

土木学会 地震工学委員会 / 地震工学委員会
**2022年9月台湾東部の地震（M6.5, M6.9）
に関する被害調査報告会
「地盤に関連する被害と単点微動観測結果」**

志賀 正崇

東京大学 生産技術研究所 助教

2022年12月21日



調査メンバー

- **日本側**
 - 志賀 正崇 (東京大学 生産研)
 - 謝 沛宸 (東京大学大学院 工学系研究科)
- **台湾側 (調査協力者)**
 - 林銘郎 (台湾大)
 - 李忠勳 (中央地質調査所)

調査行程

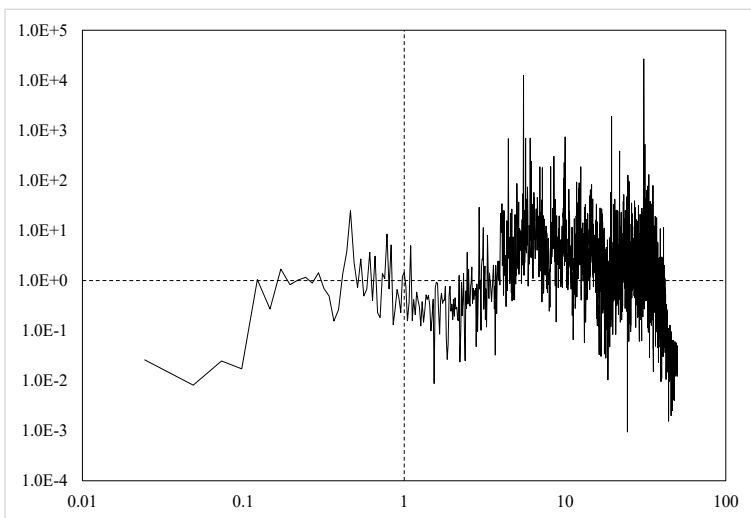
日付	主な訪問場所・調査地点
10/18	中央気象局 池上地震セミナー (台北市内)
10/19	瑞穂大橋→春日国民小学→高寮大橋→玉里大橋→長富大橋→東里国民中学
10/20	崙天大橋→富里→明里→長富大橋→東里駅周辺
10/21	玉里高校→東里駅周辺→新秀姑巒溪橋→長良農場



現地被害調査結果



3Dモデル
へのリンク



- 1975年に竣工した全長540mの複数径間コンクリート連続単純桁橋
- 橋脚上部の変位制限装置周辺にひび割れや消失痕
- 長さ10m程度に渡り路肩の沈下 (左岸側アプローチ部)
- 1階柱頂部で被りコンクリートの剥落や窓枠の脱離、ブロック舗装のひび割れ (ビジターセンター)
- 8Hz付近にピークを持つH/Vスペクトル



