

東北地方太平洋沖地震による 橋梁の被害状況と今後の課題

早稲田大学 秋山充良

目次

1. 地震被害

- ・ 兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要
- ・ 東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況
- ・ 耐震補強の有効性
- ・ 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

2. 今後の課題

- ・ 耐震補強と地震リスク
- ・ 材料劣化と耐震性能低下の関係
- ・ メンテナンスとリプレイスメント

3. まとめ

目次

1. 地震被害

- ・ 兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要
- ・ 東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況
- ・ 耐震補強の有効性
- ・ 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

2. 今後の課題

- ・ 耐震補強と地震リスク
- ・ 材料劣化と耐震性能低下の関係
- ・ メンテナンスとリプレイスメント

3. まとめ

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要

地震	発生年月	マグニチュード	主な出来事
兵庫県南部地震	1995年1月	7.3	死者6千名超・耐震基準の大幅改訂
鳥取県西部地震	2000年10月	7.3	液状化,住宅の損傷・倒壊
芸予地震	2001年3月	6.7	新幹線高架橋の損傷
三陸南地震	2003年5月	7.0	港湾施設・新幹線高架橋の損傷
十勝沖地震	2003年9月	8.0	鉄道橋・道路橋の損傷
新潟県中越地震	2004年10月	6.8	鉄道橋・道路橋の損傷,新幹線脱線
福岡県西方沖地震	2005年3月	7.0	住宅の損傷・倒壊
新潟県中越沖地震	2007年7月	6.8	柏崎刈谷原子力発電所の事故
岩手・宮城内陸地震	2008年6月	7.2	地盤変状による落橋, 地盤崩壊
東北地方太平洋沖地震	2011年3月	9.0	死者・行方不明者2万人超, 大津波

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要

地震	発生日月	マグニチュード	主な出来事
兵庫県南部地震	1995年1月	7.3	死者6千名超・耐震基準の大幅改訂
鳥取県西部地震	2000年10月	7.3	液状化,住宅の損傷・倒壊
芸予地震	2001年3月	6.7	新幹線高架橋の損傷
三陸南地震	2003年5月	7.0	港湾施設・新幹線高架橋の損傷
十勝沖地震	2003年9月	8.0	鉄道橋・道路橋の損傷
新潟県中越地震	2004年10月	6.8	鉄道橋・道路橋の損傷,新幹線脱線
福岡県西方沖地震	2005年3月	7.0	住宅の損傷・倒壊
新潟県中越沖地震	2007年7月	6.8	柏崎刈谷原子力発電所の事故
岩手・宮城内陸地震	2008年6月	7.2	地盤変状による落橋, 地盤崩壊
東北地方太平洋沖地震	2011年3月	9.0	死者・行方不明者2万人超, 大津波

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

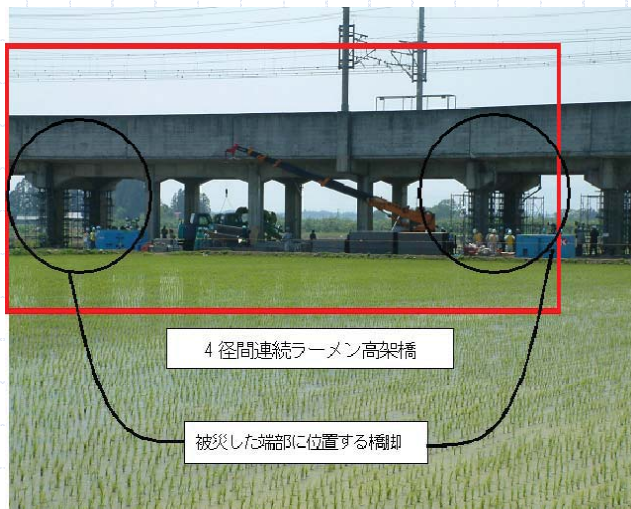
東北新幹線の水沢江刺駅～盛岡駅間にあるラーメン高架橋柱が損傷

No.	構造物名称	被害を受けた橋脚総数
1	第3愛宕B L	4本
2	第2中野B L	2本
3	第5猪鼻B L	10本
4	第2日詰B L	2本
5	第3日詰B L	4本



- ・ 構造物建設：1977年～1978年
- ・ 適用設計基準：全国新幹線網建造物設計標準(1972)
- ・ 耐震設計基準：「建造物設計標準 鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物，プレストレストコンクリート鉄道橋 1970」

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）



三陸南地震により被災した東北新幹線ラーメン高架橋は、左の写真に示すように、高架橋の端部に位置する橋脚に被害が集中している点の特徴。

端部に位置する橋脚は、中間位置にある橋脚に比べ、せん断スパン比が小さく、曲げせん断耐力比が小さいことなどが原因と考えられる。

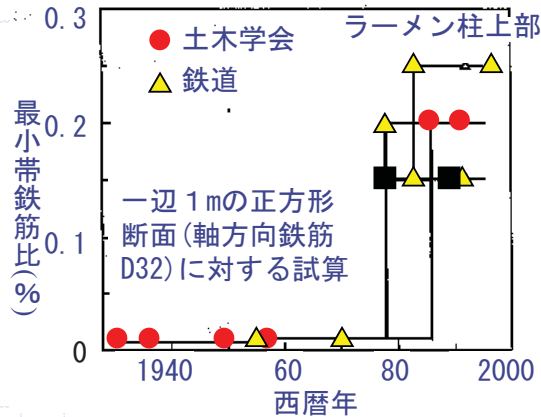
兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

帯鉄筋量が少ない。何れの高架橋の柱も曲げせん断耐力比は1.0未満。

構造物名称	曲げせん断耐力比		帯鉄筋比
	端部橋脚	中間位置橋脚	
第3愛宕BL	0.70	0.78	0.1-0.2%
第2中野BL	0.81	0.89	0.1-0.2%
第5猪鼻BL	0.70	0.78	0.1-0.2%
第2日詰BL	0.74	0.84	0.1-0.2%
第3日詰BL	0.74	0.84	0.1-0.2%

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

コンクリート構造物の耐震設計基準の変遷（鉄道）



1980年以前

最小帯鉄筋量(間隔): 直径6mm
以上の帯鉄筋を柱の最小幅以下
& 帯鉄筋直径の48倍以下 & 軸
方向鉄筋直径の12倍以下

1980年

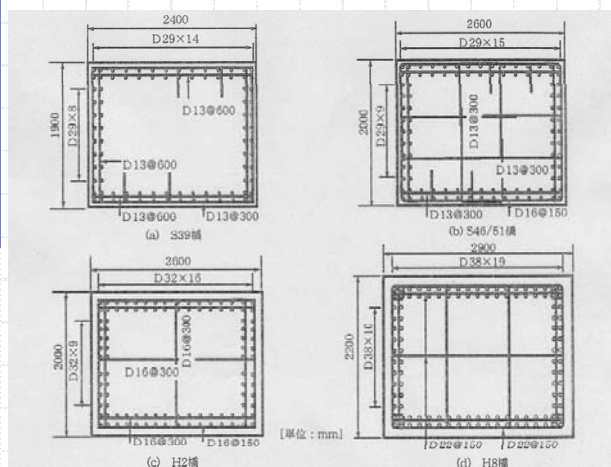
最小帯鉄筋量: 0.15%

1986年

最小帯鉄筋量: 部材接合部から柱幅の高さの範囲に配置する帯鉄筋最大
間隔は, 部材最小寸法の1/4以下とし, かつ耐震設計上重要な柱の帯鉄
筋比は0.2%以上

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

コンクリート構造物の耐震設計基準の変遷（道路）



	S39橋		S46/51橋		H2橋		H8橋	
	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向	橋軸方向	直角方向
断面寸法(m)	1.9×2.4		2.0×2.6		2.0×2.6		2.2×2.9	
主鉄筋	D29 88本		D29 96本		D32 100本		D38 116本	
帯鉄筋	D13@300		D16@150		D16@150		D22@150	
中間帯鉄筋	D13@600		D13@300		D16@300		D22@150	
かぶり (mm)	0.10		0.10		0.11		0.14	
主鉄筋比(%)	1.24		1.19		1.53		2.07	
帯鉄筋比(%)	0.08 0.10		0.23 0.26		0.24 0.34		1.15 1.08	

引用: 米田慶太, 川島一彦, 庄司学, 藤田義人: 試設計に基づく耐震技術基準の改訂に伴うRC橋脚及びく基礎の耐震性向上度に関する検討, 構造工学論文集, 45A, pp. 751~762, 1999.

