

土木学会・地盤工学会合同
2011年クライストチャーチ地震被害調査団報告会
東京大学生産技術研究所コンベンションホール

ニュージーランドにおける 橋梁の耐震設計

平成23年3月11日

東京工業大学 川島 一彦

ニュージーランドにおける橋梁の耐震基準

Bridge Manual, TRANSIT, 2004

1. 設計概説
2. 設計に関する一般的要件
3. 設計荷重
4. 解析及び設計クライテリア
5. 耐震設計
6. 橋梁とカルバートの評価
7. 構造補強

5章 耐震設計

- 5. 1 設計フィロソフィー
- 5. 2 設計地震動及び要求じん性
- 5. 3 液状化
- 5. 4 解析法
- 5. 5 構造部材の設計クライテリア及び基礎の設計
- 5. 6 構造一体性及び相対変位に関する規定
- 5. 7 地盤に抵抗する部材
- 5. 8 参考文献

耐震性能目標

- 設計地震動に対しては、被害が生じ復旧が必要になるとしても、橋は緊急車両に対して使用可能でなければならない。本復旧を加えることにより、交通車両と地震荷重に対して、設計キャパシティーを有するものでなければならない。
- 設計地震動よりも小さい地震動に対しては、被害はマイナーであり、交通を途絶させてはならない。
- 設計地震動よりも大きな地震動に対しては、大被害が生じるとしても、崩壊してはならない。応急復旧により、橋は緊急車両に対して使用可能でなければならない。また、設計地震動よりも低い地震動に対するキャパシティーしか有しなくても、本復旧が可能でなければならない。

耐震性能目標(2)

- 液状化や再現期間2000年以下の断層を横切る地域にある橋では、これらにより大きな地盤変位が生じ、橋脚の沈下やねじり、回転が生じることを認識しておかなければならない。
- 実務的、経済的な制約とこれらの被害によって生じ得る社会的影響を加味して、液状化や断層変位の影響を緩和する措置を講じるのがよい。

設計水平地震力

$$V = C\mu \cdot Z \cdot R \cdot S_p \cdot W_d \geq 0.05W_d$$

自重

構造性能係数(地盤種別補正係数): 0.9、0.8、0.7

危険度係数(重要度係数):
1.3(日交通量 > 2500台)、
1.15(1.15)

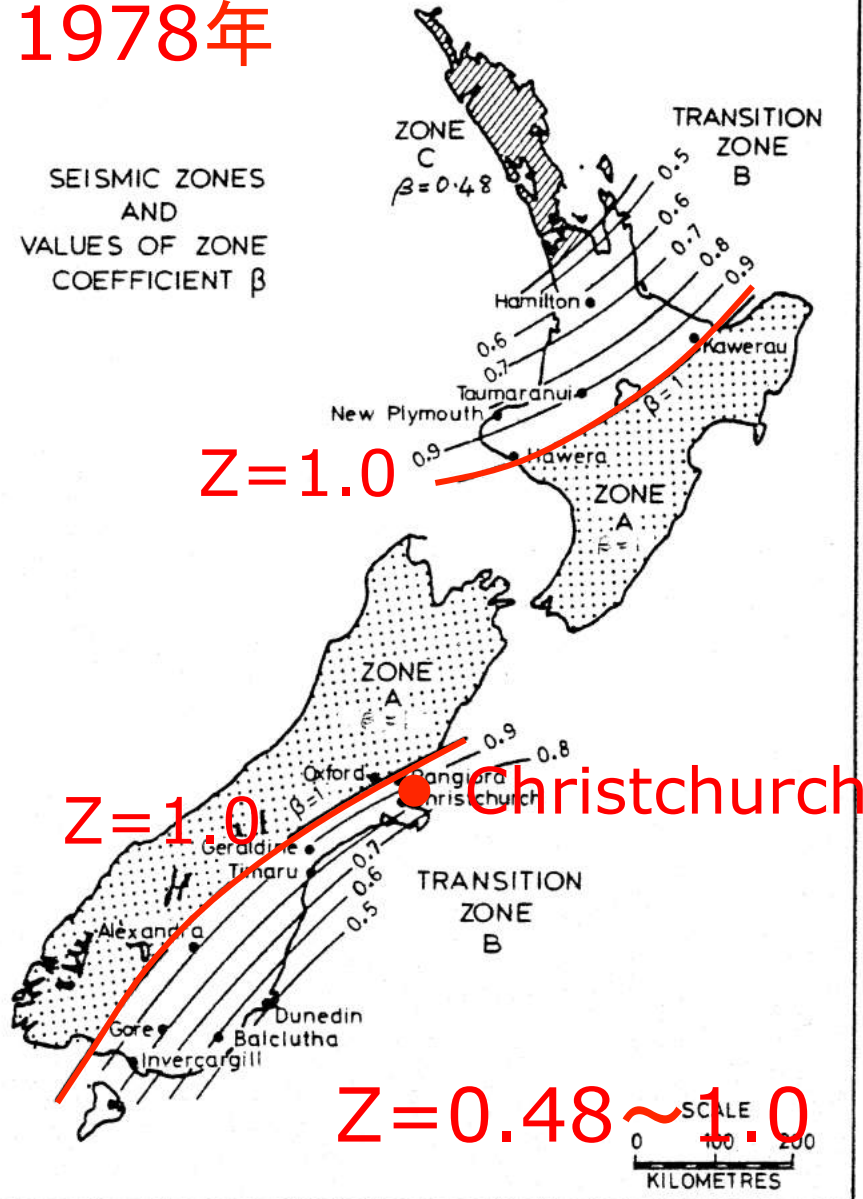
地域別係数(0.6~1.2)

