

# 2011年東北地方太平洋沖地震被害調査

## 新幹線の被害

(主に岩手県内の被害を中心として)



高橋良和

京都大学防災研究所

地震災害研究部門

# 東北新幹線 (JR東日本)

- 東北新幹線は1982年に開業し、2011年現在、東京ー新青森間を結んでいる。



# 建設当時の東北新幹線設計基準

- 「全国新幹線網建造物設計標準(東北, 上越, 成田用)1972(S47.6)」
- 耐震設計基準については, 「建造物設計標準 鉄筋コンクリート建造物および無筋コンクリート建造物, プレストレストコンクリート鉄道橋 1970(S45.3)」

# (第1期) 新幹線高架柱の耐震補強実施計画

| JR  | 路線名                | Total   | Need to retrofit | -2003  | 2004   | 2005   | 2006  | 2007  | 2008  |
|-----|--------------------|---------|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 東日本 | 東北新幹線<br>(東京～八戸)   | 51,100  | 12,500           | 5,700  | 3,200  | 3,100  | 400   | 100   | -     |
|     | 上越新幹線<br>(大宮～新潟)   | 26,000  | 6000             | 1,400  | 1,900  | 2,000  | 500   | 200   | -     |
|     | 北陸新幹線<br>(高崎～長野)   | 5,000   | -                | -      | -      | -      | -     | -     | -     |
| 東海  | 東海道新幹線<br>(東京～新大阪) | 34,000  | 17,600           | 10,700 | 2,000  | 1,800  | 1,600 | 800   | 700   |
| 西日本 | 山陽新幹線<br>(新大阪～博多)  | 41,600  | 32,500           | 20,800 | 3,600  | 3,300  | 2,300 | 1,500 | 800   |
|     |                    | 157,700 | 68,600           | 38,600 | 10,700 | 10,200 | 5,900 | 3,100 | 1,500 |

国、国土交通省資料より

● **せん断破壊先行型**の柱が対象

● 第2期の耐震補強計画が実施中 (2009-2014)



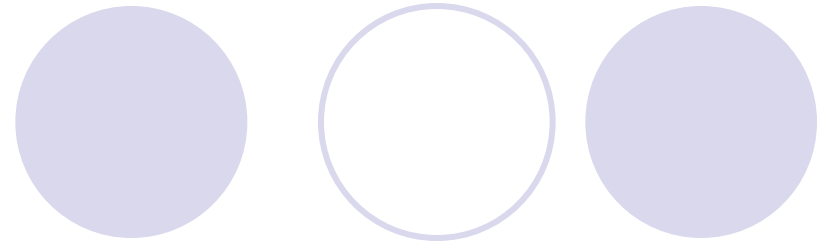
# 東北新幹線 (JR東日本)

東北新幹線は1982年に開業し、2011年現在、東京ー青森間を結んでいる。



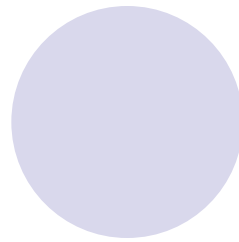
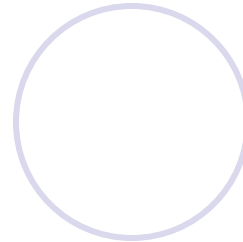
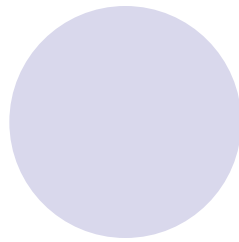
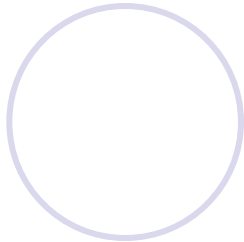
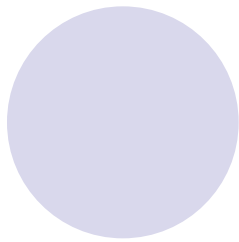
# 第1中曽根BL

(北上駅-新花巻駅間)