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

第5 猪鼻高架橋：柱部材のせん断破壊



兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（三陸南地震）

第3 愛宕高架橋：柱部材のせん断破壊



兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要

地震	発生年月	マグニチュード	主な出来事
兵庫県南部地震	1995年1月	7.3	死者6千名超・耐震基準の大幅改訂
鳥取県西部地震	2000年10月	7.3	液状化,住宅の損傷・倒壊
芸予地震	2001年3月	6.7	新幹線高架橋の損傷
三陸南地震	2003年5月	7.0	港湾施設・新幹線高架橋の損傷
十勝沖地震	2003年9月	8.0	鉄道橋・道路橋の損傷
新潟県中越地震	2004年10月	6.8	鉄道橋・道路橋の損傷,新幹線脱線
福岡県西方沖地震	2005年3月	7.0	住宅の損傷・倒壊
新潟県中越沖地震	2007年7月	6.8	柏崎刈谷原子力発電所の事故
岩手・宮城内陸地震	2008年6月	7.2	地盤変状による落橋, 地盤崩壊
東北地方太平洋沖地震	2011年3月	9.0	死者・行方不明者2万人超, 大津波

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（新潟県中越地震）

上越新幹線：柱部材のせん断破壊



兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（新潟県中越地震）

上越新幹線：段落し位置の損傷



兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（新潟県中越地震）

小千谷大橋：段落し位置の損傷



兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要

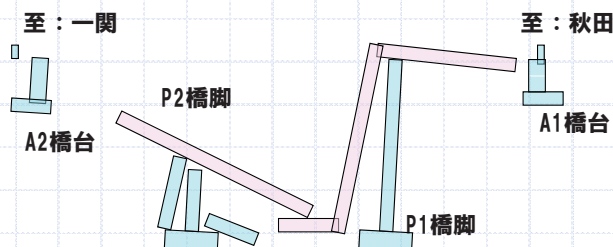
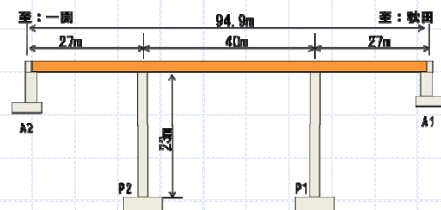
地震	発成年月	マグニチュード	主な出来事
兵庫県南部地震	1995年1月	7.3	死者6千名超・耐震基準の大幅改訂
鳥取県西部地震	2000年10月	7.3	液状化,住宅の損傷・倒壊
芸予地震	2001年3月	6.7	新幹線高架橋の損傷
三陸南地震	2003年5月	7.0	港湾施設・新幹線高架橋の損傷
十勝沖地震	2003年9月	8.0	鉄道橋・道路橋の損傷
新潟県中越地震	2004年10月	6.8	鉄道橋・道路橋の損傷,新幹線脱線
福岡県西方沖地震	2005年3月	7.0	住宅の損傷・倒壊
新潟県中越沖地震	2007年7月	6.8	柏崎刈谷原子力発電所の事故
岩手・宮城内陸地震	2008年6月	7.2	地盤変状による落橋, 地盤崩壊
東北地方太平洋沖地震	2011年3月	9.0	死者・行方不明者2万人超, 大津波

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（岩手・宮城内陸地震）

祭時大橋 地盤崩壊がもたらした落橋



写真提供: 国際航業株式会社(2008年6月14日撮影)



祭時大橋
 ・3径間連続鋼鈑桁
 ・橋長:94.9m
 ・架設年1978年
 ・幅員:9.0m

兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要（岩手・宮城内陸地震）

祭時大橋 地盤崩壊がもたらした落橋



大規模地盤崩壊への対応（予測・照査・補強等）
⇒課題として残されている

目次

1. 地震被害

- ・ 兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要
- ・ 東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況
- ・ 耐震補強の有効性
- ・ 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

2. 今後の課題

- ・ 耐震補強と地震リスク
- ・ 材料劣化と耐震性能低下の関係
- ・ メンテナンスとリプレイスメント

3. まとめ

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況

地震	発生年月	マグニチュード	主な出来事
兵庫県南部地震	1995年1月	7.3	死者6千名超・耐震基準の大幅改訂
鳥取県西部地震	2000年10月	7.3	液状化,住宅の損傷・倒壊
芸予地震	2001年3月	6.7	新幹線高架橋の損傷
三陸南地震	2003年5月	7.0	港湾施設・新幹線高架橋の損傷
十勝沖地震	2003年9月	8.0	鉄道橋・道路橋の損傷
新潟県中越地震	2004年10月	6.8	鉄道橋・道路橋の損傷,新幹線脱線
福岡県西方沖地震	2005年3月	7.0	住宅の損傷・倒壊
新潟県中越沖地震	2007年7月	6.8	柏崎刈谷原子力発電所の事故
岩手・宮城内陸地震	2008年6月	7.2	地盤変状による落橋, 地盤崩壊
東北地方太平洋沖地震	2011年3月	9.0	死者・行方不明者2万人超, 大津波

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況

A いつまで続く？

せん断損傷
段落し位置の損傷
鋼製支承の損傷

B 新しい被害

積層ゴム支承の破断
津波による橋梁の倒壊・落橋

C 耐震補強の有効性, 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（せん断損傷）



RC柱のせん断による損傷

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（せん断損傷）

かぶりコンクリートははつきりとされている



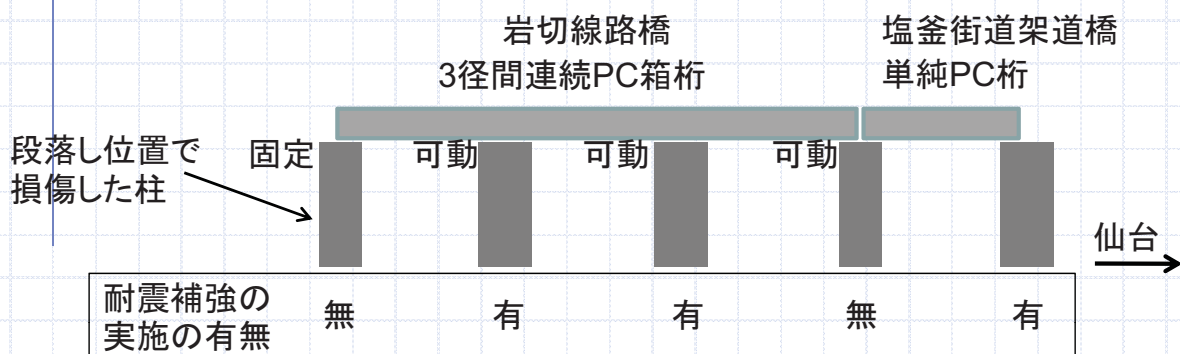
RC柱のせん断による損傷

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（段落し位置の損傷）

東北新幹線 岩切高架橋



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（段落し位置の損傷）



各橋脚間の距離は、約25～30m程度
橋脚高さは約10mほど

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（段落し位置の損傷）

写真：JR東日本提供



段落し位置で、繰り返し作用した曲げとせん断力により
かぶりコンクリートが大きく剥落
また、この位置にあった帯鉄筋の一部が落下

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（鋼製支承の損傷）

天王橋



トラス上横斜材の破断

昭和34年完成
鋼製支承部・トラス構造物
耐震補強未着手

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（鋼製支承の損傷）

天王橋



鋼製ピン支承のアンカーボルトの抜け出し

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（鋼製支承の損傷）

天王橋



歩道橋部
ローラーの逸脱・サンドルによる仮支持



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況

A いつまで続く？

せん断損傷
段落し位置の損傷
鋼製支承の損傷

B 新しい被害

積層ゴム支承の破断
津波による橋梁の倒壊・落橋

C 耐震補強の有効性, 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（積層ゴム支承の破断）



仙台東部道路：
平成8年道路橋示方書適用

東北地方太平洋沖地震による橋梁の 被害状況（積層ゴム支承の破断）



東北地方太平洋沖地震による橋梁の 被害状況（積層ゴム支承の破断）



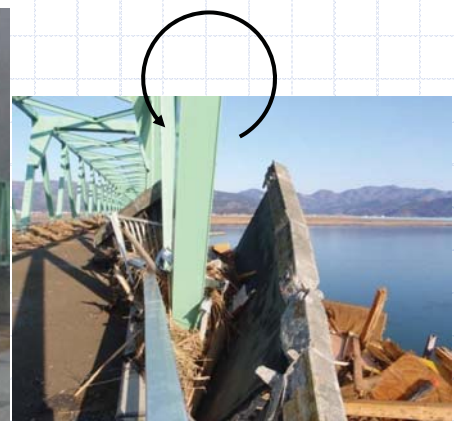
東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

新北上大橋（竣工76年3月、72年道示一等級）



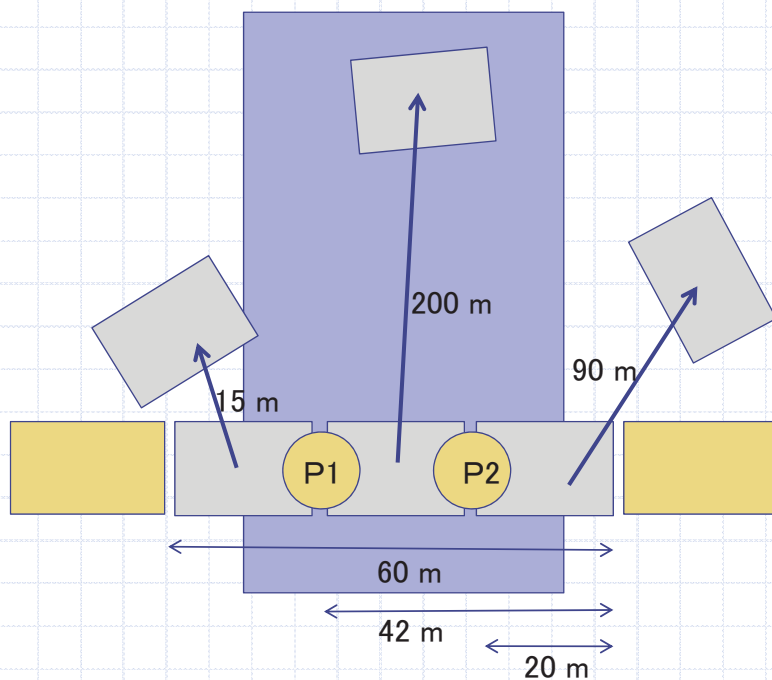
東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