基本加速度応答スペクトル

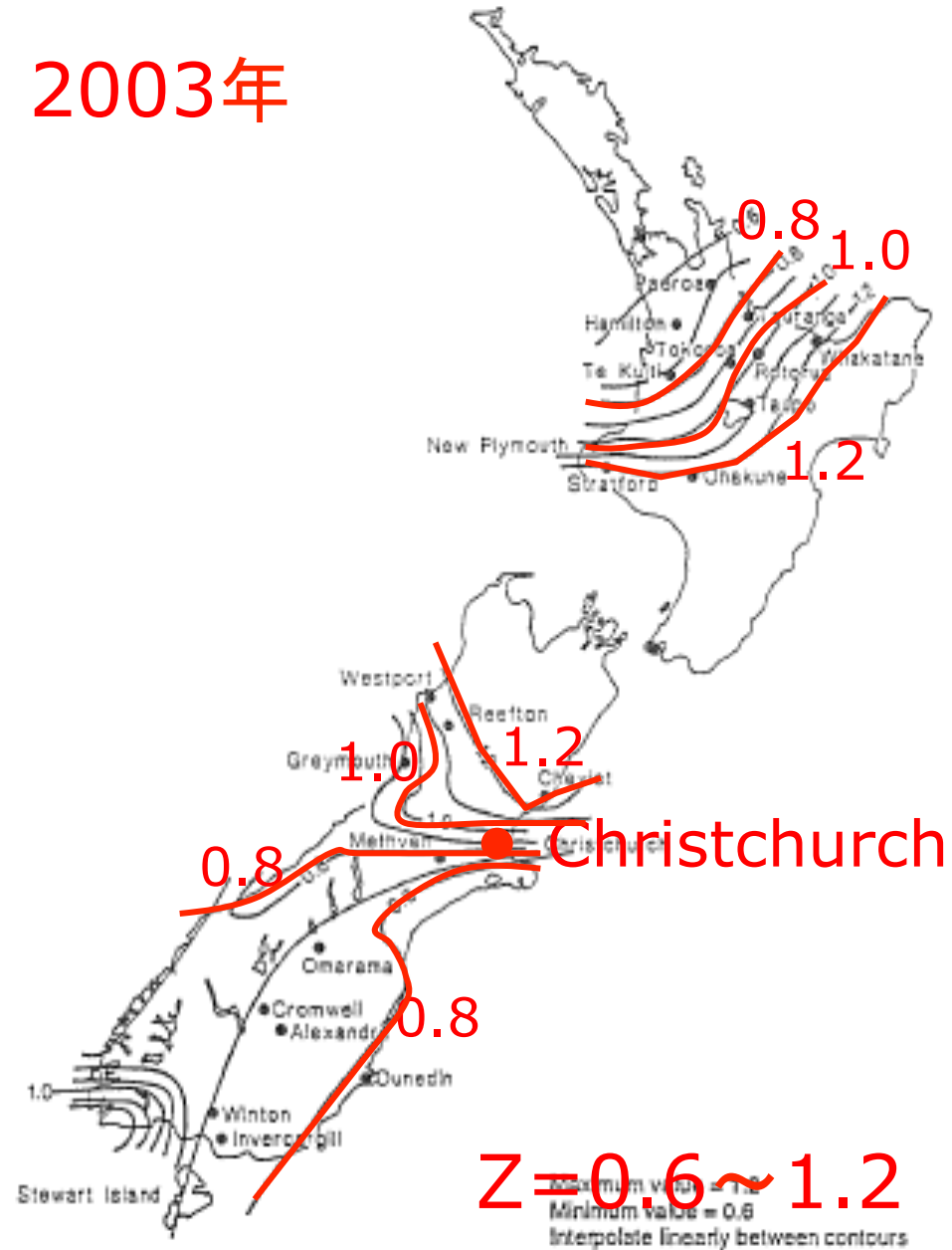
地域別係数Z

1978年

SEISMIC ZONES AND VALUES OF ZONE COEFFICIENT β

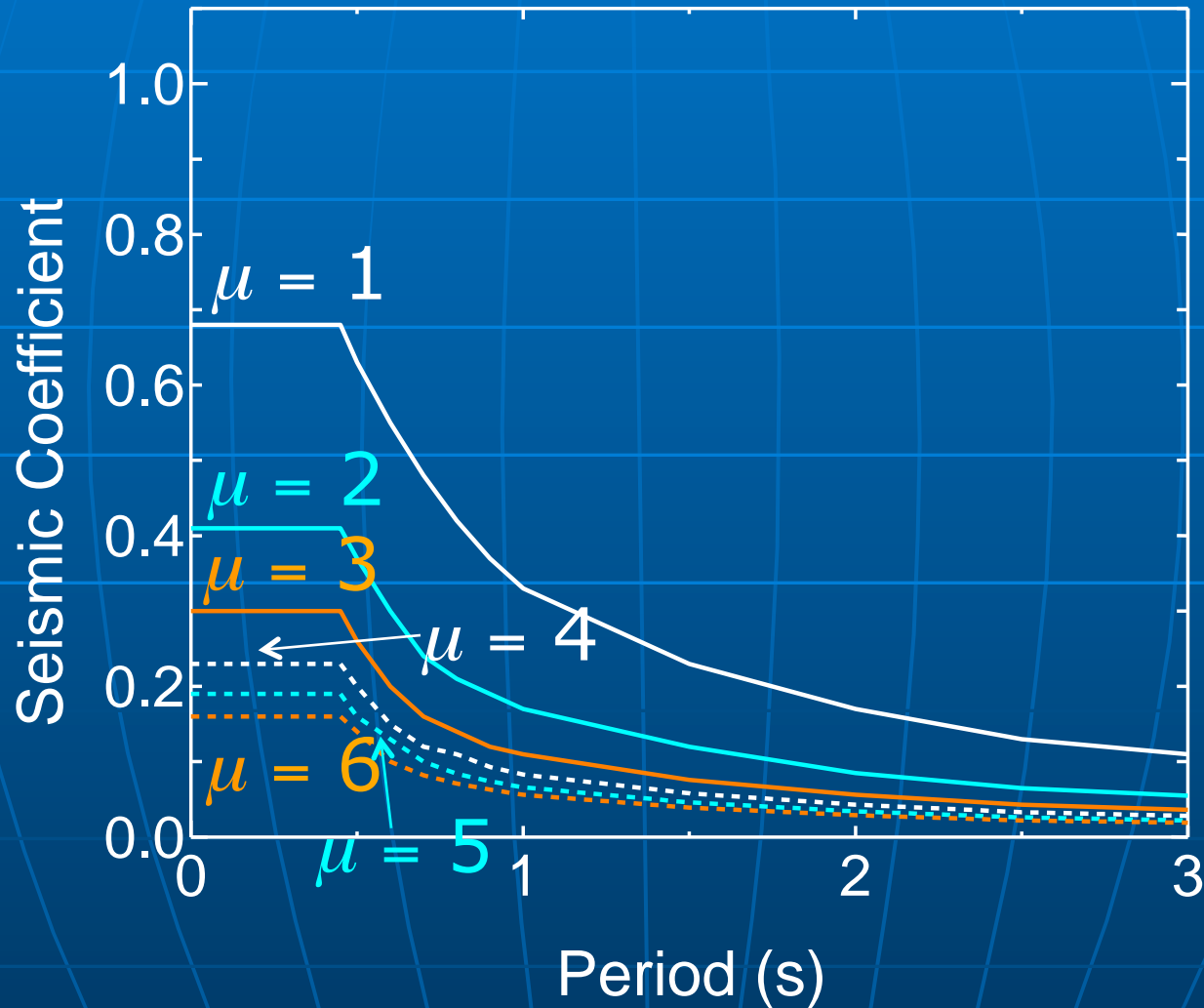


2003年



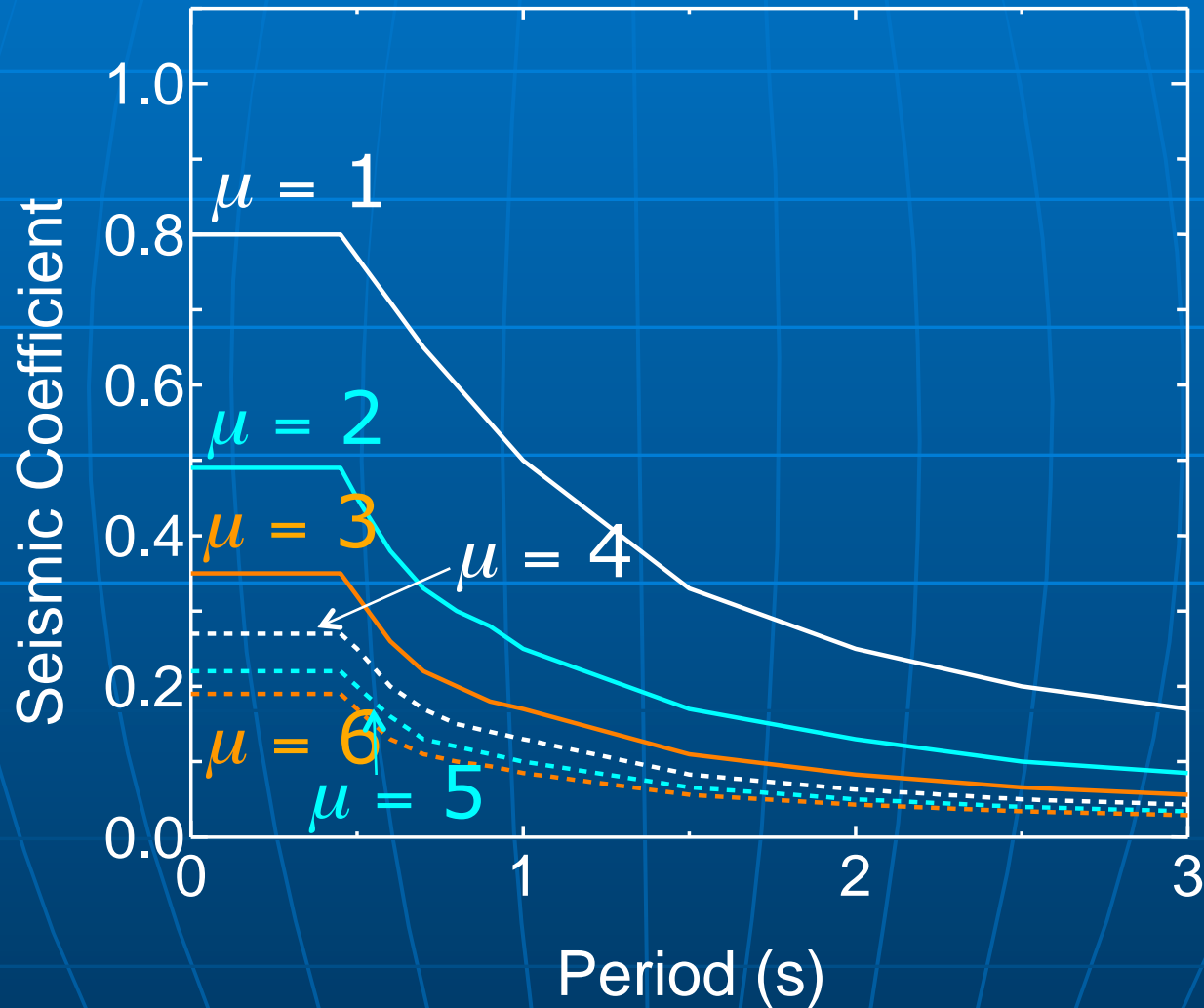
設計加速度応答スペクトル C_{μ}

固い地盤



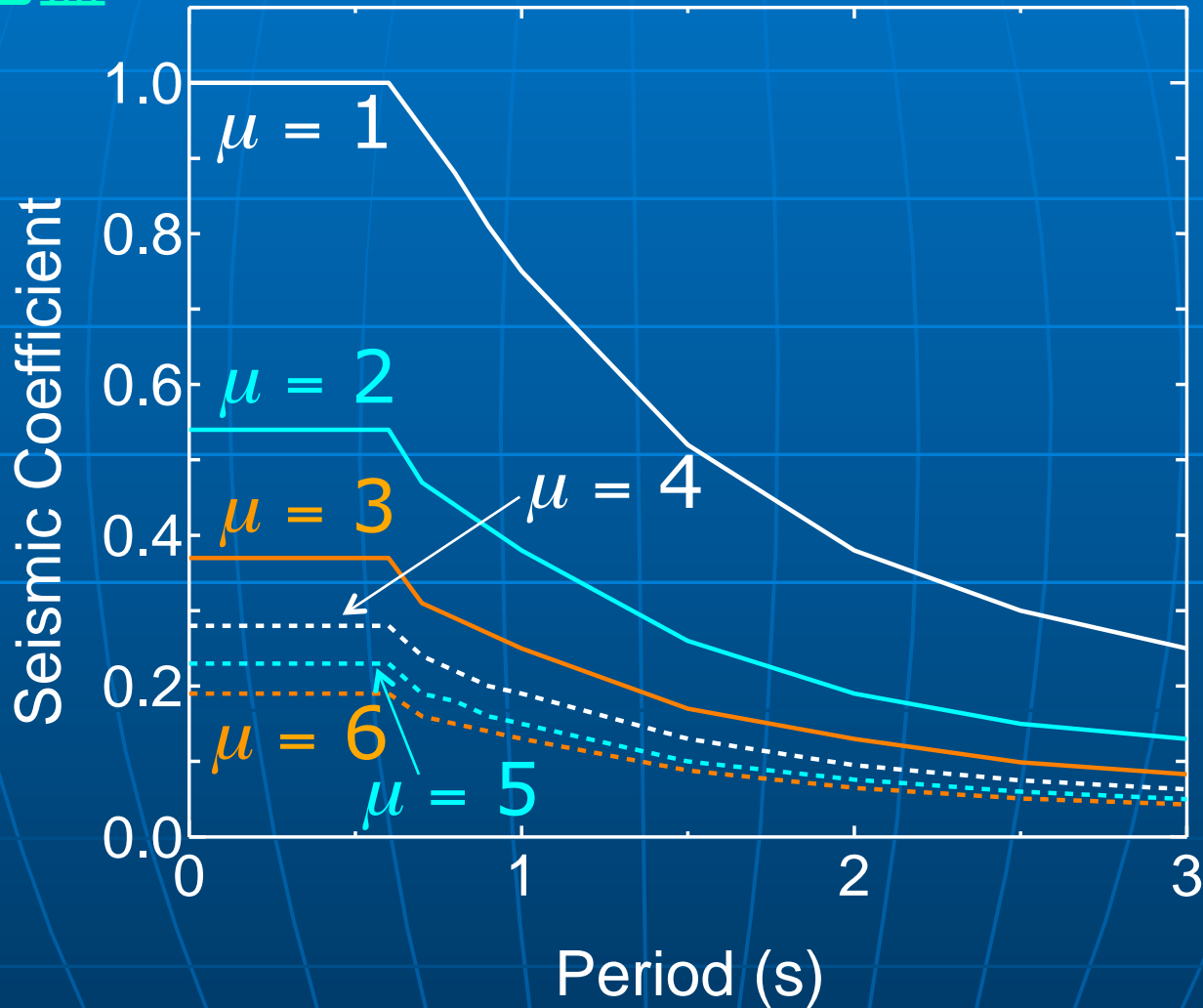
設計加速度応答スペクトル C_{μ}

中程度

