

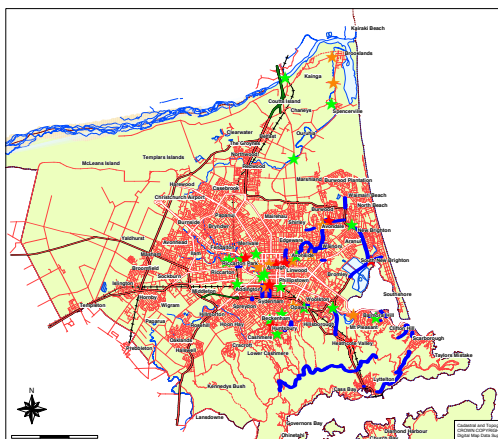
2011年2月22日ニュージーランド地震被害
土木学会・地盤工学会合同報告会(2011年3月11日)

橋梁の被害

高橋良和(京都大学防災研究所)
西田秀明(土木研究所)

橋梁調査位置

- 調査前資料(2/27)では,
 - 9橋が不通
 - 10橋が通行制限



Road Closures - Updated 7:00pm, Sunday 27th Feb...

<http://canterburyearthquake.org.nz/road-closures/>

Bridges

Bridge	Status	Notes
Armagh Street (to Hagley Park)	Restricted access	Limited access
Avondale/New Brighton	Closed	
Blenheim Rd	Open	
Bowenvale Ave	Open	
Bridge St	Closed	
Cambridge/Durham St	Open	
Colombo St (Cambridge Tce over Avon River)	Restricted access	Limited access
Colombo St (Ernlea Tce over Heathcote river)	Open	
Colombo St rail overbridge	Closed	
Durham St overbridge	Restricted access	One lane, 3500kg weight limit
Earlham Rd bridge (off Lower Styx)	Restricted access	30km/h speed limit
Ensors Rd (at Heathcote)	Restricted access	North approach cracked
Fendalton Rd (Deans Ave/Harper Ave)	Open	
Ferry Rd/Humphreys Rd (Ferryroad Bridge)	Restricted access	Light vehicles only
Fitzgerald/Avonside/Kilmore	Closed	
Gayhurst Rd/Gloucester St	Restricted access	3500kg weight limit
Harbour Road	Restricted access	30km/h speed limit

橋梁調査位置

- 調査前資料(2/28)では,
○ 9橋が不通
○ 10橋が通行制限
- クライストチャーチ周辺を含む25橋を調査(3/2~5)



橋梁被害の概要

- 振動による被害
- 地盤変状による被害



Meeting at OPUS (2011/3/4)