鋼製支承は、浮き上がりに弱い。
下図のような転倒力を受けたか？



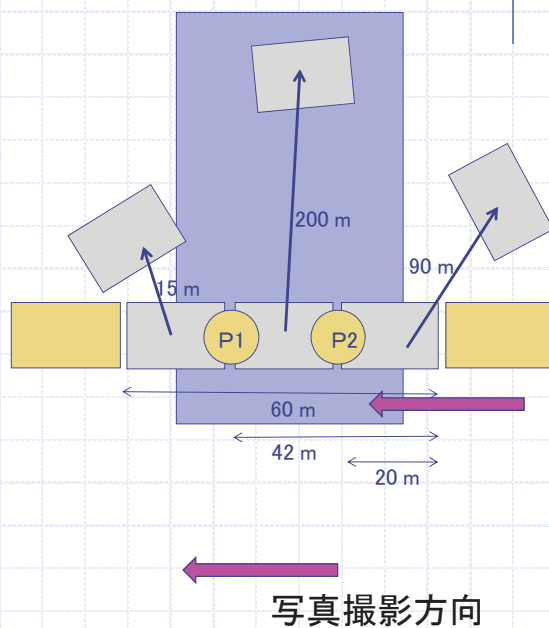
東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

水尻川橋梁（竣工昭和46年5月）・気仙沼線



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

水尻川橋梁（竣工昭和46年5月）・気仙沼線

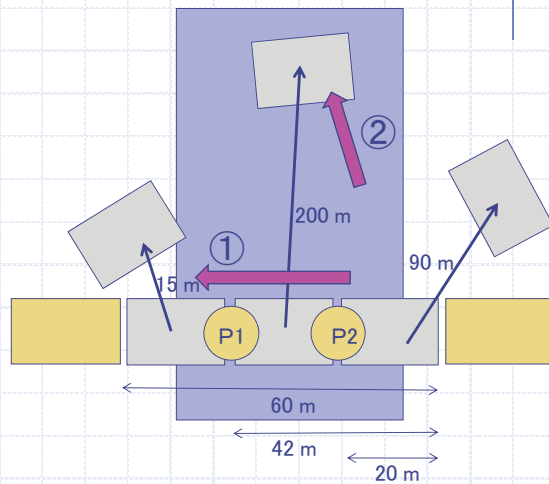


東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

水尻川橋梁（竣工昭和46年5月）・気仙沼線



①



②

写真撮影方向

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）



小泉架道橋

外尾川橋

レール

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）



気仙沼線・小泉大橋から
600m程度北



津波による洗掘か？

東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

津波による落橋を免れた構造



立体ラーメン構造

重量・橋面積が大きく橋脚高
が小さいPC構造



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

橋梁を守れたとしても・・・

黒線上：列車の走行位置

前後の盛土は全て流出



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況（津波による被害）

一方、道路橋の地震後の役割は非常に大きい...



東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況

A いつまで続く？

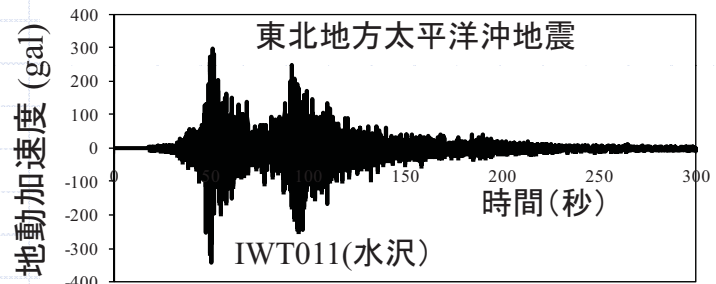
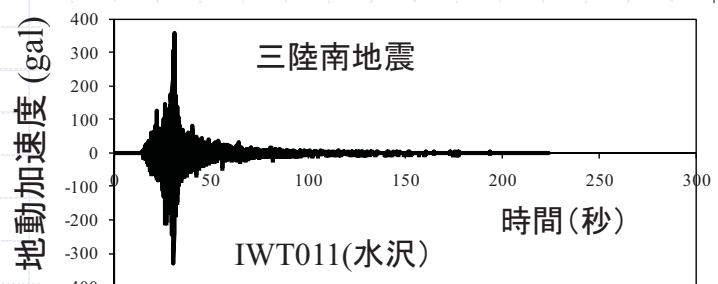
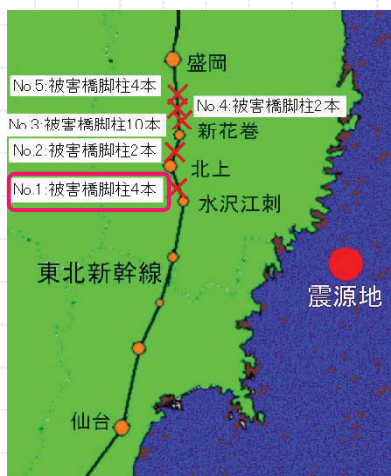
せん断損傷
段落し位置の損傷
鋼製支承の損傷

B 新しい被害

積層ゴム支承の破断
津波による橋梁の倒壊・落橋

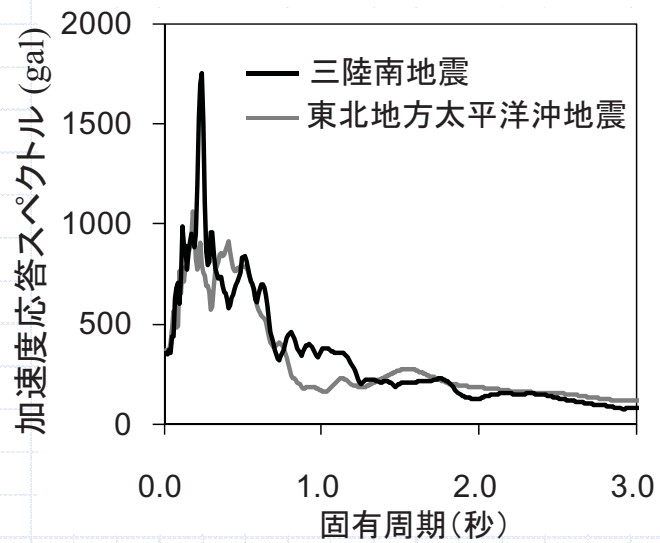
C 耐震補強の有効性, 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

耐震補強の有効性



三陸南地震の後に実施されたNo. 1橋脚（第3愛宕高架橋）の被害分析の際に使用した地震動はIWT011(水沢)のK-NET強震記録

耐震補強の有効性



加速度応答スペクトルの比較 (IWT011)

No. 1橋脚（第3愛宕高架橋）は、三陸南地震と東北地方太平洋沖地震で同程度の地震作用を受けたと推察される

耐震補強の有効性



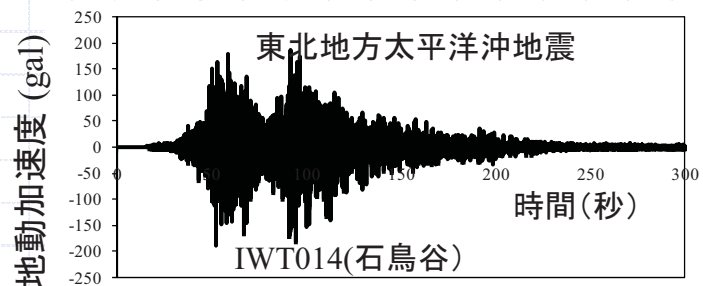
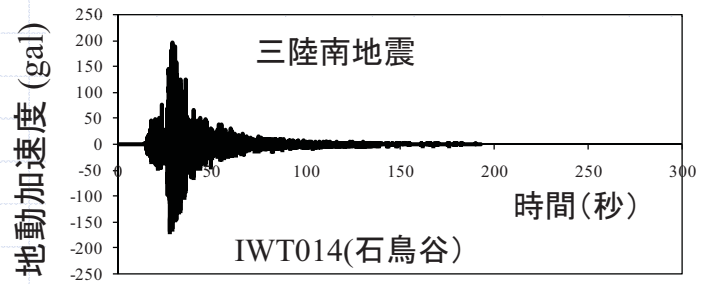
(a) 2003年撮影(三陸南地震後)



(b) 2011年撮影(東北地方太平洋沖地震後)

