

構造物の劣化と耐震挙動

6月13日



名古屋大学大学院
教授/情報基盤センター長
伊藤 義人

伊藤の簡単な履歴

- 1977年(昭和52) 名古屋大学大学院修士修了, 名古屋大学助手
- 1986年(昭和61) 米国リーハイ大学客員研究員(1年間)
- 1995年(平成7) 名古屋大学教授(現在に至る, 19年間)

- 2000年(平成12) 附属図書館館長(2009.3まで, 9年間)
- 2005年(平成17) 国立情報学研究所客員教授(現在に至る)
- 2009年(平成21) 名古屋大学情報連携統括本部副本部長
情報戦略室長(現在に至る)
- 2012年(平成24) 名古屋大学情報基盤センター長(現在に至る)
- 2014年(平成26) 名古屋大学連合2群議長・評議員(現在に至る)

専門: 構造工学(橋梁工学), 環境情報学 → 「構造, 情報, 環境」

【所属学会】 土木学会, 日本建築学会, 日本材料学会, ASCE (米国土木学会), IABSE (国際橋梁構造協会), 日本鋼構造協会, 情報処理学会, 砂防学会, 日本計算工学会, 廃棄物学会, 日本地震工学会, 日本工学教育協会, 日本防錆技術協会, その他

構造物の劣化・破壊とタイムスパン

構造物
の新設

ライフサイクルアナリシスの必要性
—防災とライフサイクル性能—
ライフライン構造物の劣化を考慮した防災

衝撃

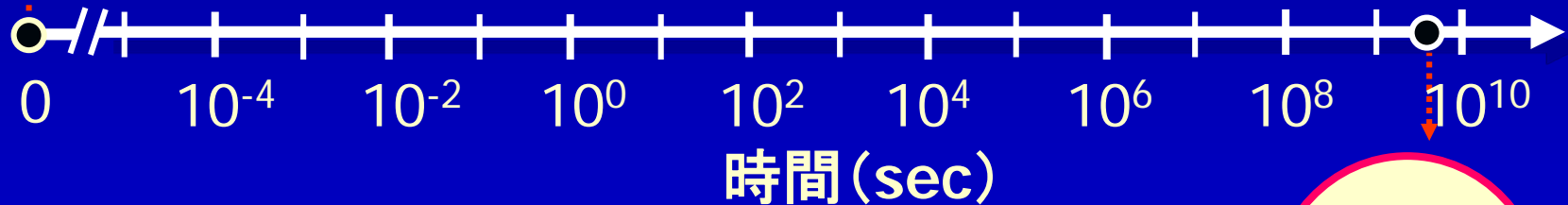
地震

疲労

腐食

数m秒～数秒 数十秒

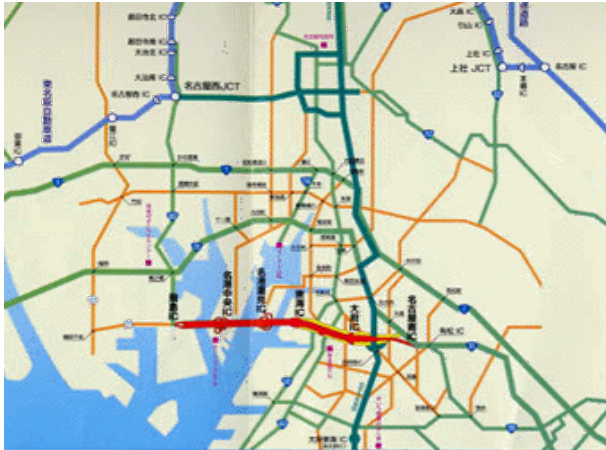
5～50年 50～100年



設計寿命
(100年)

名港トリトン

橋梁委員会委員として
計画, 施工, 完成まで助言
実験(座屈・耐荷力)と実測も実施



中央大橋



名港東大橋



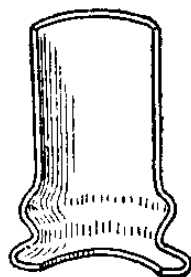
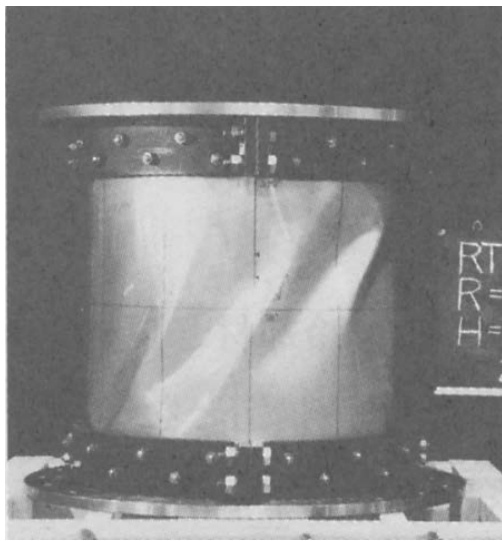
名港西大橋 (橋長758m ナゴヤ)



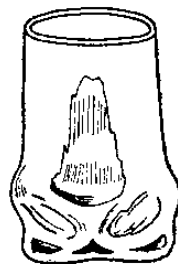
阪神大震災での橋脚の被害



実験室での耐震実験



(a)



(b)



(c)

