



6.コンクリート構造物 の耐震補強基礎

大内 一



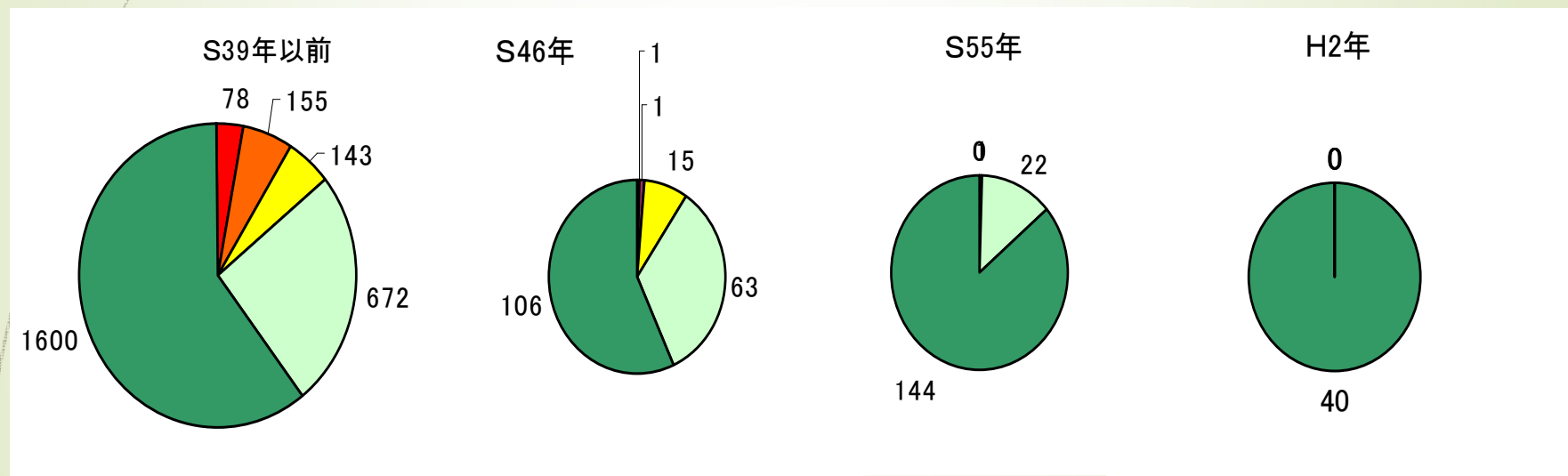
構成

- 
1. 地震被害
 2. 耐震補強の考え方
 3. 耐震補強工法
 4. 耐震補強の事例
 5. 耐震補強研究
 6. おわりに

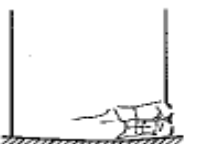
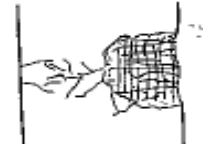


1. 地震被害

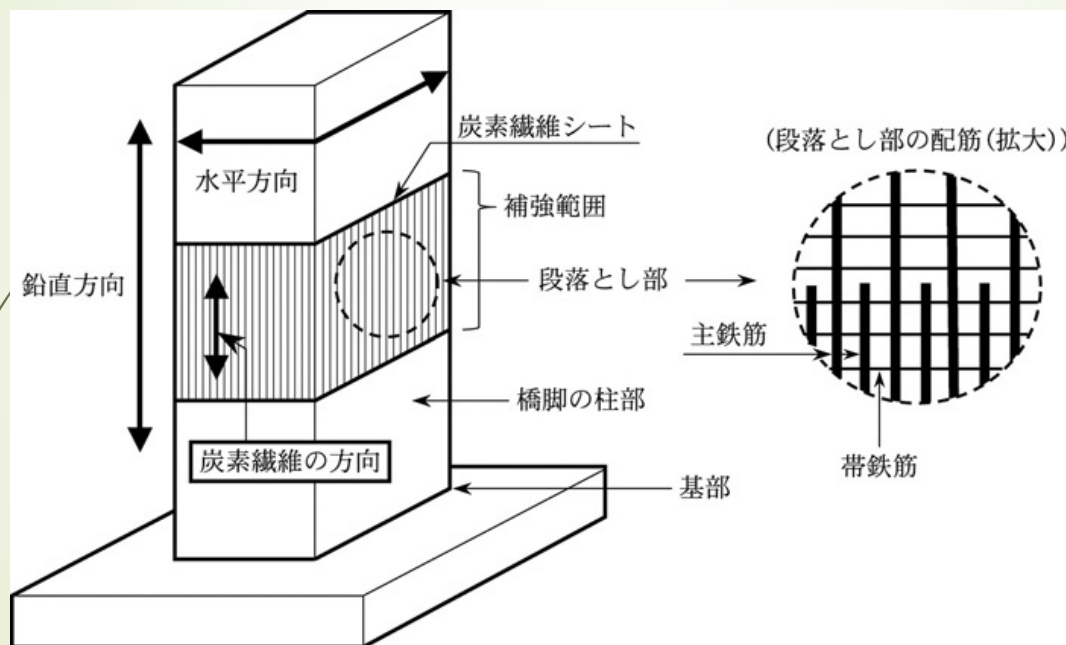
兵庫県南部地震道路橋： 設計準処基準年次別の被災度



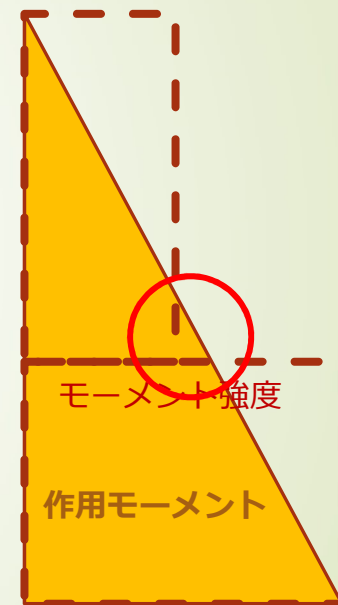
鉄筋コンクリート橋脚の被災度と 損傷パターン

判定 典型的な破壊モード	As	A	B	C	D
柱地盤面 位置での 曲げ破壊	全面的破壊 	2面の破壊 	1面程度の破壊 	一部のはく離程度 	被害 なし
柱地盤面 位置での 曲げせん 断破壊	内部破壊 	2面程度の破壊 	1面程度の破壊 	一部のみ 	被害 なし
軸方向鉄 筋段落し 部の曲げ せん断破 壊	内部崩壊 	内部破壊 			被害 なし
柱地盤面 位置での せん断破 壊	全断面破壊 	貫通した破壊 	部分破壊 		被害 なし