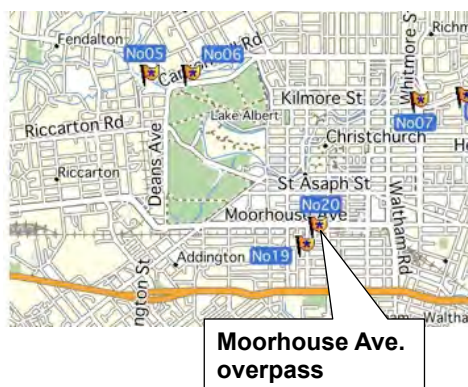


橋梁被害報告

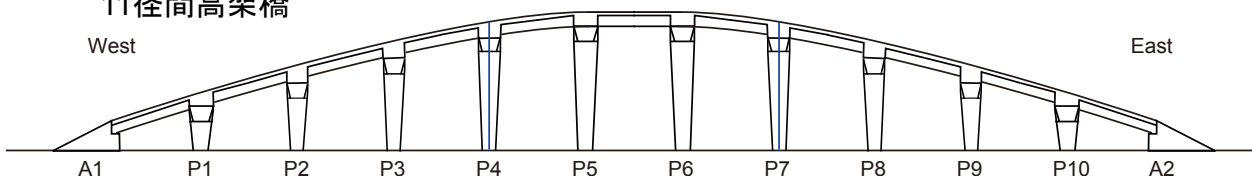


代表的橋梁被害

Moorhouse Ave/Colombo St overpass

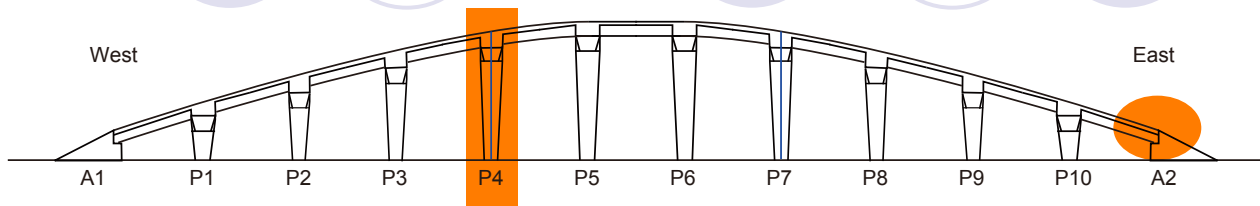


11径間高架橋



代表的橋梁被害

Moorhouse Ave/Colombo St overpass



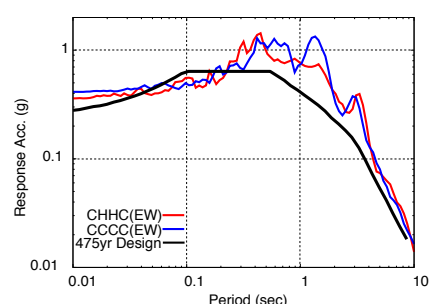
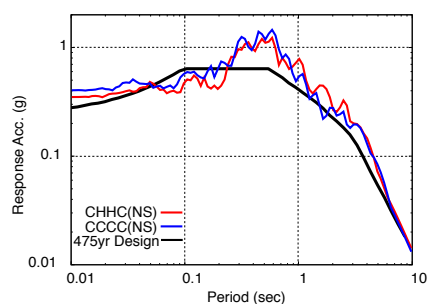
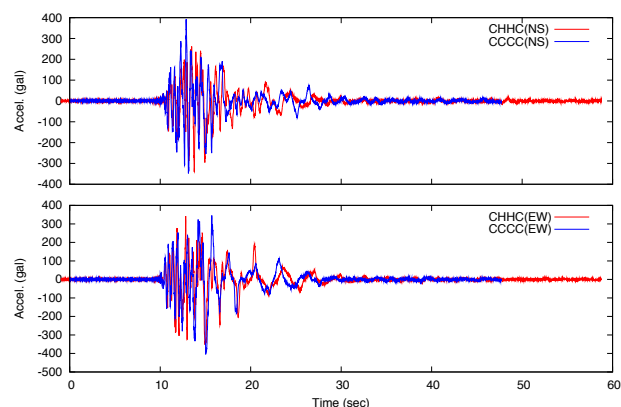
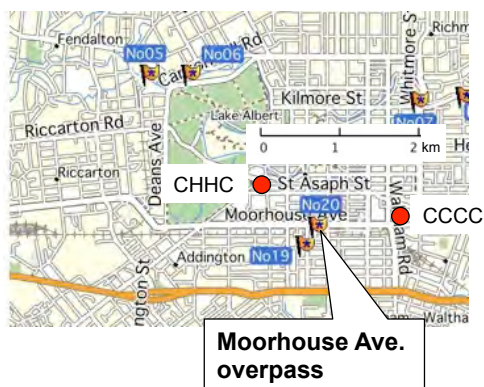
P4橋脚にせん断破壊が発生