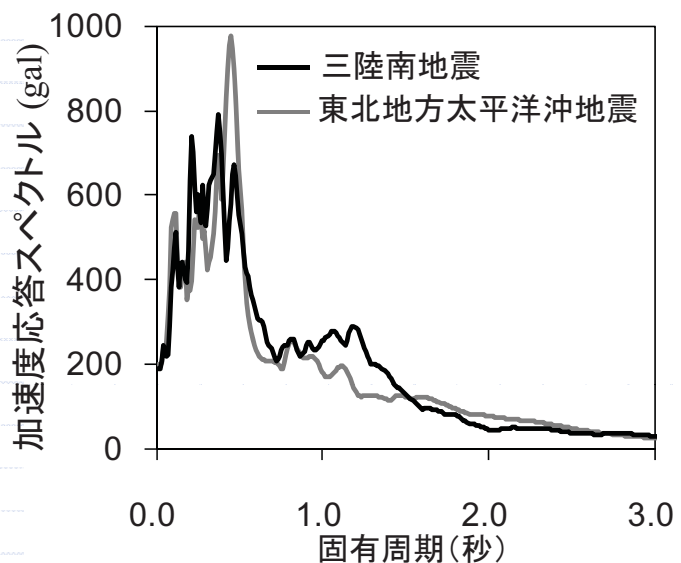
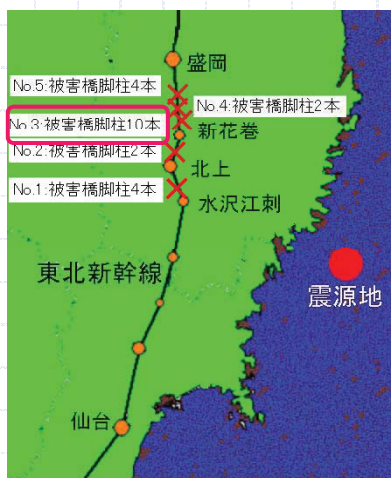
東北新幹線第3愛宕高架橋(R2)

耐震補強の有効性



三陸南地震の後に実施されたNo. 3橋脚（第5猪鼻高架橋）の被害分析の際に使用した地震動はIWT014(石鳥谷)のK-NET強震記録

耐震補強の有効性



加速度応答スペクトルの比較 (IWT014)

No. 3橋脚（第5猪鼻高架橋）は、三陸南地震と東北地方太平洋沖地震で同程度の地震作用を受けたと推察される

耐震補強の有効性



(a) 2003年撮影(三陸南地震後) (b) 2011年撮影(東北地方太平洋沖地震後)

東北新幹線第5猪鼻高架橋

耐震補強の有効性

千代大橋



千代大橋: 国道4号線. 橋長310m. 竣工1965年. 宮城県沖地震の際には橋脚が損傷した. RC橋脚の補強, 積層ゴム支承への取り換え, 落橋防止構造の設置などが2006年までに行われた

耐震補強の有効性

千代大橋



耐震補強の有効性

阿武隈川
仙台

ダンパー

ダンパー



手すりやジョイント部に上部工の移動痕がある。
ダンパーが機能し、橋脚等に損傷は見れない

耐震補強の有効性

阿武隈川

仙台

鋼製支承が大きく腐食している(凍結防止剤?)

耐震補強とメンテナンスのバランス

ダンパー

ダンパー



兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性



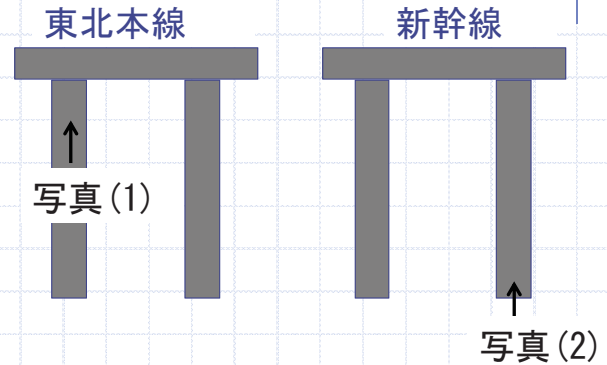
仙台市長町駅周辺

長町駅周辺メモ：

東北新幹線と在来線・東北本線が並走している。長町駅は仙台駅の約5kmほど南に位置している。

東北本線は、長町駅周辺の再開発のため、2000年以降に高架化工事が進められた。高架化工事の際は、JR東日本で技術開発された内巻スパイラルを用いた1層ラーメン構造が採用されていた。

兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性



適用基準

東北本線: 兵庫県南部地震以後に
制定された基準

新幹線: 宮城県沖地震以前に
制定された基準

兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性



東北本線



新幹線

○兵庫県南部地震以降に制定された耐震基準に準拠する
コンクリート構造物はほぼ無損傷であった。

兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

亘理 吉田橋

吉田橋は、5径間連続鋼箱桁である。
高減衰積層ゴム支承を使用。
橋脚は、高さ1mほどの津波を受けた跡が見られる。



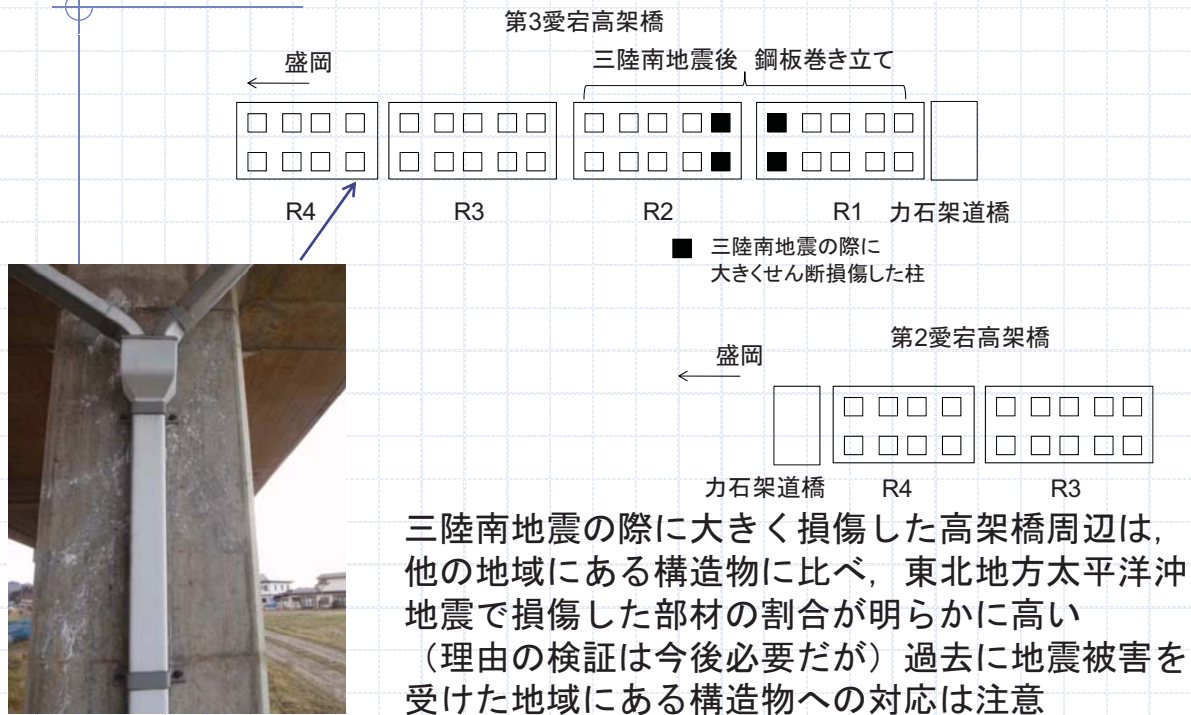
橋台上

兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

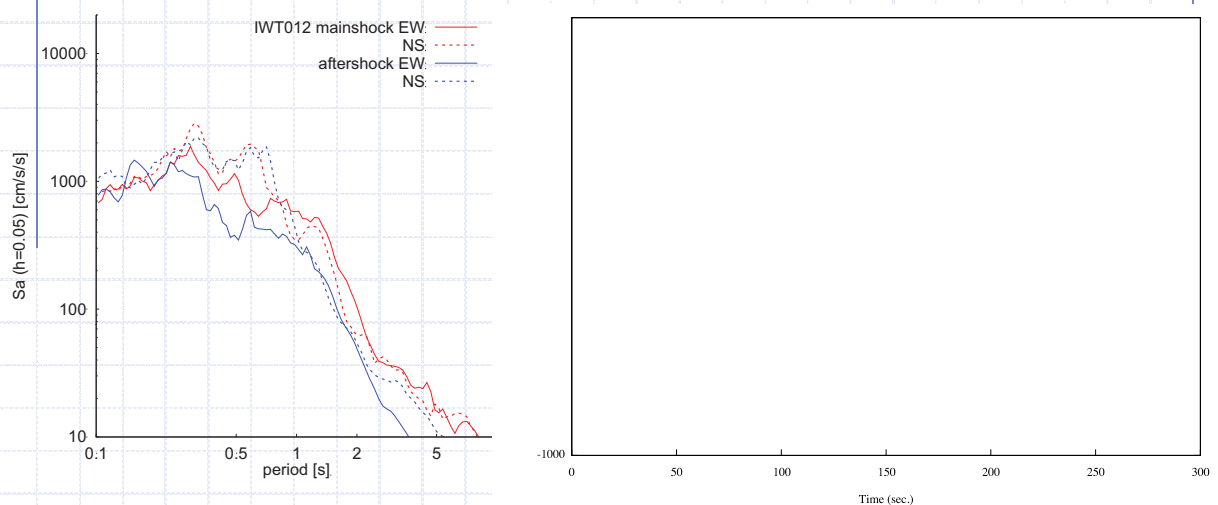


(仙台東部道路の例を除き) 積層ゴム支承を用いた橋梁に大きな損傷は観察されない。

東北地方太平洋沖地震に関するその他話題 1



東北地方太平洋沖地震に関するその他話題 2



2011年4月7日に発生した余震
京都大学：高橋良和准教授提供

東北地方太平洋沖地震に関するその他話題 2

4月7日余震後

断面修復を行ったモルタルに
斜めひび割れが発生し、剥落
している。

4月9日の時点では、再度の修
復工事が行われていた。



1. 地震被害のまとめ

- ✚ 1978年宮城県沖地震，1995年兵庫県南部地震からそれぞれ33年，16年が経過している。それにも関わらず，せん断損傷，段落し位置の損傷，また鋼製支承の損傷などの損傷形態が東北地方太平洋沖地震でも多数観察されている。
- ✚ 一方，東北地方太平洋沖地震では，耐震補強の有効性，また兵庫県南部地震以降に進められている技術の方向性が適切であることが示された。耐震補強未着手の構造に対して，迅速な対応が求められる。
- ✚ 東北地方太平洋沖地震で生じた津波による落橋は現在の技術では対応できない。近い将来に発生が予想される東海・東南海・南海地震に対して，津波に対する道路・鉄道構造物の対策・検討をハード・ソフト両面から進める必要がある（実際はアイデア無…）。