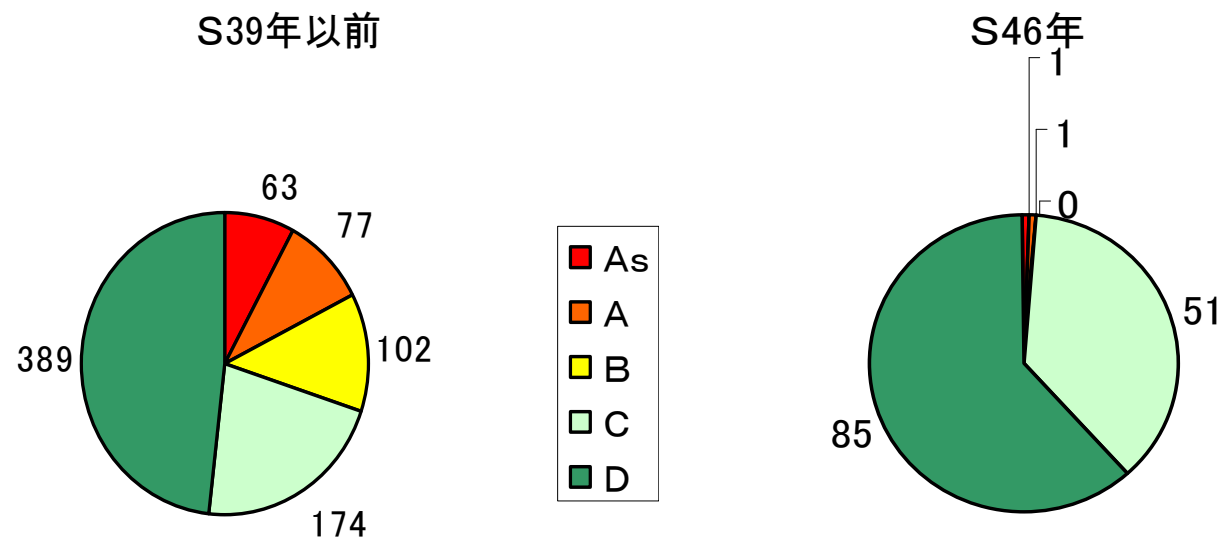
鉄筋コンクリート橋脚の段落とし



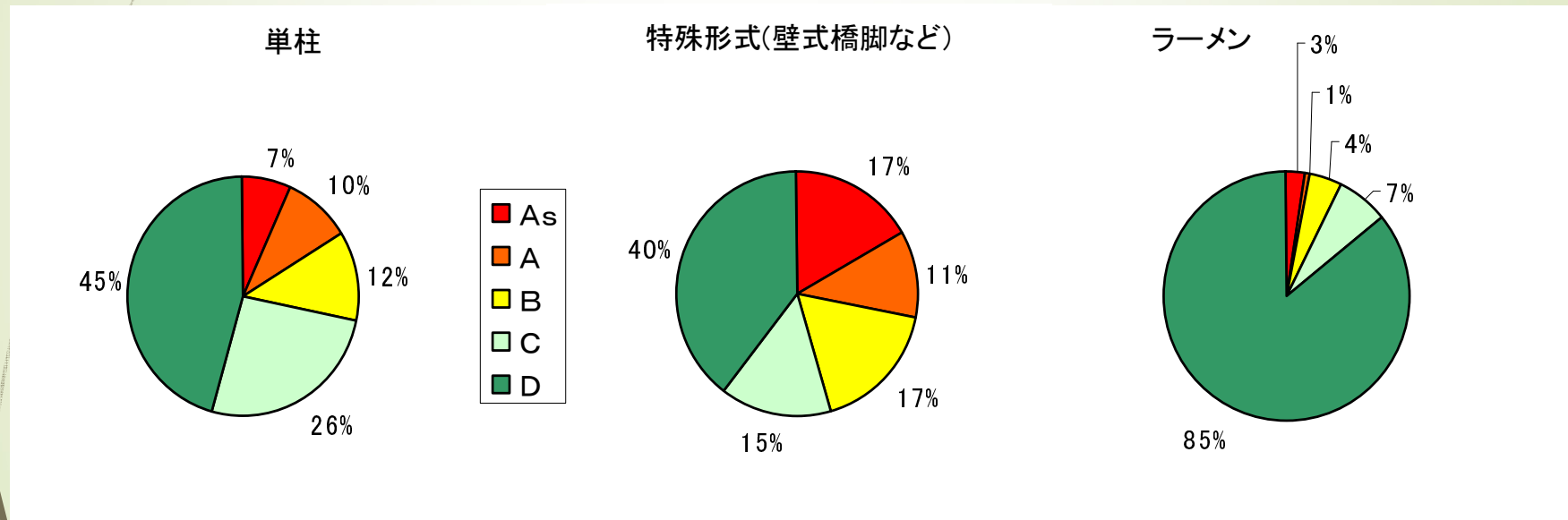
モーメント強度



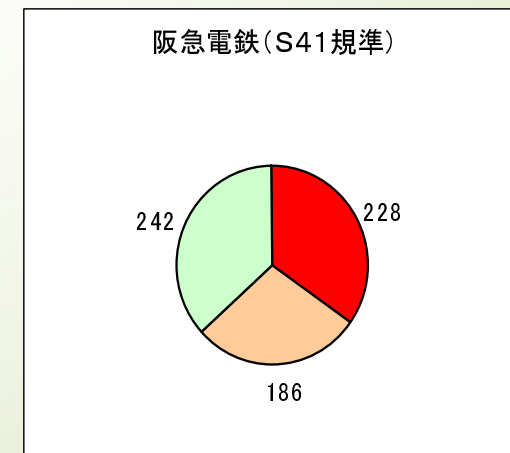
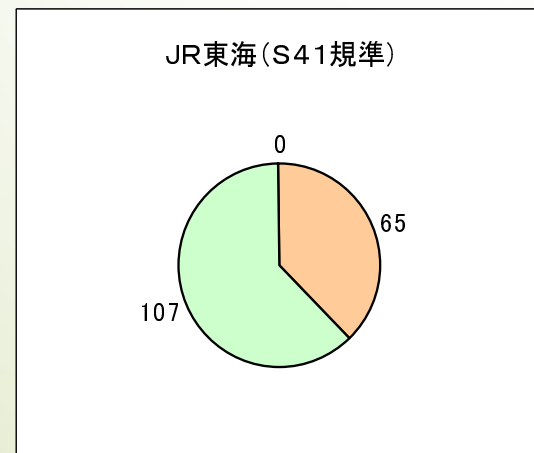
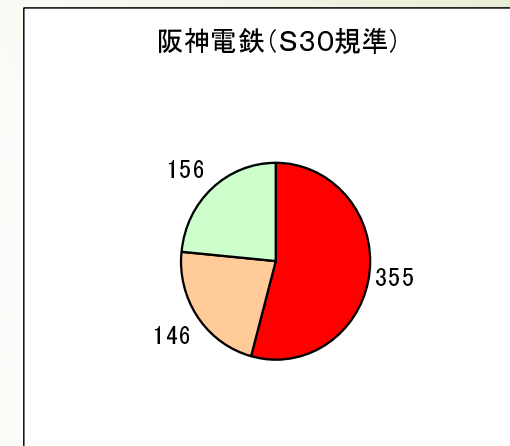
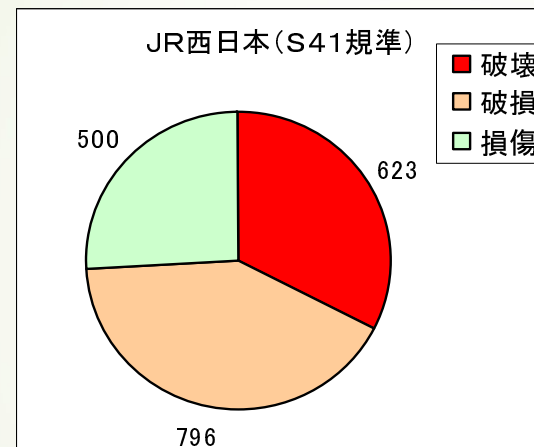
阪神高速3号神戸線における 鉄筋コンクリート橋脚の 準拠基準別損傷度（橋脚数）



阪神高速3号神戸線における 鉄筋コンクリート橋脚の 構造形式別の損傷度ランク

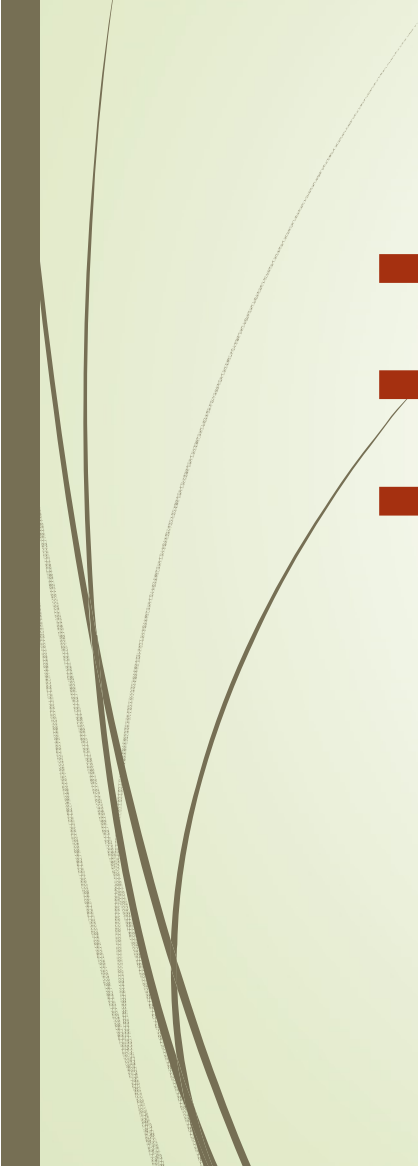


兵庫県南部地震 被災鉄道橋の被災度と本数





損傷パターン

- 
- ➡ 基部の曲げ破壊
 - ➡ せん断破壊または曲げせん断破壊
 - ➡ 段落し部からの曲げせん断破壊

基部の曲げ破壊



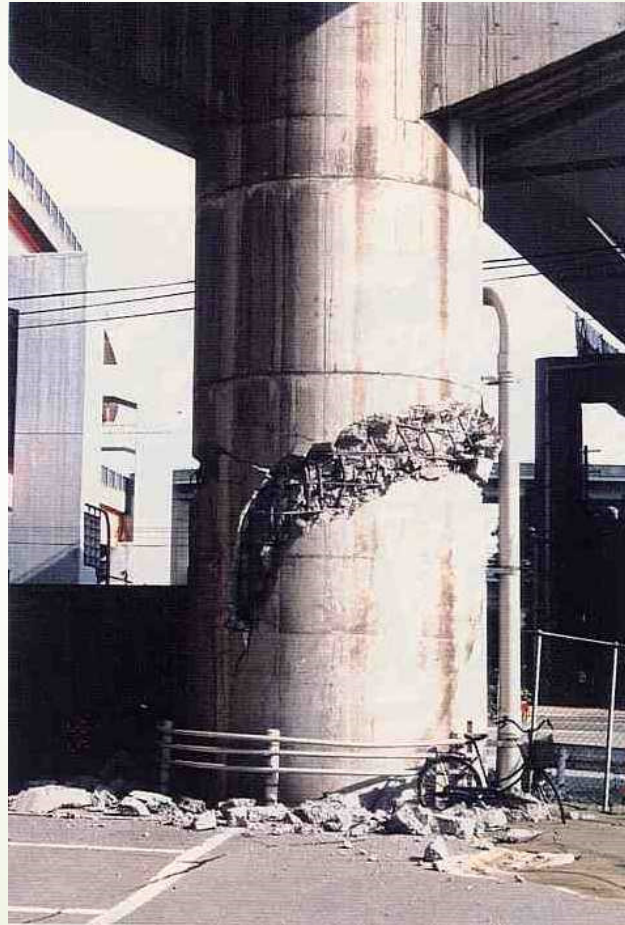
せん断ひび割れ



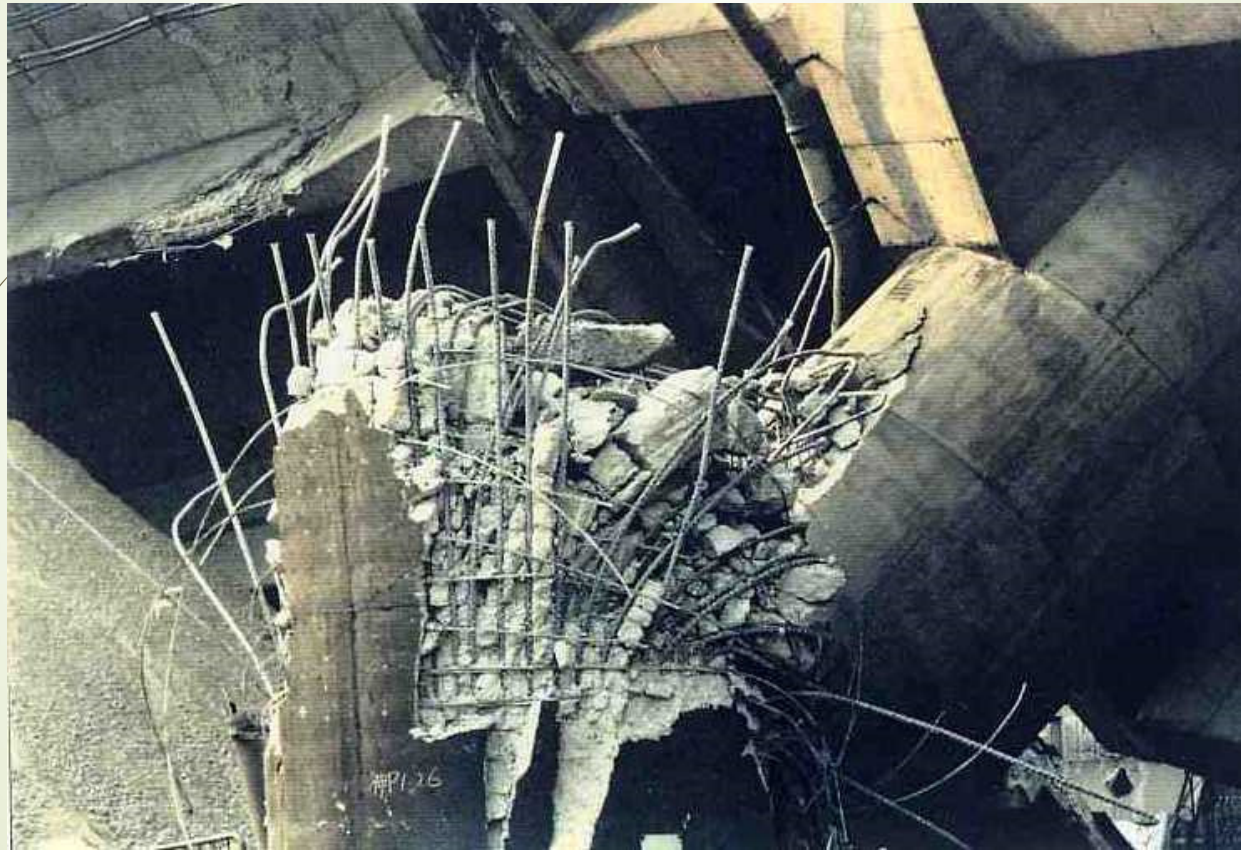
段落し部からのせん断破壊



主筋段落し部の曲げせん断破壊



主筋段落し部の曲げせん断破壊 による倒壊





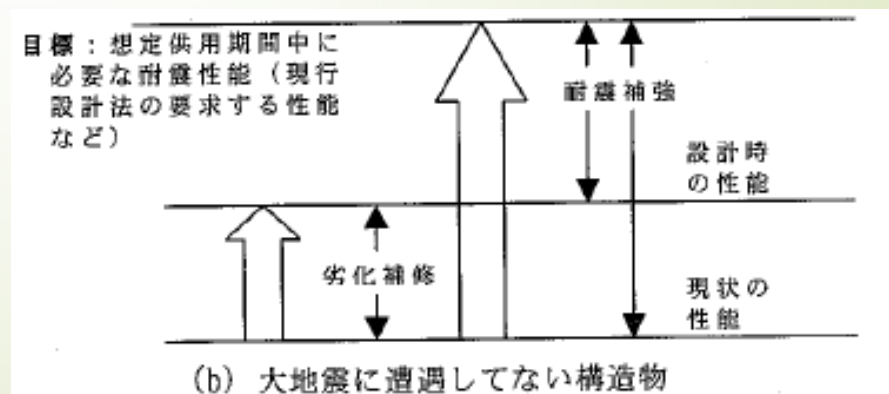
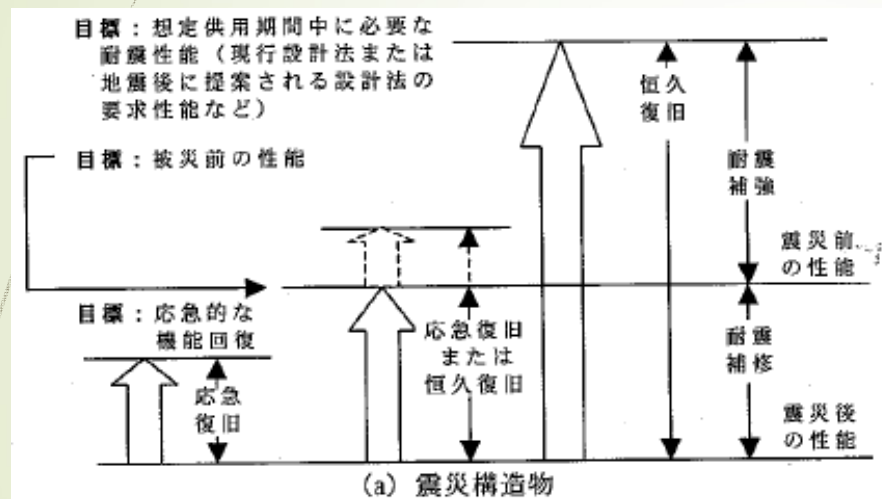
準拠基準 の問題点