A2橋台で桁衝突

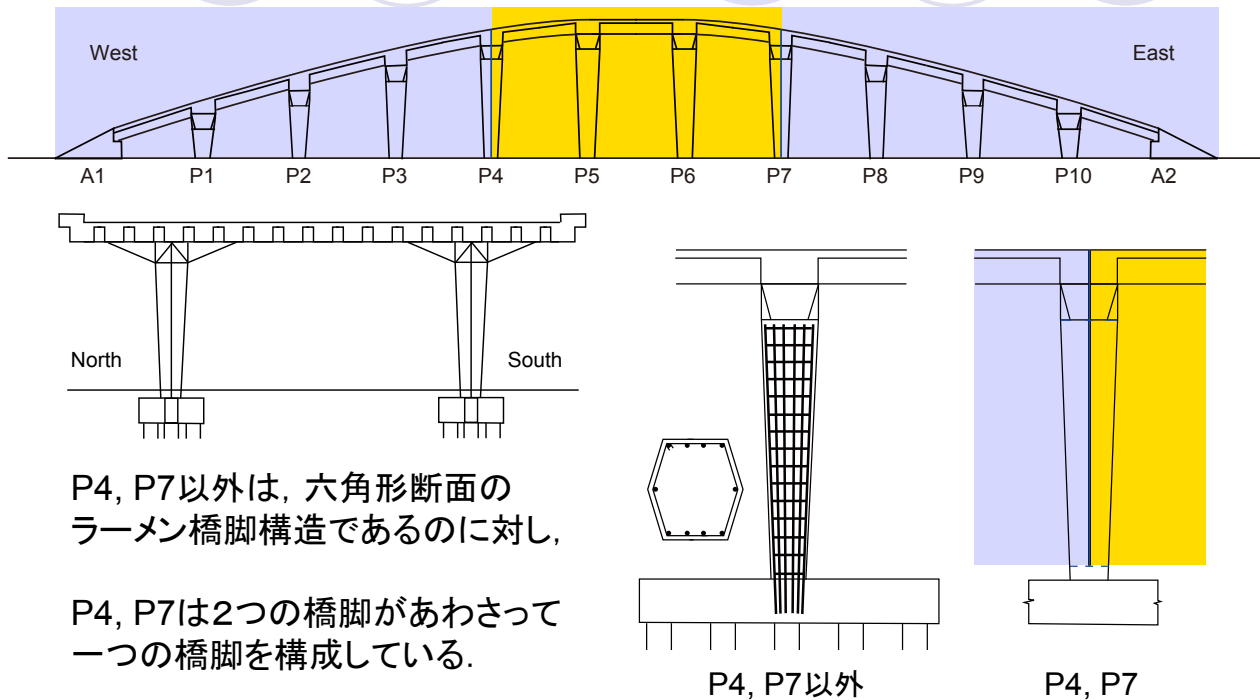


代表的橋梁被害

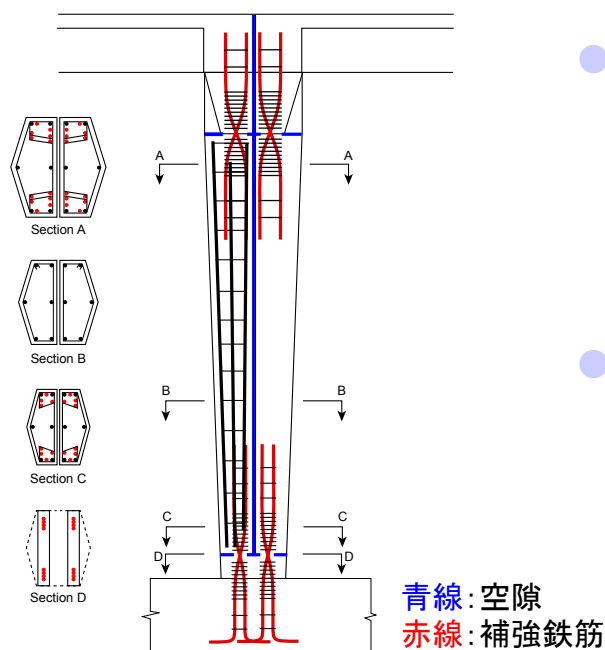
Moorhouse Ave/Colombo St overpass



Moorhouse Ave/Colombo St overpass 構造概要



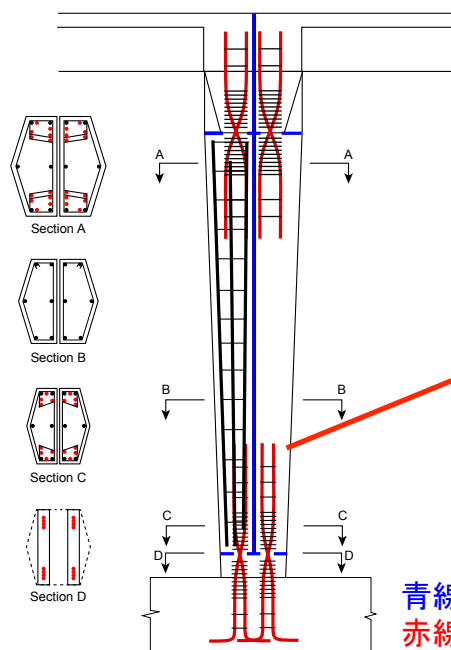
Moorhouse Ave/Colombo St overpass P4, P7橋脚構造詳細