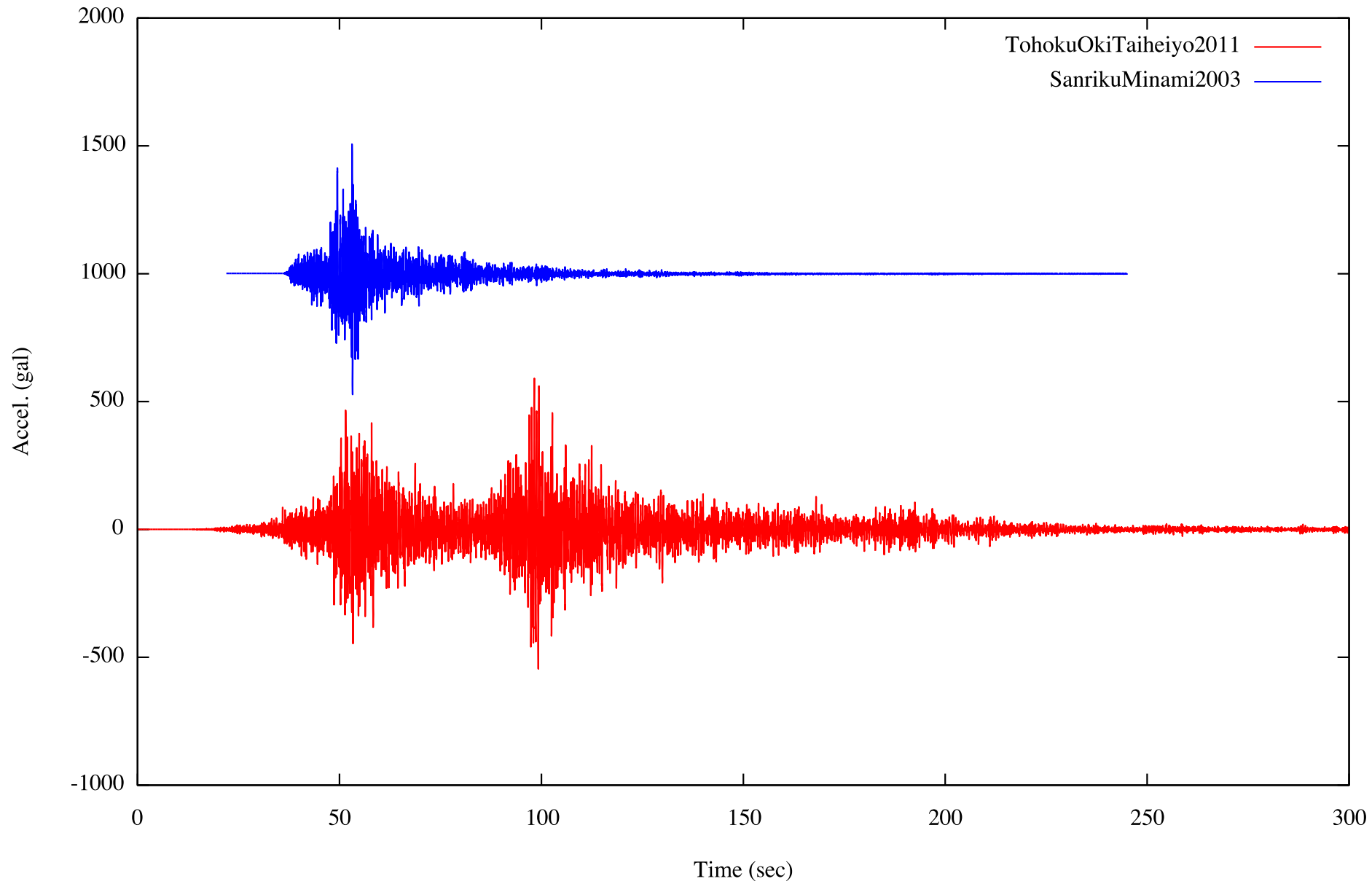


- 東京より約456km地点
- 両端にゲルバー桁を有する一層ラーメン高架橋
- 第1期耐震補強計画により補強された柱無し

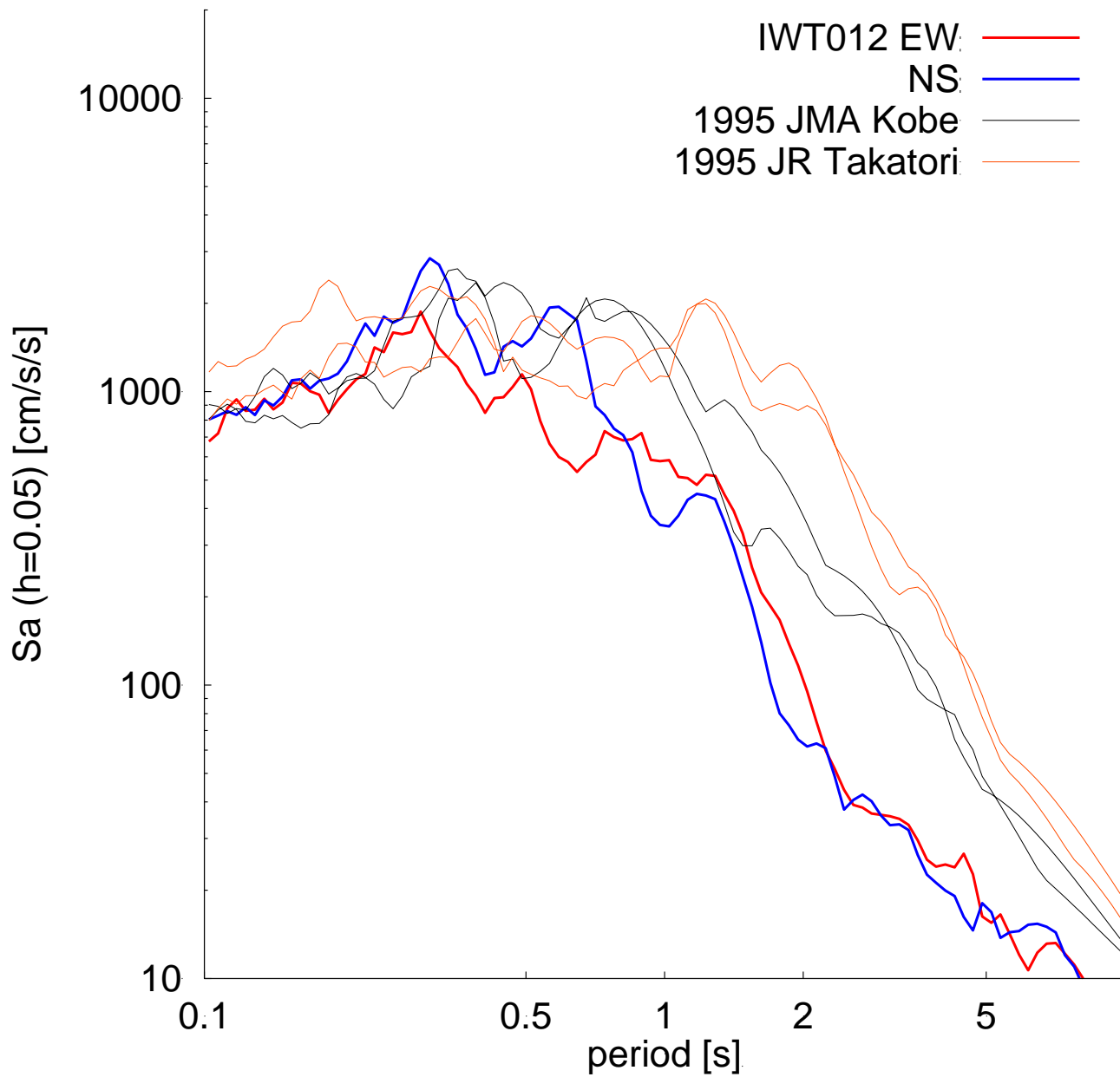




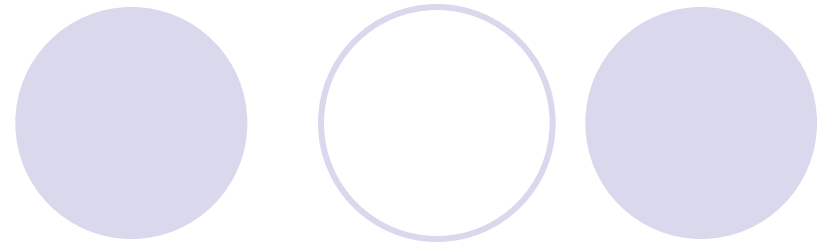
K-net IWT012 (NS)