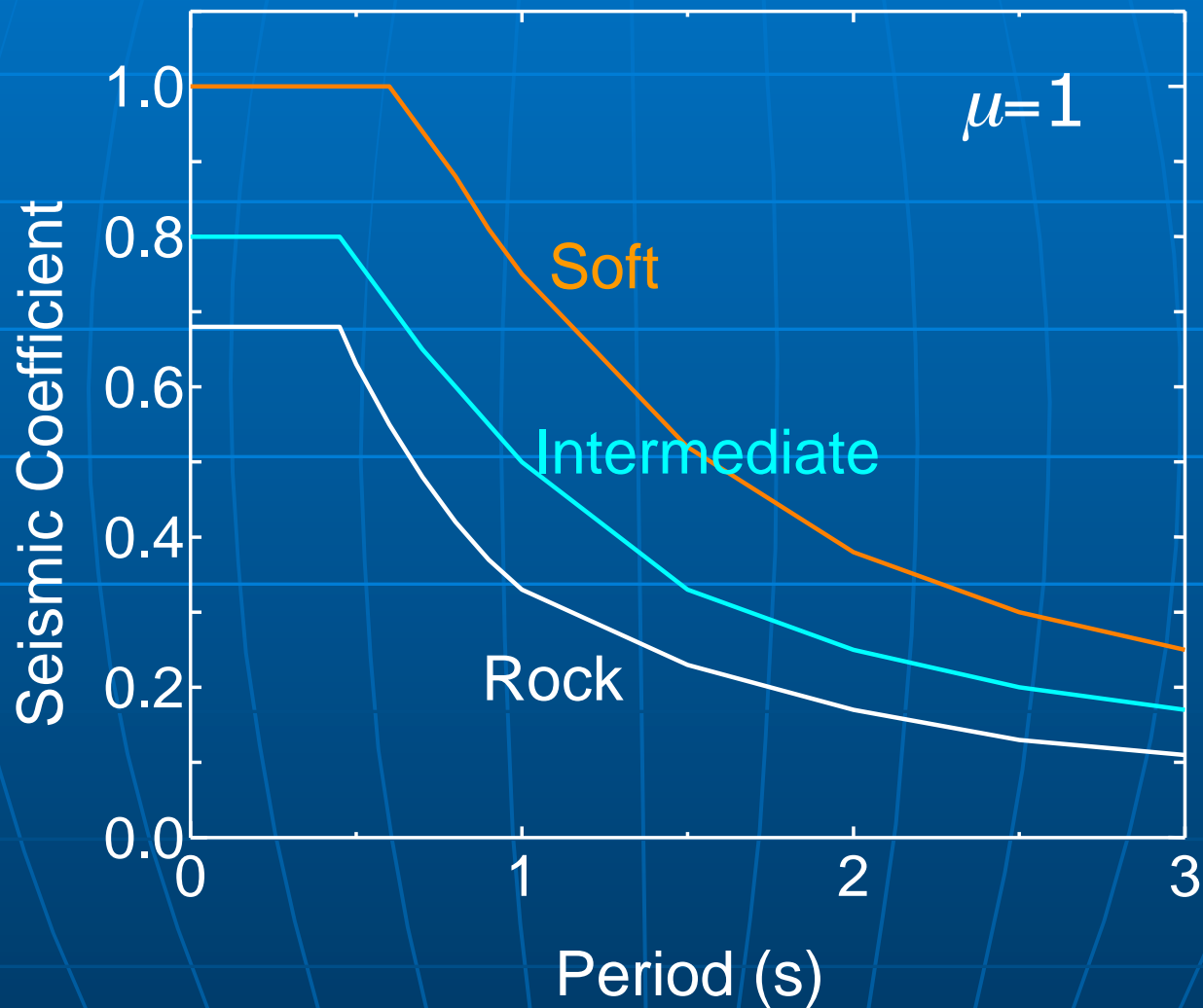


設計加速度応答スペクトル C_{μ}

軟質地盤



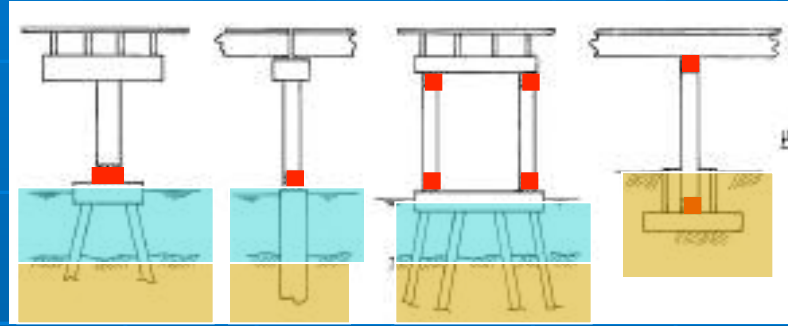
設計加速度応答スペクトル(弾性応答) $C_{\mu=1}$



塑性ヒンジの位置等で、決まる設計じん性率

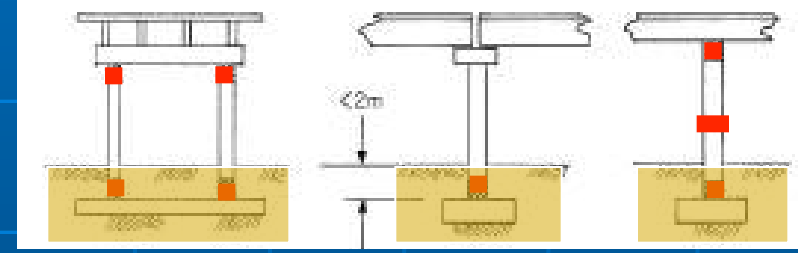
じん性構造もしくは部分じん性構造で、地表面あるいは標準水位よりも上に塑性ヒンジが生じる構造

$$\mu = 6$$



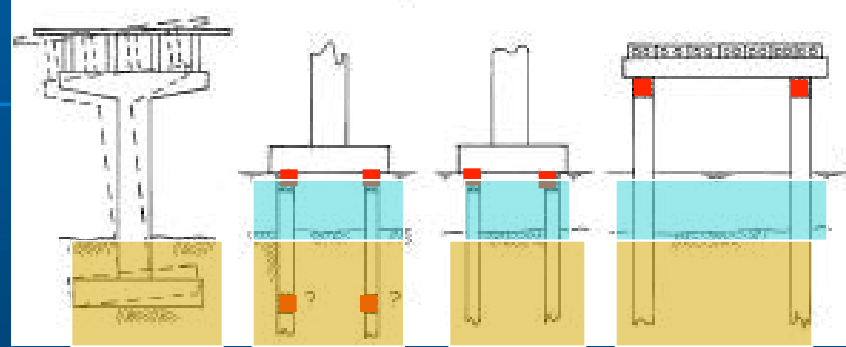
同上で、塑性ヒンジが標準水位よりも上で、かつ、近づきやすい位置(途表面から2m以内)に生じる構造

$$\mu = 4$$



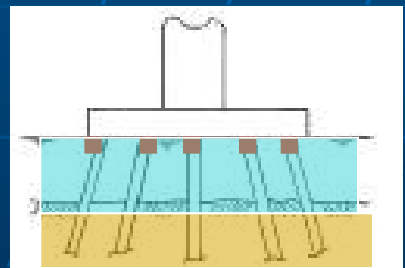
同上で、2m以深であったり、標準水位よりも深部に塑性ヒンジができる構造、あるいは、ロッキング基礎で支持される構造

$$\mu = 3$$



斜ぐいで支持された構造

$$\mu = 2$$



どの程度の最大加速度応答スペクトル(弾性応答レベル)が考えられているか？

- クライストチャーチ: 地域係数 $Z = 0.8$
- 重要度係数(最も高いランク): $R = 1.3$
- 地盤種別(軟質): $S_p = 0.7$ 、 $C_{\mu=1} = 1.0(\text{max})$