- P4, P7橋脚は、2本の橋脚が重なり合っていることに加え、上下端にヒンジ構造を有している。
- ヒンジ部を形成するため、補強鉄筋を配置するとともに、断面にノッチが入り、小さくなっている。

Moorhouse Ave/Colombo St overpass

P4, P7橋脚構造詳細

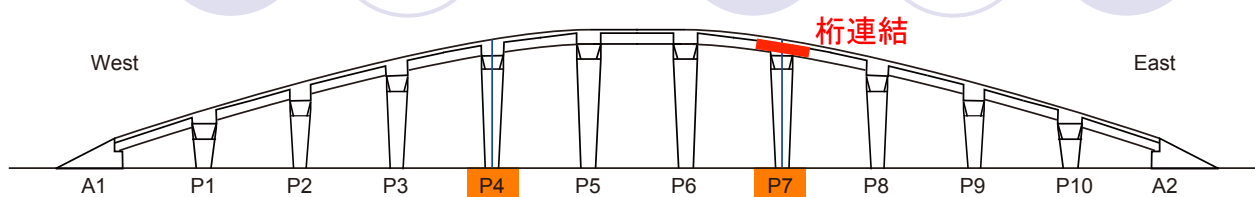


青線: 空隙
赤線: 補強鉄筋

補強鉄筋の端部が損傷部で確認

Moorhouse Ave/Colombo St overpass

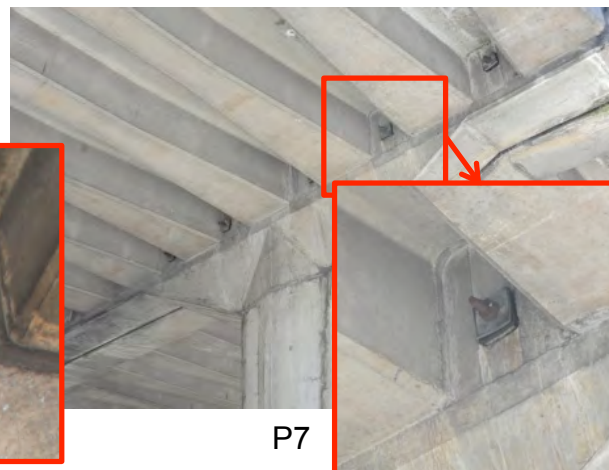
構造概要



対称な橋梁だが、P4は甚大な損傷であるのに対し、P7はほぼ無損傷。

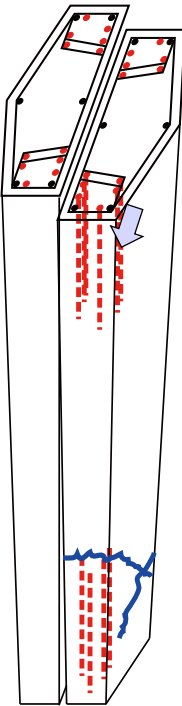


P4



P7

Moorhouse Ave/Colombo St overpass 損傷メカニズムの推定



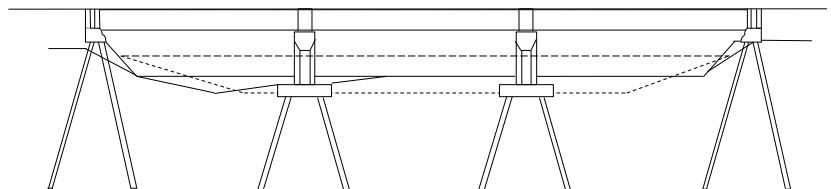
P4西側と東側が別々に挙動し、

- P4東側のみ橋軸直角方向北側へ応答し、橋脚南面の補強鉄筋の段落とし部で曲げひび割れが発生
- さらに変位が大きくなり、曲げせん断ひび割れへと進展
- 橋軸直角方向南側へ応答し、橋脚北面の段落とし部で曲げひび割れが発生
- さらに変位が大きくなり、曲げせん断ひび割れへと進展、ひび割れが交差

