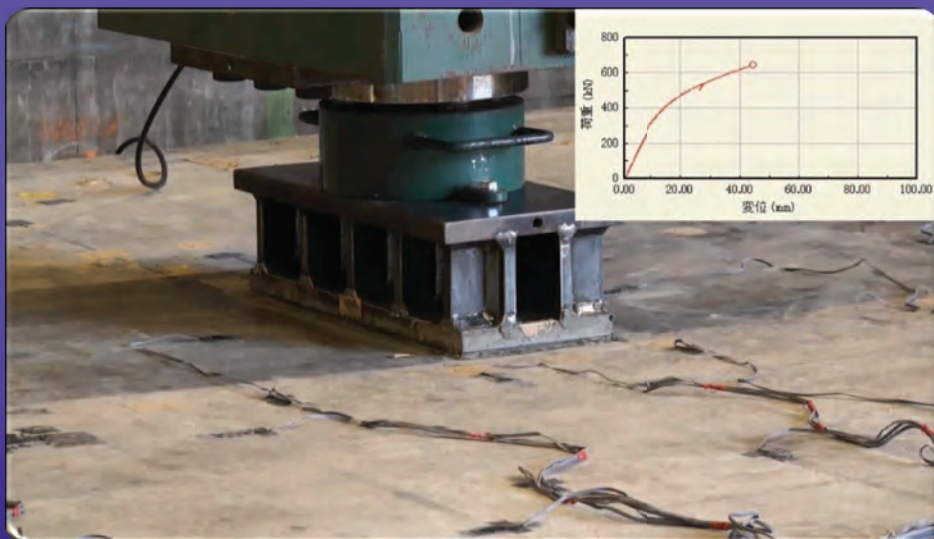
計測たわみ/作用荷重/初期荷重100kN

正規化したたわみ $R_\delta$



100kNを基本荷重とした等価繰返し回数 ( $m=12.76$ )

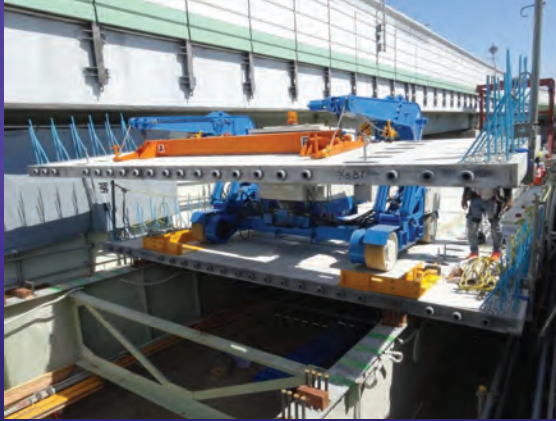
# 静的載荷試験



鹿島技術研究所

- ✓ 最大荷重: 道示におけるT荷重100kNの約7.5倍
- ✓ 破壊モード: 曲げ引張破壊(押し抜きせん断破壊×)