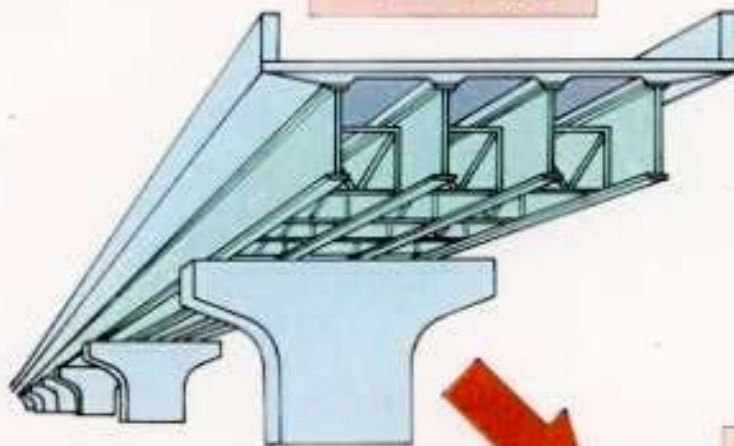


ライフサイクルコスト, 環境負荷低減構造

少数主桁橋の誕生(1996) 鋼重減+工数減=製作費の大幅減

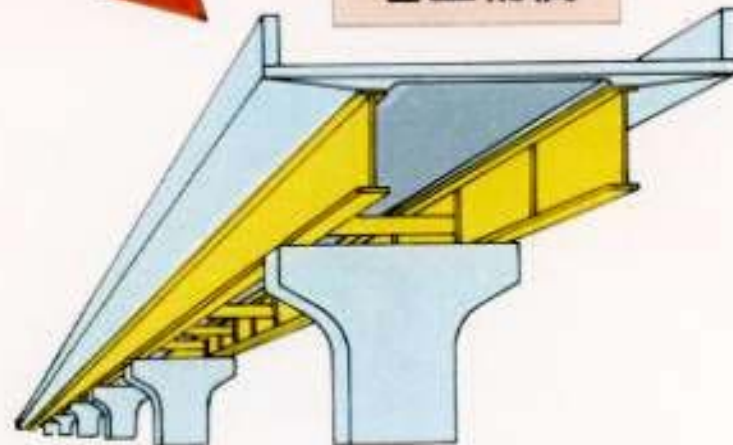
◆ 少主桁橋のイメージ

4主桁橋

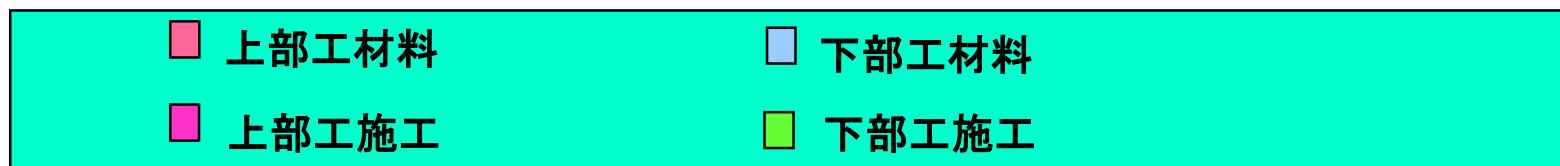
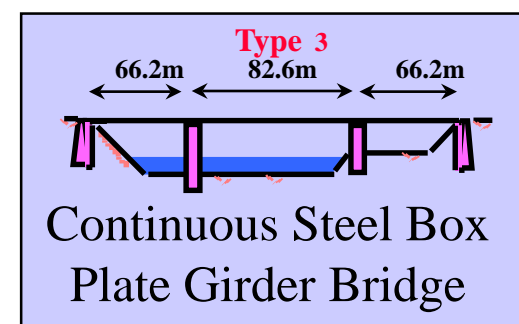
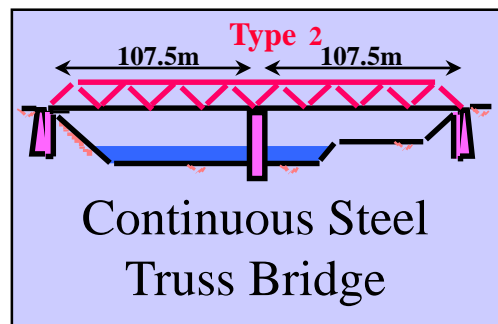
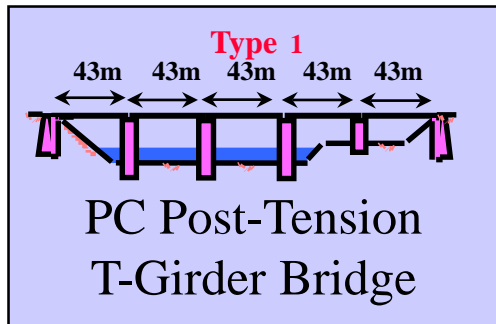
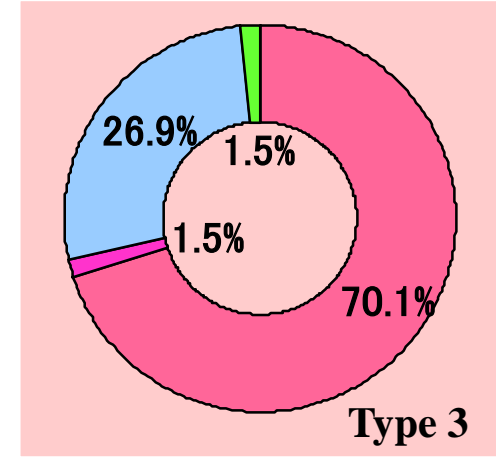
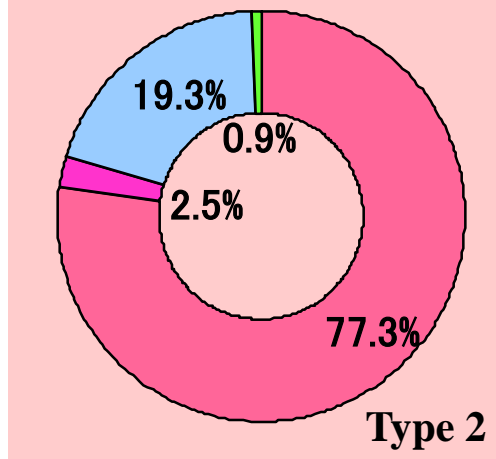
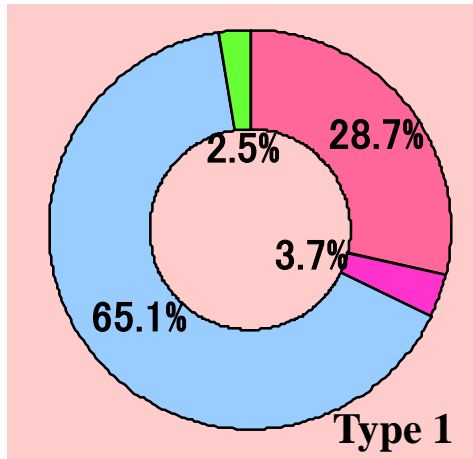