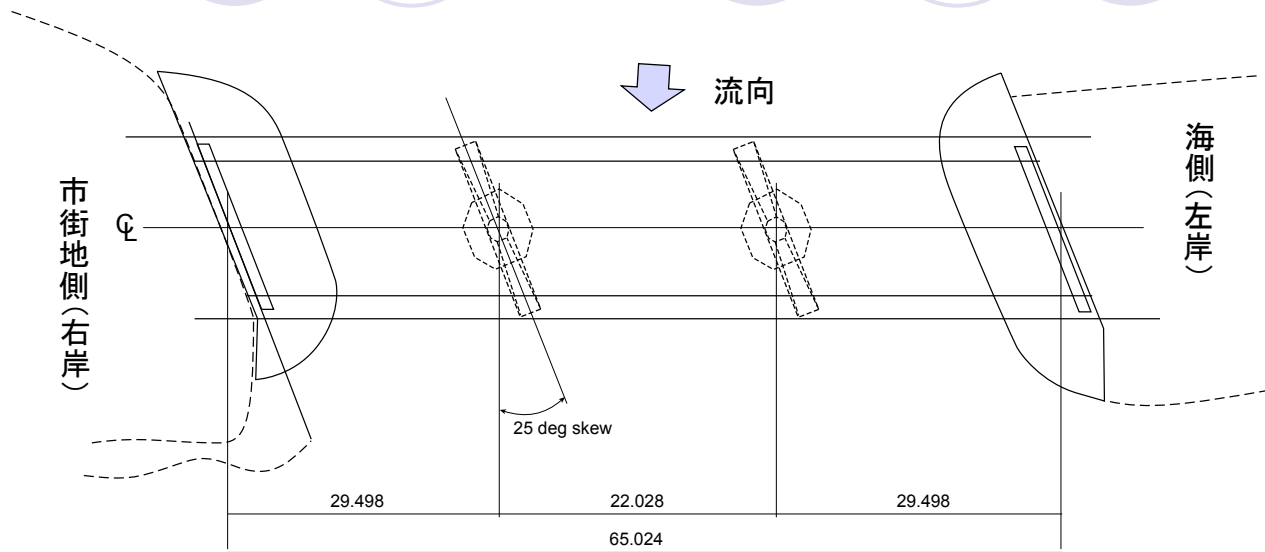
代表的橋梁被害 South Brighton Bridge



- 1980年竣工
- 三径間連続橋



South Brighton Bridge 構造概要



South Brighton Bridge 耐震設計経緯

- Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, Vol.11, No.2, 1978において、耐震設計検討が報告されている。

SEISMIC DESIGN OF SOUTH BRIGHTON BRIDGE - A DECISION AGAINST MECHANICAL ENERGY DISSIPATORS

M.J.N. Priestley* and M.J. Stockwell**

SUMMARY

The seismic design of a proposed Christchurch bridge is discussed. Initial design was based on supporting the superstructure on elastomeric bearing pads and **steel-cantilever dampers**. Dynamic analyses showed that the dampers were relatively ineffective, and that the seismic response was dictated by the characteristics of the bearing pads. Final design, based on a conventional ductile approach was found to be more economical without significant increase to seismic risk. It is shown that the decision to opt for a design incorporating mechanical energy dissipators as opposed to a monolithic pier/superstructure design will not necessarily result in a reduction in seismic response.

- 鋼製ダンパーの採用が検討され、動的解析が実施されている。

South Brighton Bridge 耐震設計経緯

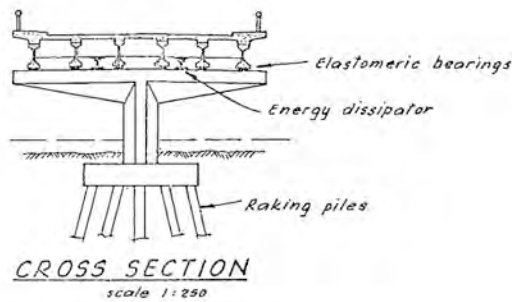


FIGURE 1: BRIDGE DETAILS

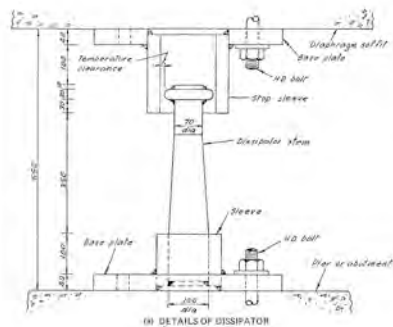


FIGURE 8: PIER DISPLACEMENT (4.73m) BUCHAREST 1977

- 積層ゴム支承＋ダンパーの採用により、El Centro波形に対して効果があったものの、卓越周期の長いBucharest波形では残留変形が大きくなり、結果的に従来型の耐震設計が採用された。