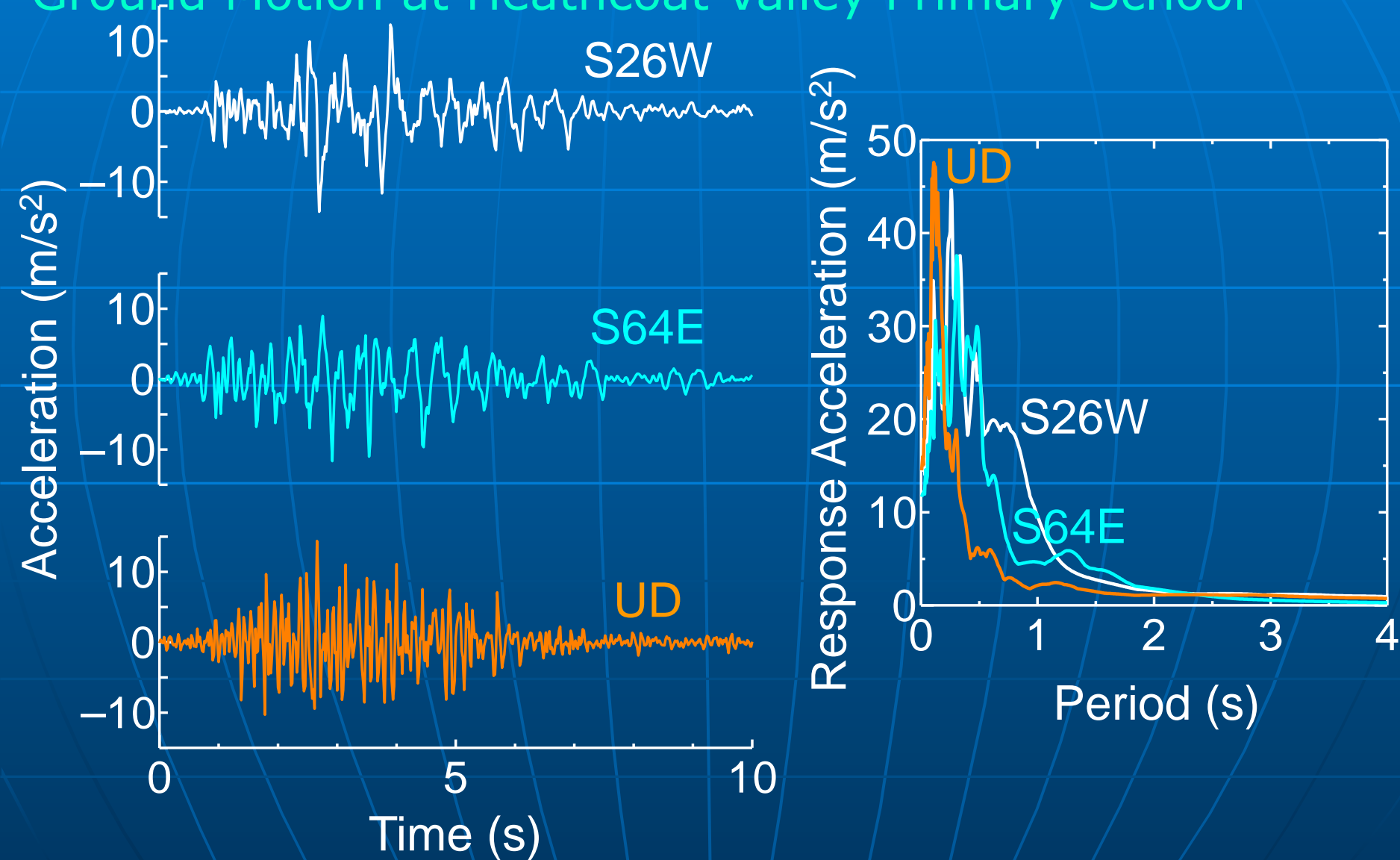
$$\begin{aligned} V &= C_{\mu} \cdot Z \cdot R \cdot S_p \cdot W_d \\ &= 1.0 \times 0.8 \times 1.3 \times 0.7 W_d \\ &= 0.73 W_d \end{aligned}$$

- もし、 $\mu = 4$ と考えると、変位一定則であるから、

$$V = 0.18 W_d$$

設計地震動は今回の地震とどのような関係があったか？

Ground Motion at Heathcoat Valley Primary School

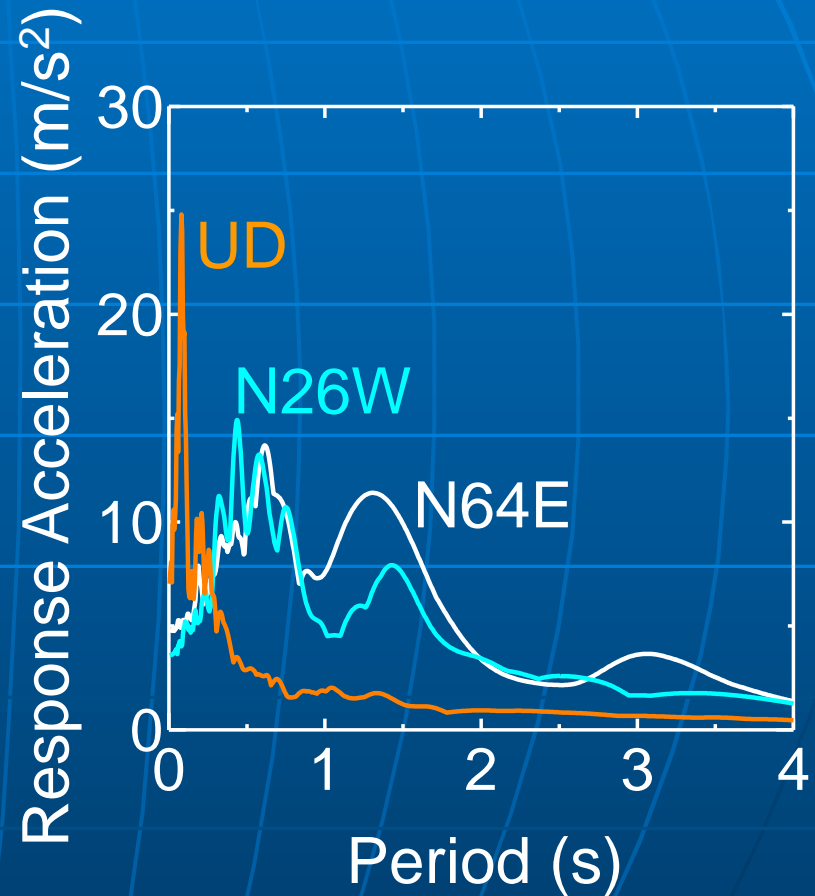
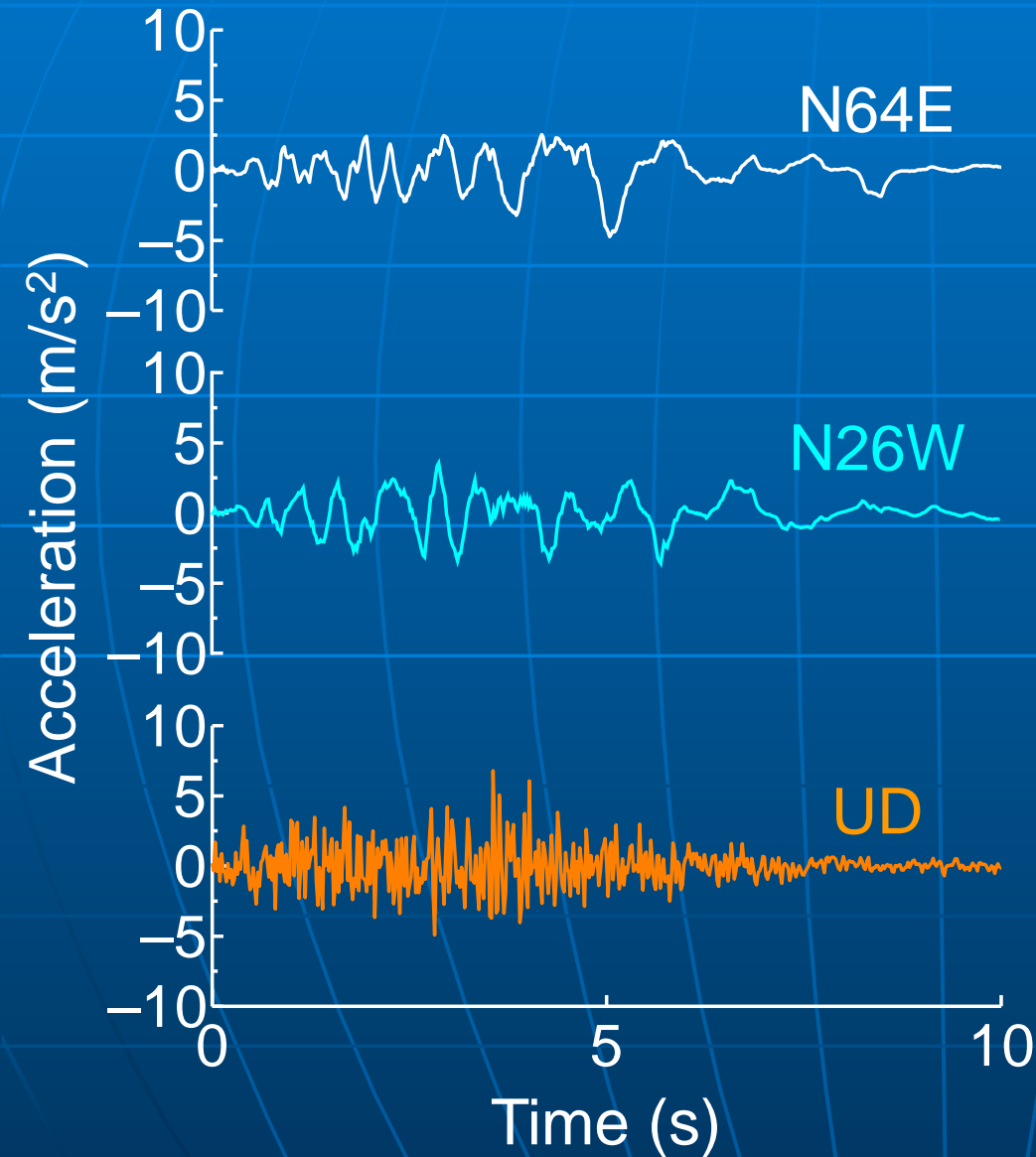