# 第1中曽根BL (北上駅-新花巻駅間)

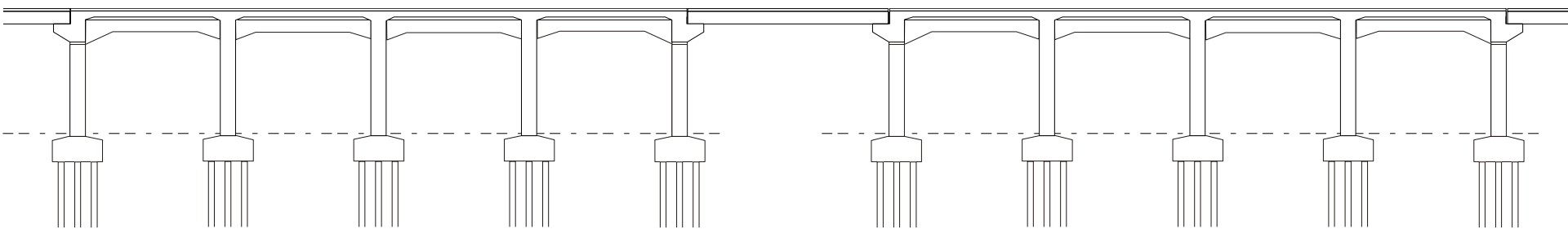
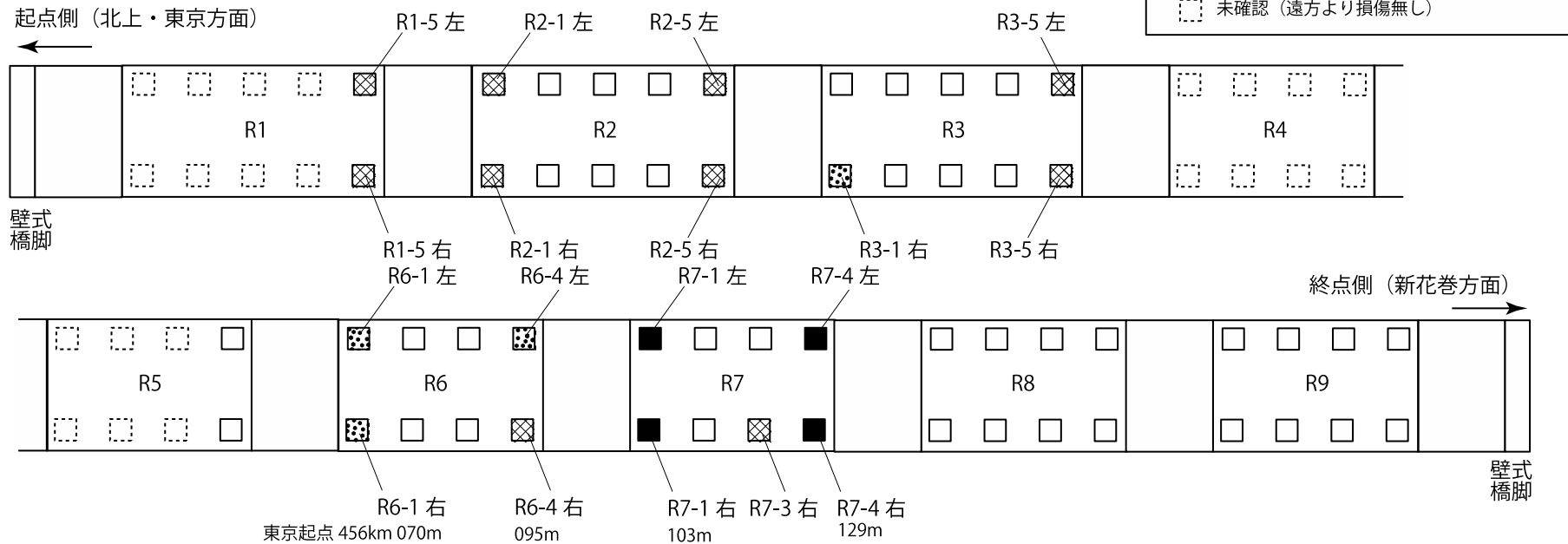


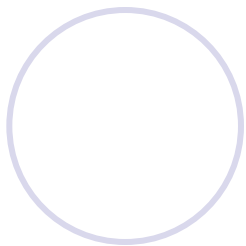
- せん断破壊を含む大きな損傷が発生し、コアコンクリートも玉石のように破砕されている
- 軸力支持能力を完全に喪失している柱もある



# 第1中曾根BL (北上駅-新花巻駅間)

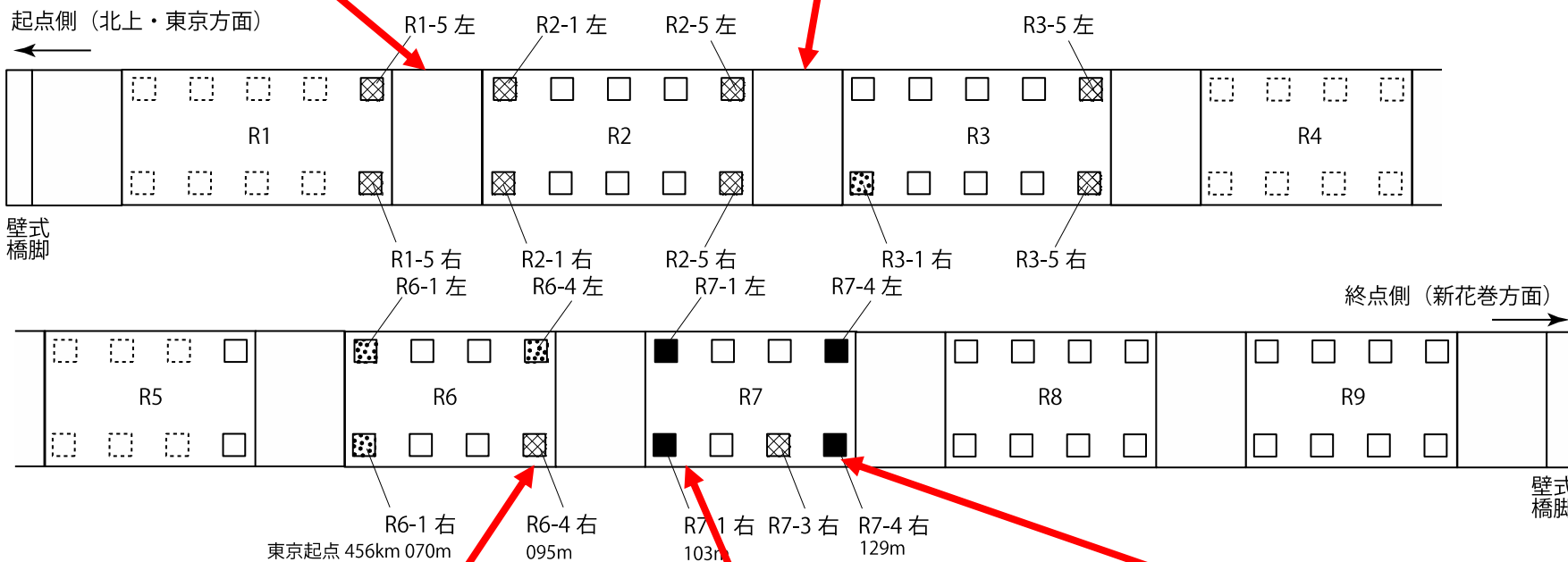
- 損傷確認なし
- ▣ ひび割れ（被りコンクリート剥落なし）
- ▤ 斜めひび割れ（被りコンクリート剥落あり）
- 軸力支持能力喪失
- ▨ 未確認（遠方より損傷無し）