South Brighton Bridge 地震前後の橋台の比較(市街地側)



今回調査時



昨年11月調査時
(Omer教授撮影)

- 昨年9月4日の地震(M=7.1)においても橋台が傾斜
- 今回の地震により、橋台基部が前面に出るような傾斜がさらに大きくなるとともに、パラペット基部付近から下方へのクラックが新たに発生

South Brighton Bridge 地震前後の橋台の比較(市街地側)



今回調査時



昨年11月調査時
(Omer教授撮影)

- 橋台下面及び前面地盤が沈下
- 杭体に損傷が新たに発生

South Brighton Bridge 橋台杭基礎の損傷状況



橋台前面側の杭体



橋台背面側の杭体

- 杭基礎(斜杭2列)の杭頭部でかぶりコンクリートの剥落や水平クラックが新たに発生
- 前回地震時に前面側の杭の杭頭周辺部の地盤が喪失し、突出杭状態になっていたが杭体の杭頭部付近の損傷が生じた一因と推定

South Brighton Bridge 橋台の状況（海側）



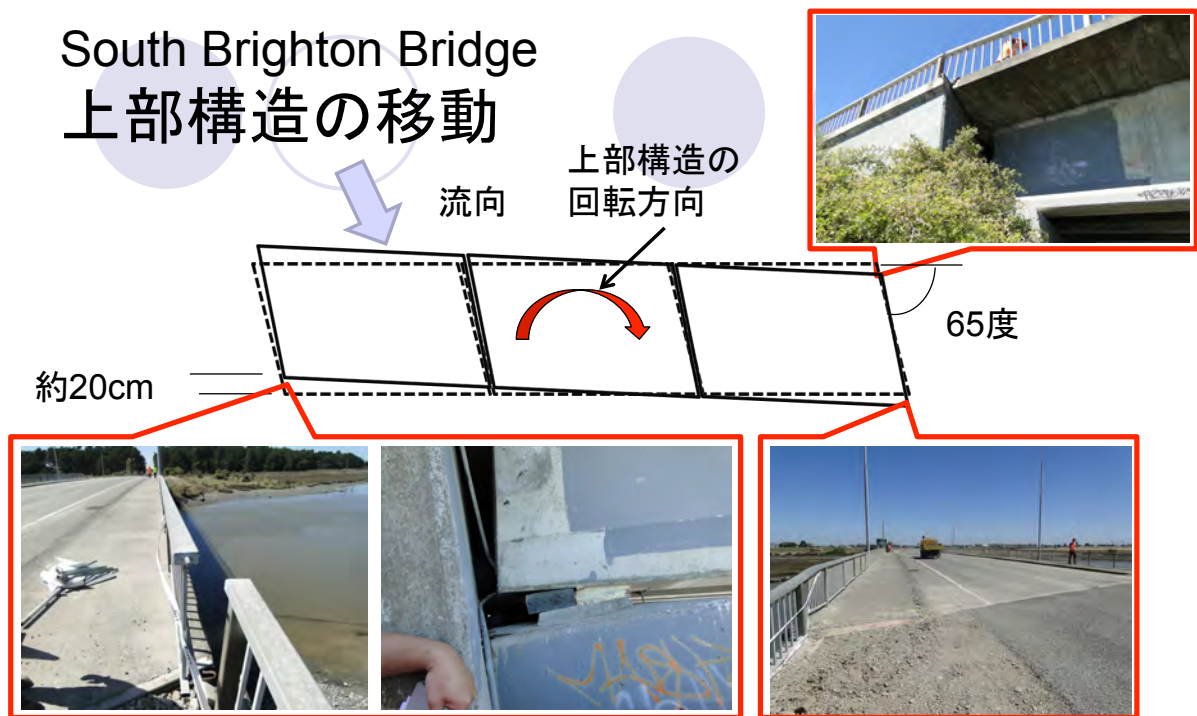
橋台の傾斜



杭体の状況

- 橋台が傾斜（市街地側と同様）
- 橋台下面及び前面地盤が沈下（市街地側と同様）
- 杭体の杭頭部に水平クラックが若干発生したが対岸に比べて損傷は軽微

South Brighton Bridge 上部構造の移動