同時に環境負荷最少

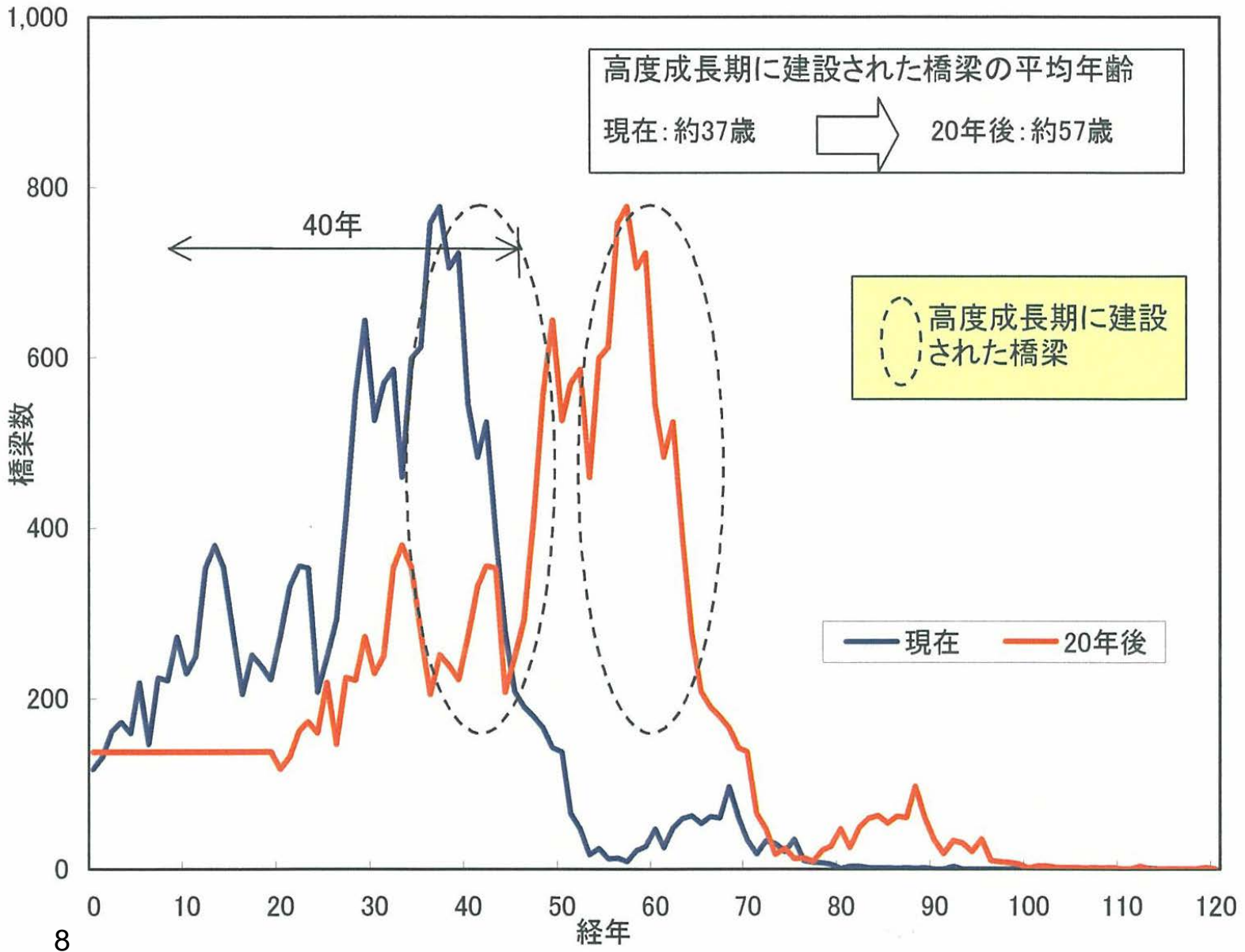
2主桁橋



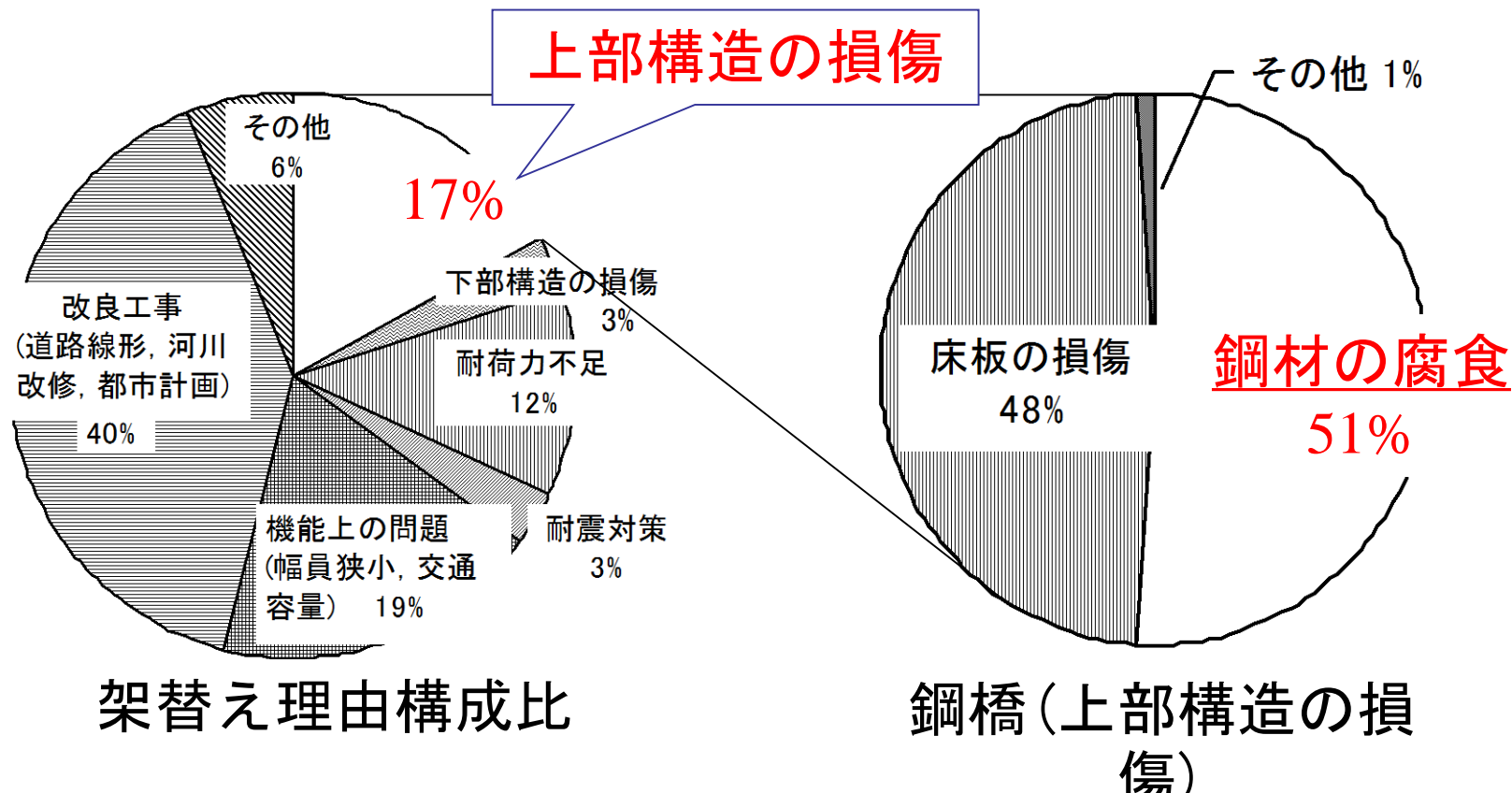
橋梁の二酸化炭素発生量の特徴



道路橋ストックの高齢化



腐食による架替え



架替え理由構成比

鋼橋 (上部構造の損傷)

鋼橋の上部構造の損傷のうち、
約半分が鋼材の腐食による

鋼橋の最近の重大事例(腐食劣化)



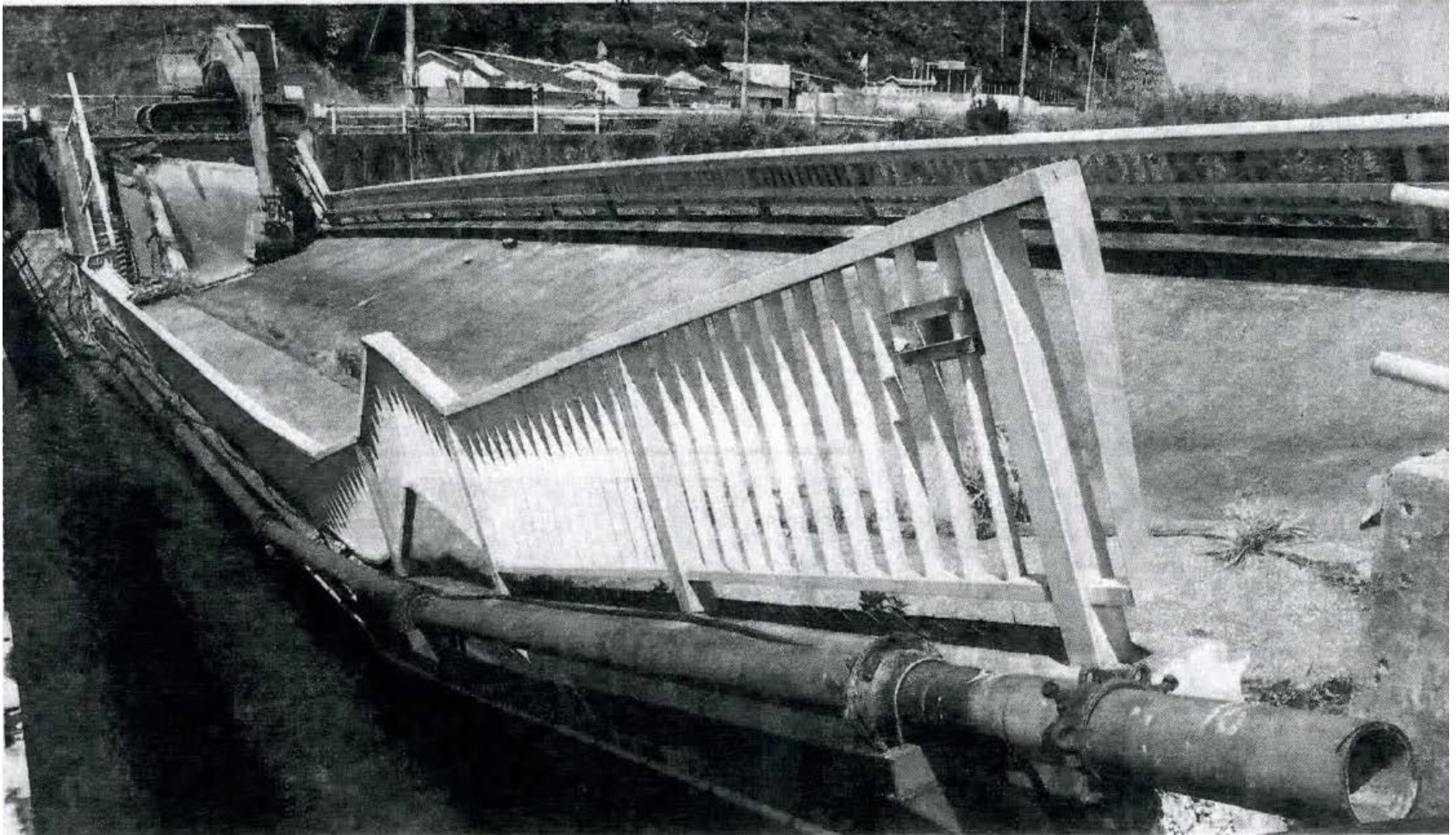
Constructed
in
1963

木曾川大橋 Kisogawa-Ohashi (Steel Warren Truss Bridge)

12@70.63m=858.46m, National Route 23

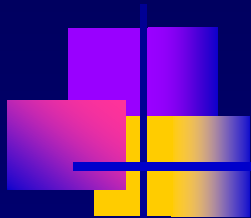
20 June 2007





2009年7月15日落橋(供用停止中)

沖縄タイムズ紙より



環境促進実験・耐久性評価モデル開発

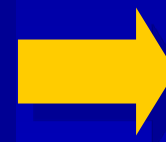
土木構造物に使用されている材料・部材・構造の
ライフサイクルでの耐久性を知ること