Heathcoat Valley Primary School

Instrument inside

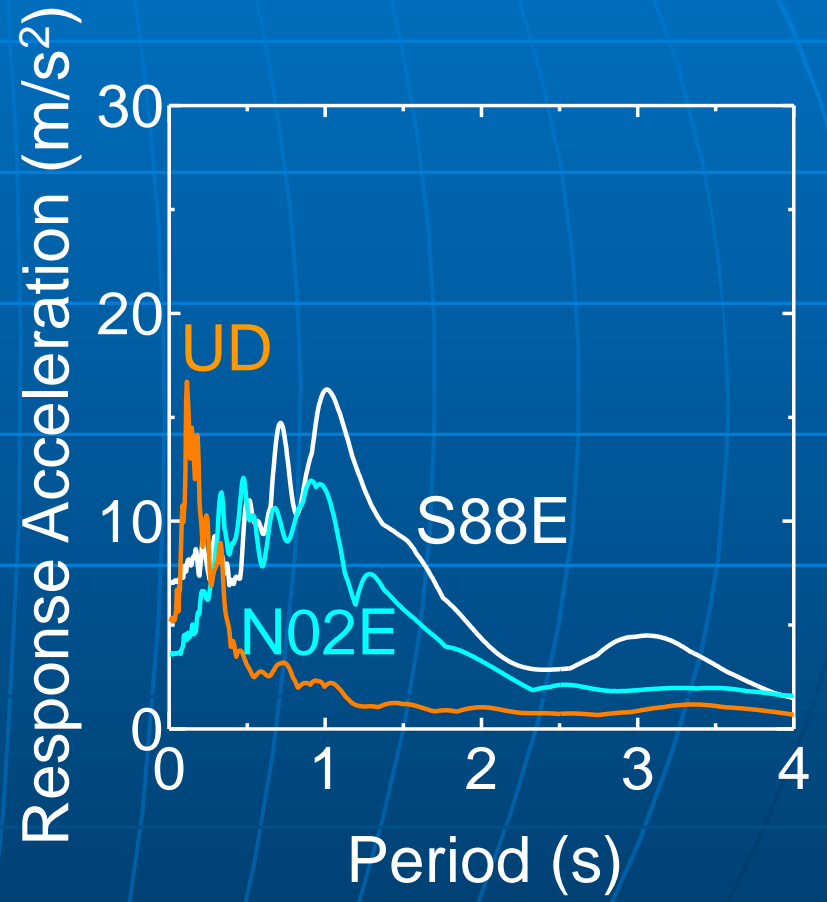
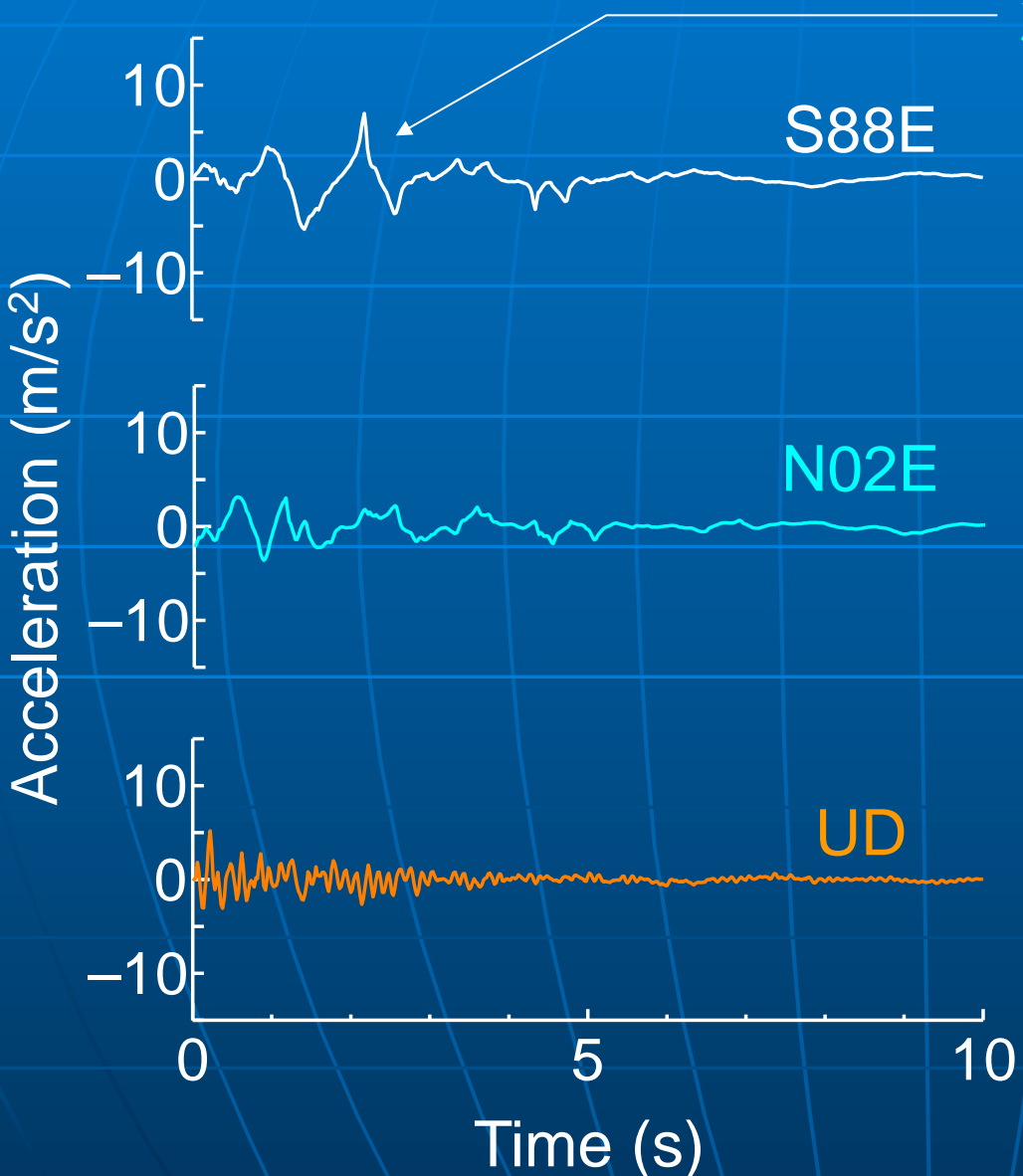


