## 2024年1月1日能登半島地震に よる観測地震記録が 上木構造物に与える影響推定 (第一報/1月10日)





本報告では、気象庁および防災科学技術研究所 K-NET, KiK-netの地震記録を利用いたしました。感謝申し上げます。



K-NET富来は短周期成分が卓越するが、K-NET穴水は1秒付近の応答が1995年 兵庫県南部地震 JR鷹取波レベルに大きいことが報告されている。

ただし、応答スペクトルは「様々な固有周期を有する1自由度弾性系」に対する 応答を簡易解析した結果に過ぎないため、実大RC橋脚に対する震動台実験結果 により妥当性を評価したRC道路橋脚モデルに対する応答解析を実施して、「あ る固有周期特性を有する多自由度非線形系」に対する応答を詳細解析した結果に より、観測地震動が土木構造物に与える影響を補足的に評価したい。

構造屋の視点による、現地被害調査バックアップとしての観測地震動評価の試み。

# 令和6年能登半島地震



- 2024年1月1日16時10分に石川県能登地方において、M7.6(速報 値7.4から変更)の地震が発生。
- 1日午後、石川県能登地方で震度7の揺れが観測された地震について、 気象庁は「令和6年能登半島地震」と名付けられた。

● <基本情報>-気象庁より-

- 日 時: 2024年1月1日16時10分
- 震源地: 石川県能登地方
- 震源深さ: ごく浅い
- マグニチュード M\_JMA: 7.6 (速報値7.4から変更)
- 最大震度: 7
- 震源: 北緯37.5度, 東経137.2度
- 各地の震度(震度6弱以上)
  - 震度 7 志賀町香能
  - 震度 6強 七尾市垣吉町・能登島向田町、輪島市鳳至町・河井町、珠洲市三崎町・正 院町・大谷町、穴水町大町
  - 震度 6弱 長岡市中之島,七尾市羽咋郡本府中町・袖ヶ江町,志賀町富来領家町・末 吉千古,中能登町末坂・能登部下,能登町宇出津

# K-net観測記録

ISK006(K-NET富来)



# K-net観測記録

ISK005(K-NET穴水)



参考:1995兵庫県南部地震





- 世界最大の三次元震動台E-ディフェン スにおいて、阪神・淡路大震災で被災 した橋梁の破壊メカニズムの解明と大 震災後に改定された耐震基準の有効性 実証を目的として、実大橋脚(高さ 7.5m)震動実験が実施された。
- 1970年代に建設された基部曲げ破壊
   タイプのRC橋脚(C1-1)
   →1970年代RC道路橋脚と呼ぶ
- 2002年道路橋示方書対応のRC橋脚 (C1-5)
  - →2000年代RC道路橋脚と呼ぶ
- 1995年兵庫県南部地震以降の耐震設 計の効果も検証できる

参考文献:

1) E-Defenseを用いた実大RC橋脚(C1-1橋脚) 震動破壊実験研究 報告書~1970年代に建設された基部曲げ破壊タイプのRC橋脚震動 台実験~、防災科学技術研究所研究資料、第331号、2009 2) E-Defenseを用いた実大RC橋脚(C1-5橋脚) 震動破壊実験研究 報告~現在の技術基準で設計したRC 橋脚の耐震性に関する震動台実 験及びその解析~、防災科学技術研究所研究資料、第369号、2012



C1-1実験(2007年12月)





1970年代RC道路橋脚(C1-1)

3000

2500

2000

1500

1000

500

0

u vo

0.05

Force (kN)

弹性固有周期

LG: 0.486秒

TR: 0.573秒

2000年代RC道路橋脚(C1-5)

弹性固有周期 LG: 0.41秒 TR: 0.49秒



道路橋示方書に基づく水平カー水平変位関係

u<sub>d</sub> u<sub>u</sub>

0.1

ud

0.15

Displacemet (m)