# 施工性



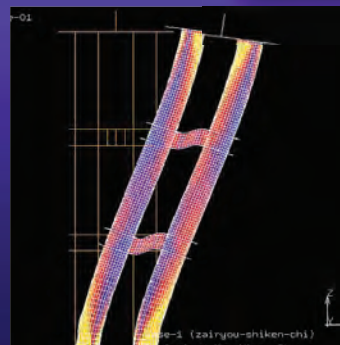
Hanshin Expressway Company LTD

# 損傷を制御する

兵庫県南部地震

橋は壊れる

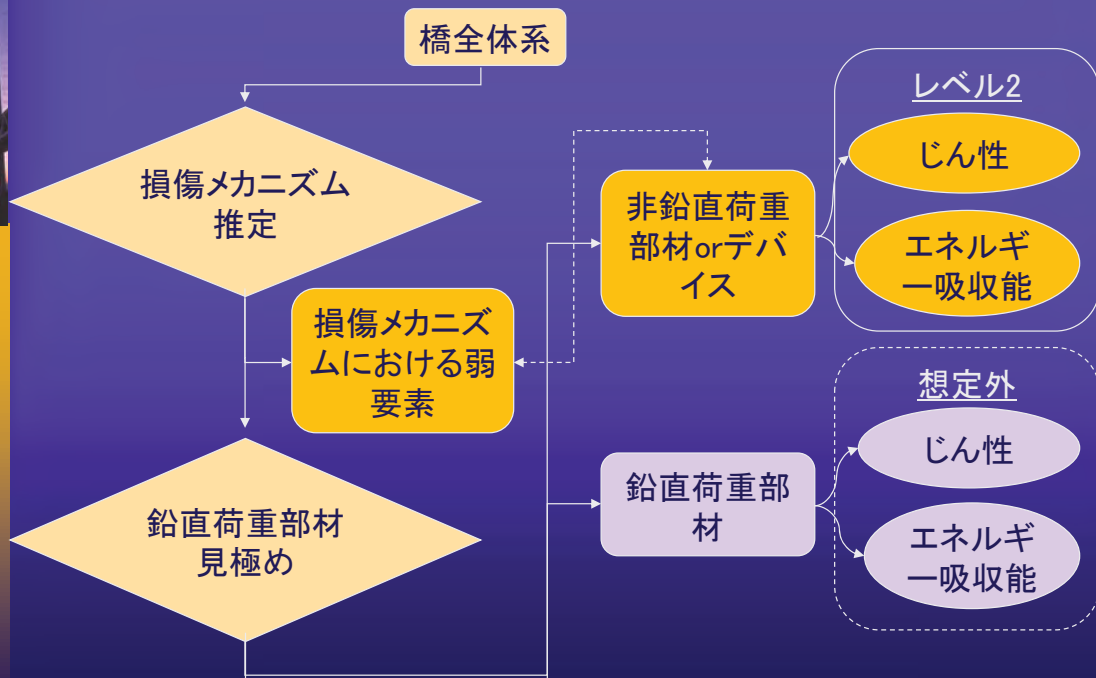
損傷制御設計



Hanshin Expressway Company LTD



# 損傷制御設計の考え方



# 鋼管集成橋脚とは

- ◆ 損傷制御設計の適用
  - 横力対応部材を塑性化
  - 柱部材は構造弾性
- ◆ 経緯
  - 2002年考案
  - 2003年FS
  - 2004年実験
  - 2005年～設計
  - 2013年完成