Ground Motion at Christchurch Cathedral College

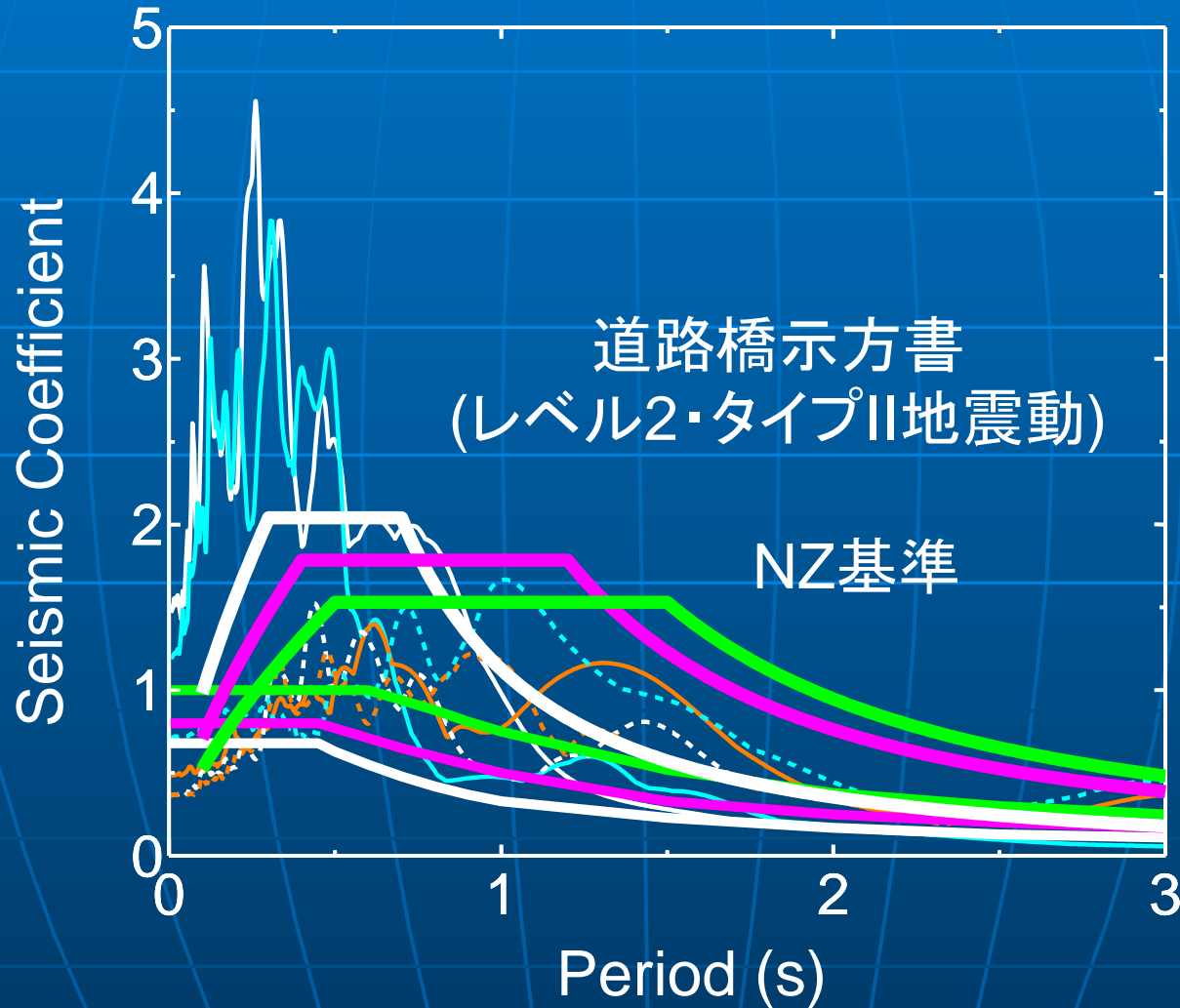


Ground Motion at Christchurch Resthaven

液状化の影響??



弾性応答スペクトルレベルで比較すると、...



液状化に対する規定

- 液状化の結果生じる各種の事象を考慮する。たとえば、
 - ✓基礎の損傷
 - ✓杭の水平・上下方向支持力の低下や喪失
 - ✓沈下
- 具体的な液状化、流動化の判定法やこれらに対する対策は示されていない。適切な現状での最先端の手法により評価するとされており、以下の資料が例として引用されている。
- Proc. NCEER WS on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, NCEER 97-22, SUNY Buffalo, 1997