目次

1. 地震被害

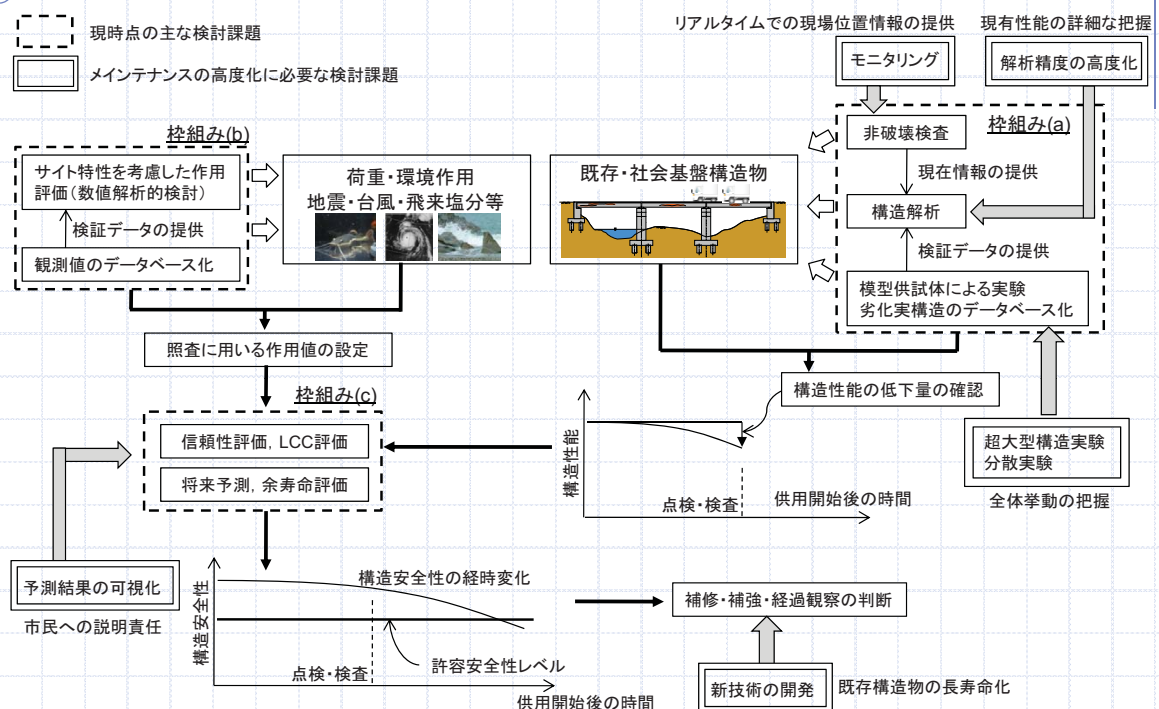
- ・ 兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要
- ・ 東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況
- ・ 耐震補強の有効性
- ・ 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

2. 今後の課題

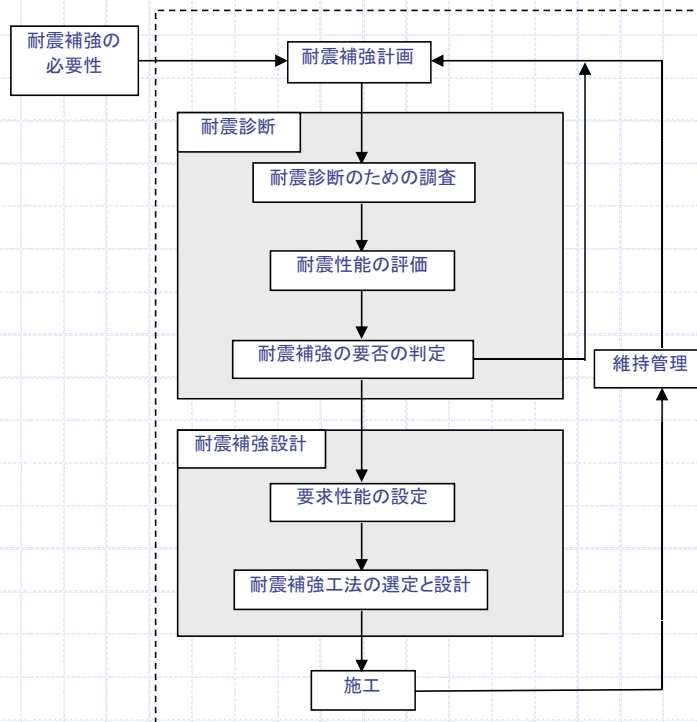
- ・ 耐震補強と地震リスク
- ・ 材料劣化と耐震性能低下の関係
- ・ メンテナンスとリプレイスメント

3. まとめ

耐震補強と地震リスク

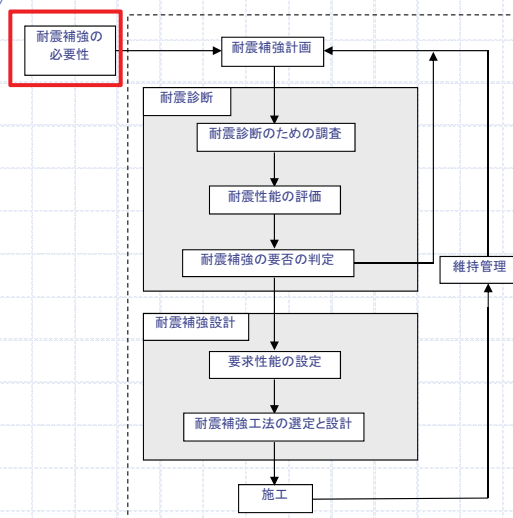


耐震補強と地震リスク



耐震診断，耐震補強設計，施工の流れは，複数回繰り返される。
例えば，第一段階としてRC柱の段落し部の補強を行い，他の構造物に対する同様の耐震補強が終わった後に，第二段階として柱基部の曲げ補強を行う場合など

耐震補強と地震リスク



最新の耐震基準で要求する耐震性能を満足しない既存構造物は未だ多数



耐震補強優先度を適切に判断する

- 対象構造物の重要度や地震により構造物が損傷することによる社会的影響
- 対象構造物が準拠した設計基準
- 地震危険度
- 対象構造物を構成する部材の破壊の脆弱性（部材の破壊モード）



判断基準となる指標：地震リスク

耐震補強と地震リスク

リスクの定義 = 事象の生起する確率や頻度と、事象の結果の大きさの組み合わせ。

備考：厳密な思決定論の観点からは、全ての望ましくない結果の期待値。即ち事象の結果とその確率の積の総和。

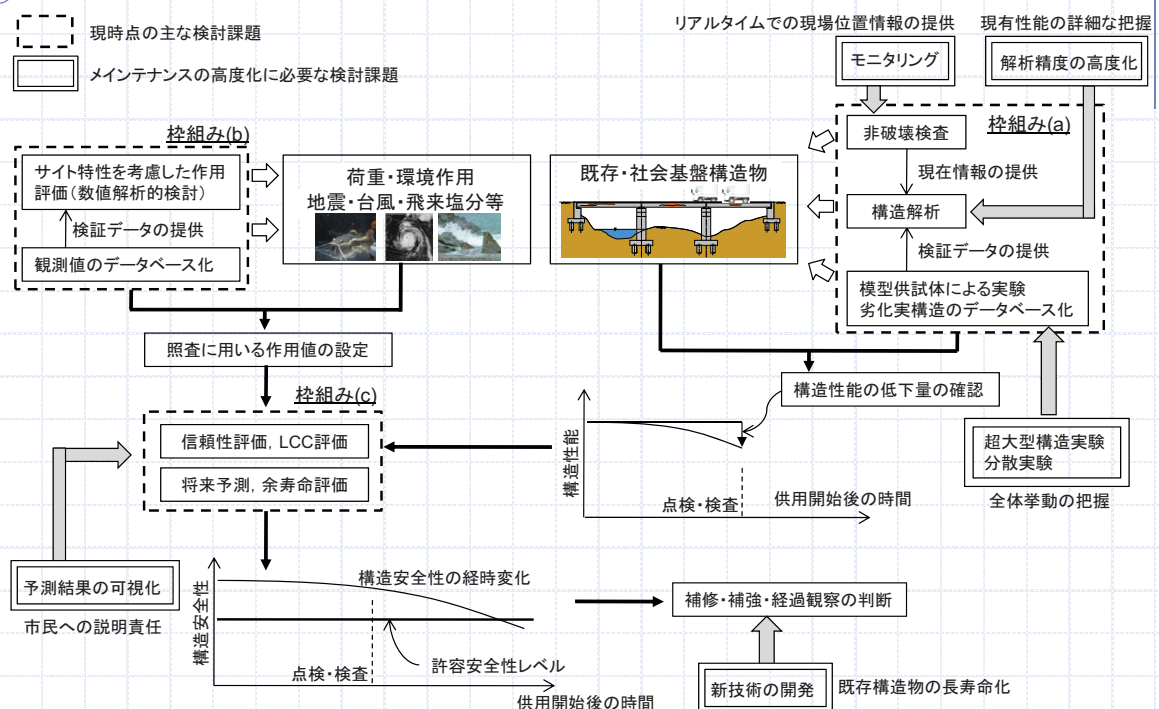
(引用：Bases for design of structures – General principles on risk assessment of systems involving structures, ISO13824)



