



# 地震動と土木構造物 : 兵庫県南部地震がもたらした もの

長尾, 毅

---

**(Citation)**

神戸大学 震災復興支援・災害科学研究推進室第8回シンポジウム「阪神・淡路大震災から25年～  
私たちは何を学び、どこへ向かうのか～」

**(Issue Date)**

2022-01-22

**(Resource Type)**

conference object

**(Version)**

Version of Record

**(URL)**

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011948>



# 地震動と土木構造物 ～兵庫県南部地震がもたらしたもの～

神戸大学 都市安全研究センター  
長尾 毅

兵庫県南部地震はどのような地震だったのか  
耐震設計の今昔と耐震設計の現状に対する課題

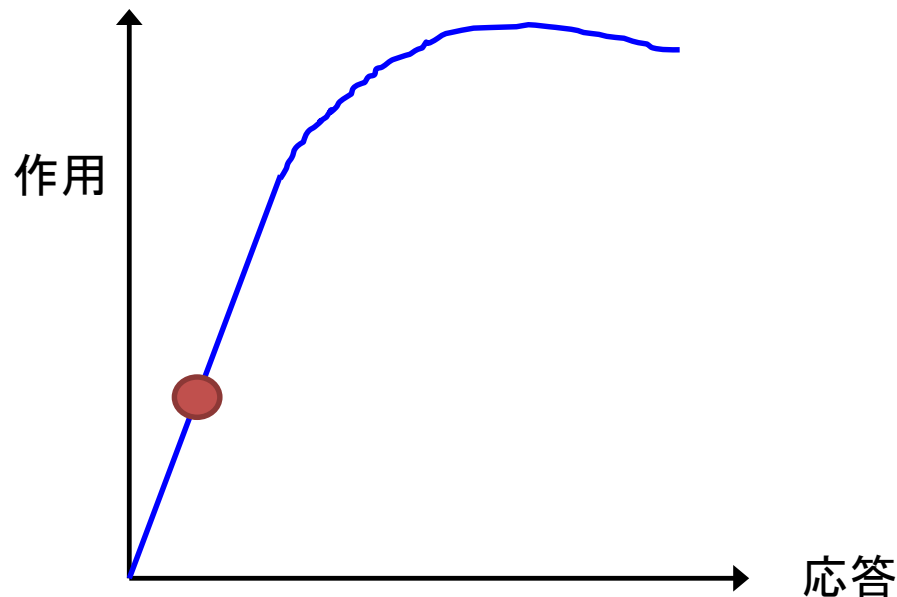
# 耐震設計の変遷(1995以前)

耐震設計は1923年関東地震以降

水平設計震度0.2(道路橋)の震度法→修正震度法, 応答スペクトル等の改訂を経る

大規模な地震動を考慮する考え方も一部取り入れられていた

ただし, 大部分の分野の基本的な手法は, 中小地震を設計地震動とした許容応力度法による設計



設計で考えている地震作用は必ずしも巨大なものではないが, 構造物の応答も小さく抑えているので, 巨大地震が来ても大丈夫という考えだった

# 1995兵庫県南部地震

- 耐震設計のありかたを根本から見直す必要に迫られる
- 巨大地震への対応
- 損傷の許容という考え方の導入



兵庫県南部地震は  
どのような地震だったのか

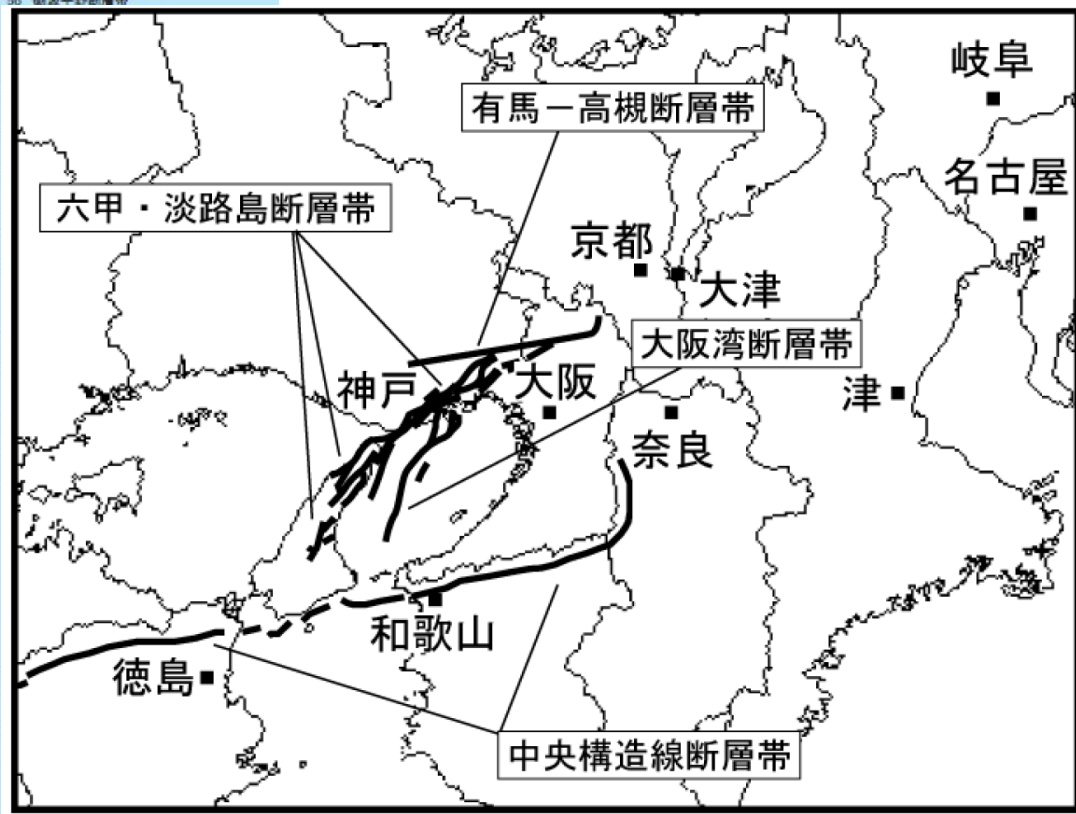
■ 基本的調査観測の対象活断層の分布図

日本全国には、陸域で約2000の活断層が確認されています。地震調査研究推進本部はこれらの活断層の中でも、その活動が社会的、経済的に大きな影響を与えらるものの中から98の断層または断層帯を選び活断層の調査を推進しています。