鋼管



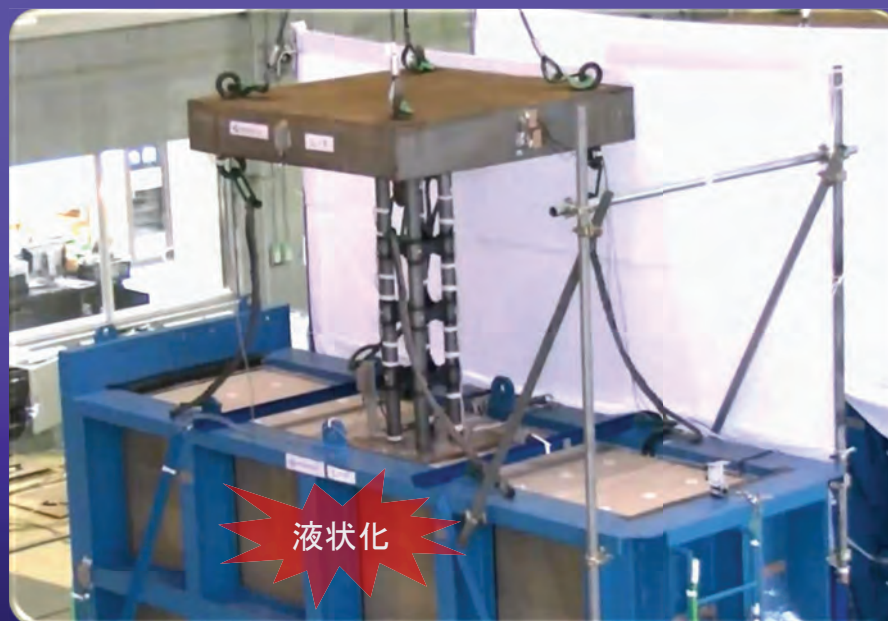
せん断パネル

## 2径間振動台実験



中国同济大学

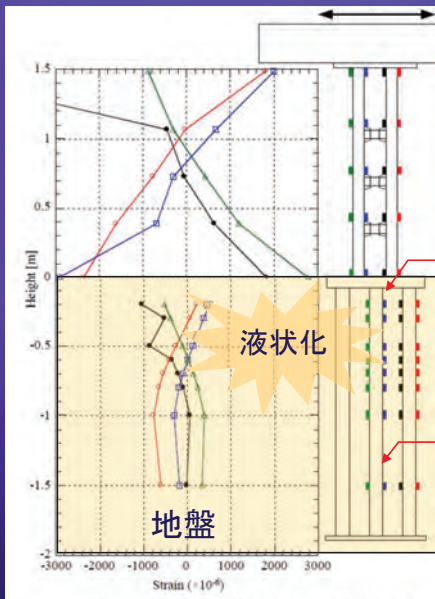
## 振動台実験



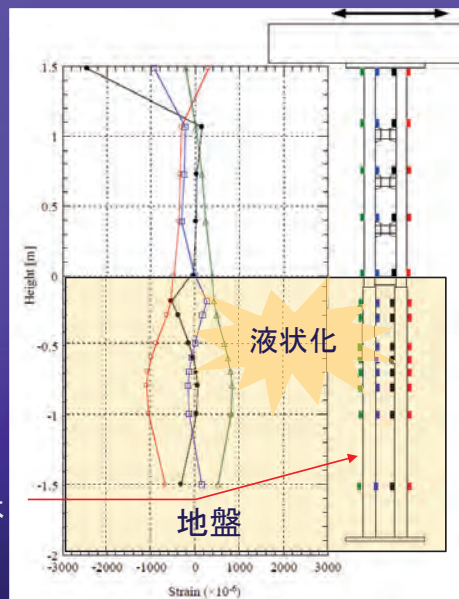
土木研究所

# 液状化地盤の地震応答(ひずみ)

(加速度200gal時)



フーチング・杭タイプ



杭一体タイプ

Hanshin Expressway Company LTD



世界初の鋼管集成橋脚  
海老江JCT

Hanshin Expressway Company LTD

## 鋼管集成橋脚+UFC床版



RC橋脚



鋼管集成橋脚

1. 連続化 : 2倍(11径間→20径間)
2. 耐震性能 : 許容変位4倍(30cm→130cm)
3. 景観向上 : 重圧感の改善, ライトアップ自由度
4. コスト : 80%(初期)
5. 工期 : 70%