 $u_u$ 

0.25

C1-5

C1-1

0.2



- 解析モデルは、橋脚と重錘梁、梁支持支承からなる。
  - 橋脚部の柱部材長さは塑性ヒンジ長(Lp = 1.0 m) 。柱基部から2部材を荷重法 に基づく定式化による3次元ファイバーモデル要素(forceBeamColumnモデ ル)、それ以外は弾性はり要素。
  - 重錘梁は弾性はり要素。重錘は節点に質量・回転慣性としてモデル化。
  - 橋脚上の支承は固定(弾性バネ要素)、サポート柱はモデル化せず、サポート 柱上の可動支承はバイリニアバネ要素。
  - 解析の震動台実験結果に基づく妥当性は、最後の参考データを参照のこと。

# 解析方法

- 解析モデルの橋軸(LG)方向を南北方向、 橋軸直角(TR)方向を東西方向に配置
- 防災科学技術研究所K-NET、KiK-net 観測記録を3方向入力し、三次元非線 形地震応答解析を実施
- 水平二方向応答の合成最大応答方向を 算出、橋軸・橋軸直角方向に対する降 伏・終局変位を楕円で補間し、その方 向の靱性率(降伏変位に対する最大応 答変位の比)と終局靱性率(終局変位 に対する最大応答変位の比)を算出。
- 解析結果をもとに損傷可能性(暫定) を推定。
- 1995年兵庫県南部地震以降、耐震補 強しなかった場合と耐震補強(あるい は新設)した場合の応答性状を評価



参考

#### 1995年兵庫県南部地震 JR鷹取駅記録



#### 2024年能登半島地震 K-NET富来記録



#### 2024年能登半島地震

K-NET穴水記録



#### 2024年能登半島地震観測記録を用いた 1970年代RC道路橋脚の地震応答推定に基づく考察



参考

#### 1995年兵庫県南部地震 JR鷹取駅記録



#### 2024年能登半島地震 K-NET富来記録



#### 2024年能登半島地震 K-NET穴水記録





#### 2024年能登半島地震観測記録を用いた 2000年代RC道路橋脚の地震応答推定に基づく考察





まとめ



- 実大RC道路橋脚の震動台実験に基づき妥当性検証された解析モデルを用い、観測地震記録を用いた3次 元非線形地震応答解析を実施した。ある特定の橋脚 に対する応答とはいえ、1995年以前・以後の設計 基準に基づく道路橋脚の非線形応答値は、観測地震 動評価の参考となろう。
- 能登半島北部で観測された地震動は、2002年道路 橋示方書準拠の橋脚を塑性化させる強い地震動であ るとともに、一点を除き耐震設計範囲内(終局内) の応答に収まるような特性を有している。

耐震補強されていなければ、広範囲で終局を大きく 超える道路橋被害が発生していたと推測される。



### 解析妥当性検証(実験結果との比較)

 耐震設計対象の2倍程度までは、水平二方向応答がほぼ 再現できている。

C1-1実験(2007年12月) <u>再現できている。</u> 1995年兵庫県南部地震 JR鷹取駅記録100%相当入力結果

【参考データ】



### 解析妥当性検証 (実験結果との比較)

C1-5実験(2008年8月):以下のケースを連続して実施(損傷は累積)

- 1波目:JR鷹取駅記録100%相当入力(2002年設計基準では終局以下)
- 2波目:JR鷹取駅記録100%相当入力(設計基準では2度の地震は想定せず)

3波目:重錘を追加(229.2トンから280トン)し、JR鷹取駅記録100%相当入力 (1波目入力としても2002年設計基準を満足せず)

4波目:JR鷹取駅記録125%相当入力 5波目:JR鷹取駅記録125%相当入力

【参考データ】

ほぼ線形範囲の応答から耐震設計範囲を超える
 応答範囲まで、累積損傷を含めて妥当性を評価。



### 解析妥当性検証(実験結果との比較)

耐震設計範囲までは、ほぼ再現できている。

C1-5実験(2008年8月)

【参考データ】

損傷が累積すると精度は悪くなるが、目安としては結果を利用で きると判断。