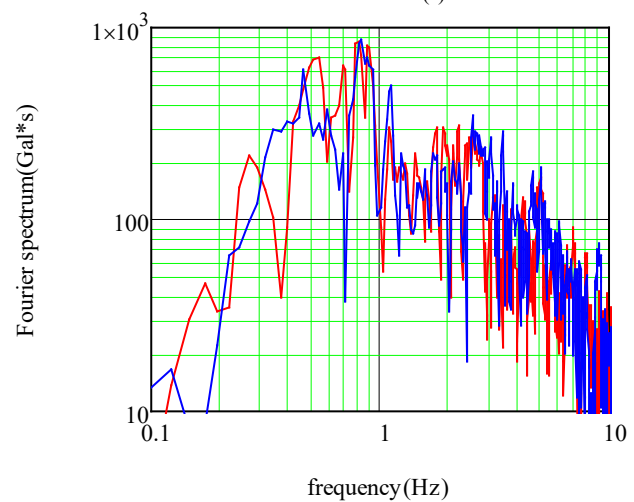
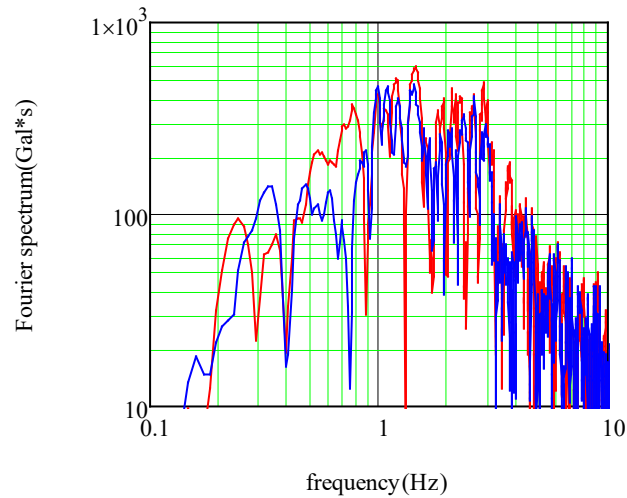
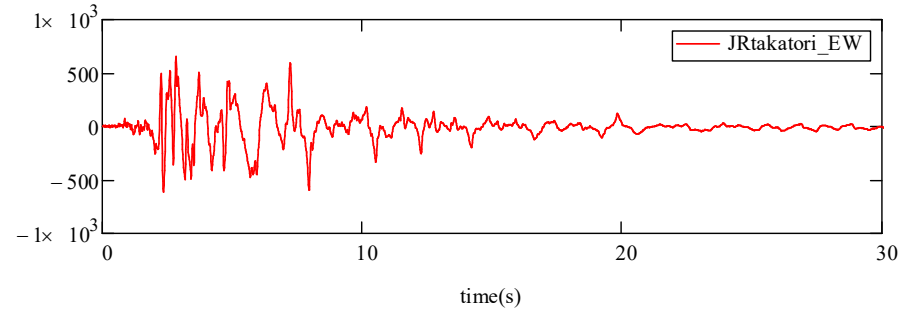
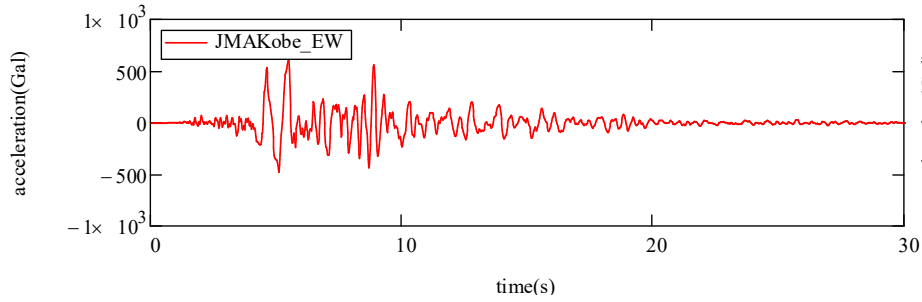
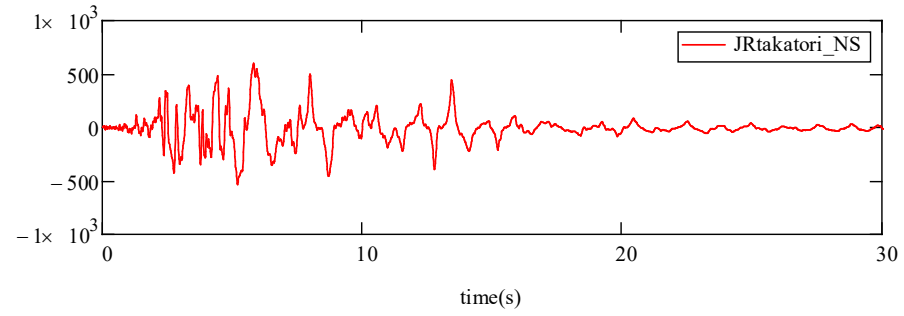
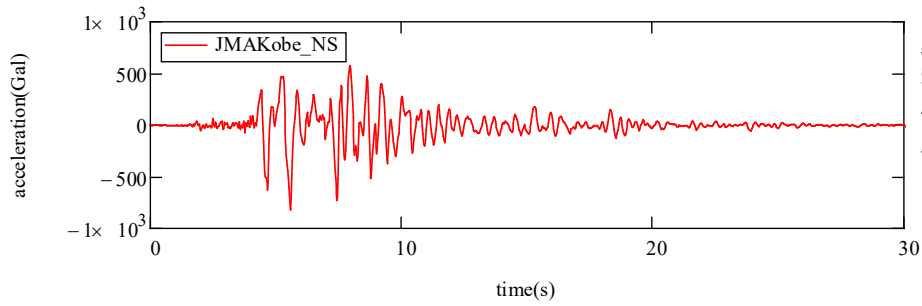