土木構造物に
対する環境要因

- ・飛来塩分
- ・降雨
- ・乾燥, 湿潤
- ・酸性雨
- ・太陽光線 等

再現



環境を組合わせた複合サイクル
環境促進実験

各パラメータに対する基礎データを
得る

耐久性長期評価
モデルの構築

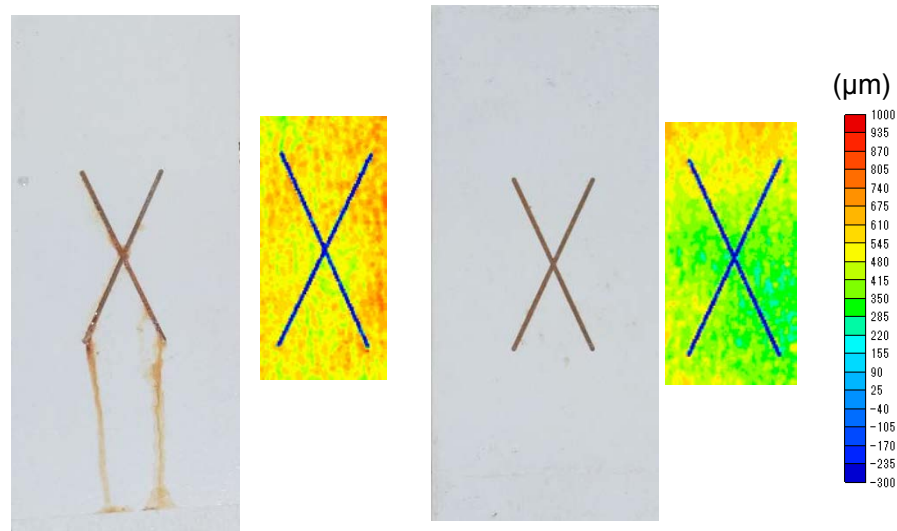


(1) 荷重作用下での各種防食システムの長期劣化特性

■ 実験状況



実験経過 (400サイクル)



ひずみ有

ひずみ無

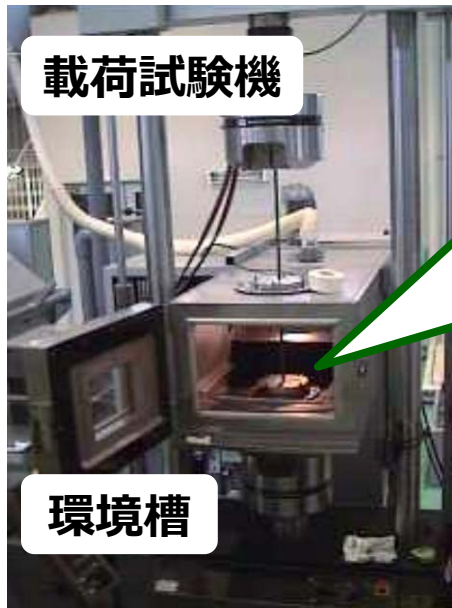
A塗装供試体

塗装のふくれ(劣化)をレーザー深度計で計測、
ひずみが防食の劣化に及ぼす影響を解明



(1) 荷重作用下での各種防食システムの長期劣化特性

■ 繰り返し荷重作用下の防食鋼板の環境促進実験



試験体数量

塗装系	ひずみ 振幅(μ)	試験サイクル		
		400	800	1200
A塗装	500	3	3	3
C塗装		3	3	3

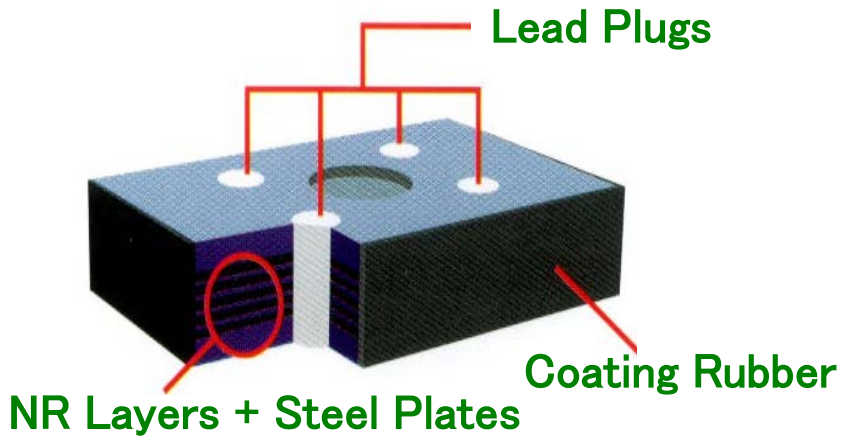
環境条件 S6サイクル
塩水噴霧→湿潤→高温乾燥→低温乾燥
(6時間/1サイクル)

- 塗装供試体を用いた実験に先行して、無塗装供試体を用いた検証を実施(ひずみ導入条件の確認)。
- 塗装供試体を用いた実験に近日着手(供試体作製済み)。

研究背景と目的

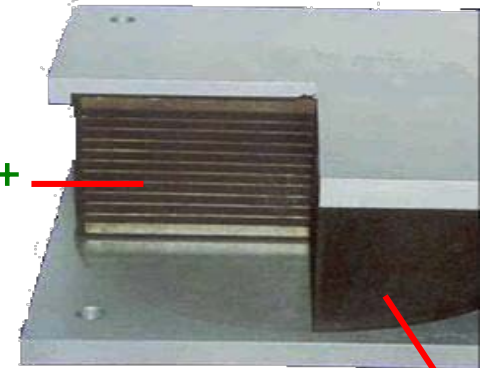
橋梁用ゴム支承

- ゴム支承は、免震支承または反力分散支承として多様されている。



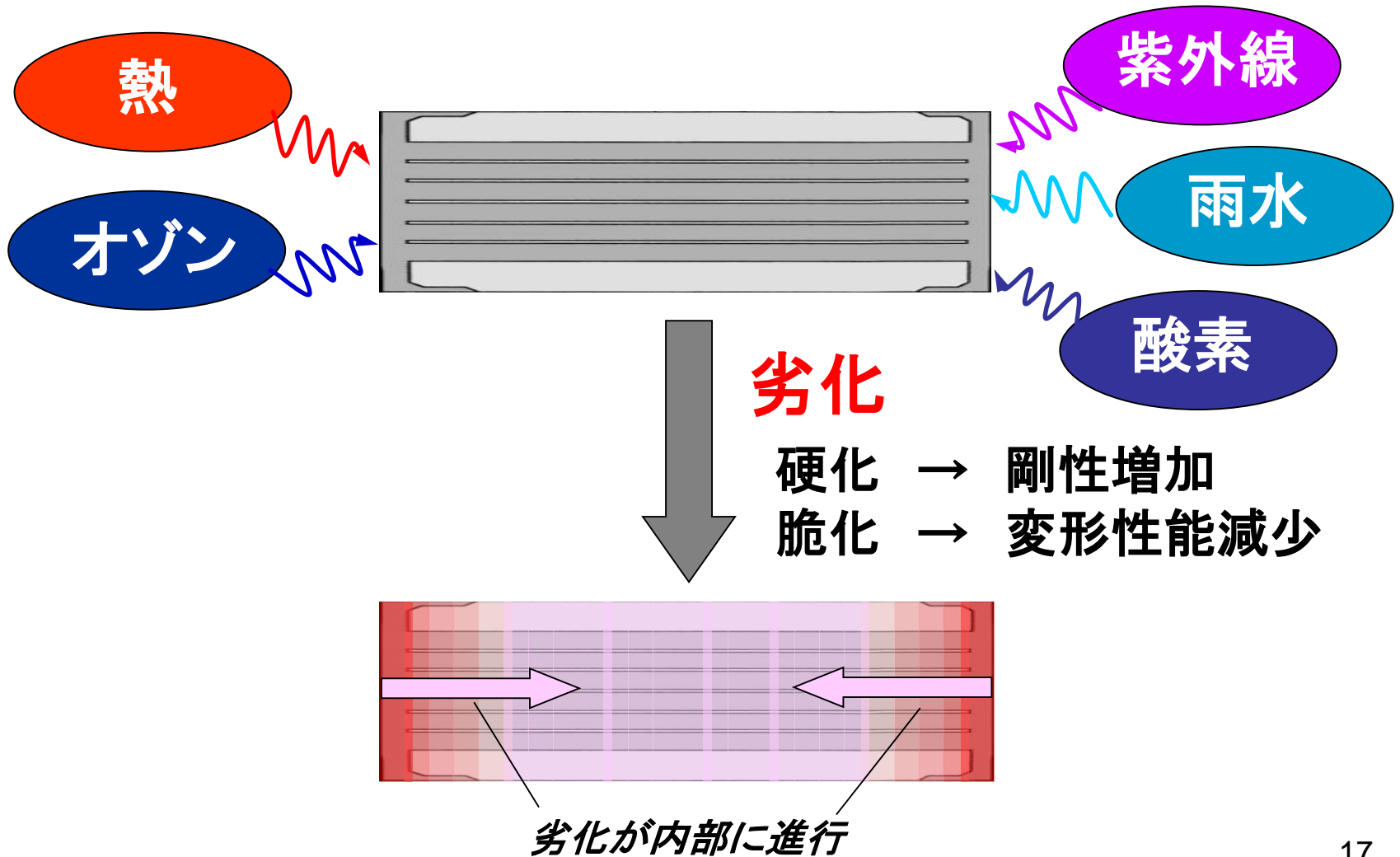
Lead Rubber Bearing
(鉛プラグ入り天然ゴム支承)