## 技術融合&オープンイノベーション

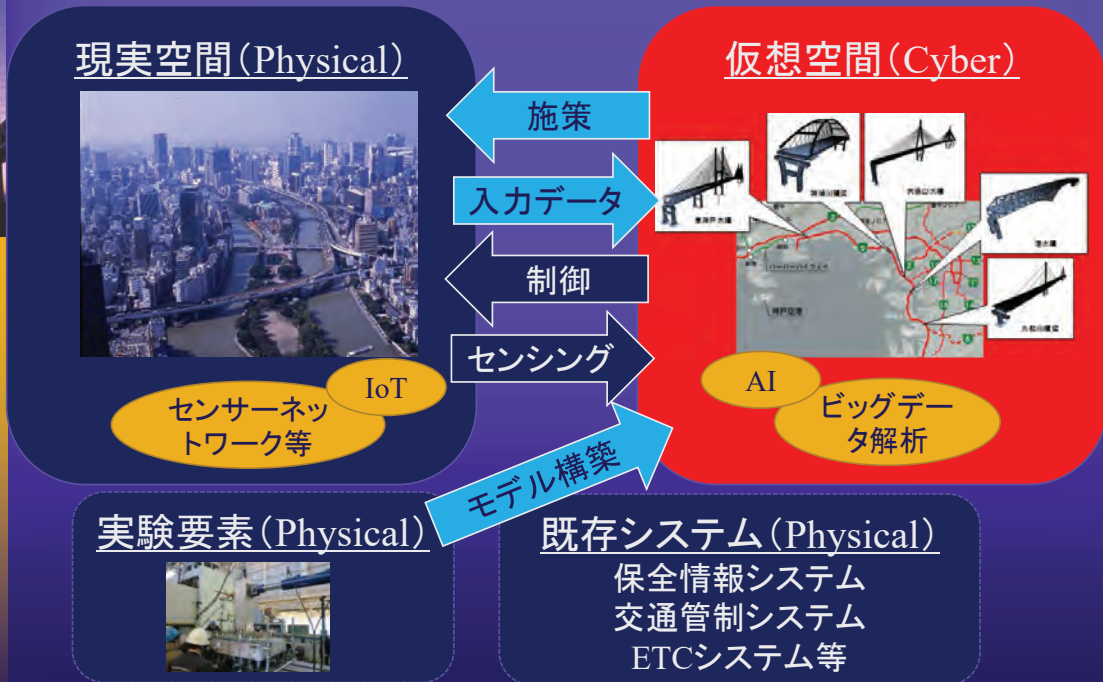
構造

交通

電気通信

# 次世代技術プラットフォーム

Society5.0, i-constructionの先取り



Hanshin Expressway Company LTD

41

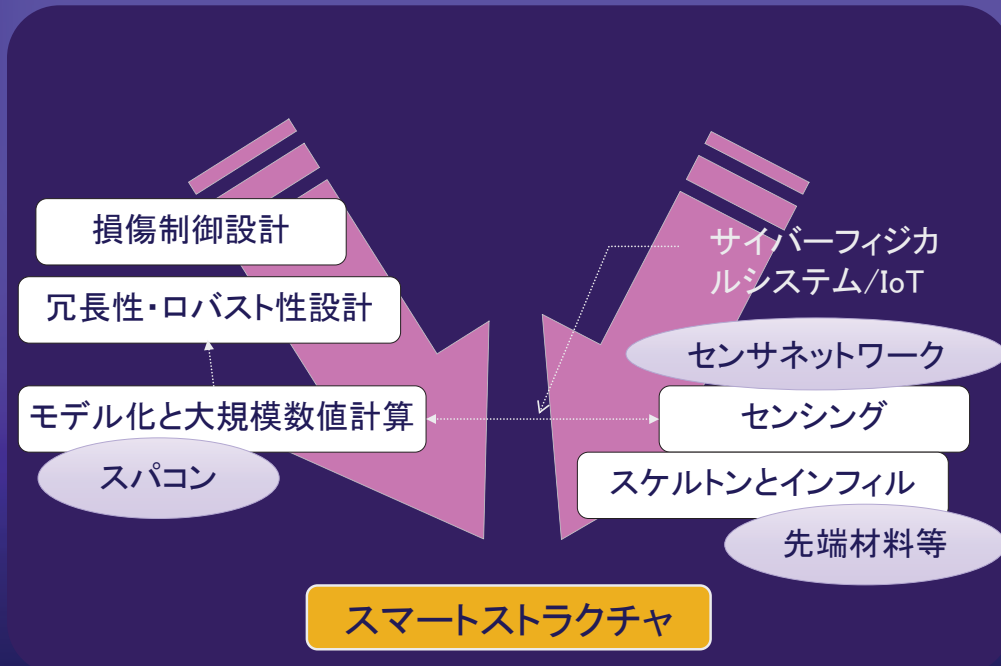
- ✓ 地理・地盤情報, 阪神高速資産全体, さらに移動体情報を視覚化でき、
- ✓ それらの状態・状況をモニタリングし、分析を実行し、
- ✓ 資産および移動体のパフォーマンスを予測、最適化する。