地震リスクの検討にリスク計算は必須ではない
地震予測の特徴 = 予測に圧倒的不確定性を伴う。
想定地震動以上の生起は否定できない。

- 地震の生起の生起に対して、以下を想像することもリスク評価
 - ⇒ 個別の橋梁にどのような破壊モードがあらわれるのか？
 - ⇒ 橋梁を含むネットワークに何が起こるのか？
 - ⇒ 地震後、ネットワークを含む都市に何が起こるのか？

材料劣化と耐震性能低下の関係



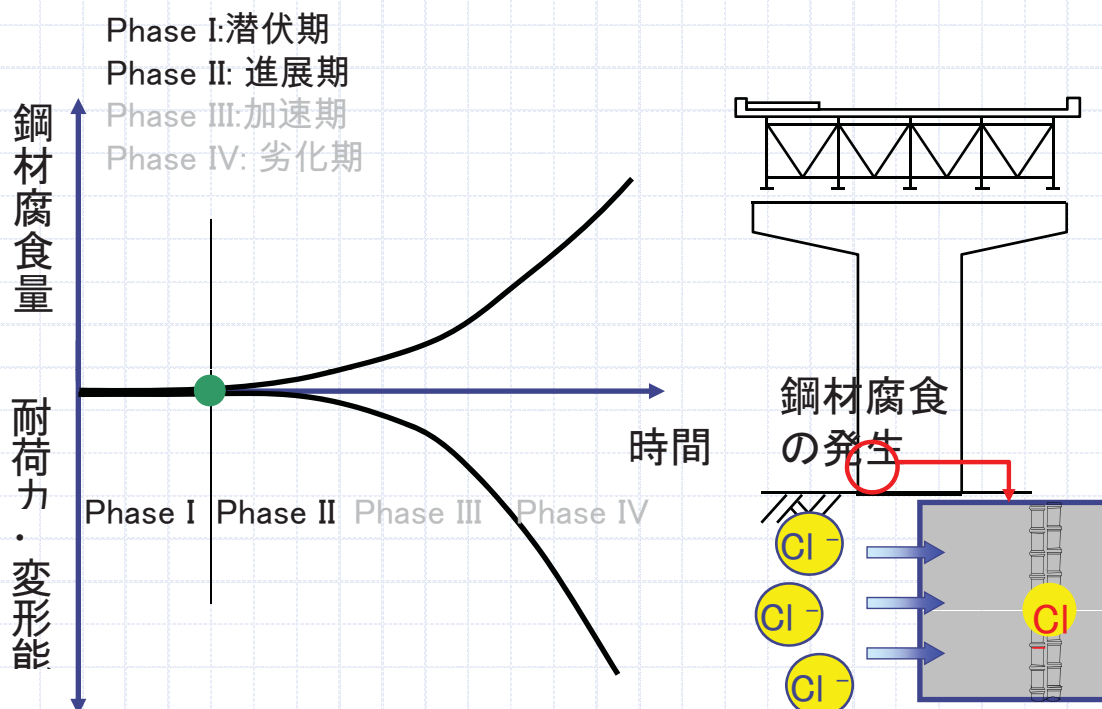
材料劣化と耐震性能低下の関係

塩害による材料劣化(鋼材腐食)が生じた橋脚

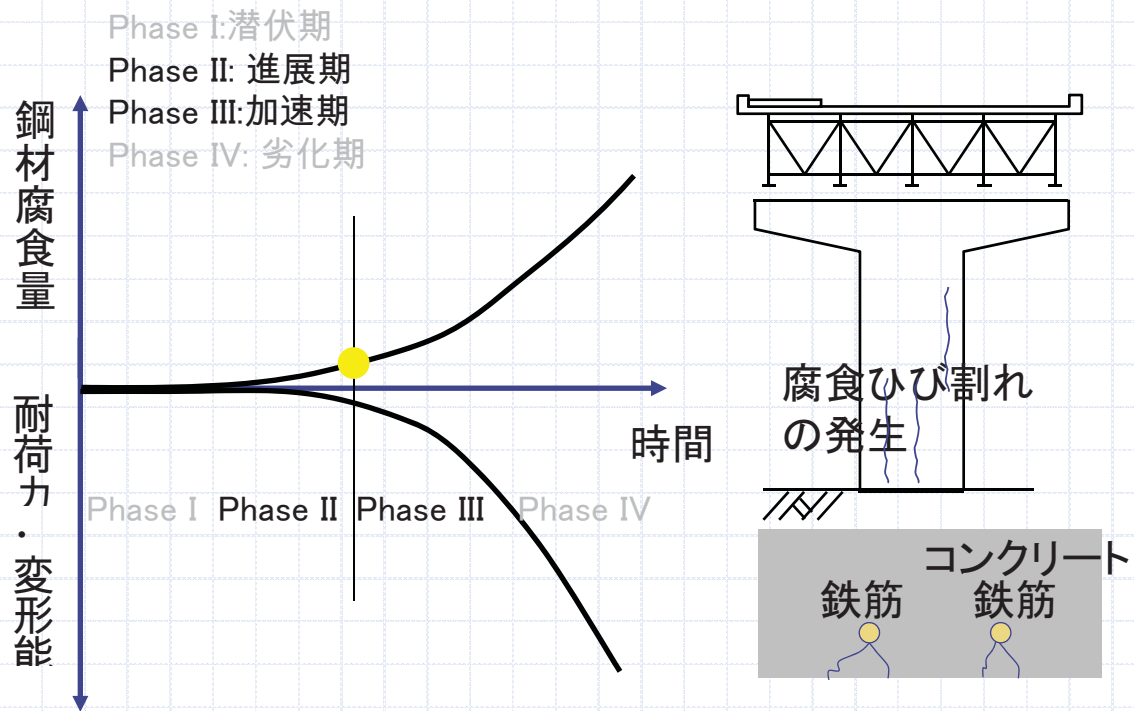


耐震性能はどの程度まで低下しているのか？

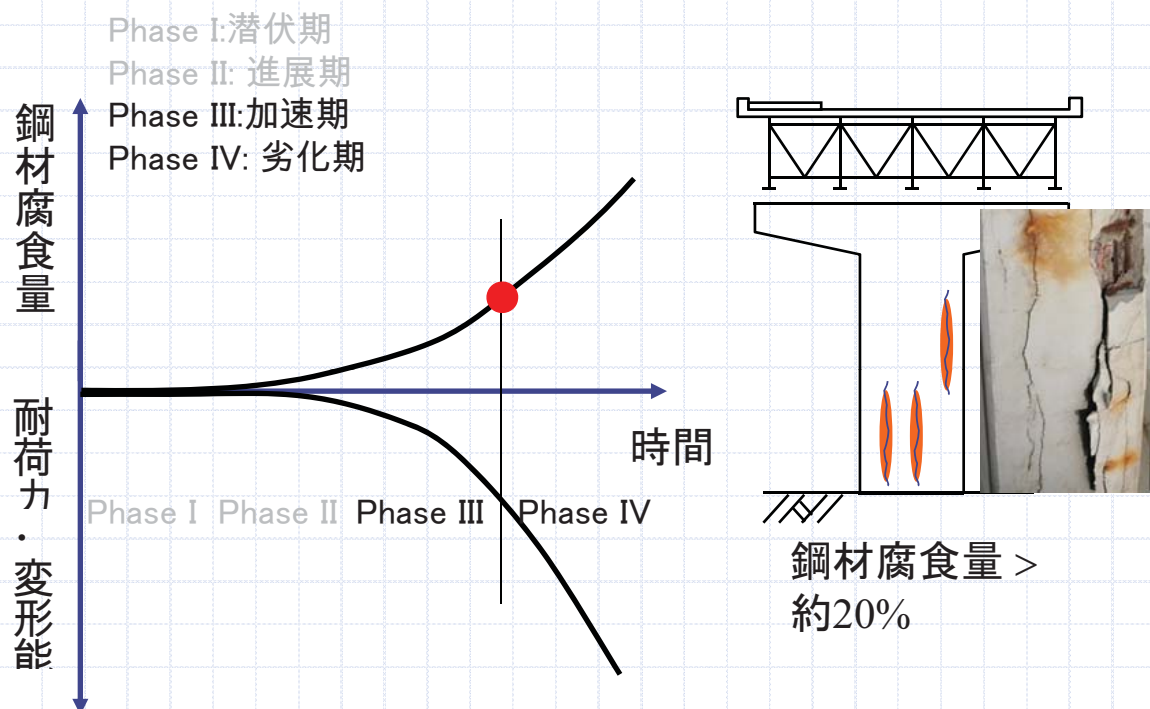
材料劣化と耐震性能低下の関係



材料劣化と耐震性能低下の関係

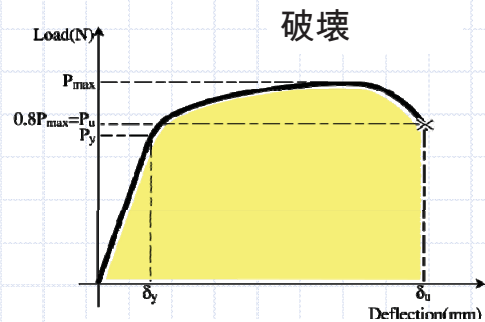


材料劣化と耐震性能低下の関係