- コンクリートが負担するせん断強度を過大評価していたこと。
- 特に、寸法効果とせん断スパン、そして主鉄筋比のせん断強度に及ぼす効果が十分に評価されていなかったこと。
- 主鉄筋段落し部の定着長さが不十分であったこと。
- 最小帯鉄筋比に関する規定が十分でなかったこと。

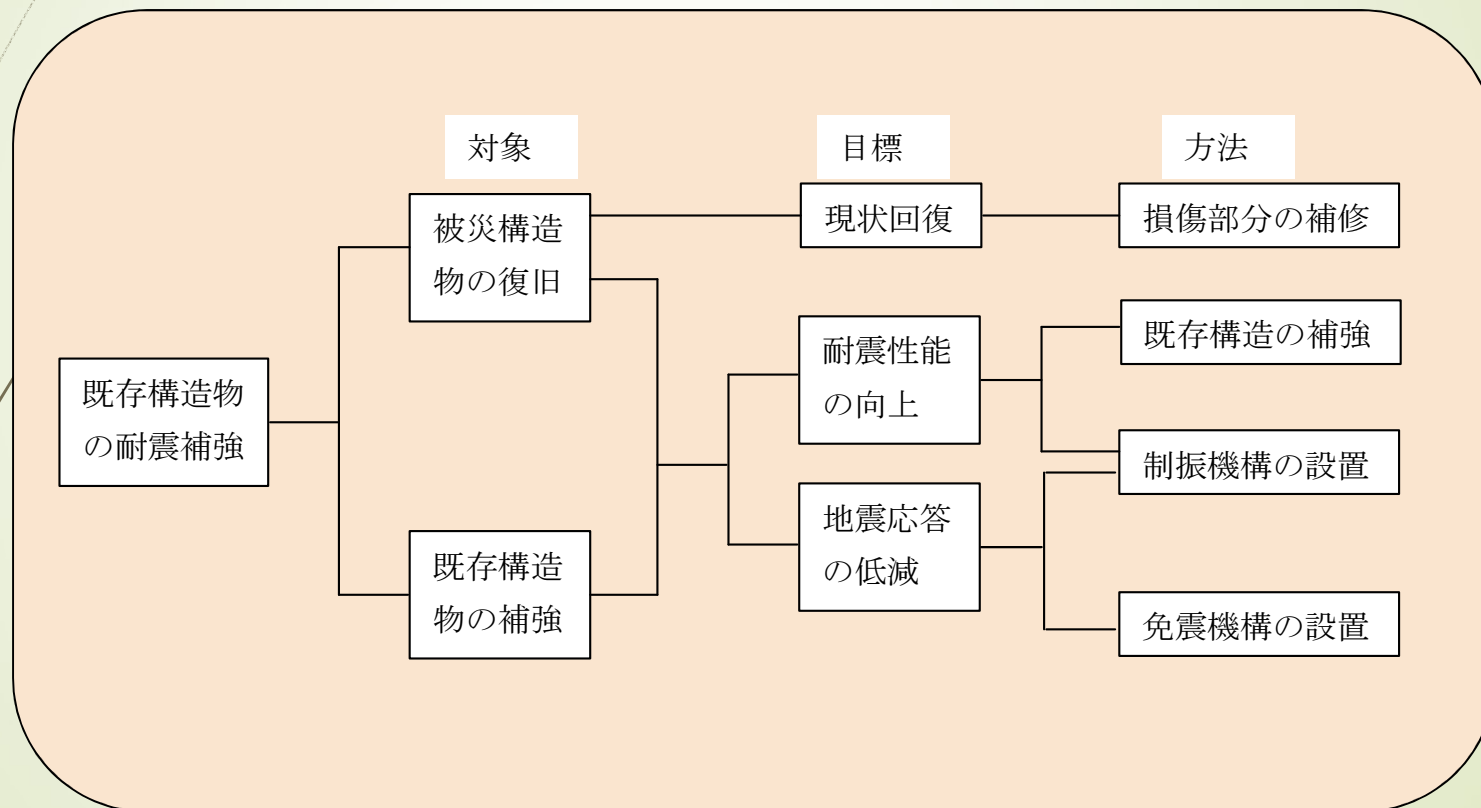


2. 耐震補強の考え方

補修・補強・復旧と 構造物の耐震性能



耐震補強の分類と考え方

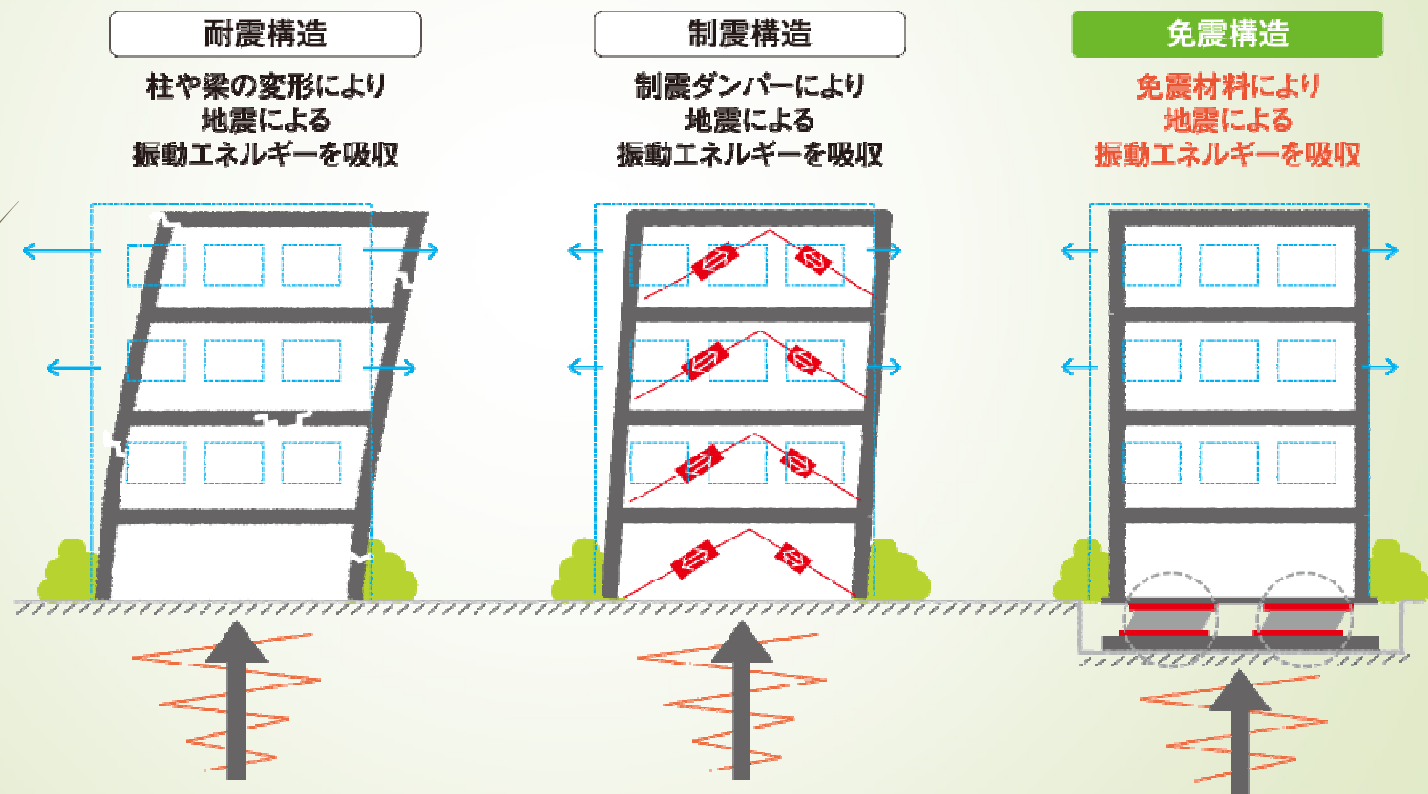




耐震、免震、制震

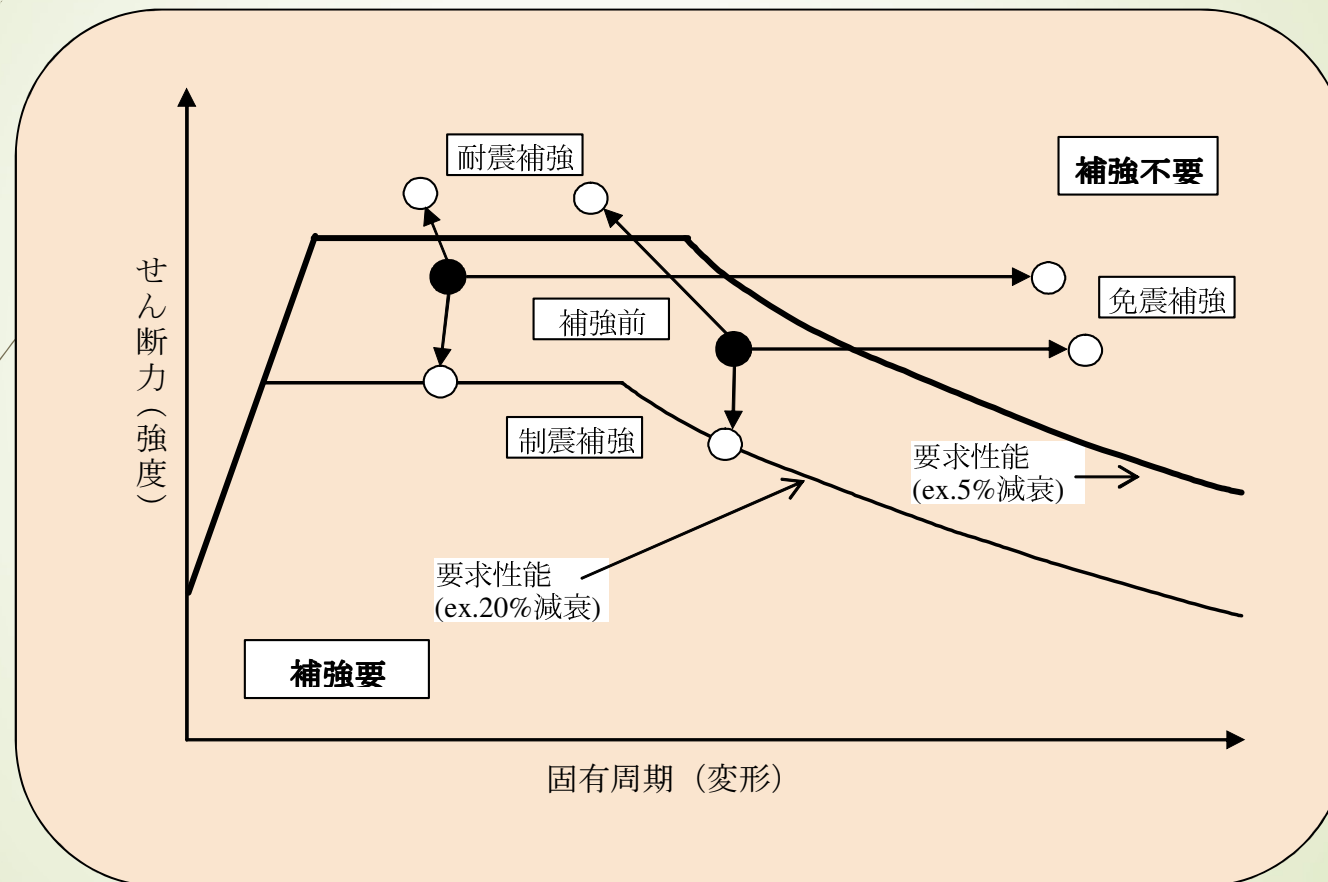
- **耐震とは地震力を受けても壊れないようにする（耐える）こと**
- **免震とは地震力をなるべく受けないする（免れる）こと**
- **震動を吸収する装置を組み込むことで地震力（制する）を小さくすること**