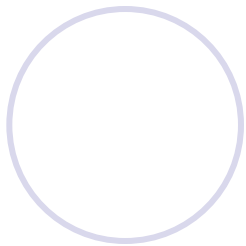




- 損傷確認なし
- ひび割れ（被りコンクリート剥落なし）
- 斜めひび割れ（被りコンクリート剥落あり）
- 軸力支持能力喪失
- 未確認（遠方より損傷無し）

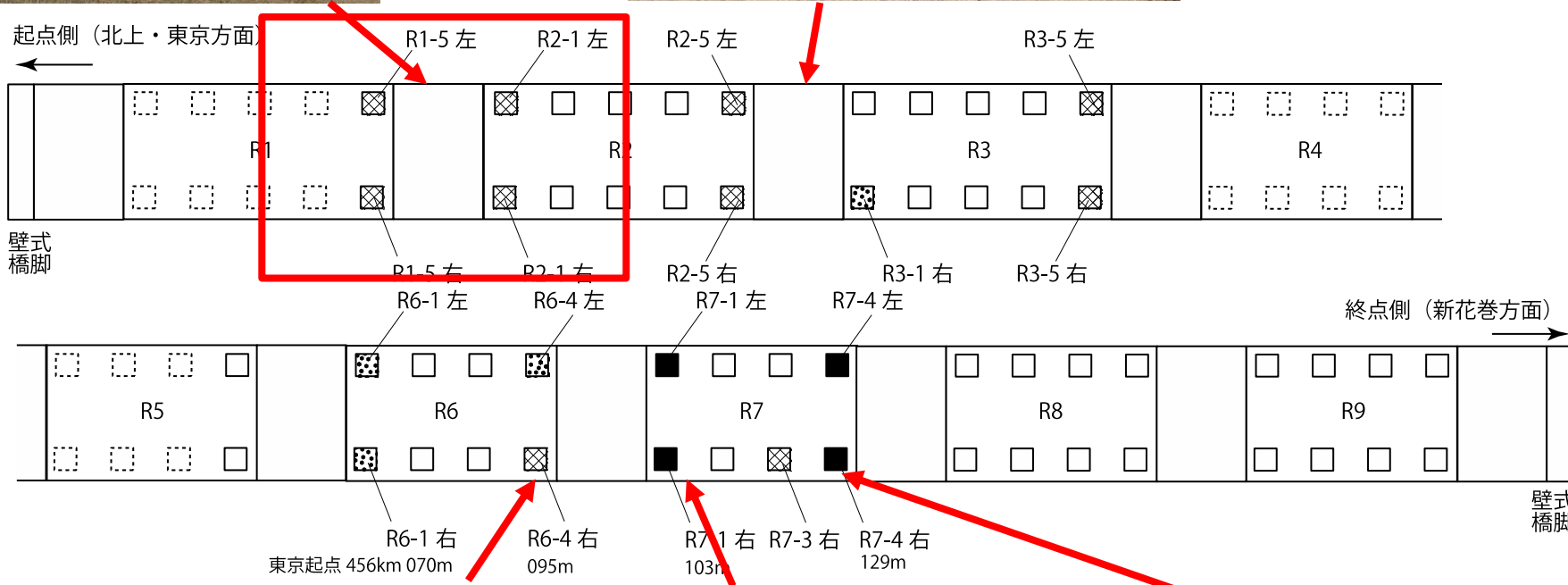
起点側（北上・東京方面）



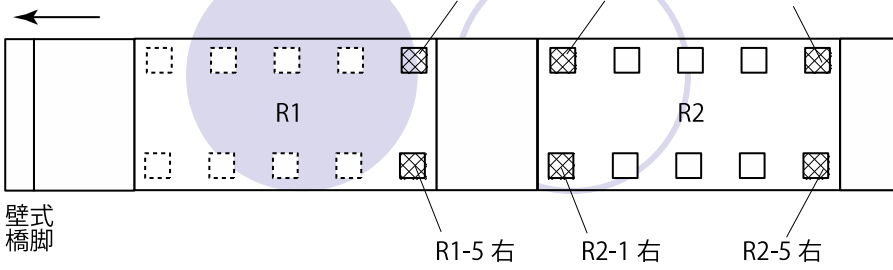


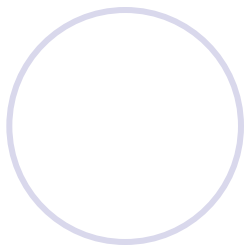
- 損傷確認なし
- ひび割れ（被りコンクリート剥落なし）
- 斜めひび割れ（被りコンクリート剥落あり）
- 軸力支持能力喪失
- 未確認（遠方より損傷無し）