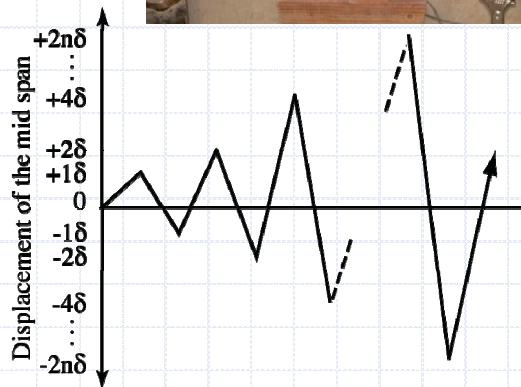


材料劣化と耐震性能低下の関係

電食



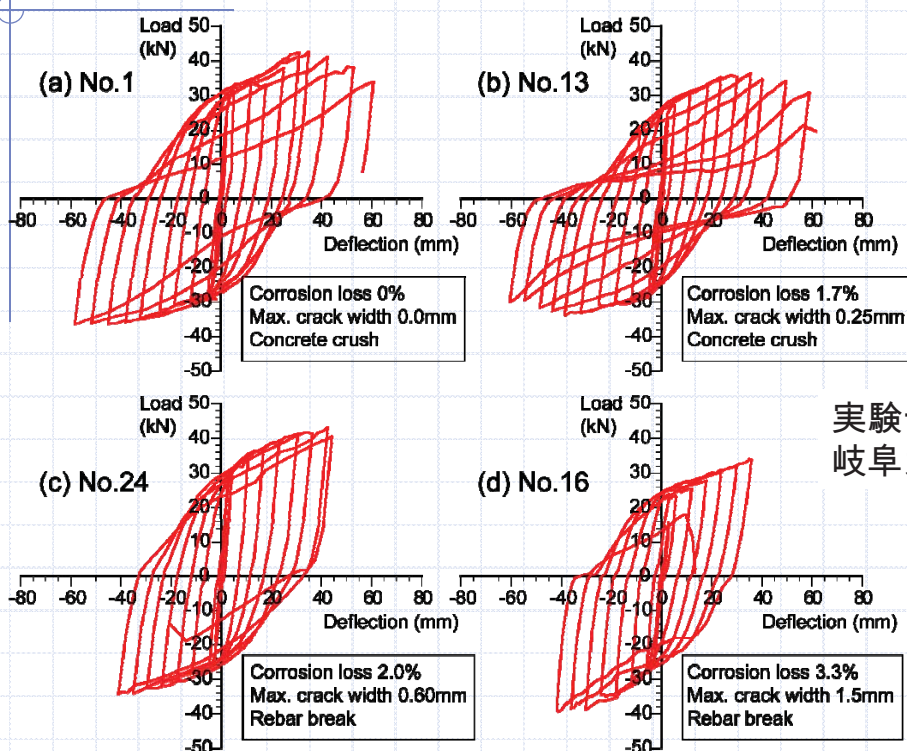
実験上の破壊の定義：
最大荷重の80%低下時



- $\delta_y, -\delta_y, 2\delta_y, -2\delta_y, 4\delta_y, -4\delta_y, \dots, 2n\delta_y, -2n\delta_y$
- $\delta_y = 3\text{mm}$

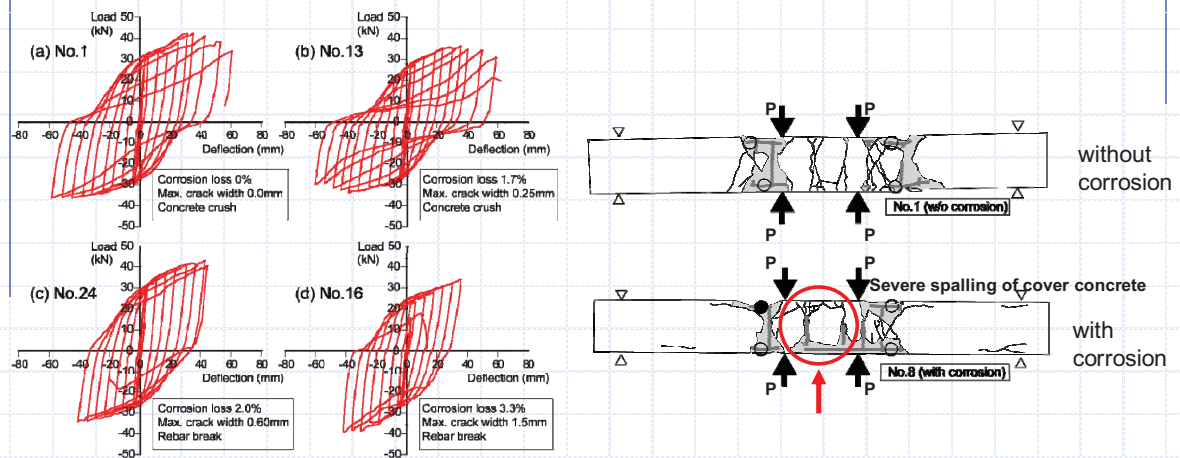
実験データ：岐阜大学・小林先生
提供

材料劣化と耐震性能低下の関係



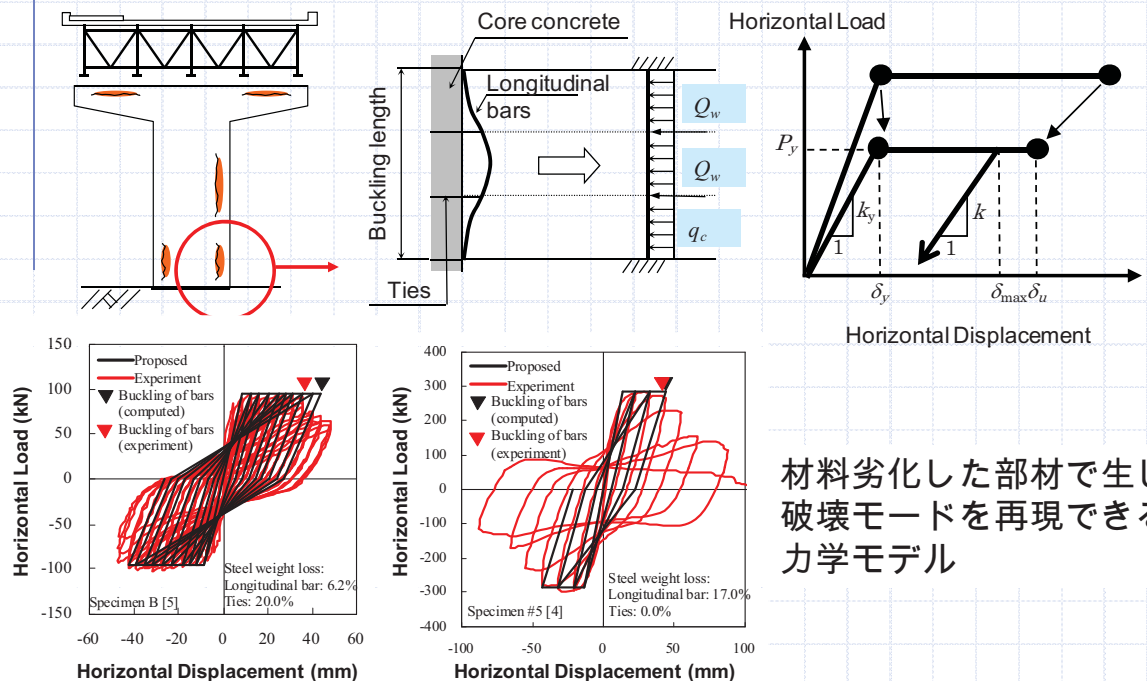
実験データ：
岐阜大学・小林先生提供

材料劣化と耐震性能低下の関係



荷重の予測⇒ある程度の鉄筋腐食量までであれば，減少した鉄筋断面面積を用いて断面解析により評価可能
 変形の予測⇒減少した鉄筋断面面積を用いて通常の耐震解析法を適用すると，腐食するほど変形能が改善される結果となる