耐震、免震、制震の比較概念図

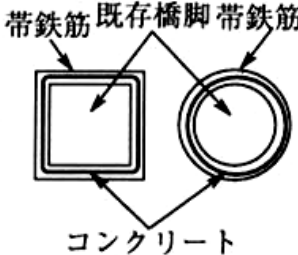
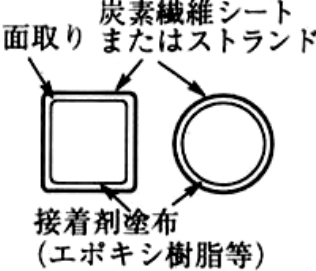
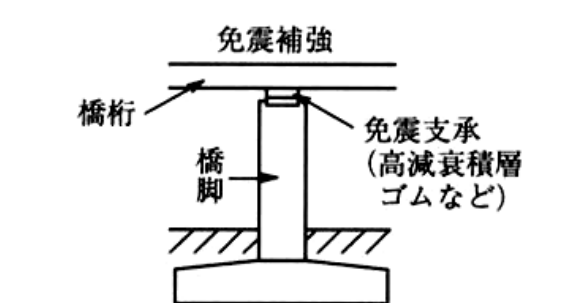
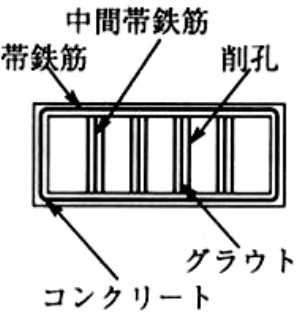
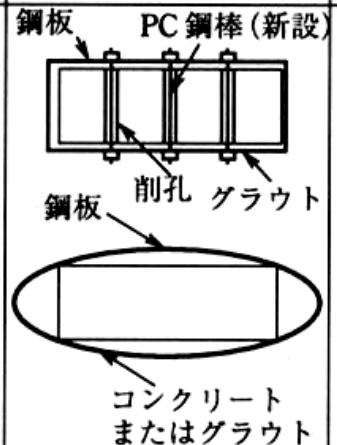
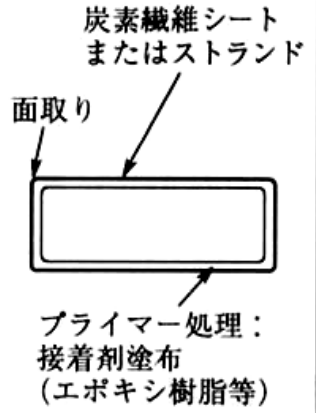


■ 免震構造と耐震構造および制震構造の比較概念図

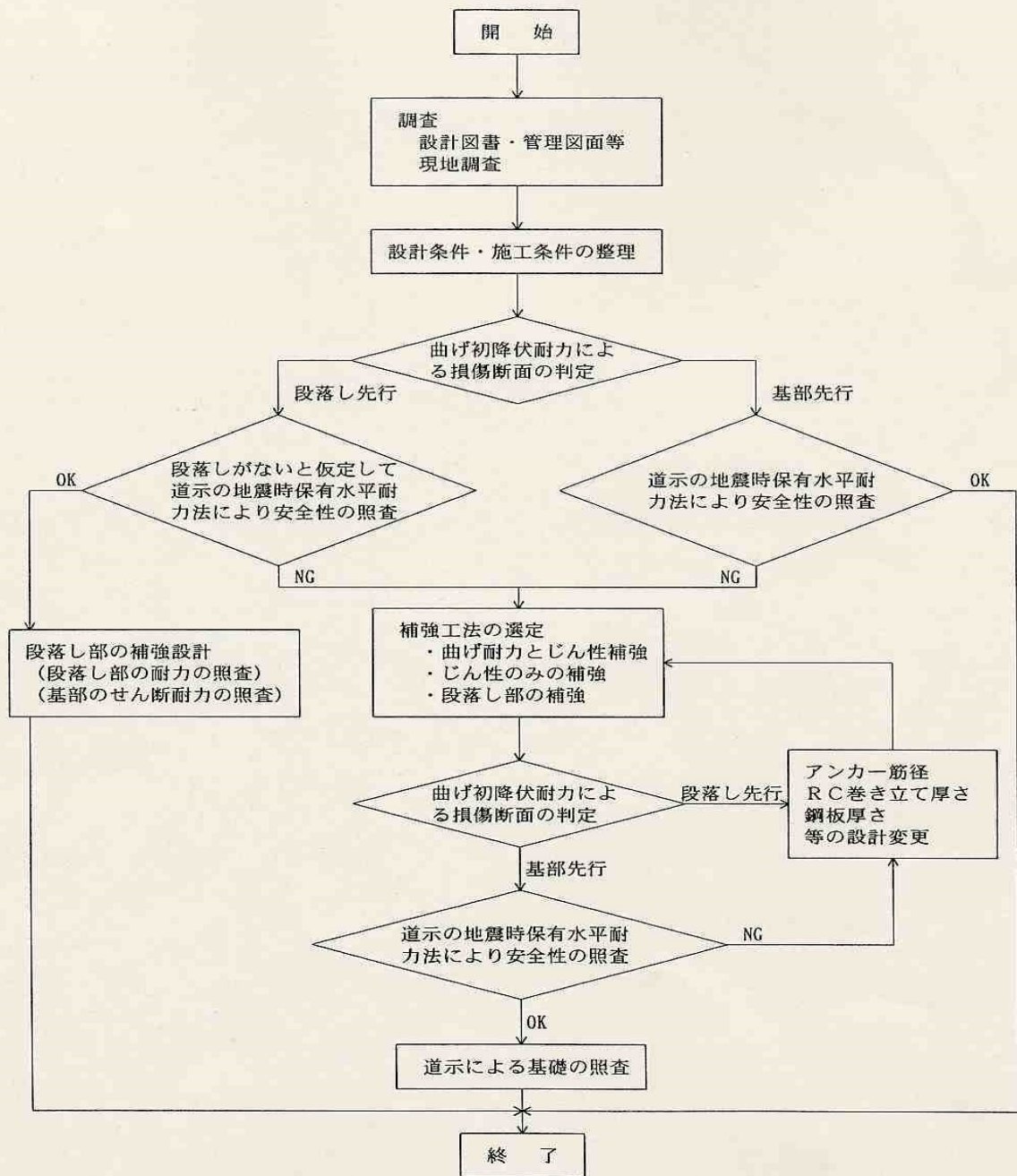
要求性能と補強方法の概念



代表的な耐震補強工法

	RC 巻立て	鋼板巻立て	炭素繊維	その他
通常橋脚	 帯鉄筋 既存橋脚帯鉄筋 コンクリート	 鋼板 既存橋脚 無収縮グラウト またはエポキシ樹脂	 炭素繊維シート またはストランド 面取り 接着剤塗布 (エポキシ樹脂等)	 免震補強 橋桁 橋脚 免震支承 (高減衰積層 ゴムなど) 耐震壁による補強 高減衰ブレースによる補強 基礎 基礎増設
壁式橋脚	 中間帯鉄筋 帯鉄筋 削孔 グラウト コンクリート	 鋼板 PC 鋼棒 (新設) 削孔 グラウト 鋼板 コンクリート またはグラウト	 炭素繊維シート またはストランド 面取り プライマー処理： 接着剤塗布 (エポキシ樹脂等)	

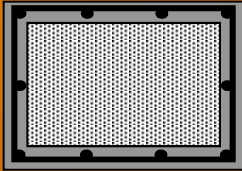
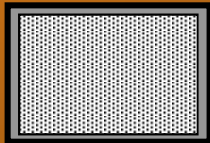
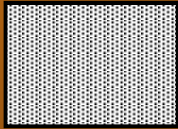
鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強設計



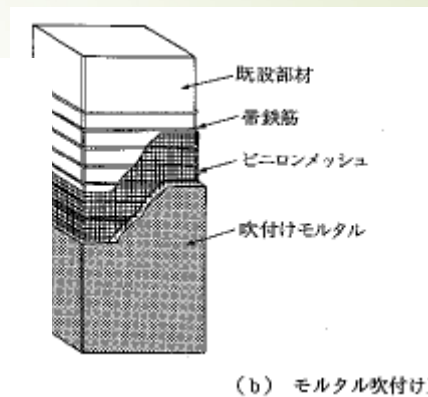
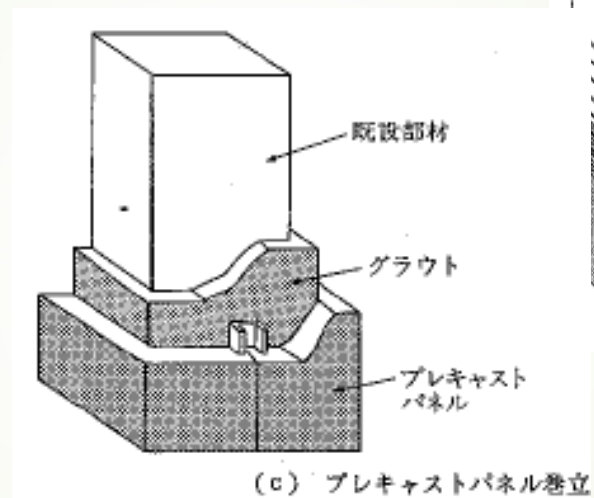
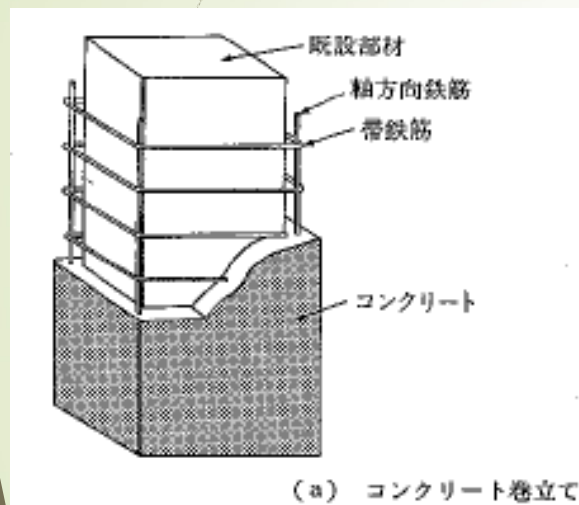


3. 耐震補強工法

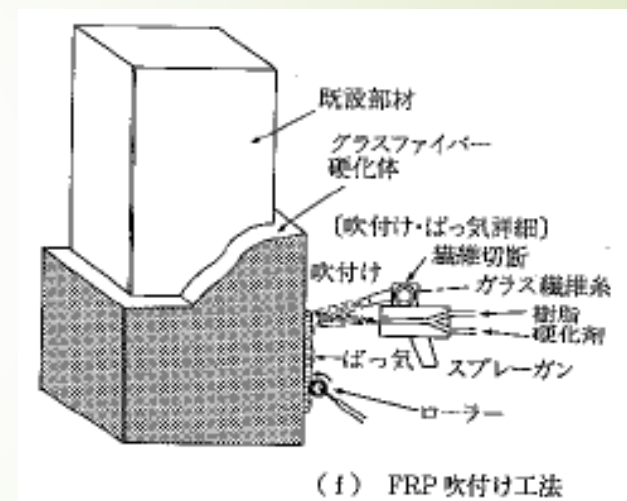
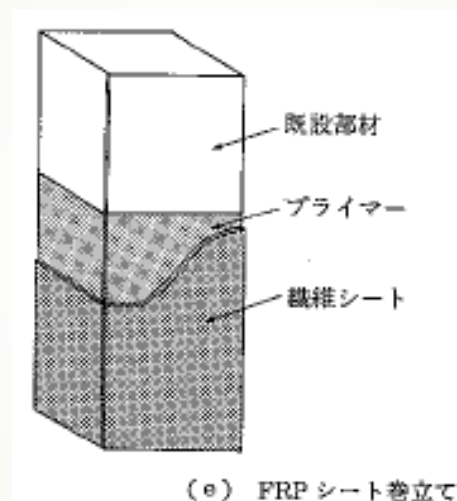
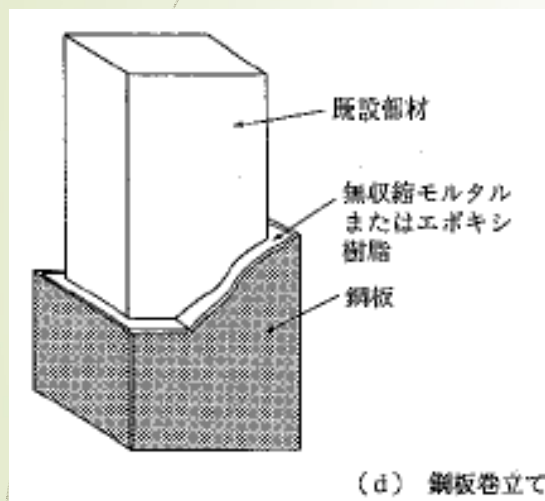
卷立て工法と特徴