# 内陸活断層による、 いわゆる直下型地震

## 地震発生が避けられないことは分かっていた



# 地震記録の例 (JMA神戸, JR鷹取)

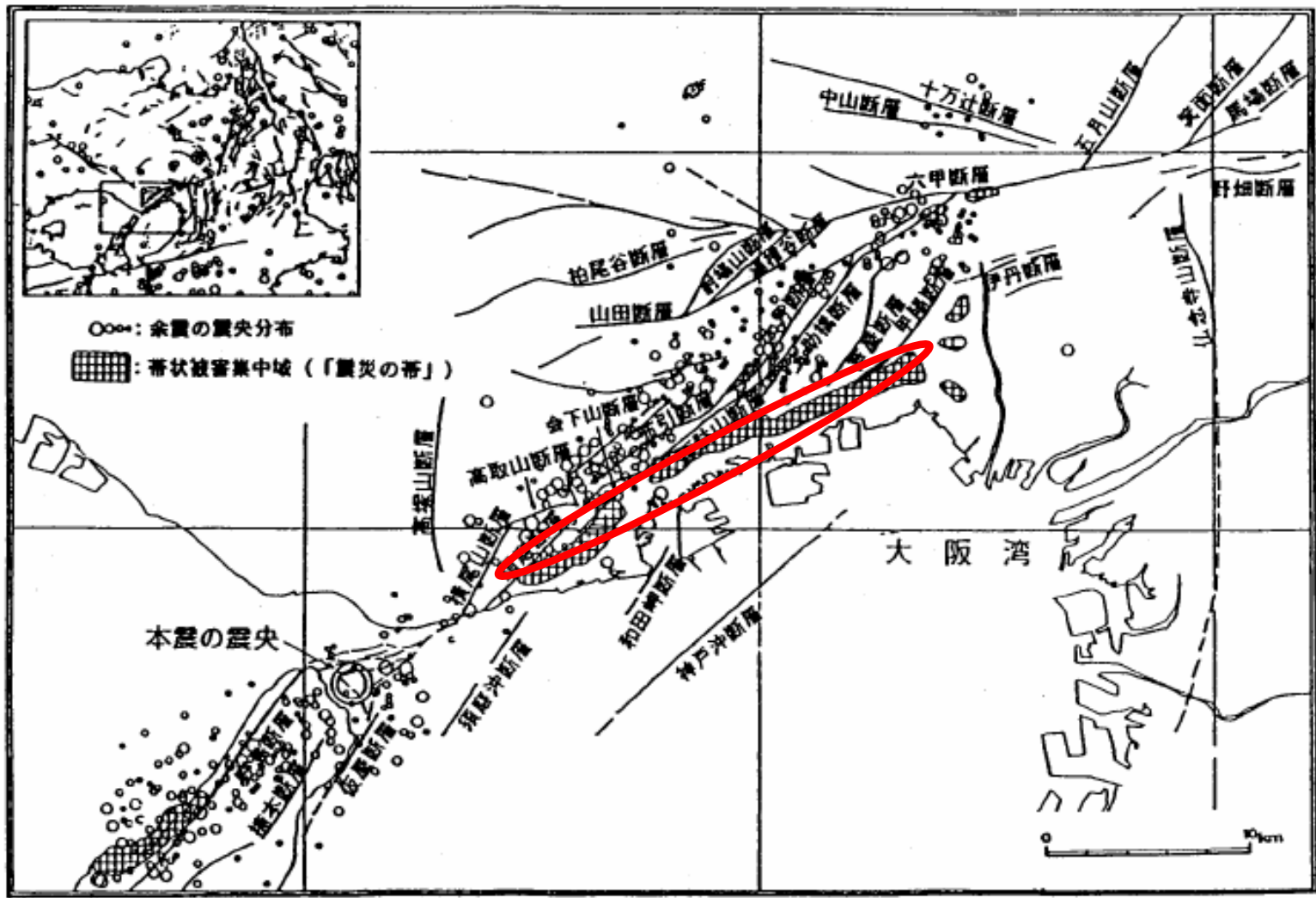


— NS  
— EW

— NS  
— EW



# 1995兵庫県南部地震における「震災の帯」 belt-like heavily damaged zone by 1995 Kobe Earthquake

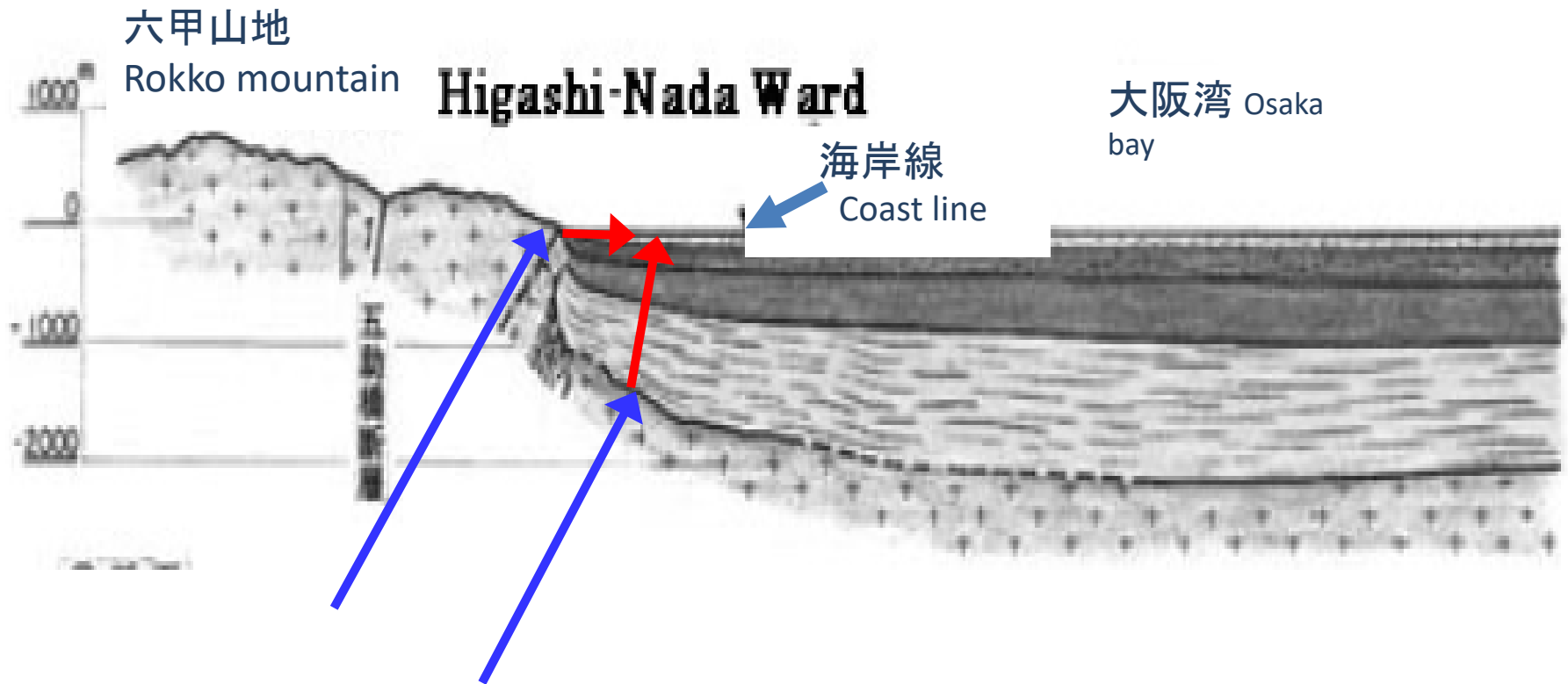


大矢暁:兵庫県南部地震について, 土と基礎, Vol.44, No.3, 1996



# なぜ面ではなく帯となったか

why the heavily damaged zone was belt-like?



耐震設計の考え方は  
どう変わったか

# 土木学会の提言等

- 土木構造物の耐震設計法等に関する提言  
(第1次:H7.5, 第2次:H8.1, 第3次:H12.6)
- 土木構造物の耐震設計ガイドライン(案)  
ー 耐震基準作成のための手引き ー  
(耐震基準小委員会 活動報告書), 2001.9
- 兵庫県南部地震以降の各種土木構造物の耐震設計の指針となる

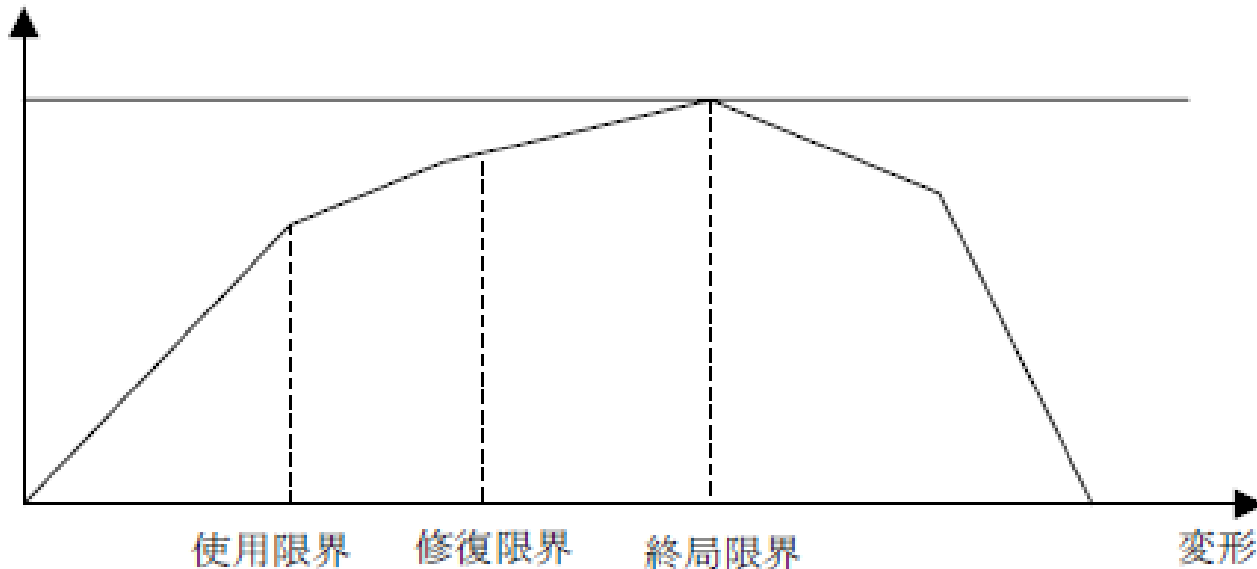