起点側（北上・東京方面）



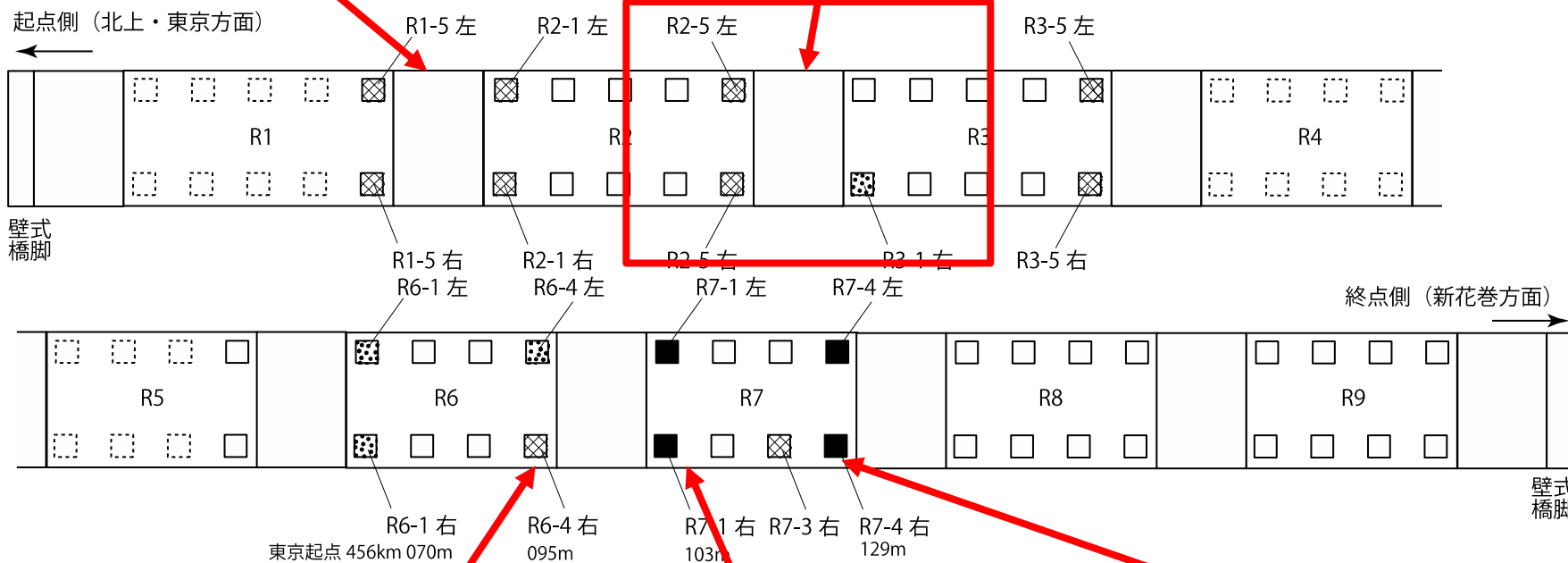
起点側（北上・東京方面）

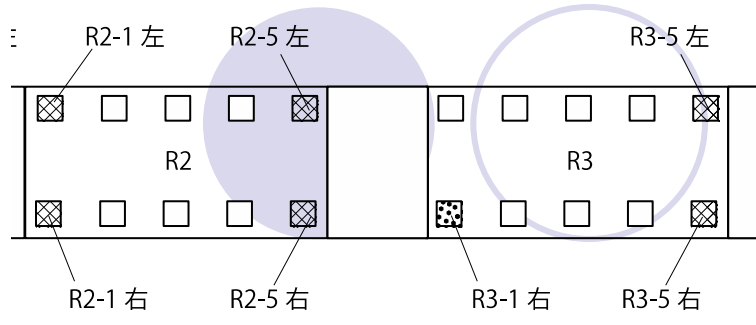




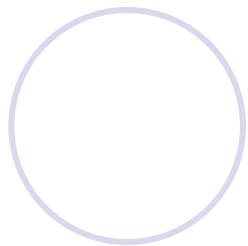
- 損傷確認なし
- ひび割れ（被りコンクリート剥落なし）
- 斜めひび割れ（被りコンクリート剥落あり）
- 軸力支持能力喪失
- 未確認（遠方より損傷無し）