- 1991年に竣工
- 東側のアプローチ盛土が被災。NS方向への強震動によって擁壁が転倒した。
- 周辺の住宅や田畑、秀姑巒溪の堤防には目立った変状がない



- 擁壁が外側に膨らみ、50cm程度舗装面が沈下。多数の亀裂。

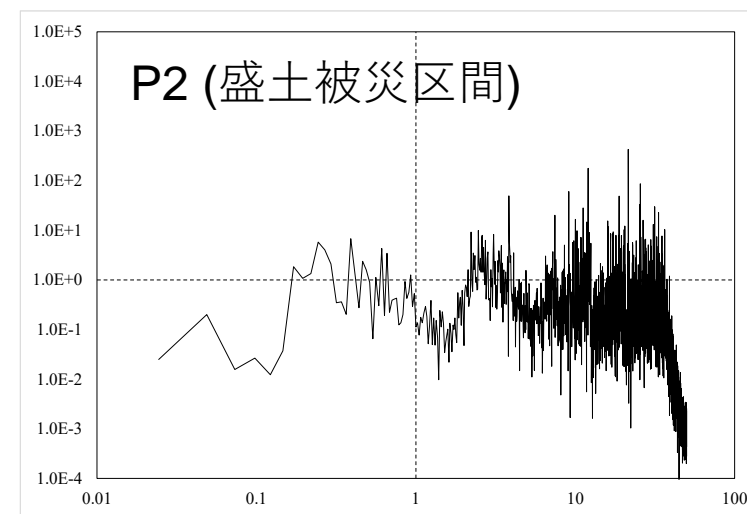
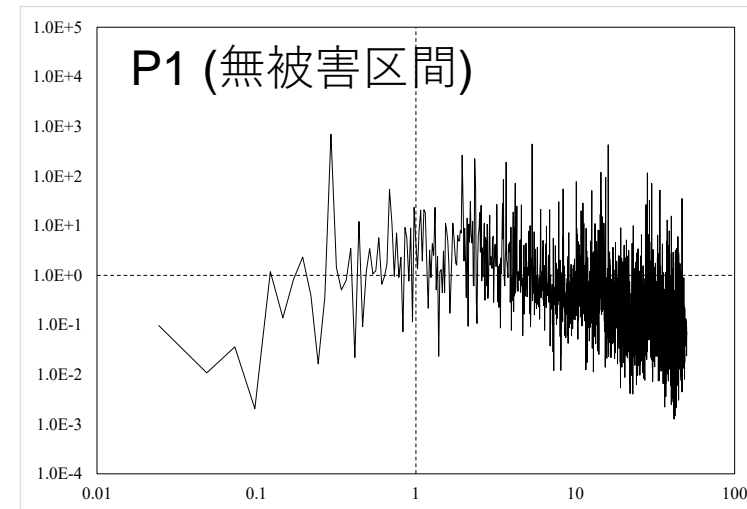
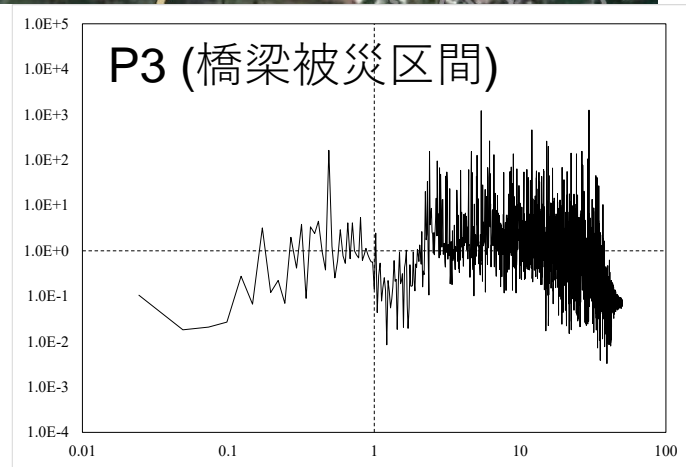
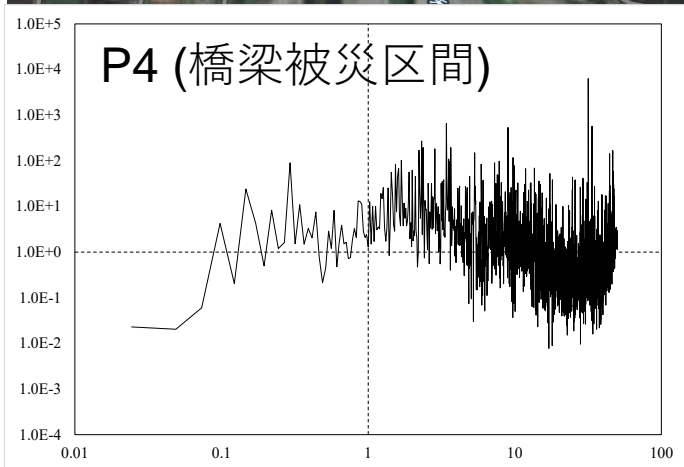