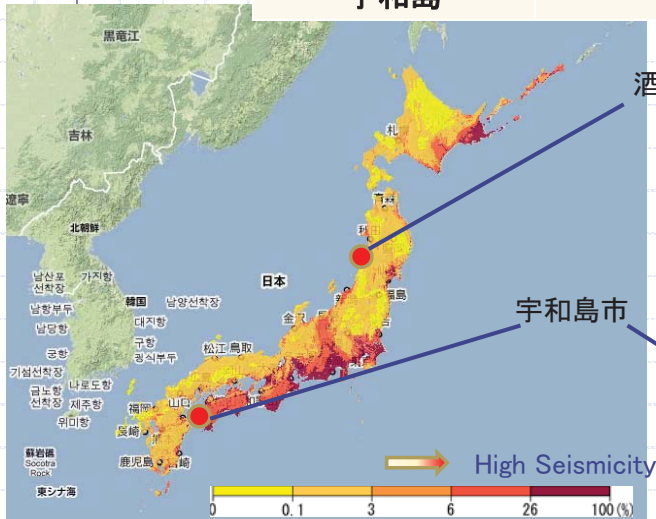
材料劣化と耐震性能低下の関係



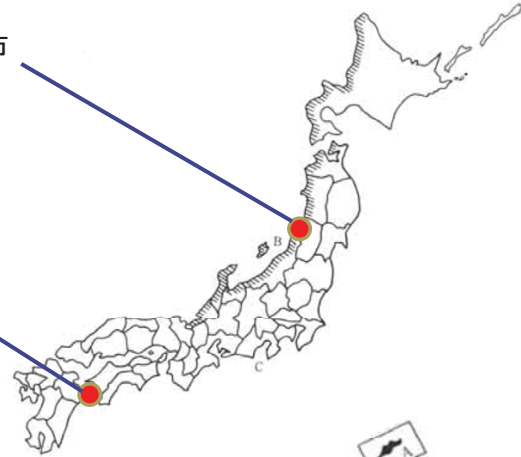
材料劣化した部材で生じる破壊モードを再現できる力学モデル

材料劣化と耐震性能低下の関係

都市	地震危険度	塩害危険度
酒田	中	高
宇和島	高	中



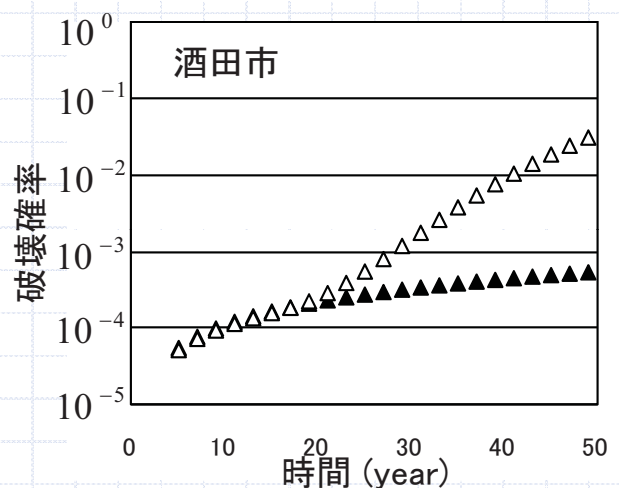
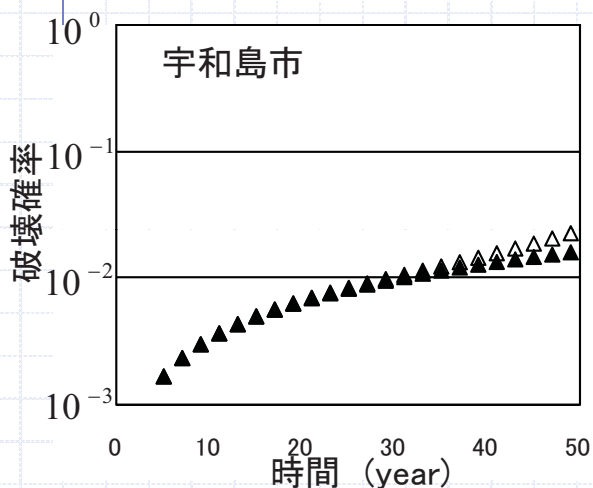
地震ハザードマップ



塩害環境ハザードマップ

材料劣化と耐震性能低下の関係

都市	地震危険度	塩害危険度
酒田	中	高
宇和島	高	中



材料劣化による構造性能の低下を考えると、地震危険度の低い酒田にある橋脚の方が最終的には破壊可能性が高いと試算される

材料劣化と耐震性能低下の関係

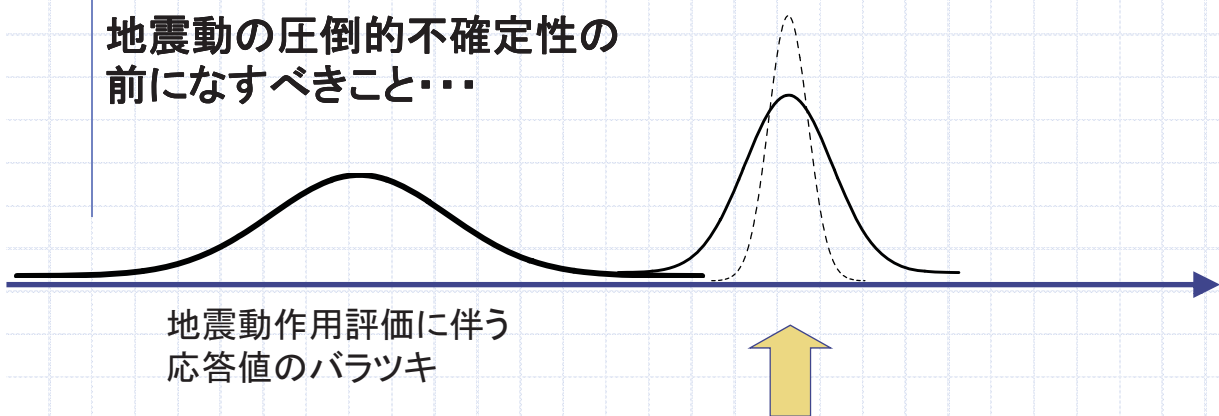


材料劣化した部位・部材が地震動を受けたときの挙動の評価には未解明な点が多い・・・

⇒こうした状態を生み出さないメンテナンス

メンテナンスとリプレースメント

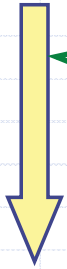
構造物の耐力・変形性能のバラツキ
地震動の圧倒的不確定性の
前になすべきこと・・・



耐力や変形性能の精度を向上しても、地震動評価に伴うバラツキの存在下では、破壊可能性の低減につながる効果は小さい

メンテナンスとリプレースメント

RC部材では、意図的に橋脚基部を曲げ破壊させ、靱性を確保することで地震エネルギーの吸収を図る。地震後にある程度の補修が必要。



橋梁は、避難路や緊急物資の輸送路として重要な役目を果たすため、地震直後でも供用可能であることが非常に重要。



重要度の高い土木構造物(新幹線・高速道路 etc...)は、兵庫県南部地震級の地震に対しても弾性応答することが理想である（が、それを目指した研究は非常に少ない）

メンテナンスとリプレースメント

一般市民を対象に行った宮路・川島のアンケートの結果、ほぼ2/3の市民が、地震後3日以内に復旧することを望んでいる。



メンテナンスとリプレイスメント

当面は、現在ある構造物を適切にメンテナンス（耐震補強を含む）

一方で、ダメージフリー（無損傷）橋梁の開発も進め、将来のリプレイスメントに備えたい。

例えば、仮に東海・東南海・南海地震でインフラ構造物が地震動により大きな損傷を受けたとき、私たちはそのとき何をするのか？

新しい技術を社会に見せ、安心させることができるのだろうか？ 単に従来よりも太い柱を使った橋梁を再構築するのだろうか？

目次

1. 地震被害

- ・ 兵庫県南部地震以降に発生した地震と被害の概要
- ・ 東北地方太平洋沖地震による橋梁の被害状況
- ・ 耐震補強の有効性
- ・ 兵庫県南部地震後に導入された技術の有効性

2. 今後の課題

- ・ 耐震補強と地震リスク
- ・ 材料劣化と耐震性能低下の関係
- ・ メンテナンスとリプレイスメント

3. まとめ

まとめ

✚ 東北地方太平洋沖地震

- ー耐震補強の有効性を確認
- ー耐震補強未着手の構造では、未だにせん断損傷、段落し位置の損傷等が生じている.
- ー新しい被害形態（津波、積層ゴム支承の破断）

✚ 今後の課題

- ー耐震補強と地震リスク
大地震 そととき何が起きるのかに思いをよせて
- ー材料劣化と耐震性能低下
メンテナンスの重要
- ーメンテナンスとリプレイスメント
将来の世代に誇れる構造を残したい

謝辞

本発表では、東北地方太平洋沖地震後に行われた土木学会地震工学委員会の被害調査(団長:川島一彦 東京工業大学教授)を通して得られた情報を用いています.

また、防災科学技術研究所K-NET強震記録を使用させて頂きました.

関係各位に厚く御礼申し上げます.