項目	R C 卷立て	鋼板卷立て	連続繊維卷立て
断面			
卷立て厚	30 cm程度	5 cm程度	1 cm以下
特徴	・ 経済的 ・ 維持管理不要 ・ 重量増加 ・ 建築空間増	・ 増厚小 ・ 補強効果大 ・ 維持管理要 ・ 立込み重機要	・ 施工容易（重機不要） ・ 増厚極小 ・ 施工時品質管理 ・ 曲げ補強困難

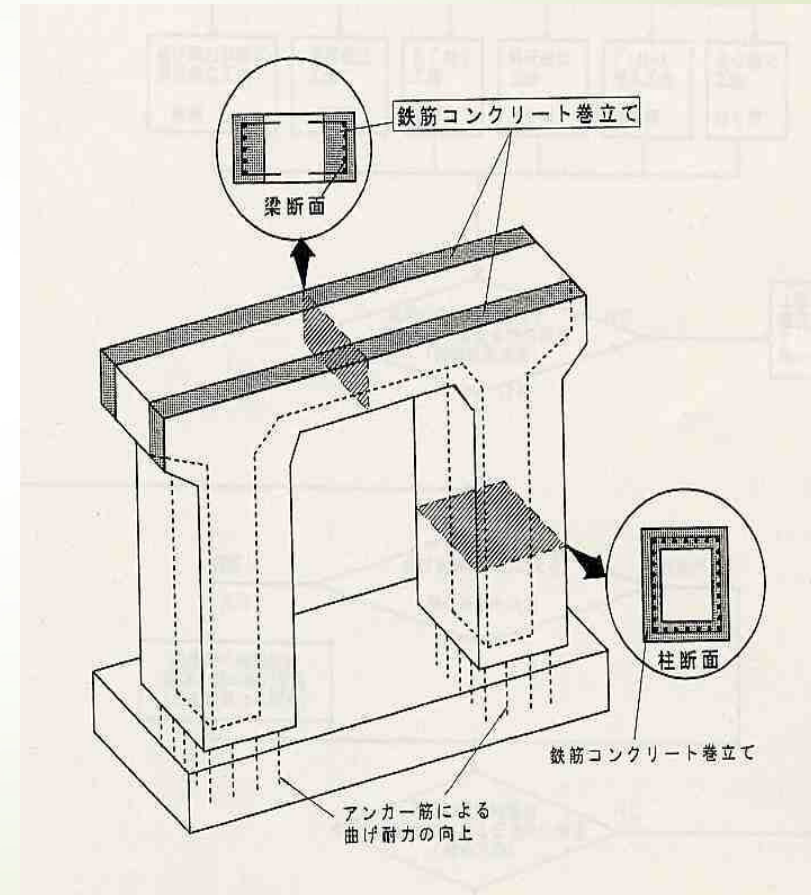
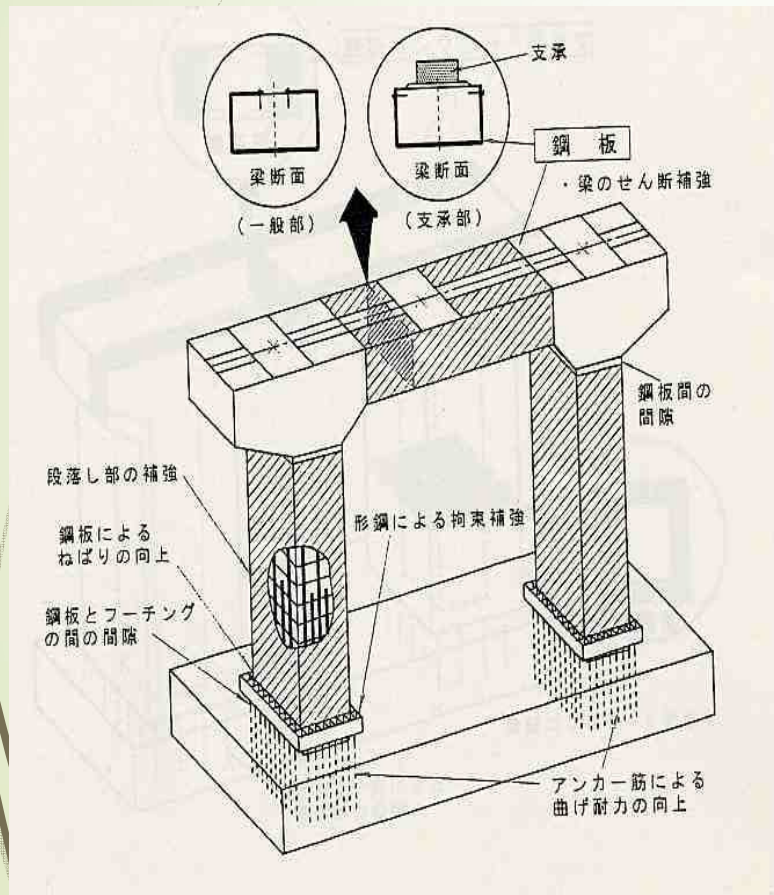
巻立て補強工法－ 1



巻立て補強工法－ 2



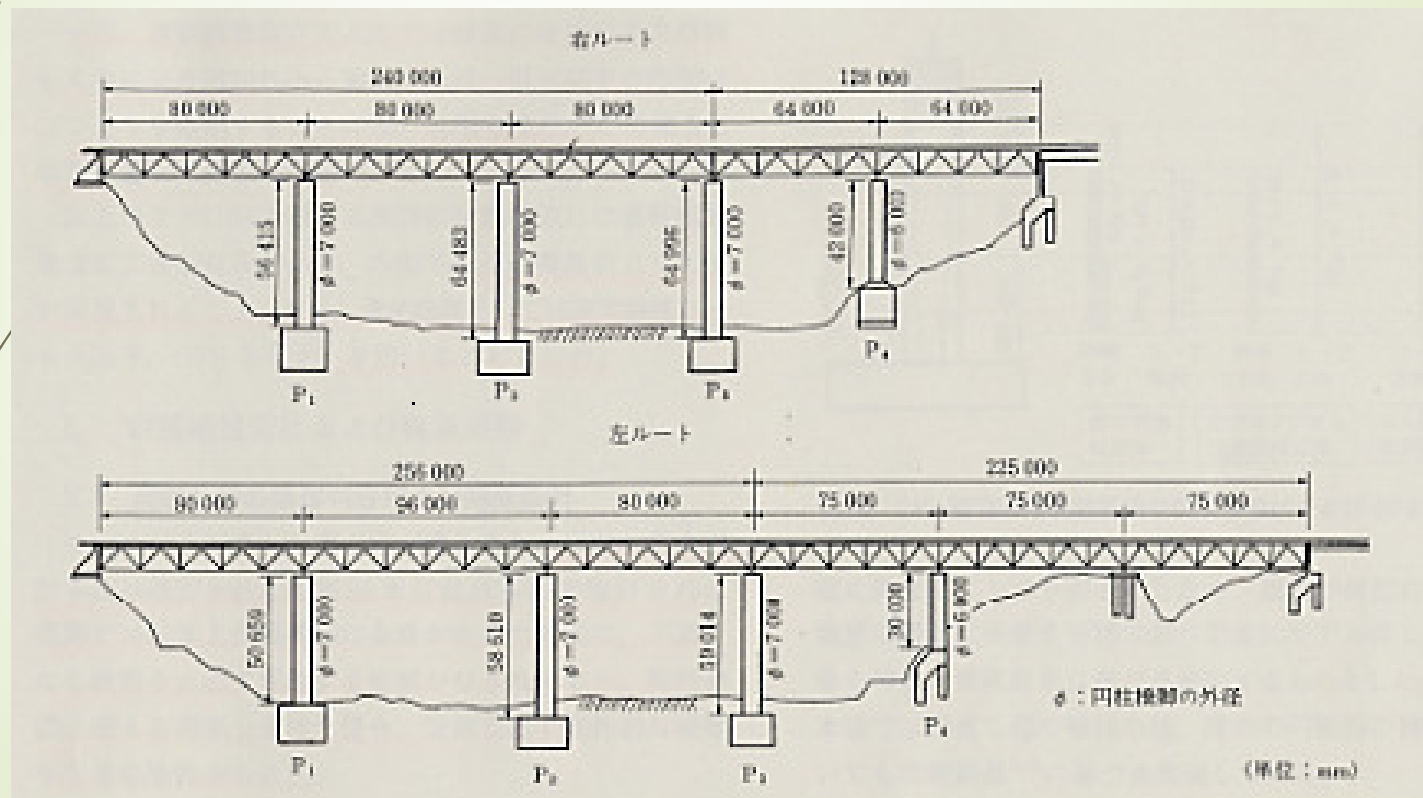
ラーメン橋脚の耐震補強





4. 耐震補強の事例

中空円形断面橋脚の 炭素繊維巻立て補強





工法の選定

- ➡ R C 巻立て工法：河川管理上制約
- ➡ 鋼板巻立て工法：重機使用と足場設置
- ➡ 連続繊維巻立て工法：補強材料は人力により搬入、出水期はゴンドラを使用、年間を通した施工が可能

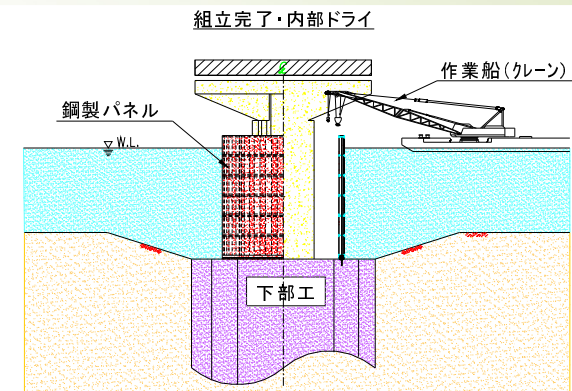
(軸方向鉄筋段落し部の設計手法が改定される
昭和55年以前の示方書で設計)

円形断面橋脚の 炭素繊維巻立て



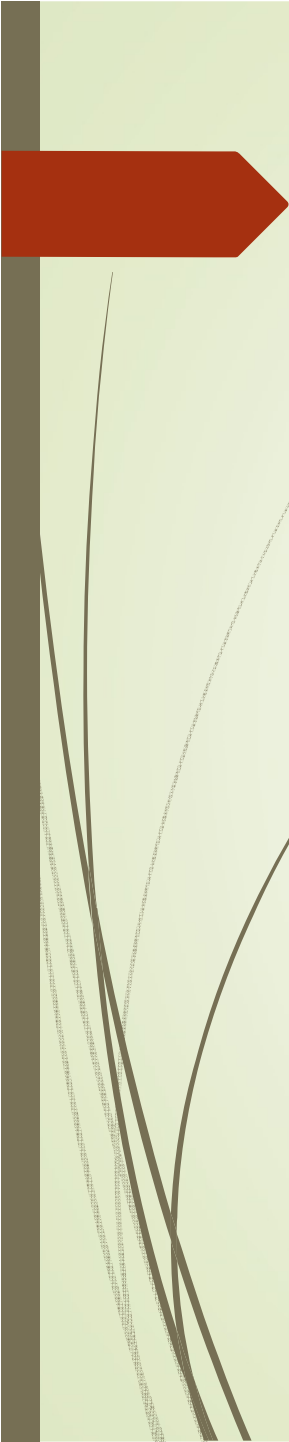
河川内橋脚の鋼板巻立て補強

- 台船施工
- 一重締切
- 支保工は橋脚に直接反力
- 予め工場で鋼製パネルを作製
- 現地で吊り込み組立て
- 桁下空間の施工制約を受け矢板打設が困難



鋼製パネルと河川橋脚





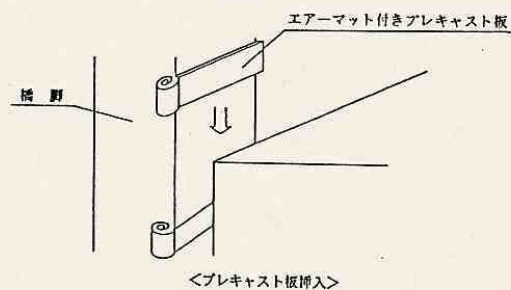
高架下店舗部がある場所での アラミド繊維巻立て補強

- ➡ 橋脚の1面、または3面が建物に近接
- ➡ プレキャストアラミドシート（PCFR）
- ➡ 1面：1面PCFRの接着・巻立て工法
背面側反力板の内側に設置したエアーマット
に空気を送り込みPCFR板を躯体表面に接着
- ➡ 3面：コの字型整形の3面PCFR 差込