# 土木分野における現在の耐震設計の 基本的考え方

- レベル1, レベル2の2段階設計法の定着
- レベル1地震動: 構造物の設計供用期間中に起こる可能性の高い地震動
- レベル2地震動: 対象サイトで起こることが想定される最大級の地震動

# 現在の耐震設計の基本的考え方

- レベル1地震動に対しては損傷を許容せず（つまり許容応力度以内）、レベル2地震動に対しては損傷を許容し、構造物の重要度等に応じてその程度（性能）を設定

外力



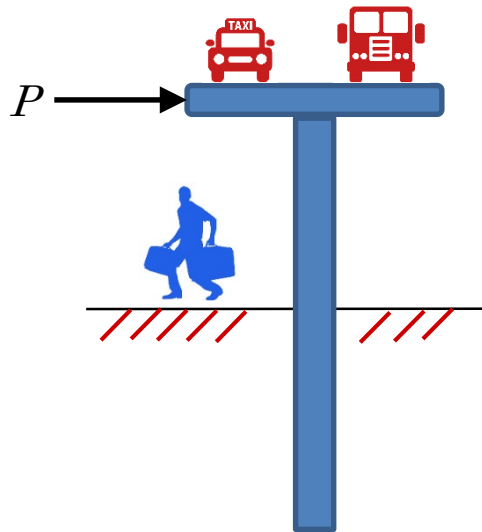
# 耐震性能規定の例(道路橋)

耐震性能 地震動レベル	構造物の設置目的を達成するための機能が確保されている (使用性)	適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行えば、構造物の継続使用が可能となる (修復性)	構造物の安定性が損なわれず、その内外の人命に対する安全性等が確保されている (安全性)
レベル1 地震動 (対象構造物の設計供用期間中に発生する確率が高い地震動)	○A種の橋 ○B種の橋		
レベル2 地震動 (対象構造物の設計供用期間中に発生する確率が低い地震動、または、対象構造物が経験するものとして最大級と評価される地震動)		○B種の橋	○A種の橋