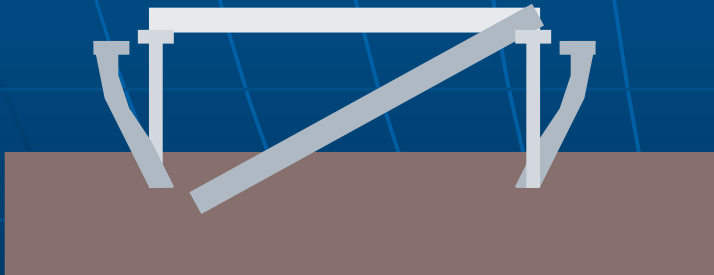
ニュージーランドと日本における震災経験の違い

耐震設計されていないか、耐震設計されていても耐震設計が不十分な時代（1923年関東地震～1948年福井地震）



基礎の転倒、滑動、沈下
——>落橋

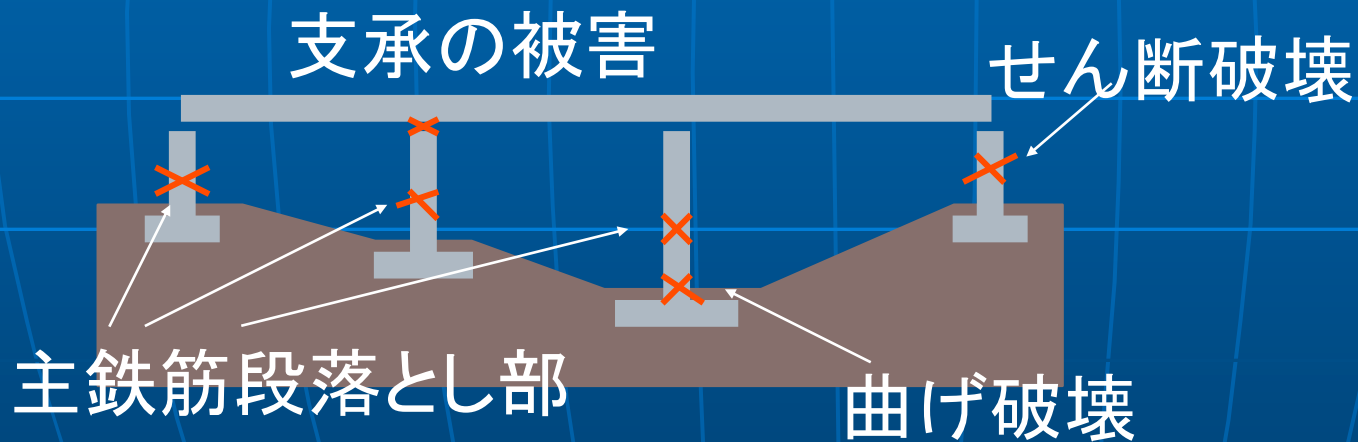
液状化や落橋防止構造が知られていなかった時代
（1964年新潟地震）



液状化、流動化による過度な相対変位——>落橋

ニュージーランドと日本における震災経験の違い(その2)

橋脚、支承部の被害が目立ちだした時代(1978宮城県沖地震、1982浦河沖地震、1993北海道東方沖地震、1995兵庫県南地震)



1995年兵庫県南部地震では、従来、震災経験の無かった橋が被害を受けた

剛性の高い橋台で支持され、桁の応答が拘束される構造

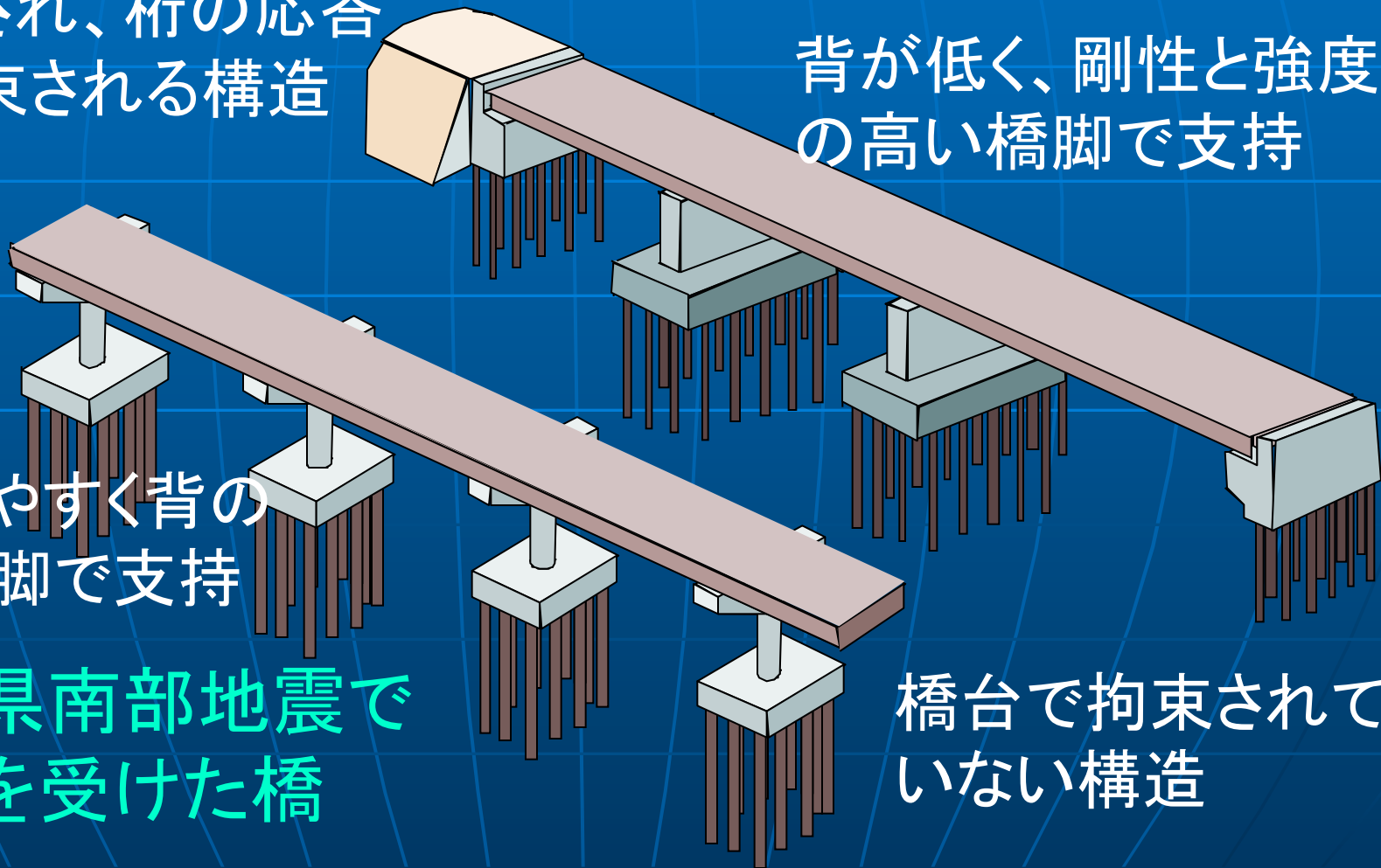
従来、震災経験のあった橋

背が低く、剛性と強度の高い橋脚で支持

変形しやすく背の高い橋脚で支持

兵庫県南部地震で被害を受けた橋

橋台で拘束されていない構造



震災経験の蓄積が反対方向から進んできた ニュージーランドと日本

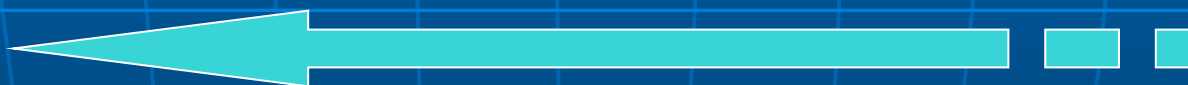
地盤破壊

振動応答による破壊

日本



ニュージーランド、米国



ニュージーランドの震災橋を日本の耐震基準で、日本の震災橋をニュージーランドの耐震基準で解析することが有効。今後、互惠の原則の下に、共同して審査しメカニズムの解明に貢献したい。

キウイメンバーの全面的サポートを得て、Kiwi 有効に進められた合同調査

US