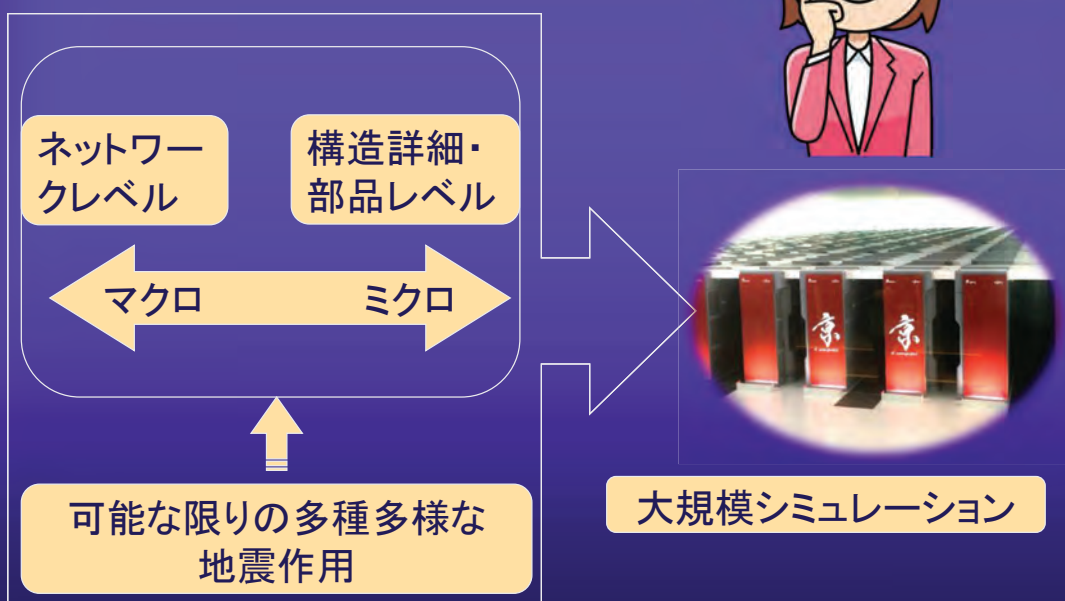
Hanshin Expressway Company LTD

42

# 先進的な構造の視点



# 俯瞰的に，凝視的に 鳥の目，虫の目



# 橋の解析モデルと計算機

The diagram illustrates the progression of bridge analysis models. It starts with a simple beam model (top right) labeled "広く, 細かく" (Wide, Fine). This evolves into a more detailed beam model (bottom right) labeled "細かく" (Fine). A middle model (bottom left) shows a discretized beam with nodes, and a top model (top left) shows a full bridge structure with many piers, labeled "広く" (Wide). Red arrows indicate the flow from the simple model to the detailed model, and then to the full bridge model. The vertical axis is labeled "規模" (Scale) and the horizontal axis is labeled "精緻化" (Refinement). A computer monitor and tower are shown in the bottom left corner.

規模

精緻化

Hanshin Expressway Company LTD

45

# 地震応答シミュレーションの状況

The map displays the Uemachi fault (Uemachi fault) in red. The background is a topographic map. The simulation results are shown as a color-coded area representing acceleration. A legend in the bottom right corner indicates "Acceleration (gal) RMS" with values 0, 500, and 800, and a multiplier of x3000. The time shown is 0.00 s.