HDR Layers +
Steel Plates



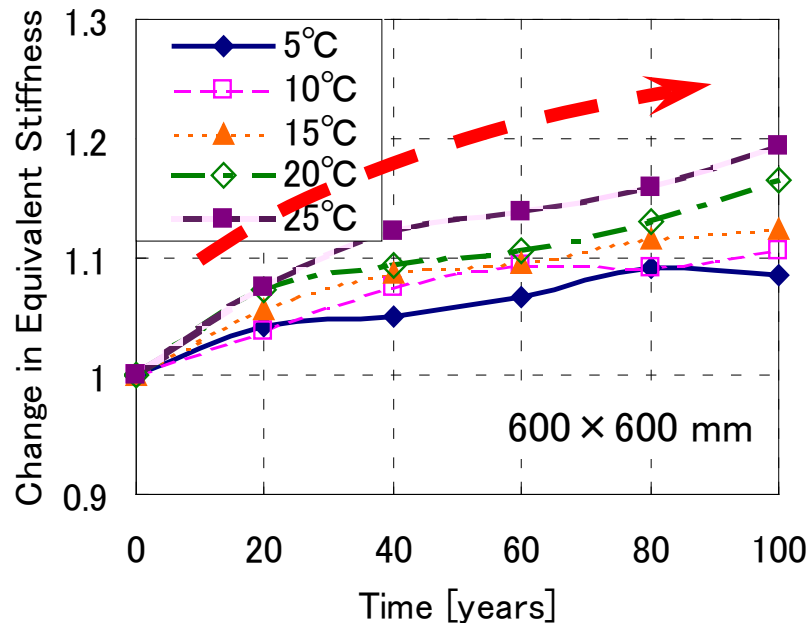
High Damping Rubber Bearing
(高減衰ゴム支承) 16

橋梁用ゴム支承の劣化



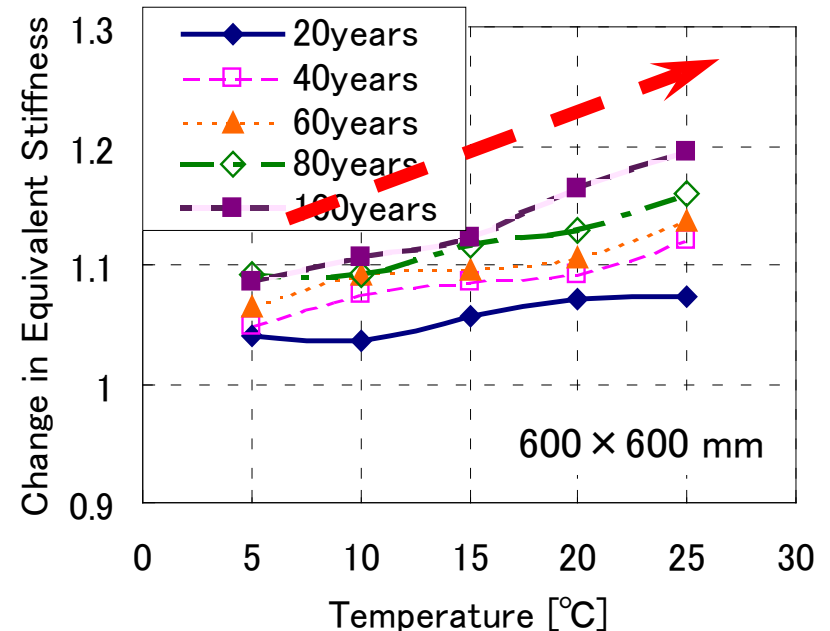
等価水平剛性変化 (NR支承解析結果)