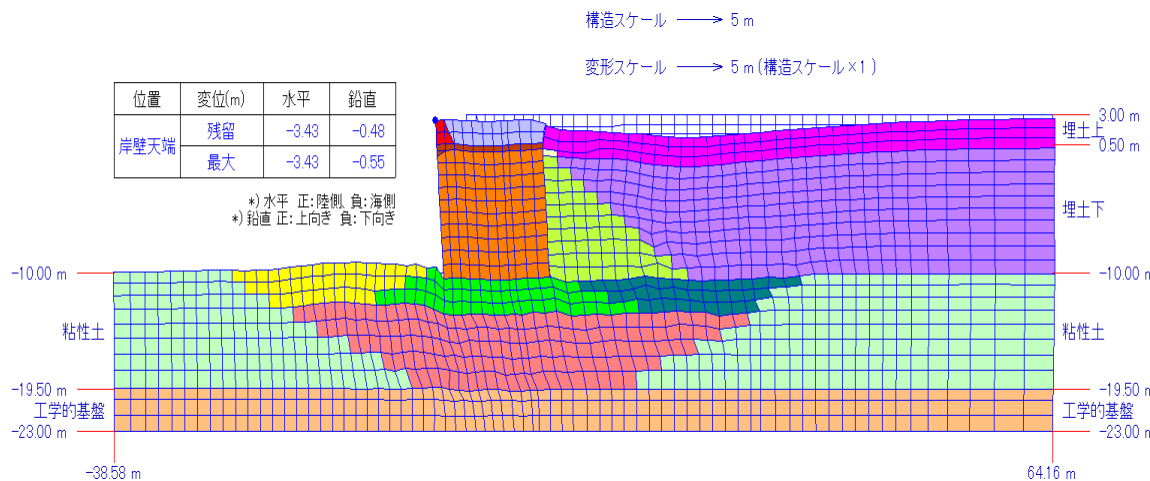
耐震設計手法は  
どう変わったか



# 耐震性能照査法(耐震設計法)



レベル1地震動に対しては静的照査法(震度法等)が依然として多い



レベル2地震動に対しては動的照査法(構造物と地盤の相互作用を考慮した有効応力解析法等)も実務に取り入れられつつある

# 構造物の耐震補強

## 熊本地震による道路橋被害の総括

- 兵庫県南部地震を受けて、耐震設計基準の改訂、緊急輸送道路等について耐震補強などを進めてきた結果、一部の橋梁を除いて、地震の揺れによる落橋・倒壊などの致命的な被害は生じていない。

### 【兵庫県南部地震による被害との比較】

表-1 地震の揺れによる落橋・倒壊事例

	兵庫県南部地震	熊本地震
発生年	平成7年	平成28年
最大震度	震度7	震度7
落橋数	11橋(47径間)	2橋(6径間)※

※<sup>ふりょう</sup>府領第一橋(後述)、田中橋(斜面崩壊等によるものを除く)



写真-1 県道小川嘉島線 府領第一橋



写真-2 平田・小柳線 田中橋

### 【土木学会会長特別調査団 調査報告】 (H28.4.30)

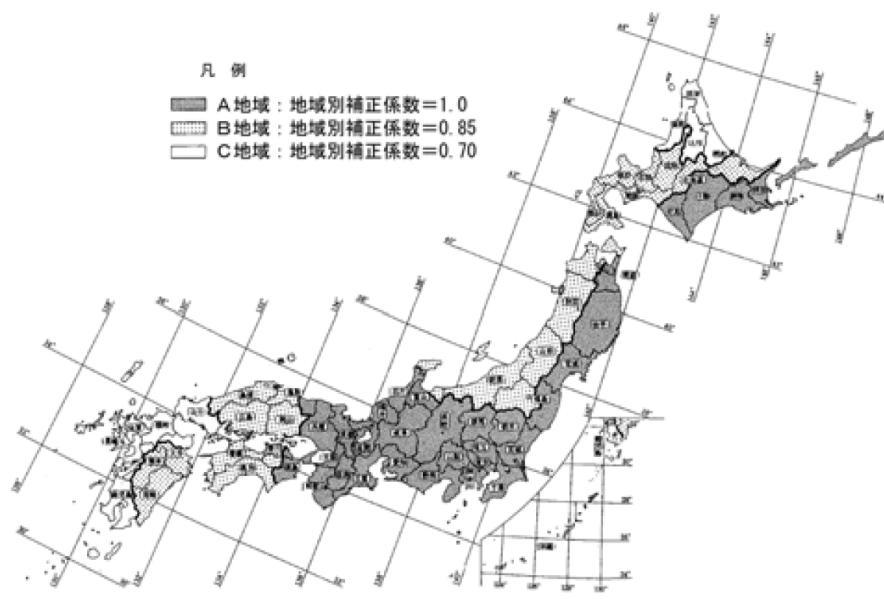
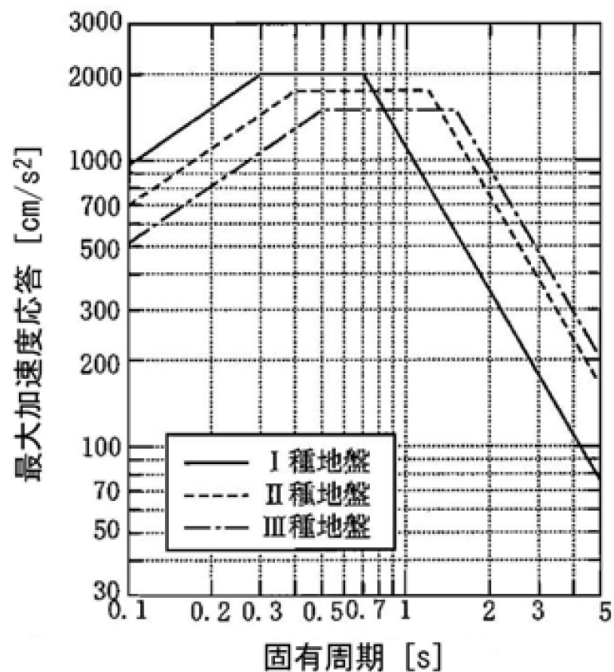
- ・兵庫県南部地震などの過去の地震被害を教訓に、耐震設計基準の改定、耐震補強などを進めてきた。
- ・今回の地震被害を見ると、この成果が着実に効果をあげていることが確認された。

平成28年6月24日  
社会資本整備審議会 道路分科会  
道路技術小委員会資料抜粋

# 残された課題は何か

様々な課題が残されているが、  
何が大きな問題だろうか？

# 設計地震動の現状（道路橋の例）



土木技術資料 49-12 (2007),  
土木構造物の設計地震動(第3回)