起点側（北上・東京方面）



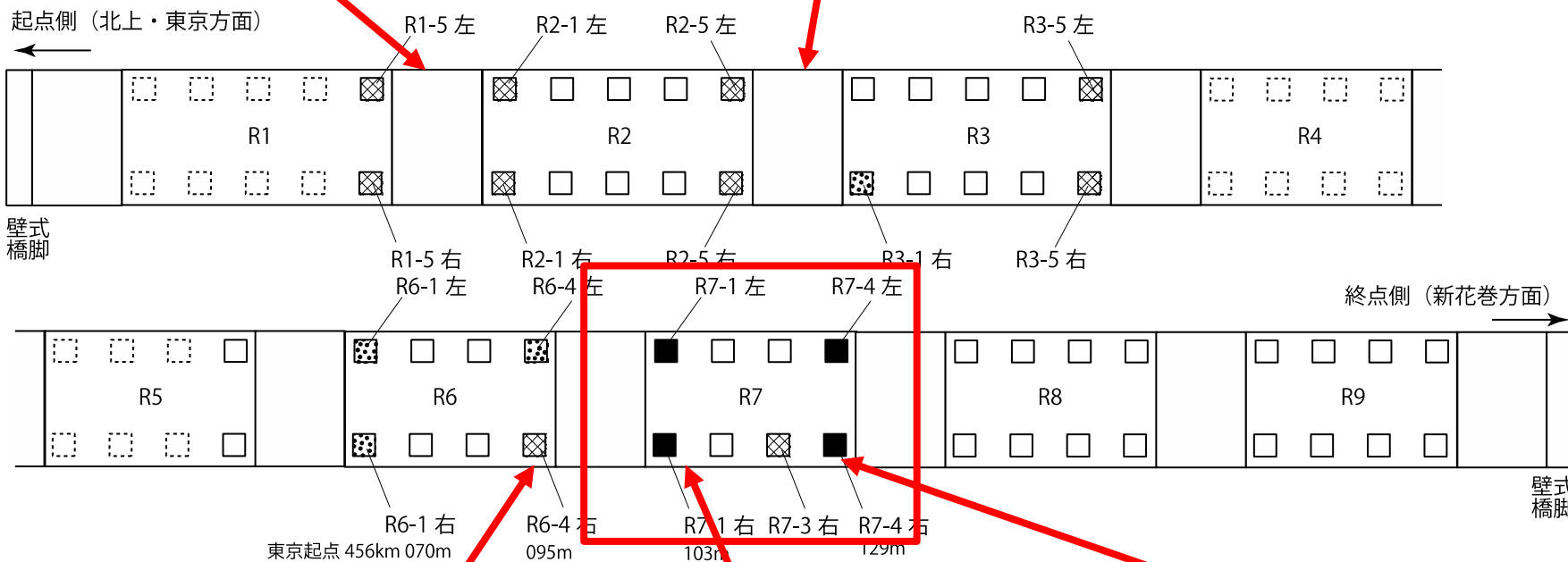


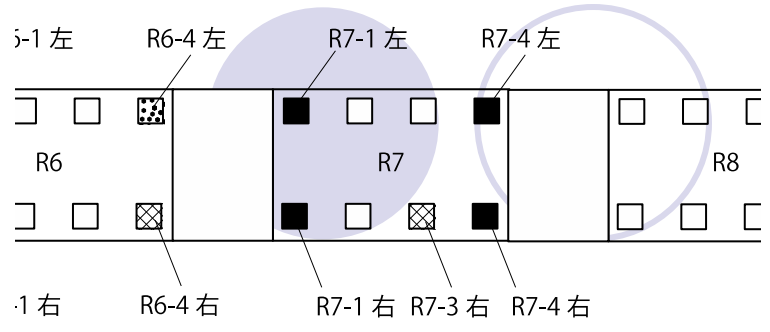




- 損傷確認なし
- ひび割れ（被りコンクリート剥落なし）
- 斜めひび割れ（被りコンクリート剥落あり）
- 軸力支持能力喪失
- 未確認（遠方より損傷無し）

起点側（北上・東京方面）



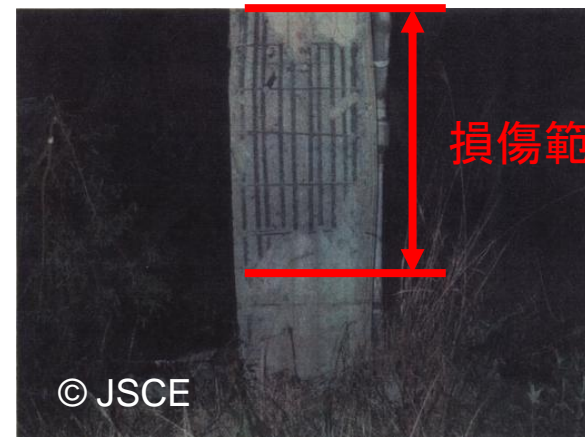
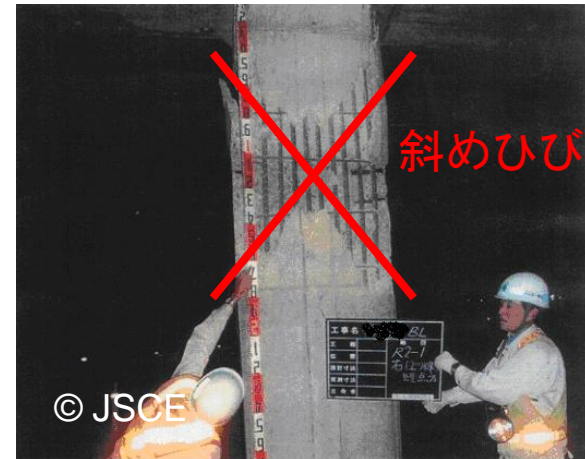


第1中曽根BL

# 損傷メカニズム(コアコンクリートの破砕)



2011年東北地方太平洋沖地震による  
東北新幹線の被害



2003年三陸南地震による東北新幹線の  
被害

第1中曽根BL

# 損傷メカニズム(コアコンクリートの破砕)



当初、打継目における曲げひび割れが起因した曲げせん断破壊と推定した

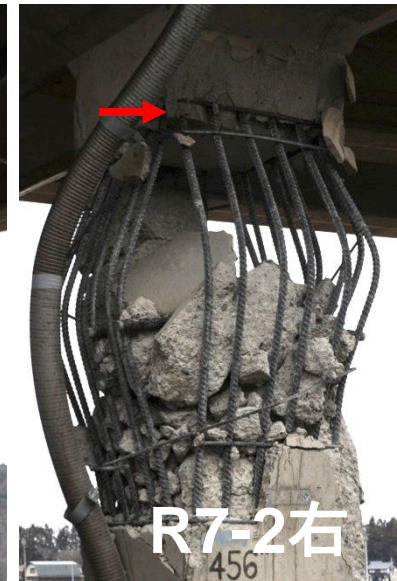
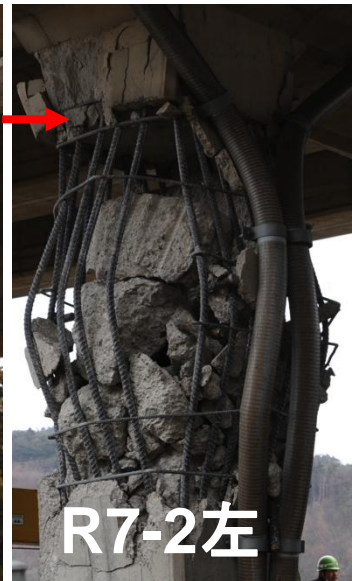
2011年東北地方太平洋沖地震による  
東北新幹線の被害



# コアコンクリート破碎のメカニズム



必ずしも打継目で  
水平ひび割れが  
確認できないもの  
もあり, せん断破  
壊が主原因か?