1面PCFR接着・巻立て工法

1) コンクリート面の下地処理

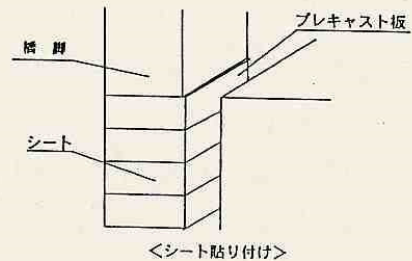
2) エアーマット付きプレキャスト板押入



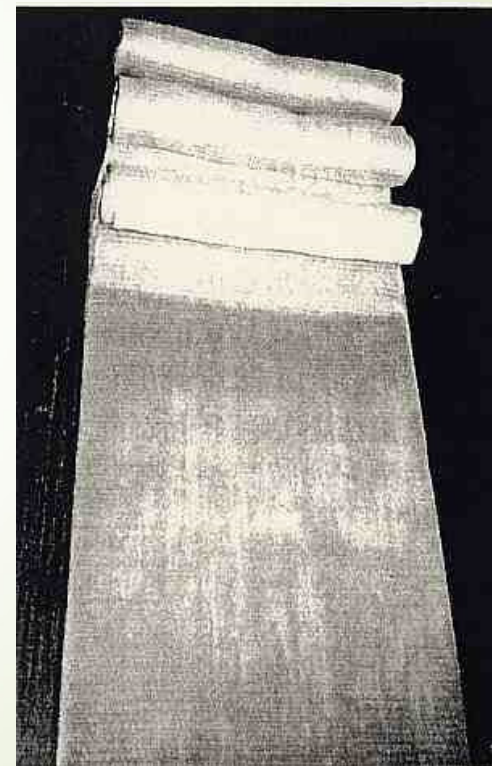
3) エアーマットを空気加圧、樹脂硬化まで加圧を持続（約5時間）

4) エアーマット撤去

5) 橋脚3面のシート貼り付け



6) シート貼り付け部に仕上げ材



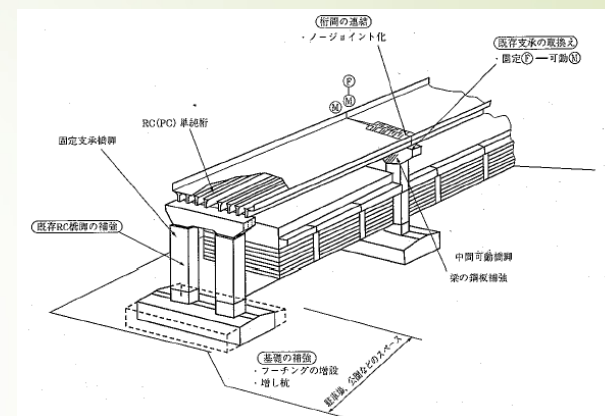
3面PCFR工法



- ・3面PCFR板を躯体に隙間をあけて設置
- ・樹脂モルタル注入して一体化
- ・残りの1面は通常の巻立て

高架下店舗部を有する 橋梁全体系の耐震補強

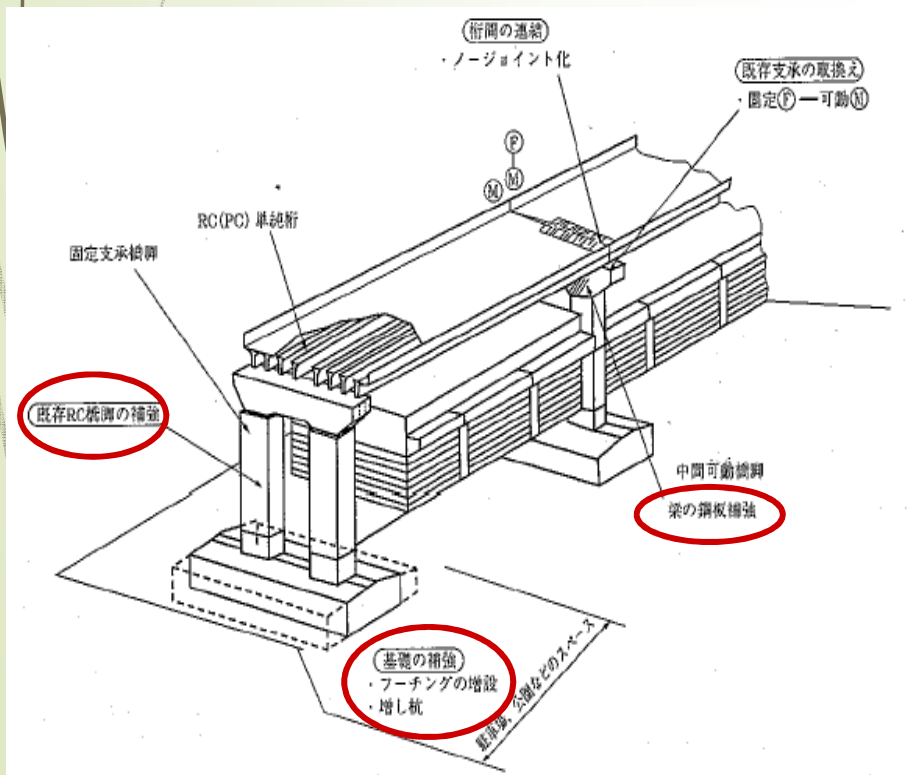
- 両端にある橋脚を増厚補強
- 上部桁を連続化 → 桁連続化補強工法
- 連続化区間：連続3箇所、総延長500m、径間数 3 8 径間
- 各連続化区間：固定端部橋脚と可動端部橋脚を合計12橋脚配置
- 端部橋脚においては高架下が駐車場



連続化工法の概要

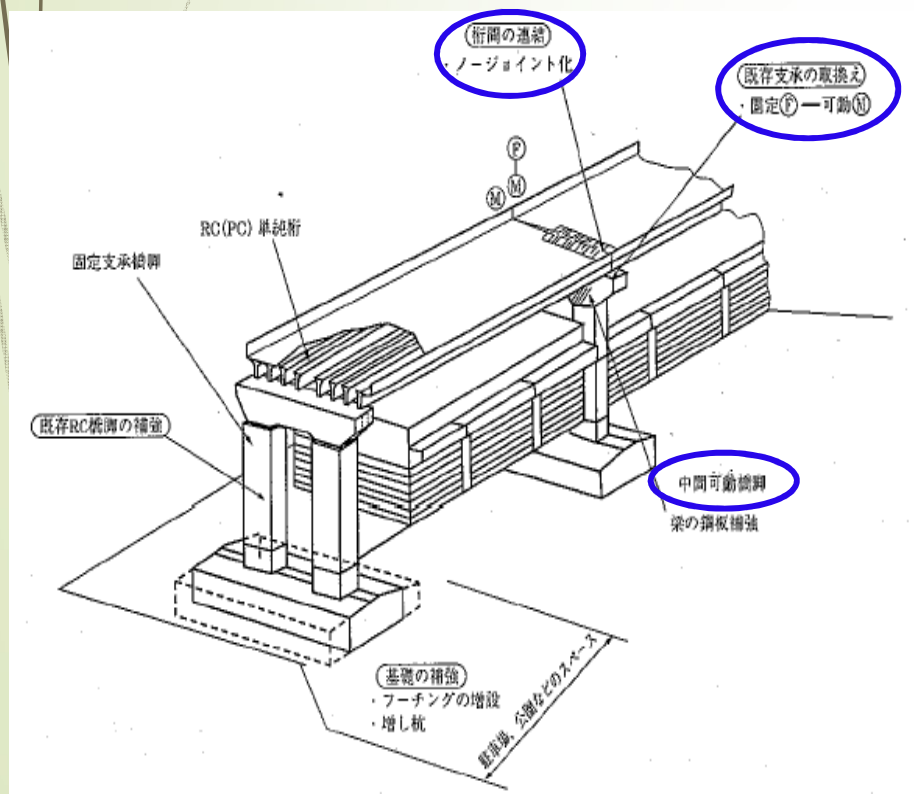
橋脚・桁

- 固定支承橋脚（端部）：橋脚・フーチング・梁の増厚、及び杭の増設
- 可動支承橋脚（端部）：大地震時落橋防止装置からの水平力が作用するため、固定支承橋脚と同様、各部位補強
- 梁：鋼板巻立て補強



連続化工法の概要： 沓・桁・落橋防止装置

- 沓の交換：連続化区間は全てゴム支承に
- 桁連続化：上部端横桁同士をPC鋼棒で連結、端横桁間には無収縮モルタルを充填
- 落橋防止装置：橋軸方向には固定・可動支承端部橋脚においてブラケットタイプの装置を設置。橋軸直角方向には中間可動橋脚において制振ダンパー



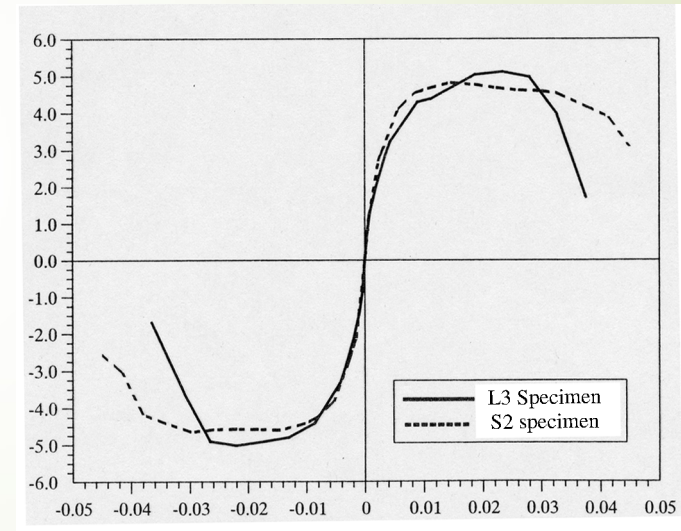
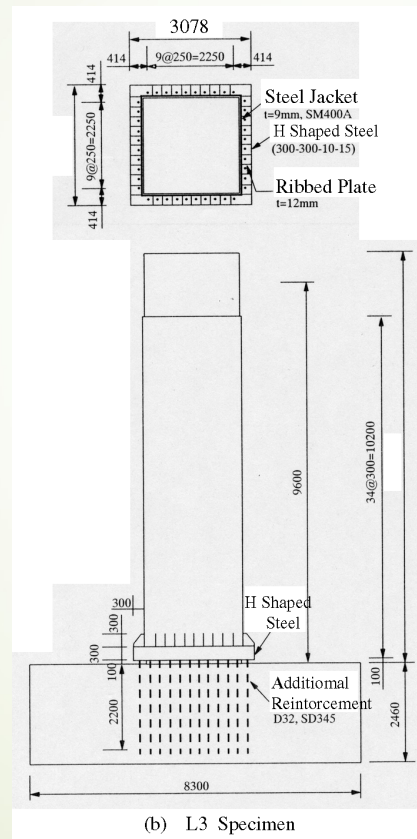
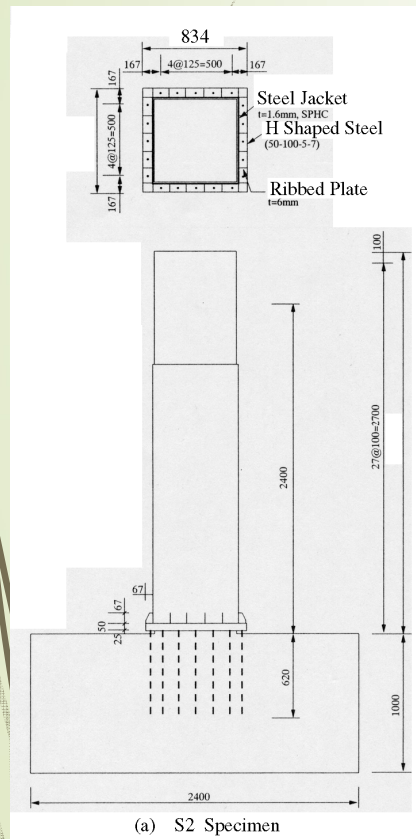