表層地盤と大まかな地域区分のみ考慮

地点ごとの地震動の増幅特性の違いは  
十分には考慮されていない

# 更に取り組むべき課題： 設計地震動

- 震源特性
- 伝播経路特性
- サイト増幅特性

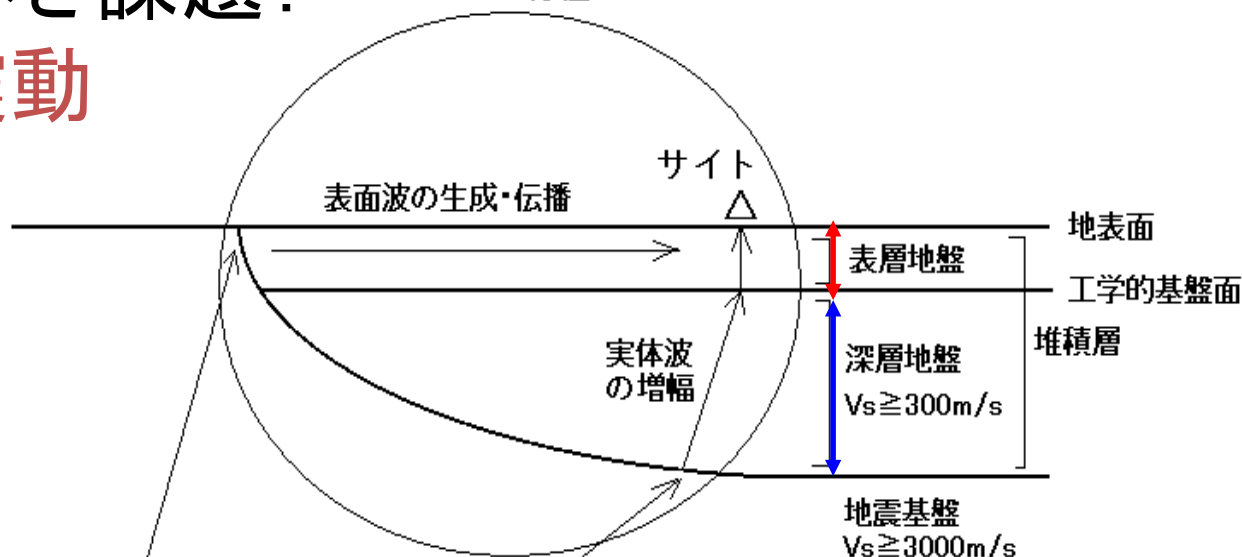
地震時の被害が地点ごとに異なるのはサイト増幅特性が異なることも原因の一つ

震源特性



伝播経路特性

サイト特性



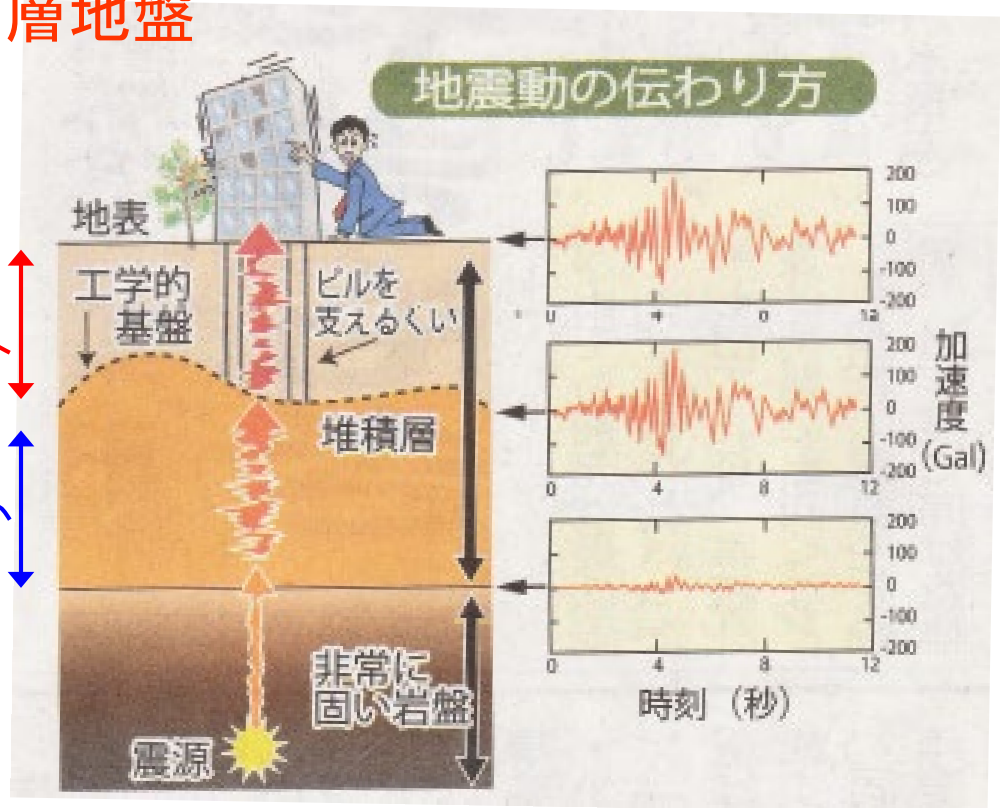
これら特性は、それなりの精度で評価できる段階にある  
→なぜ設計地震動に反映しないのか？

# 地震動の増幅は、表層地盤・深層地盤の両方の影響を考慮しなければならない

地震動は表層地盤・深層地盤の両方で増幅される。増幅程度が大きいのは深層地盤の方である、一般に地盤の良し悪しは表層地盤を対象にしか議論されないが、それでは不十分である