Uemachi fault

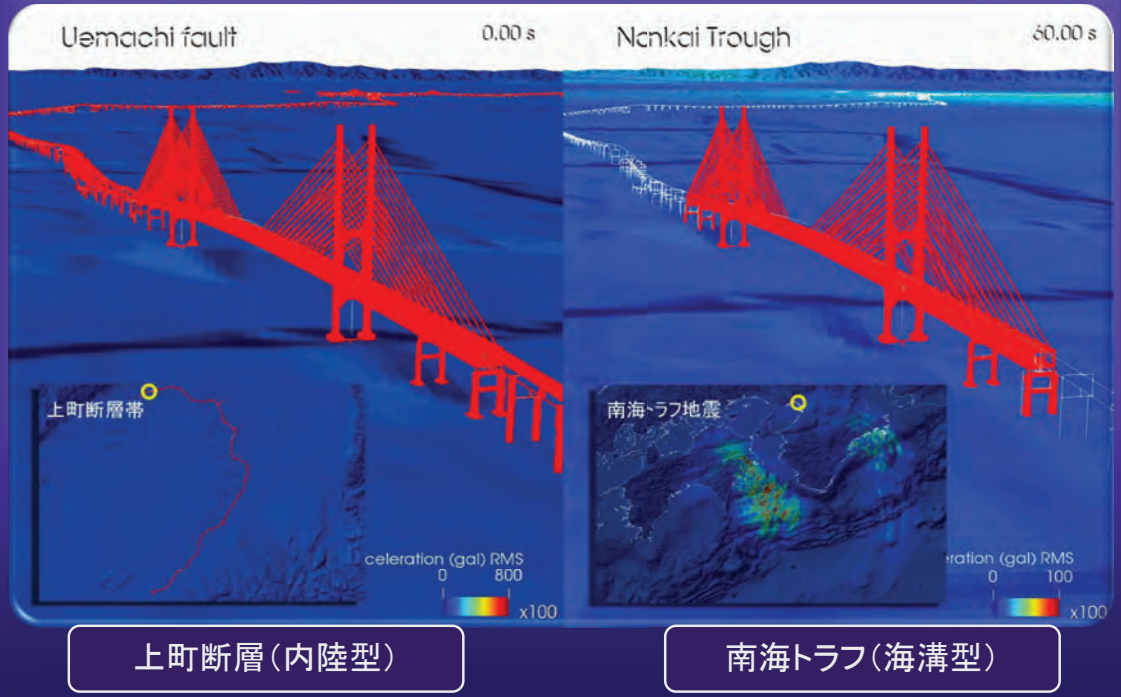
0.00 s

Acceleration (gal) RMS  
0 500 800  
x3000

Hanshin Expressway Company LTD

46

# 上町断層帯と南海トラフの比較



Hanshin Expressway Company LTD

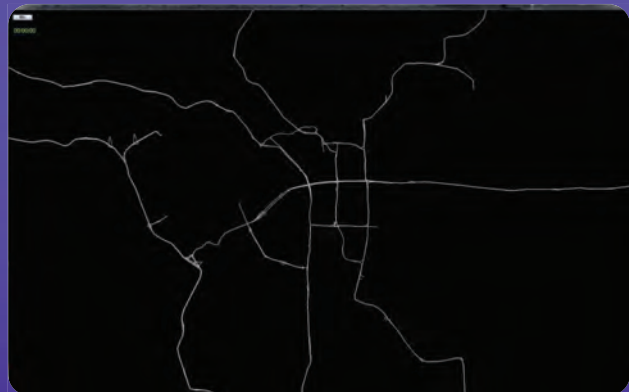
# 車両挙動および交通流への影響



ドライビングシミュレータ  
(京大 宇野研究室)



車両挙動シミュレーション(京大  
清野研究室)



交通流シミュレーション(東大 羽藤研究室)

▼  
事故発生箇所, 渋滞発生箇所から  
緊急輸送道路としての機能を評価

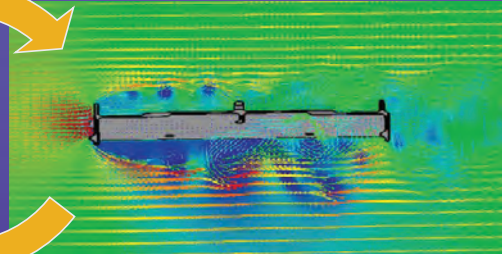
Hanshin Expressway Company LTD



# CFDにも挑戦



風洞実験



CFD