5. 耐震補強研究

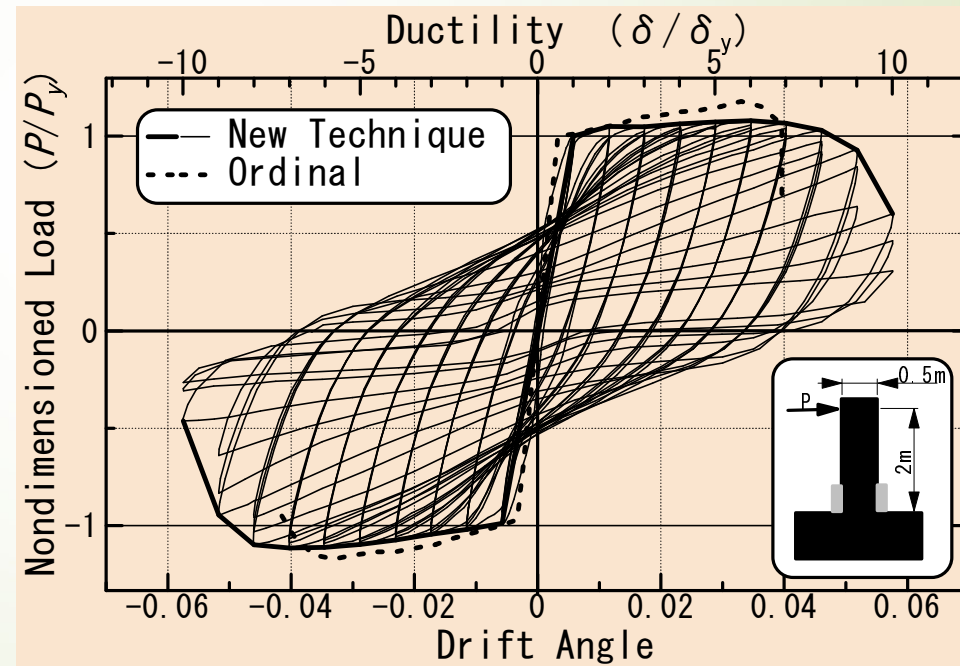
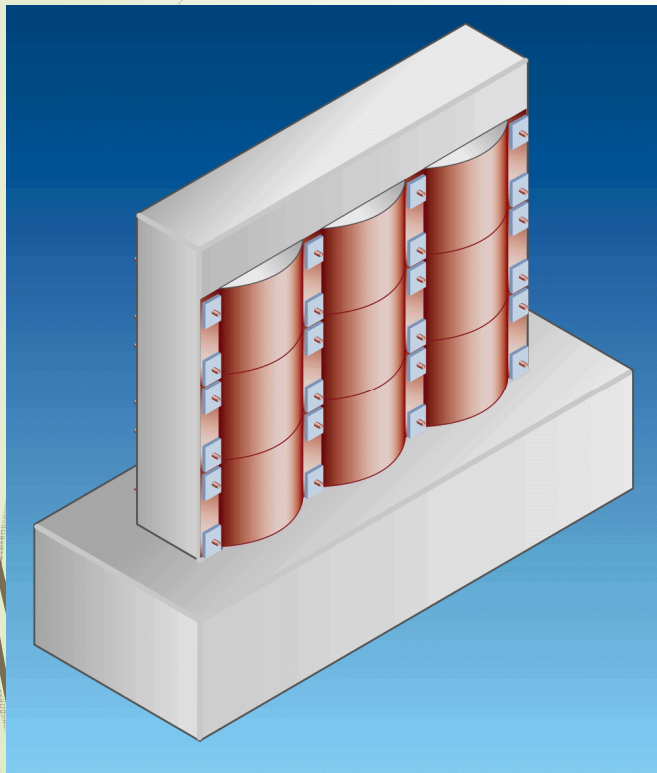
Verification of Steel Jacketing Technique with Real Scale Bridge Column Model



Verification of Steel Jacketing Technique with Real Scale Bridge Column Model

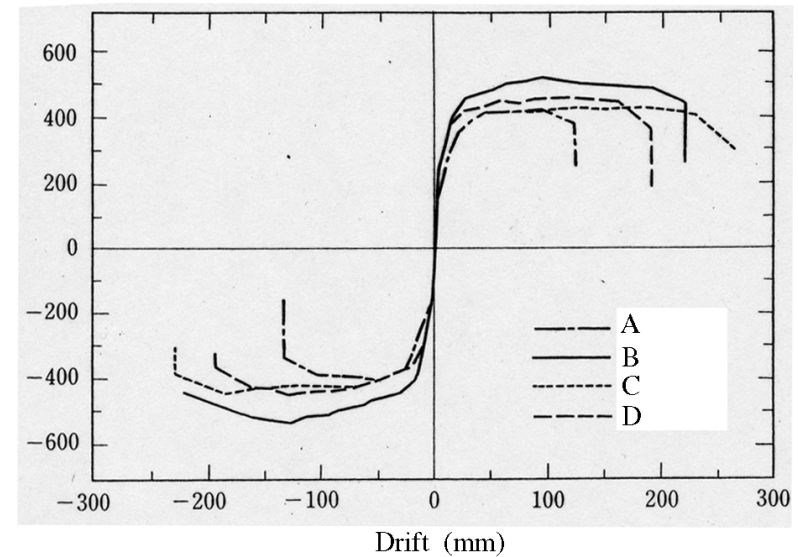


Pier Wall Retrofitted by Multi Cylindrical Steel Jacketing System



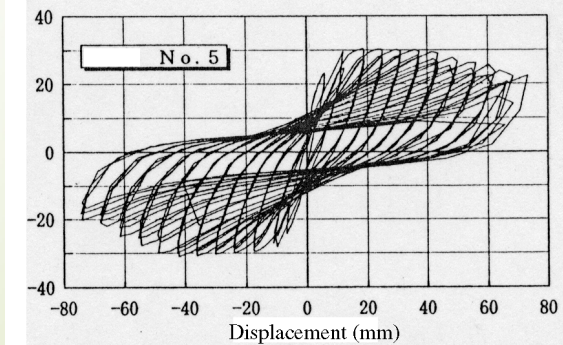
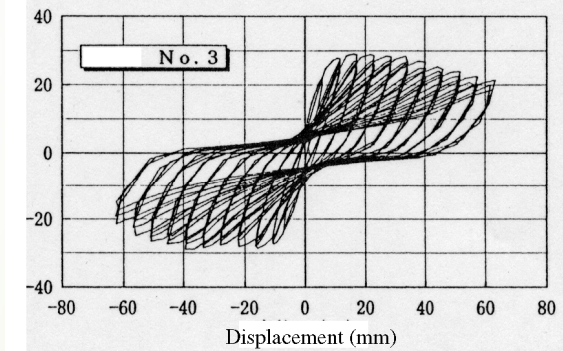
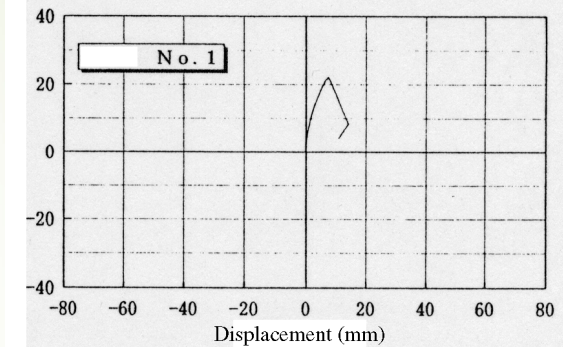
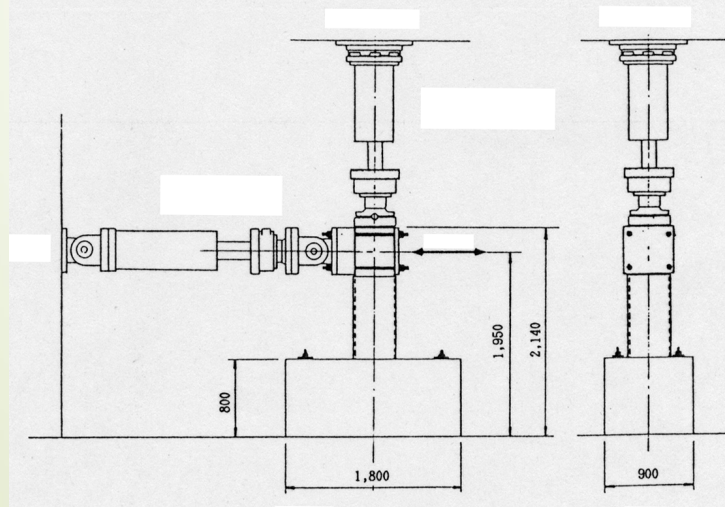
Steel jacket Retrofitted RC Column with and without Filling

Specimen A	Specimen B	Specimen C	Specimen D
Unstrengthened	Steel Jacket with Mortar Filled	Steel Jacket without Filled	Steel Jacket with Mortar Filled and with Gap Space

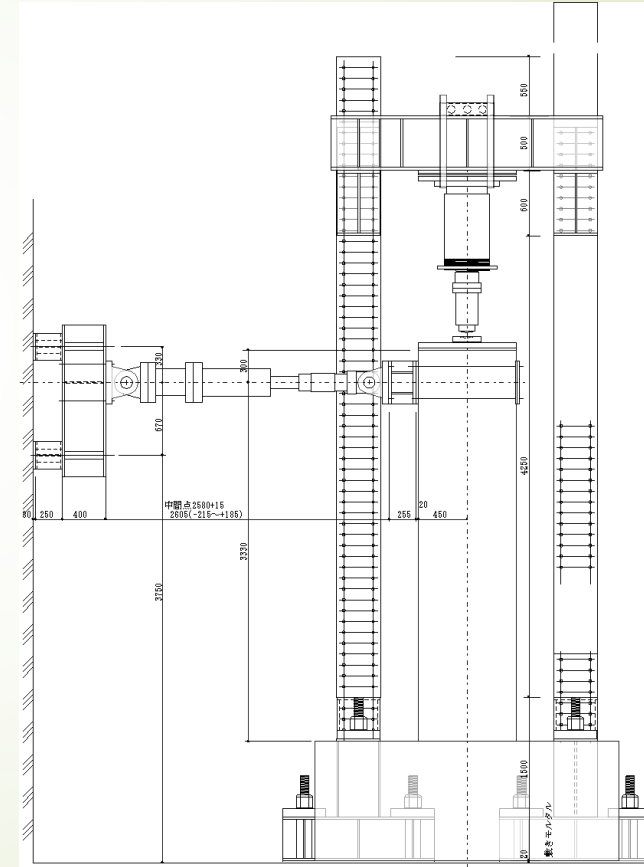


Steel Jacket Retrofitted RC Column with Various Filling Material

No.	Filled Material	fc (kgf/cm ²)	
		Concrete	Filling
1	Unstrengthened	282	—
2	Sand	307	—
3	Soil Cement	305	26
4	Aired Mortar	307	14
5	Non Shrinkage Mortar	305	408