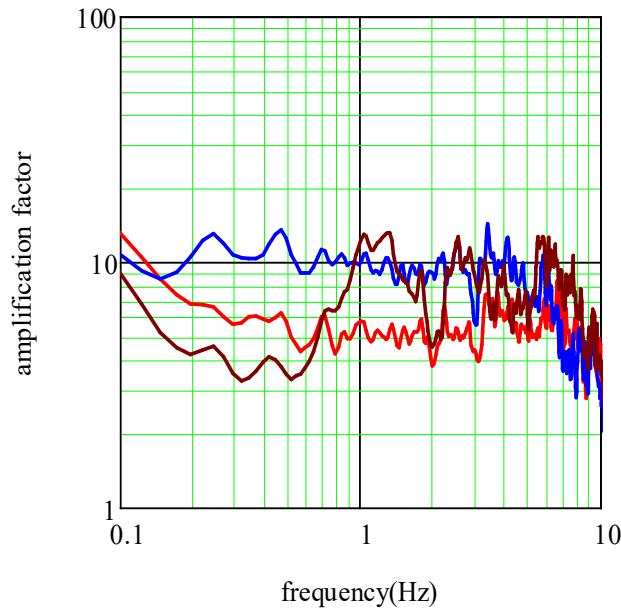
表層地盤

深層地盤

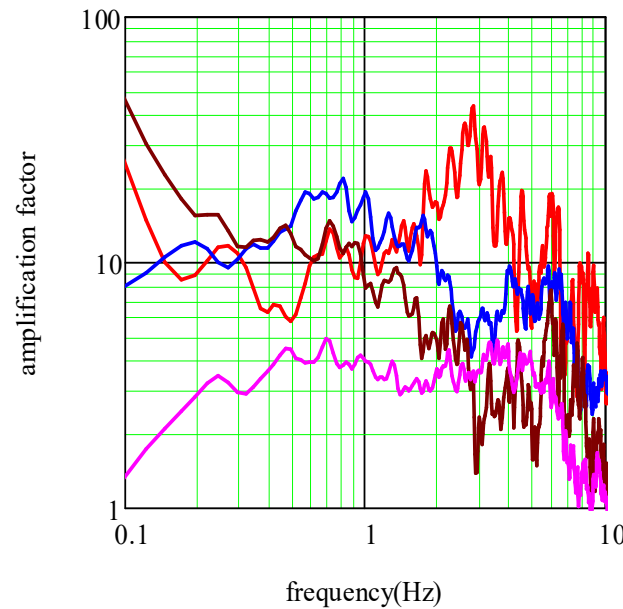


神戸新聞 都市安全研究センター・コラム  
安心の素 2013.10.21

# サイト増幅特性の例 examples of site amplification factors



- HYG021(神戸)
- HYG022(西宮)
- HYG023(明石)



- KOBE-G
- KOBE-PI
- KOBE-RI
- KBU

阪神地域の平野部は堆積層が極めて厚く、深層地盤による増幅特性の厳しさは全国有数

地点ごとの増幅特性を考慮した耐震設計になっていないのが現状



野津 厚, 長尾 毅:スペクトルバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト増幅特性, 港湾空港技術研究所資料No.1112, 2005

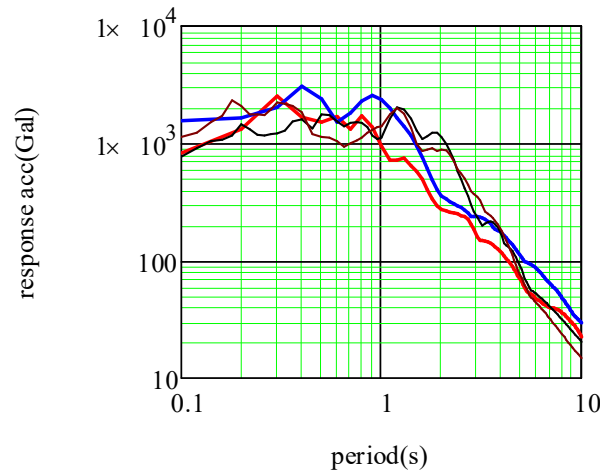
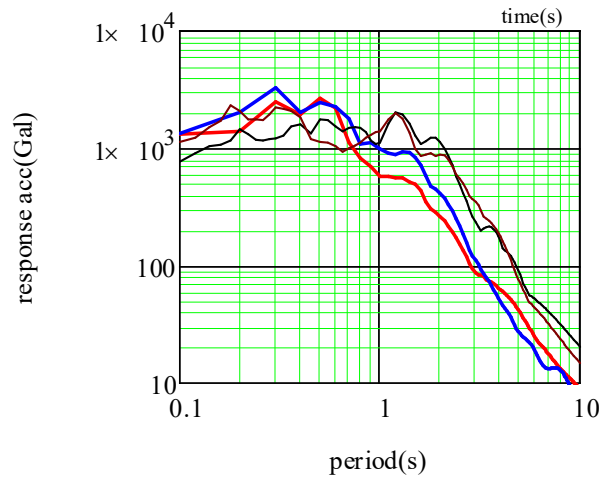
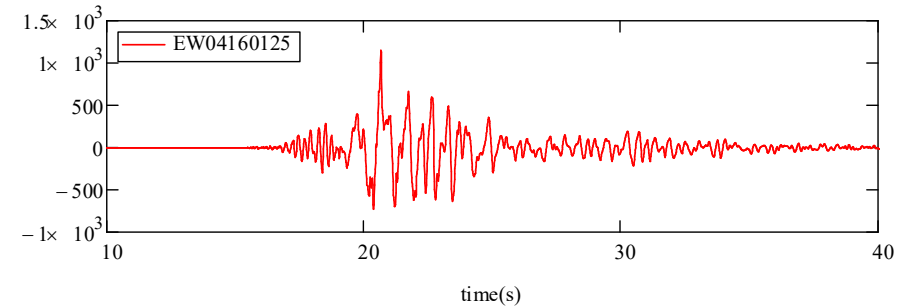
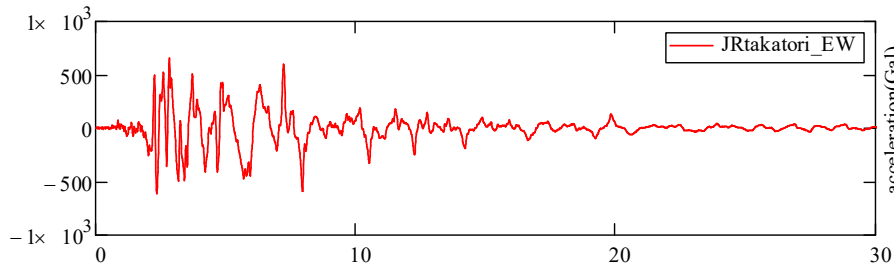
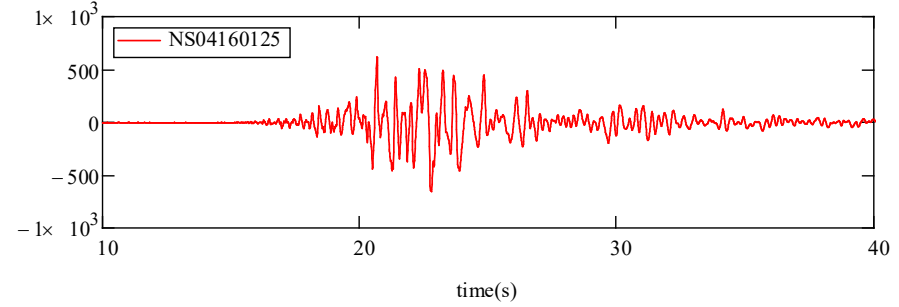
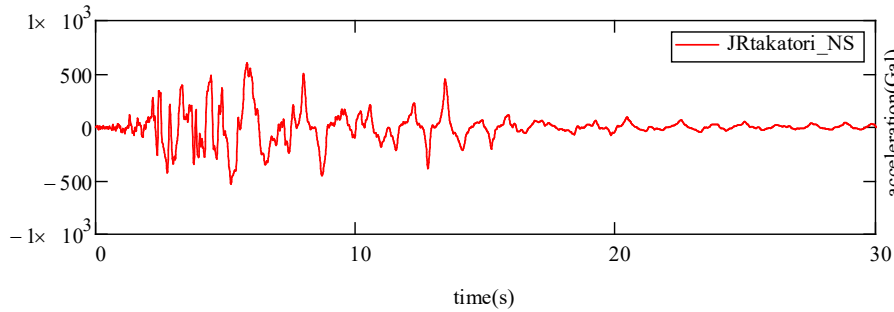