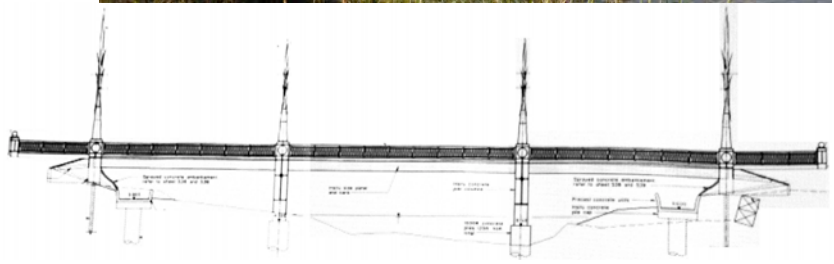


- 上部構造は時計回りに回転していると推定
- 支承部（ゴムパット）の移動に伴い、応急的な支承（hardwood packer）を設置

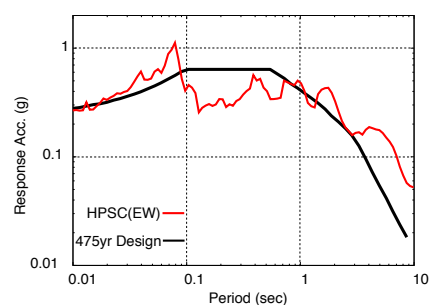
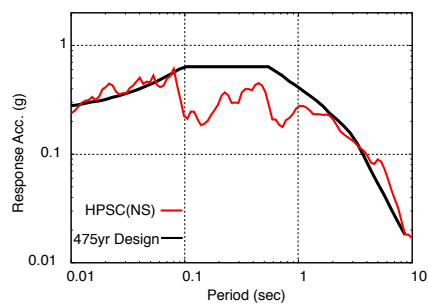
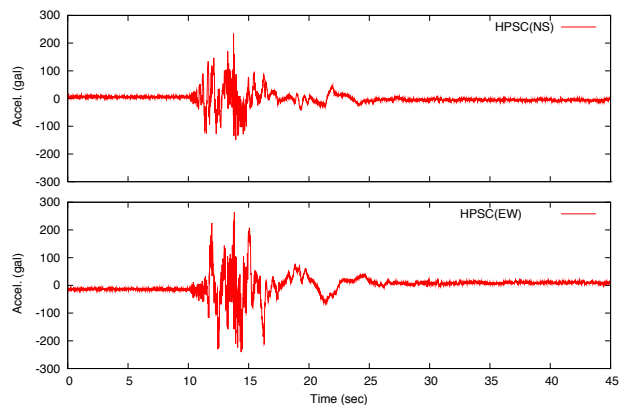
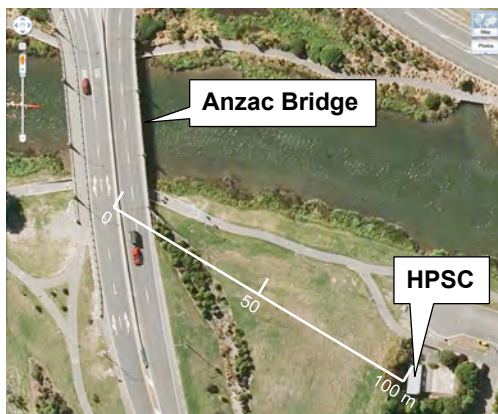
代表的橋梁被害 Anzac Bridge



- 2000年竣工
- 三径間連続橋



Anzac Bridge 周辺での地震記録



Anzac Bridge 橋台の傾斜と周辺地盤状況



橋台の傾斜



橋台周辺の地盤変状

- 橋台基部が前面に押し出されるように変状
- 橋台周辺地盤は川に平行にクラックが入っており地盤変状（側方流動）が生じたと推定

Anzac Bridge 橋脚の損傷状況



端部柱の柱梁接合部付近の損傷



中央部の柱の柱梁接合部の損傷

- 端部柱では柱天端付近でコンクリートの剥落あり（この位置に construction jointあり）
- 中央部の柱では柱梁接合部でクラックあり
- プレキャスト部材の接合部で損傷を生じている