時間依存性



時間と共に増大

温度依存性

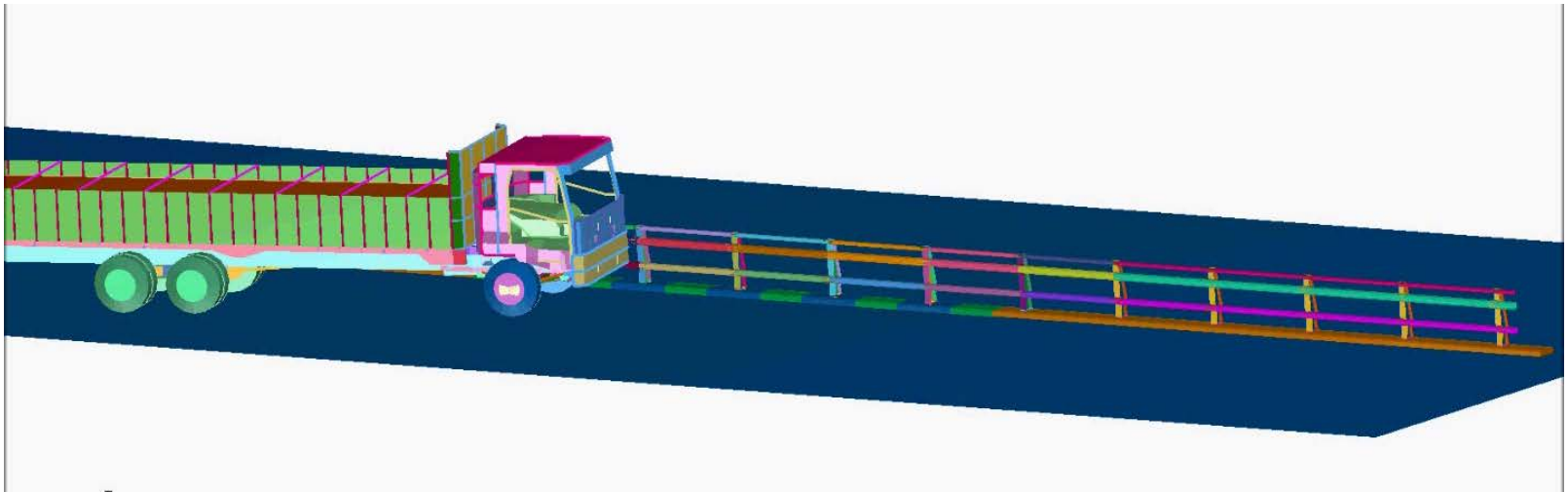


温度と共に増大

数値解析シミュレーション

実車衝突実験

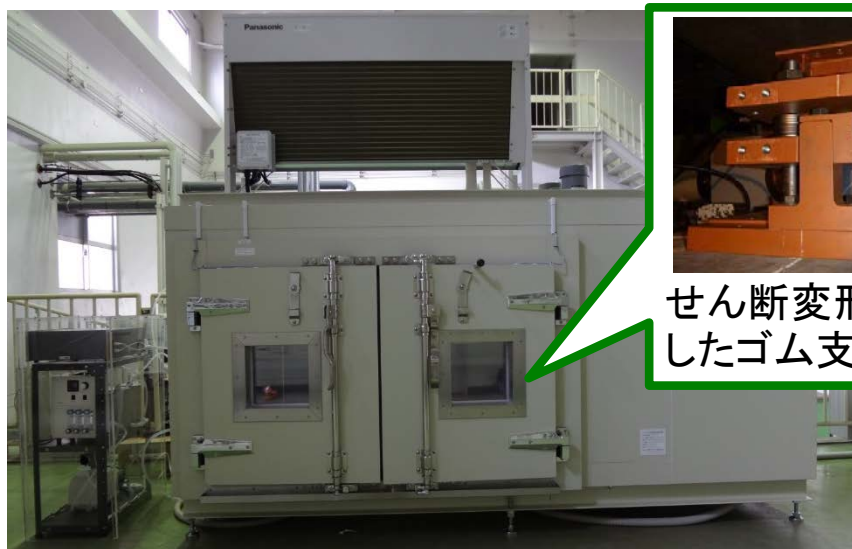
車両衝突解析



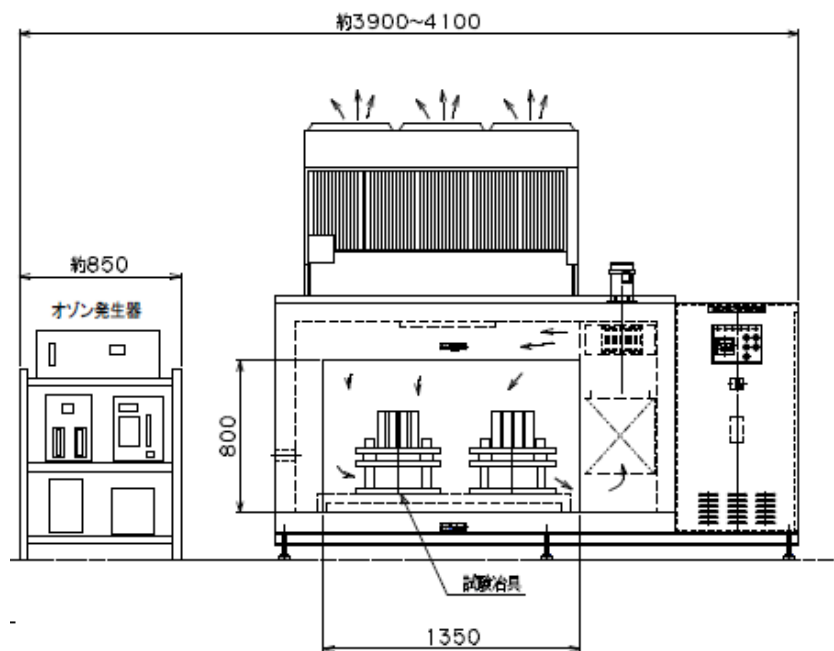


(2) ひずみと環境劣化因子を考慮した 免震ゴム支承の耐久性評価

■ 平成24年12月，試験装置を導入



せん断変形を付与したゴム支承

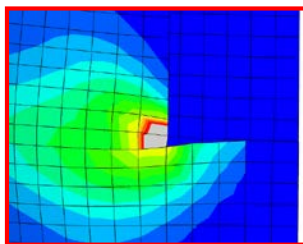
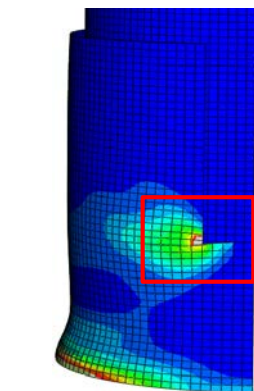


装置仕様

- 温度： $-30^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$
- オゾン濃度： $0 \sim 150\text{pphm}$
- 内寸： $1500\text{W} \times 1000\text{D} \times 1000\text{H}$

港湾鋼構造物の長寿命化対策

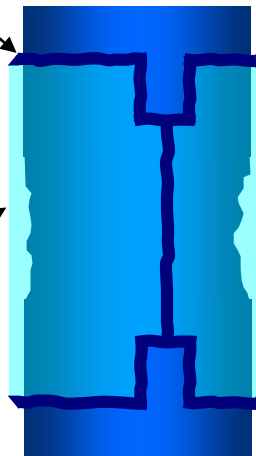
腐食劣化



点検・診断

水中溶接部

添接板



補修部材

補修設計

補修工事

補修部材の
耐荷力性能・
性能回復率



時間軸を考慮した「危機管理・復興」 大規模統合シミュレーションシステムの必要性

	事前	災害直後	中期	長期
医療		人命救助 緊急医療体制 薬品	衛生, カウンセリング	
インフラ	頑健で冗長な基盤整備	緊急復旧・復興	恒久復旧・復興	
減災策	ハザードマップ 救助準備 防災教育	2次災害防止策 救助発動 避難		
情報	データベース	被害情報収集	復旧計画	
廃棄物		有害物質除去	廃棄物処理	
法規・経済		経済支援体制 法支援体制 (超法規)		
生活物資	備蓄	水, 食料, 衣料品		
エネルギー	装備 (避難所など)	分散型エネルギー	恒久復旧	
都市	土地利用最適化	避難所, 仮設住宅など	復興	
	グランドデザイン	人命重視		環境重視

イベント(地震)を考慮した交通基盤施設の ライフサイクル評価手法に関する研究



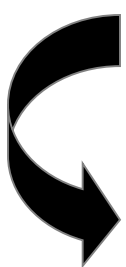
研究の内容

1. イベント的事象を考慮したLCC, LCAの検討

イベント的事象として**地震**を取り上げ、ライフサイクル評価(LCC, LCA)に及ぼす**影響**について検討する.

2. 道路ネットワークを考慮した評価

単体構造物レベルのライフサイクル評価ではなく、道路交通**ネットワークレベル**で地震を考慮したライフサイクル評価を行う.



橋脚の被害が橋梁の通行機能に最も**影響**を与えると考え、**鋼製単柱橋脚**を対象として評価を行う.

地震リスクの評価手法

地震発生確率
(ハザード曲線)

$P(H)$

$P(H) \cdot P(D/H)$

被害発生確率

損傷発生確率
(損傷度曲線)

$P(D/H)$

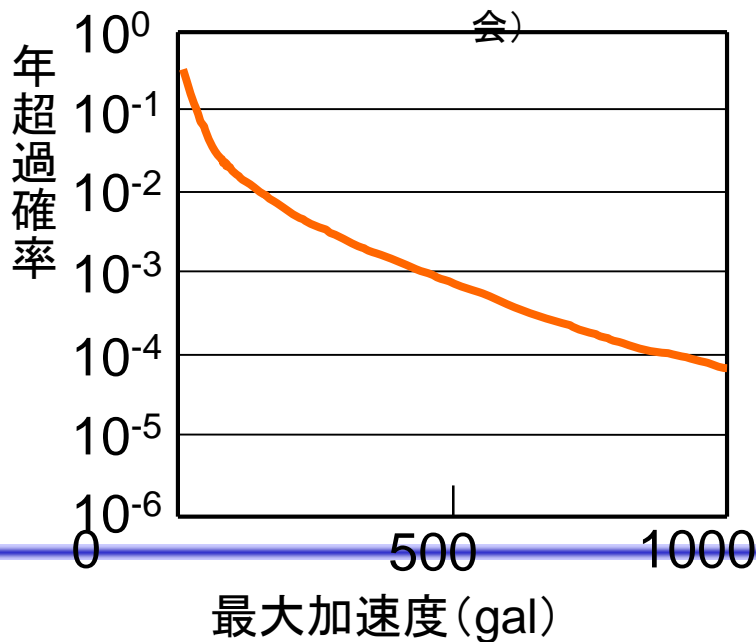
被害に伴う
損失値

C_D

地震リスク
費用

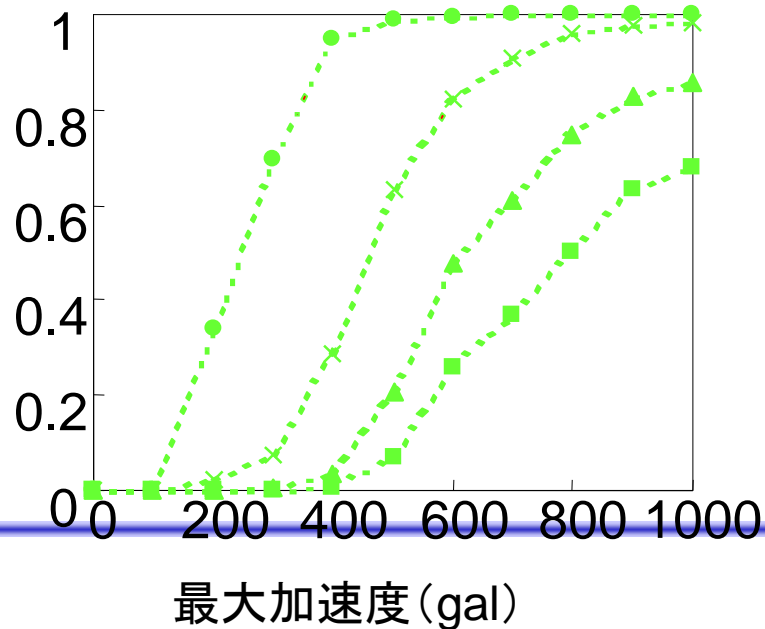
ハザード曲線

(土木学会地震工学委員会・
レベル2地震動研究小委員
会)