# 2016年熊本地震の教訓

## M6.5の地震による震度7の意味

- M6.5の地震は、まさにどこで起こっても不思議ではない(M6.5以下の地震は地表に活断層として痕跡が現れない場合が多く、活断層データから地震の発生を予測することは大変難しい「土木構造物共通示方書」)
- M6.5の地震でも震度7になる場所は、堆積層が厚く地震動の増幅特性が厳しい場所である

# 益城町の地震波形と兵庫県南部地震のJR鷹取波形の比較



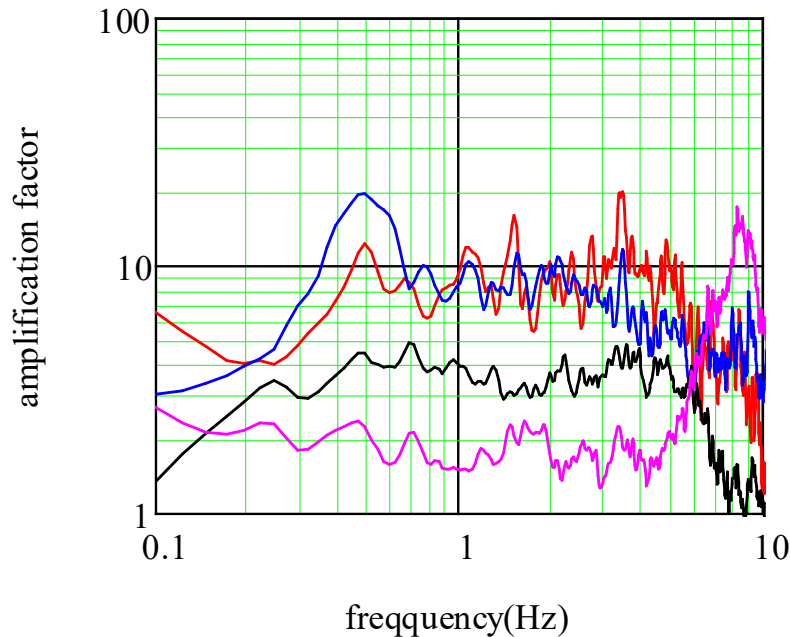
本震のEW成分は加速  
度応答スペクトル  
( $h=0.05$ )でJR鷹取を周  
期1秒では上回る

- KMMH16NS M6.5
- KMMH16EW M6.5
- JRtakatori NS
- JRtakatori EW

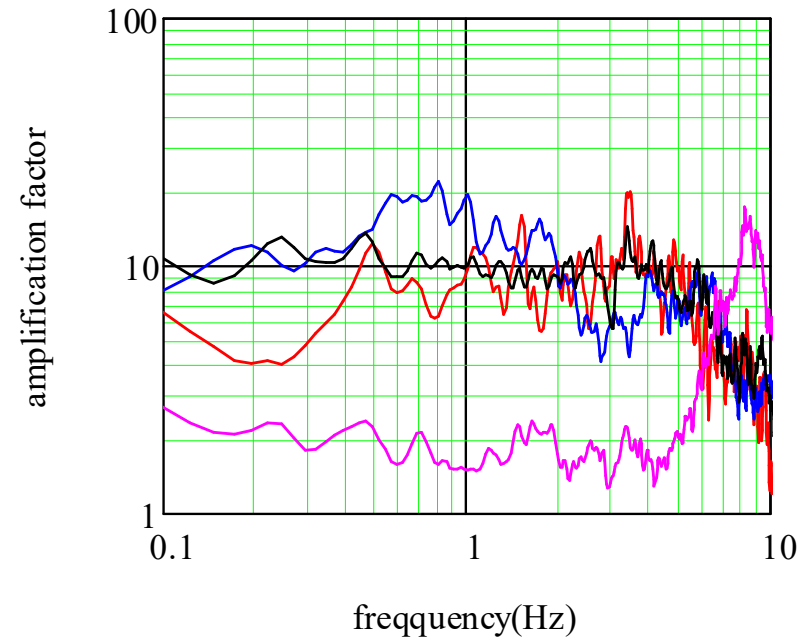
- KMMH16NS M7.35
- KMMH16EW M7.3
- JRtakatori NS
- JRtakatori EW

# 益城町のサイト増幅特性は

阪神地域の平野部と同等程度の増幅特性の厳しさ



- KMMH16
- KMM006(熊本)
- KBU
- HYG008(生野)



- KMMH16
- KOBE-PI
- HYG022(西宮)
- HYG008(生野)

サイト増幅特性の厳しい場所では、正しく恐れ、正しく備えることが重要

# まとめ

## 兵庫県南部地震の特徴

神戸という大都市を襲った直下型巨大地震

内陸活断層地震の問題点：切迫度に関する人々の認識のずれ

## 兵庫県南部地震以降

構造物に関する2段階設計法の定着

性能照査法の高度化が進む

耐震補強などが行われ、効果は明らか

## 現状における課題

設計地震動・性能照査法という両輪のレベルが揃っているだろうか？