# 端部柱の補強

鉄道ラーメン高架橋は不静定構造物であるため、1つの柱が軸力支持能力を失ったとしても、直ちに桁が落橋することはない。

ただし、端部柱は単純桁を支える重要な柱であり、柱長も他に比べて短いことから、その補強は極めて重要である。



# 第1中曽根BL 緊急復旧方法



座屈した鉄筋を除去し、新しい鉄筋を溶接、帯筋を配置してRC巻立により補強



かぶりコンクリートをはつり、無収縮モルタルで断面修復

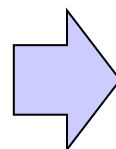


ひび割れ部に  
アクリル樹脂注入

# 第1中曾根BL 緊急復旧方法



3月14日



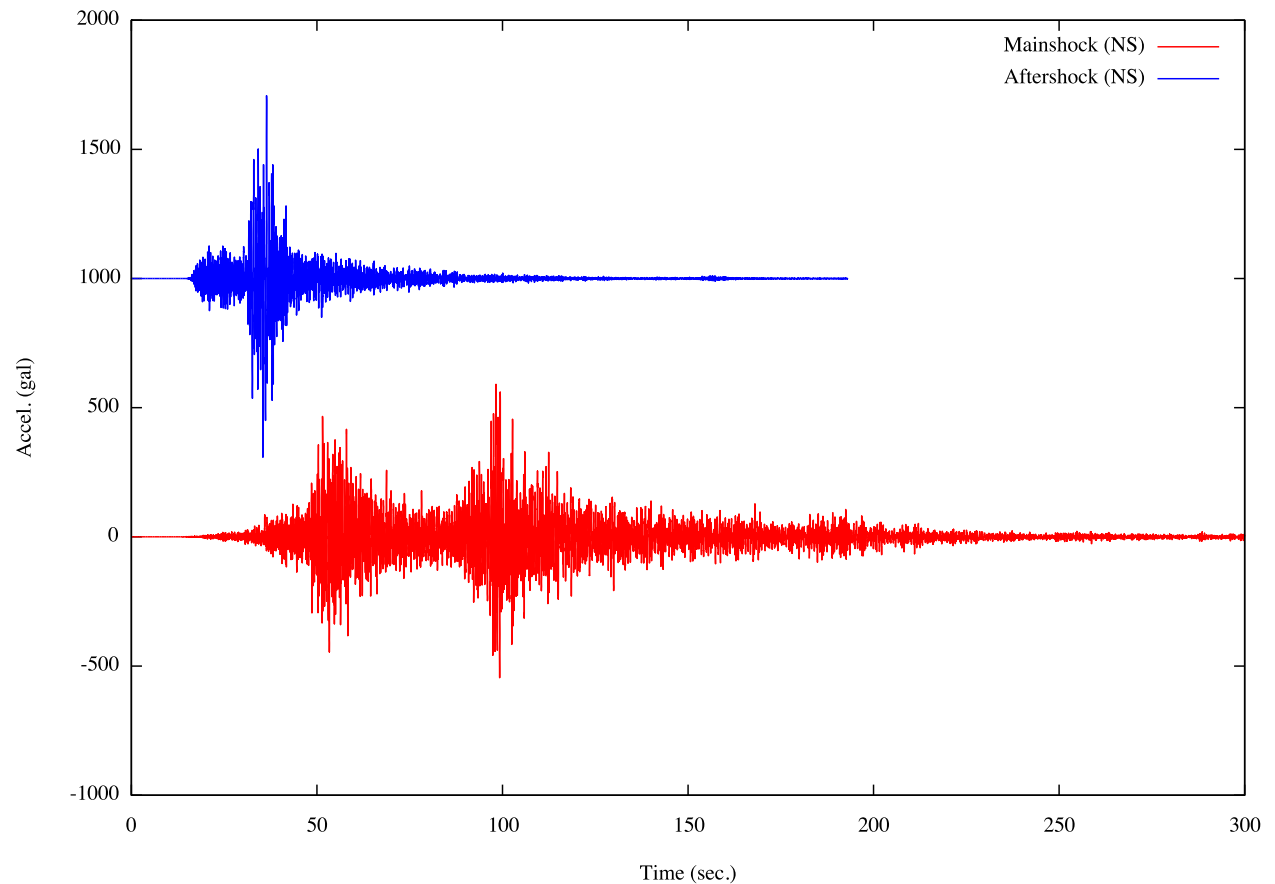
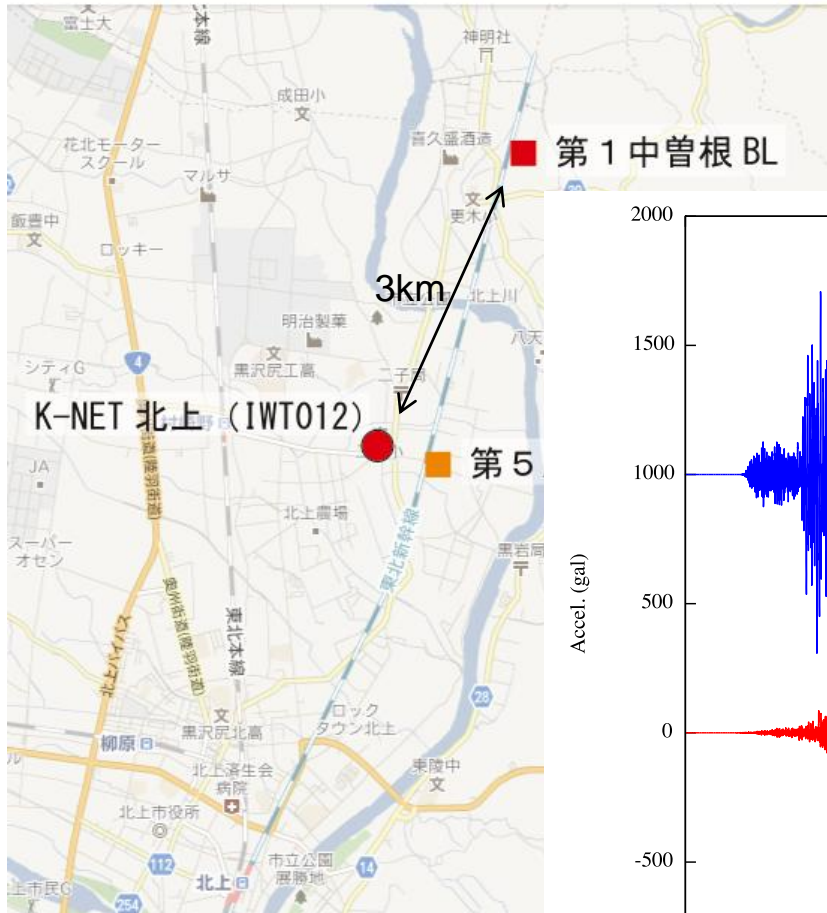
座屈した鉄筋を除去し、新しい鉄筋を溶接、帯筋を配置してRC巻立により補強 (temporary)