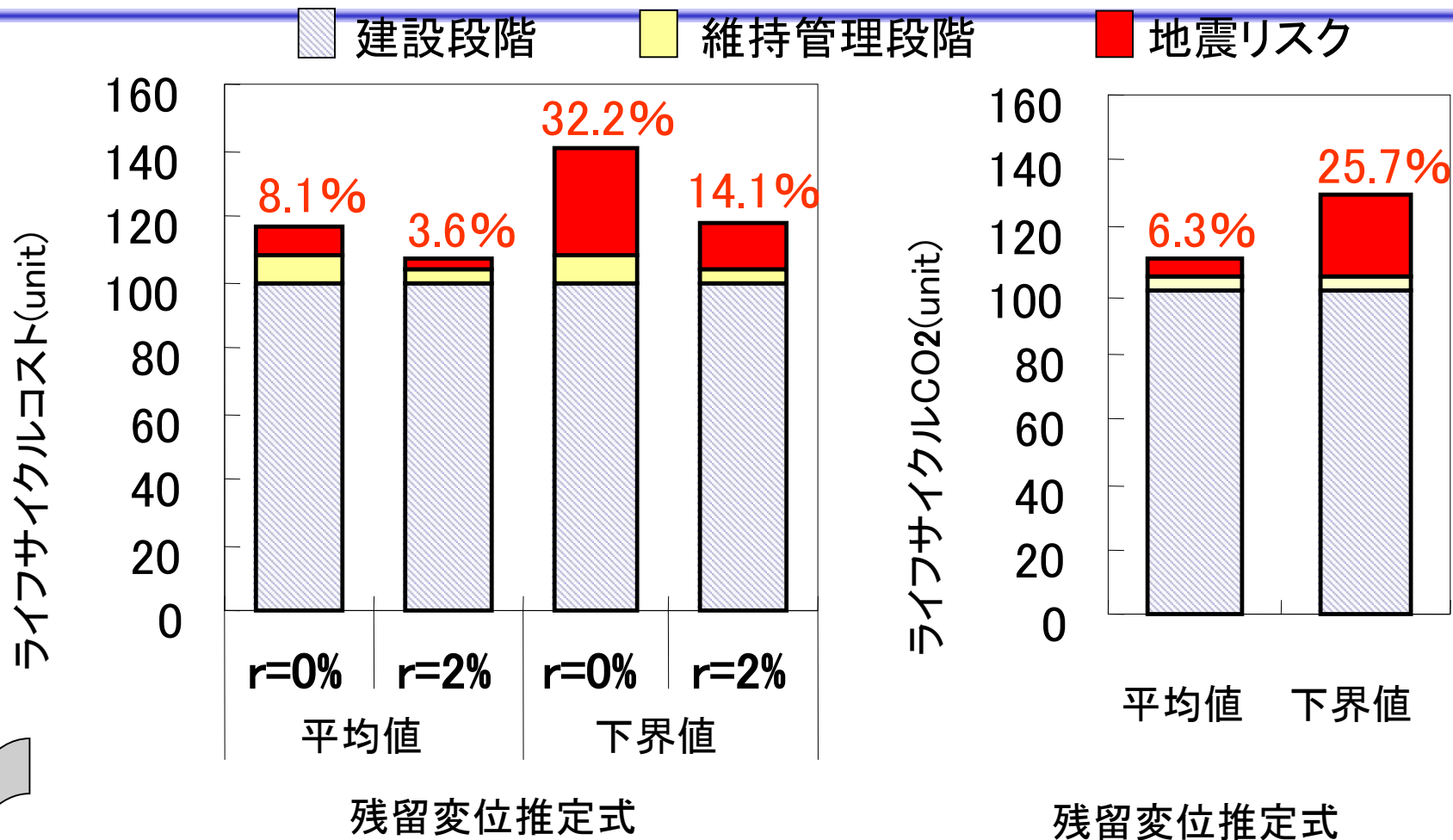
損傷度曲線

損傷確率



試算結果

新設時を100とした相対的な値 (unit) で評価



地震による損失として**建造物の被害のみ**を考慮した場合、LCC, LCAに対する地震の**影響は大きくない**

ユーザーコストを考慮した地震リスクの検討

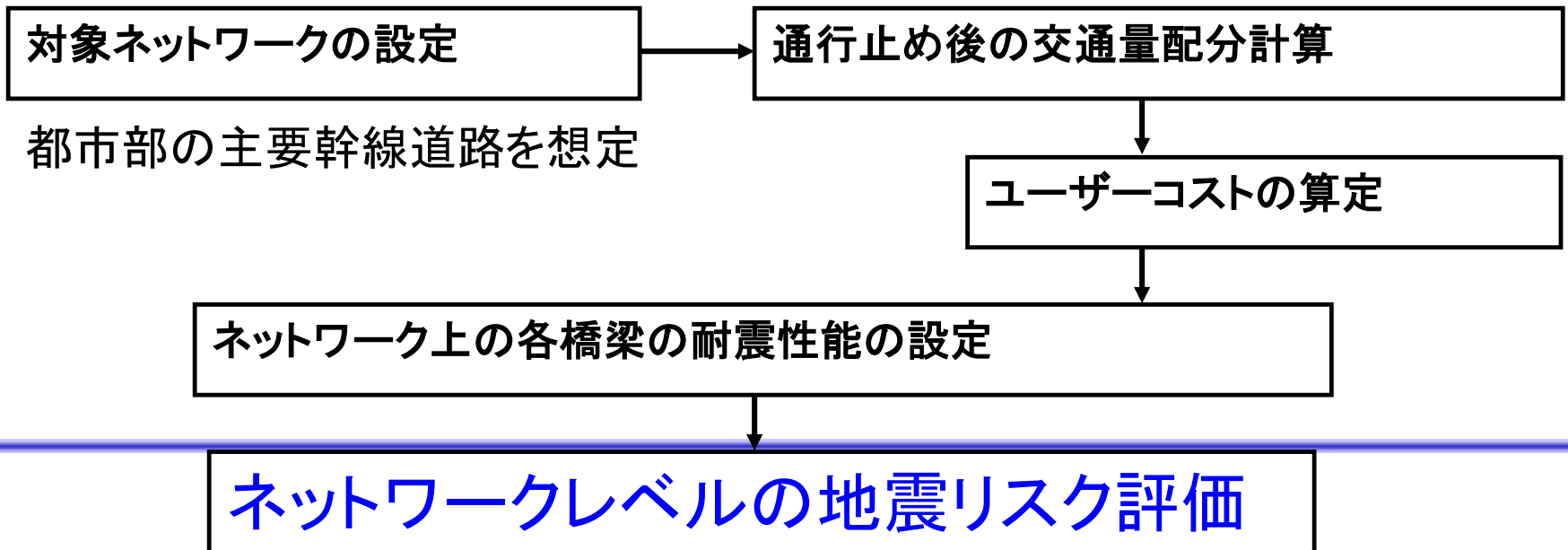
地震被害による橋梁の通行止め



ユーザーコスト(利用者が被る損失)が発生

迂回路を通ることによる走行時間増加による損失,
燃料費などの走行費用増加による損失, 等

評価の流れ

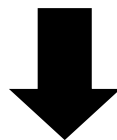


耐震性能の設定

ネットワーク上の橋梁をすべて同じ耐震性能とするのは合理的ではない → 耐震性能に差を持たせて検討

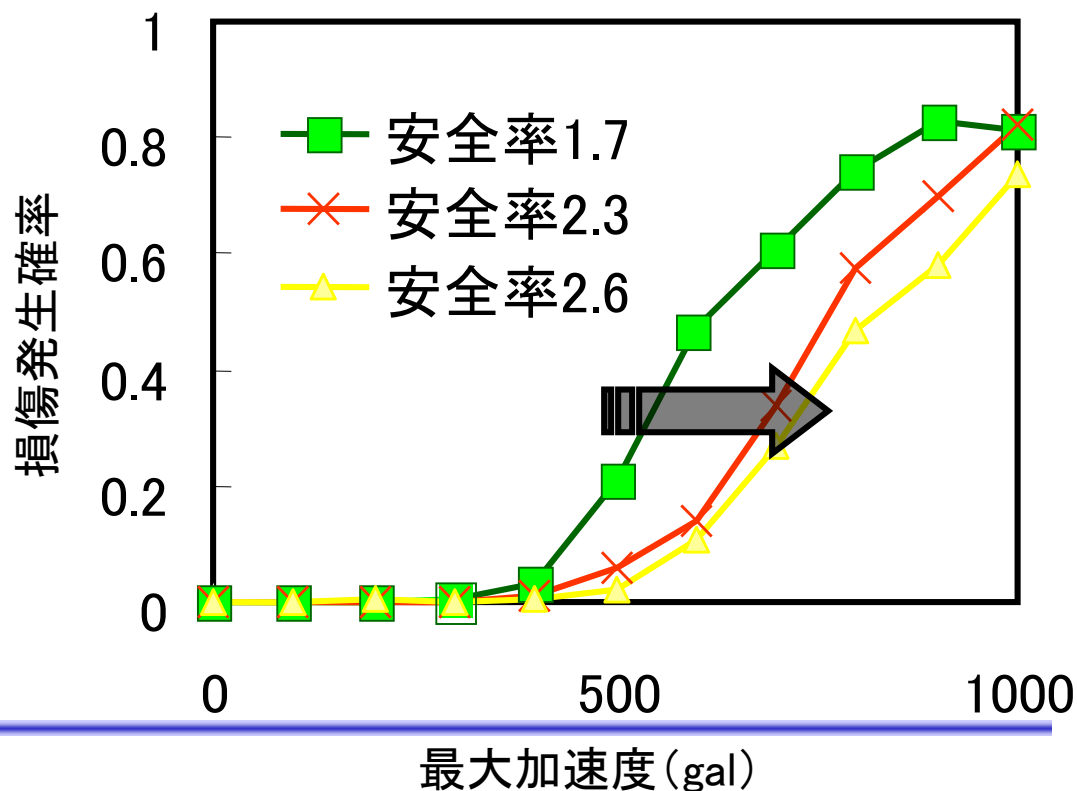
震度法による橋脚の設計

耐震性能	安全率
低レベル	1.7
中レベル	2.3
高レベル	2.6



地震応答解析を行い、
損傷度曲線作成

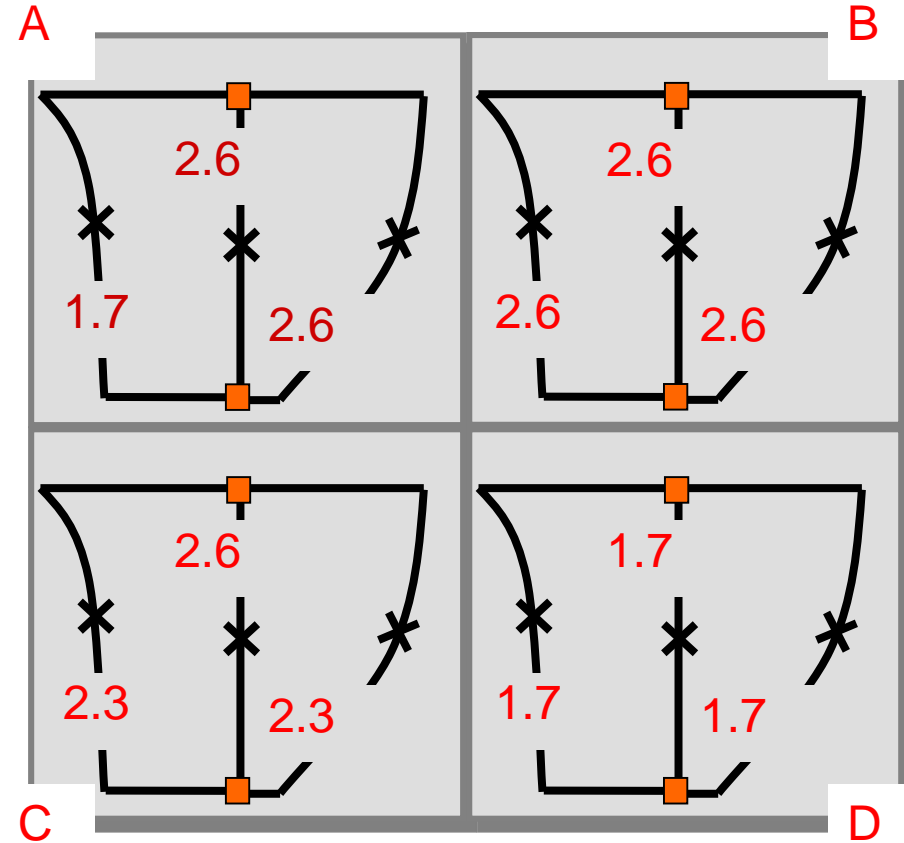
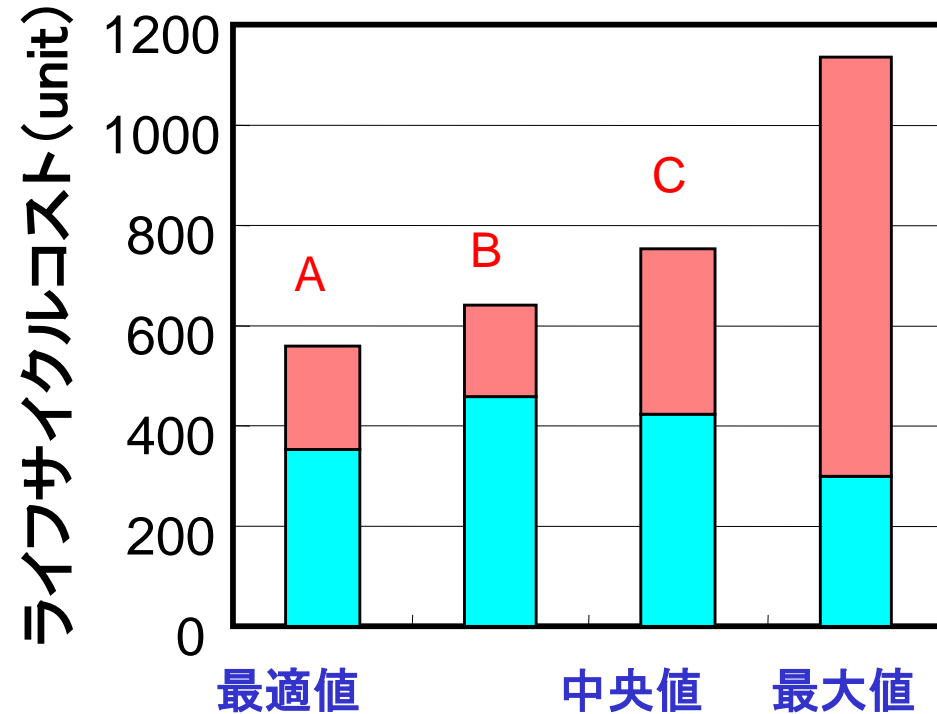
各耐震性能の損傷度曲線



ネットワークレベルの地震リスク評価結果

ネットワークの耐震性能

- 地震リスク
- 新設コスト



ユーザーコストを考えた場合、地震リスクの影響は大きい
耐震性能に差をつけることにより、LCCの最適化を図れる



名古屋大学と中部地方整備局との連携・ 協力に関する協定について

**平成25年10月
工学研究科・社会基盤工学専攻**

名古屋大学と中部地方整備局の位置付け

名古屋大学：学術憲章