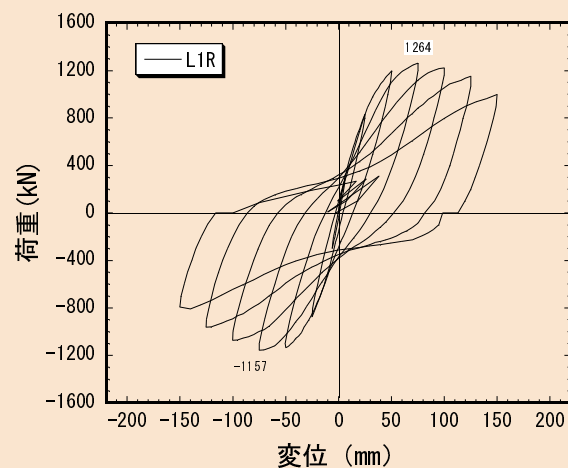


鉄道高架橋柱の復旧性に関する 実験的検討

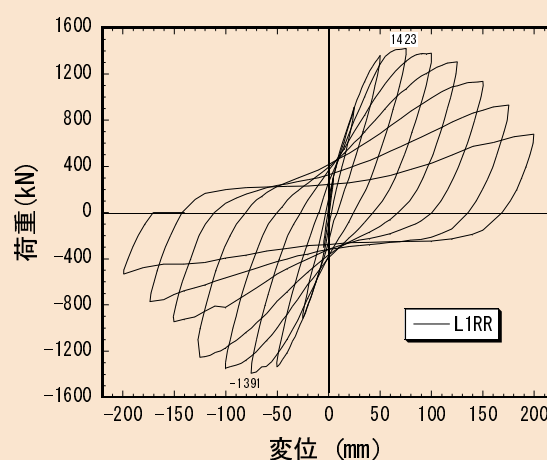


補修方法の違いによる耐震性能

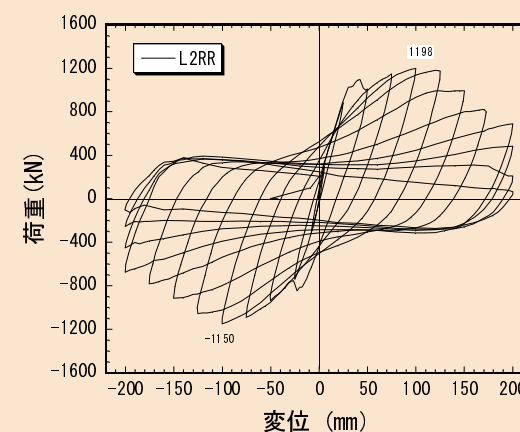
L1R



L1RR



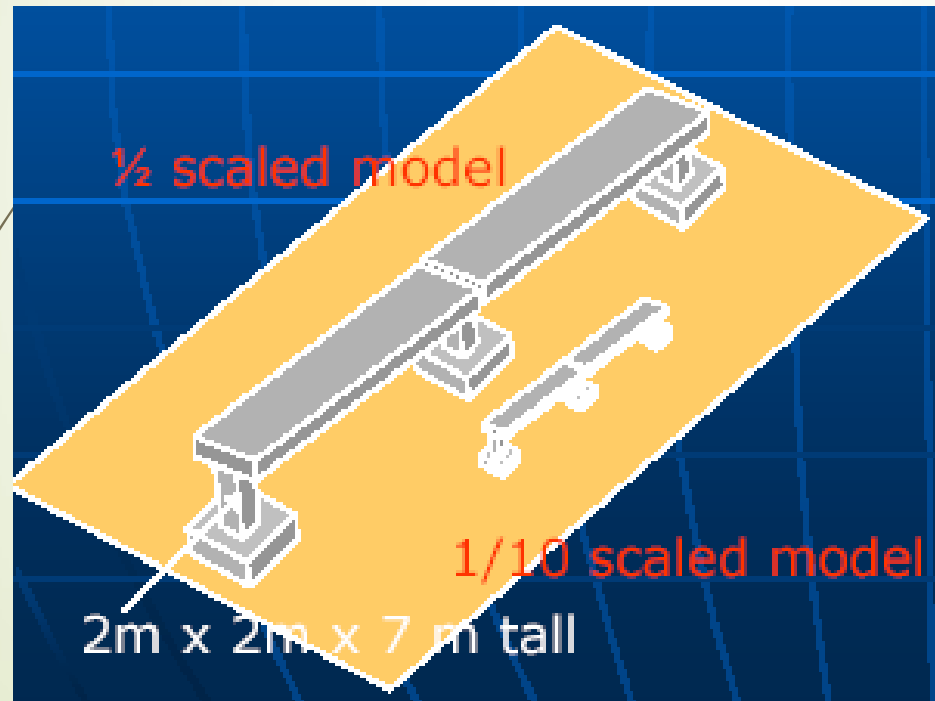
L2RR



- L1R: ヒンジ部グラウト材流し込み(+40mm巻き厚)
- L1RR: ヒンジ部ひび割れ注入 + グラウト材流し込み(+40mm巻き厚)
- L2RR: ヒンジ部ひび割れ注入 + グラウト材流し込み + 一般部ひび割れ注入

E - Defence 実験計画

Proposed Research on Bridges Based on
NEES and E-Defense Collaboration



提供: 東工大 川島教授

6. おわりに



今後に向けての課題

- 長周期地震動（東海地震など）への耐震補強対策
 - －耐震診断
 - －耐震補強（大变位）
- 維持保全マネジメント：LCC、優先度
- 性能設計：
 - －重要度
 - －残存供用期間と設計地震動

性能設計のあるべき方向



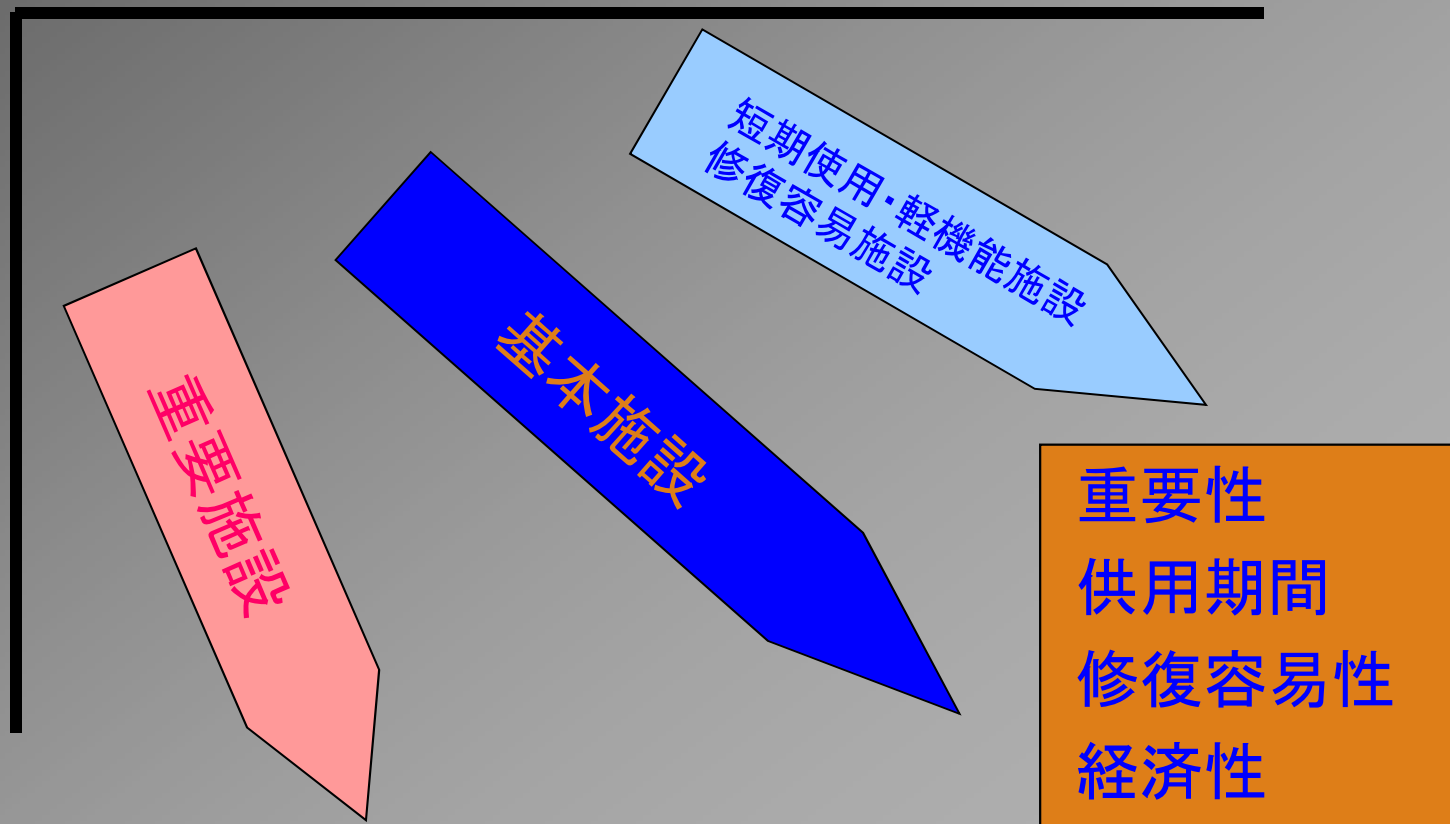
地震強度と性能設定の自由度

耐震性能1 - - - - -

(損傷程度 無 小 - - - - - 大 非崩壊 崩壊)

地震強度

(再現期間50年)
- - - - -
1000





今後に向けての課題



補強技術

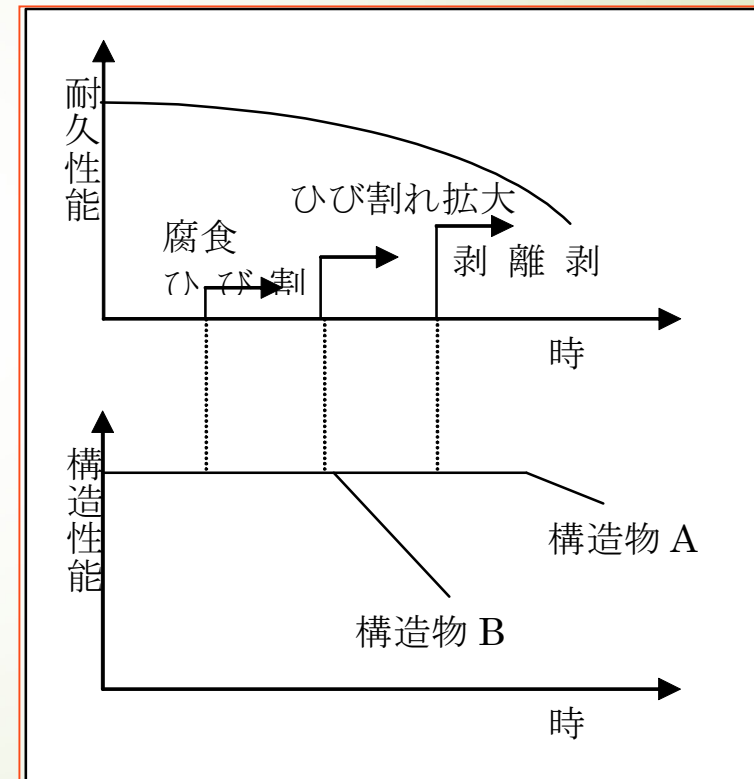
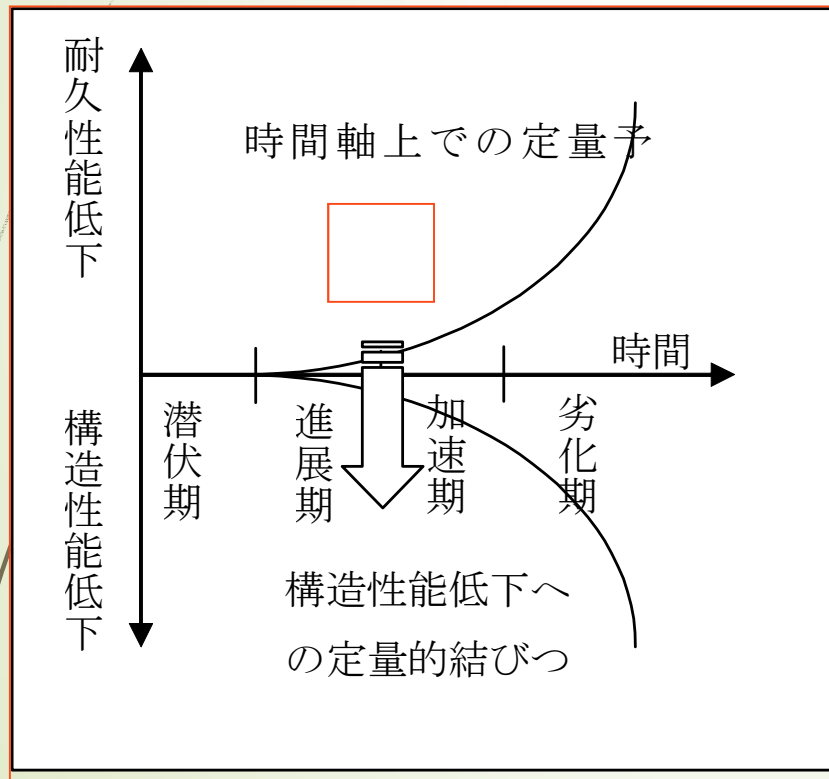
- －基礎
- －地中構造物
- －革新技術
- －超低コスト



耐久性能＋構造性能 一通の研究

- －劣化補修＋耐震補強の機会

コンクリート構造物の耐久性能－ 構造性能の定量評価 に向けての課題





解決に向けて(案)

- **鉄筋腐食劣化メカニズムの解明**：腐食－ひび割れ発生－腐食増大－ひび割れ増大メカニズムの解明（気相－液相－固相の連成系で電気化学的・力学的現象の評価）
- **評価モデルの検証**：環境条件、コンクリート、配筋などをパラメータにした部材模型の劣化及び載荷実験＆解析、実構造物評価
- **補修効果への適用性**：各種補修法をパラメータにした劣化及び載荷実験＆解析、実構造物評価
- **汎用モデルの構築**：実用化に向けての簡易モデル構築（環境条件と時間をパラメータにした力学系劣化モデルでよい）



ありがとうございました

E - M a i l : ohuchi.hajime@atim.or.jp