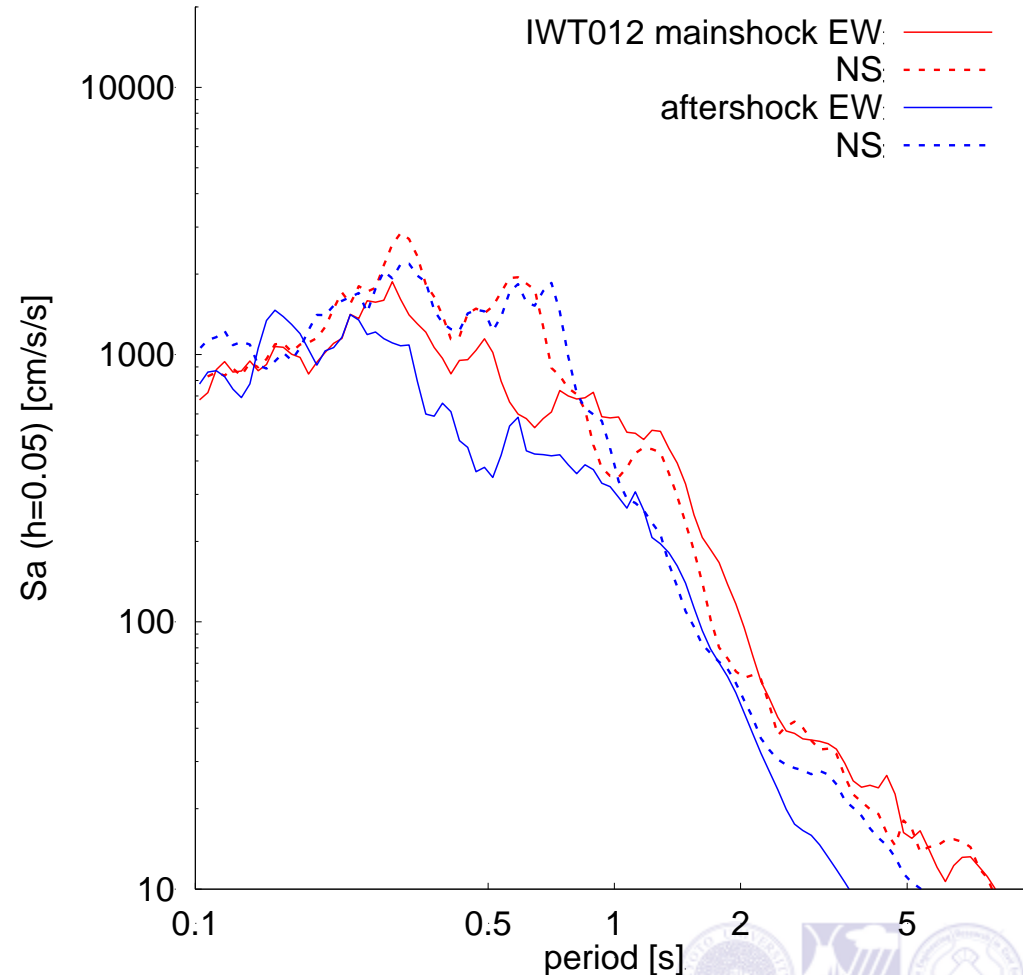
4月2日



# 本震と余震の時刻歴波形(K-net北上)



# 本震と余震の応答スペクトル(K-net北上)



# 4月8日余震後の第1中曽根BLの状況

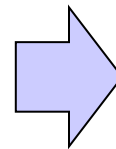
(4月10日)



# 2003年三陸南地震により大きな損傷を受けた 高架橋の恒久復旧方法



ひび割れにエポキシ樹脂  
注入し、アラミド繊維巻立



**第5猪鼻BL**



鋼板巻立

# 第5猪鼻BL



- 2003年三陸南地震後に耐震補強済み
- 構造物と地盤との間に隙間が確認でき、今回の地震でも高架橋は応答したことが確認できる。

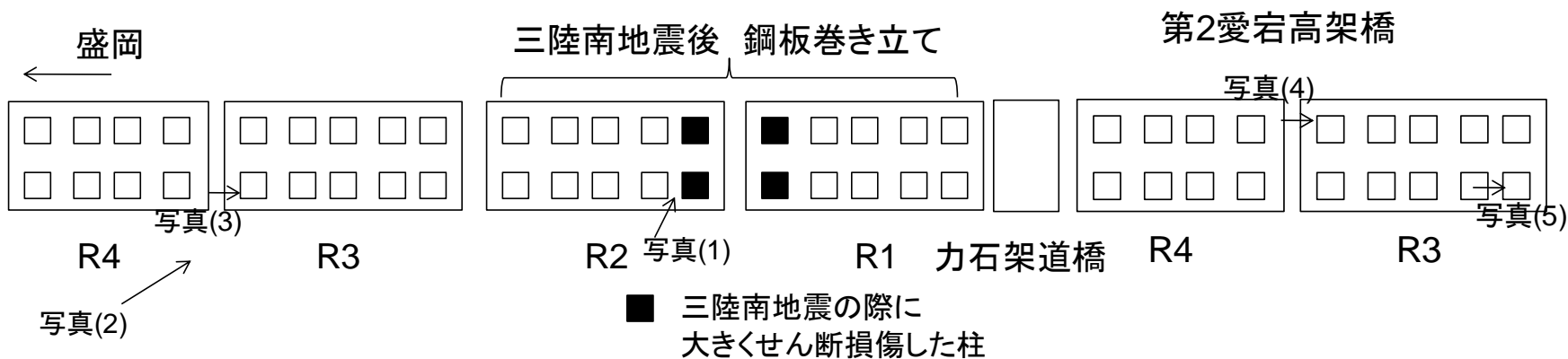
# 第5猪鼻BL



- 柱補強端部に変形に伴うクラックは見られるものの、耐震補強の効果が確認できた。
- 補強していない柱には、小さなせん断ひび割れも確認できる。

# 第2, 第3愛宕BL

## 第3愛宕高架橋



(a) 三陸南地震後に撮影 (b) 東北地方太平洋沖地震後に撮影

# 第2, 第3愛宕BL



2



写真(3)のアンゲル



# 新幹線構造物 事例② ー第3愛宕(おだぎ)高架橋 (岩手県奥州市)ー

構造形式:ビームスラブ式RCラーメン高架橋



工学委員会  
合同調査団一次調査報告(速報版)より



# 耐震補強済の高架橋には大損傷は無し



コンクリート巻立(古川地区)



鋼板巻立(鳥石谷地区)



二層ラーメン上部柱の鋼板巻立(北上地区)

ただし、



(盛川先生・東工大提供)



# まとめ

- 新幹線高架橋の端部柱において、その上部でせん断破壊、コアコンクリート破砕に伴う軸力喪失などの甚大な被害が発生した。なぜ？
- せん断破壊先行型と判定され、耐震補強が完了している高架橋の被害は、ほとんどなかった。
- せん断破壊先行型と判定されなかった柱でも、多くの端部柱で甚大な被害が発生した。せん断破壊先行型の判定を広げ、破壊形状に適した補強方法を実施することが望まれる。