- ・立地する地域社会の特性を生かし、地域の発展に貢献

学術活動・人材育成により

地域の発展の貢献に対する目的は一致

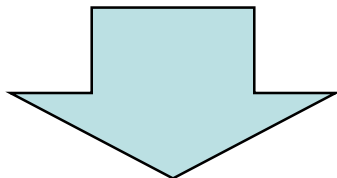
実務的行動により

中部地方整備局：新まんなかビジョン

- ・巨大地震の発生や集中豪雨、台風による水害等の自然災害への対応
- ・日本の大動脈を担う中部地方ゆえに、大規模災害による経済活動の停滞懸念への対応
- ・活発な経済活動による様々な環境問題への対応
- ・水による水不足や、エネルギー危機への対応
- ・地域の活力衰退と地域間格差の拡大への対応
- ・社会の成熟化に伴うライフスタイルニーズの多様化への対応
- ・地域経済の早期回復と活況化への対応

協定締結による名古屋大学の地域貢献

従来は土木工学などの一部の学問分野に関係が偏っていた



持続可能で、活力ある国土・地域づくりは多くの学問分野との連携で可能

- 世界有数の産業集積地での大規模災害対応への学術知見の提供と実践
工学、環境学、理学、医学、社会学、経済学 その他
- 経済活動による様々な環境問題への学術知見の提供と実践
環境学、工学、医学、社会学、経済学 その他
- 地域経済の活性化(リニア、物流、モビリティ)への学術知見の提供と実践
工学、環境学、情報学 その他

•

協定締結による名古屋大学のメリット

① 教育・人材育成

- ・ 大学での整備局の講義・現場見学の拡充
- ・ 整備局へのインターンシップ推進
- ・ インフラ整備のための留学生教育

② 研究活動の推進

- ・ 研究フィールド（道路、河川、港湾、農村など）の利用
- ・ 技術開発/研究開発公募（国土管理・保全局、道路局）

③ 災害に備えた体制整備

- ・ 有事に備えた体制整備、地震時合同訓練

④ 国土・地域開発への貢献

- ・ 整備局の課題に対する助言
- ・ 土木系などにとどまらない、多くの分野の教員の関与