- 桁部はすべて破砕されていた (復旧工事の一環)
- 秀姑巒溪内の橋脚はほとんどが高さ1m~1.5m
でせん断破壊し、北向きに倒壊



5番橋脚の
3Dモデル

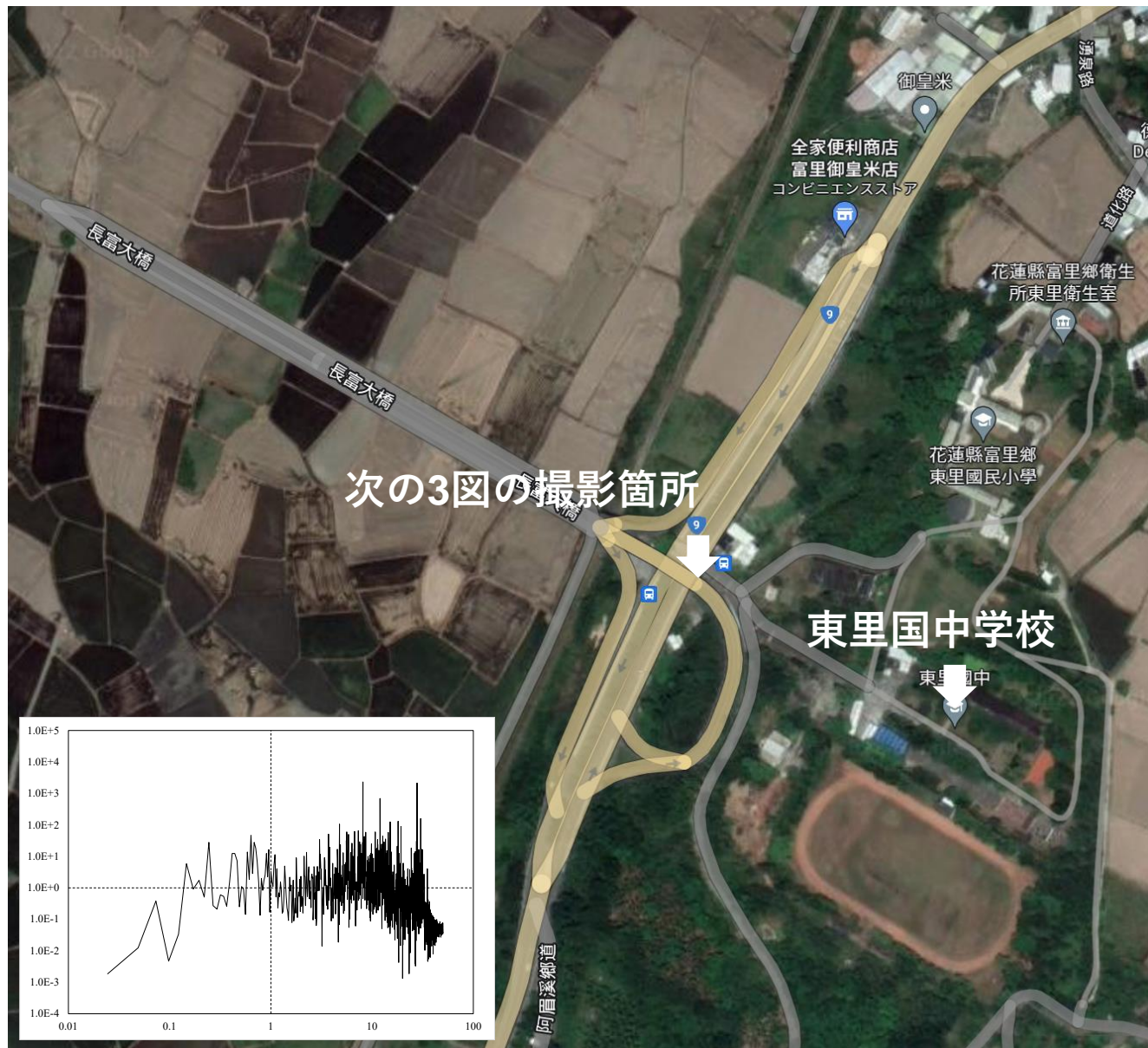




- H/Vスペクトル(平滑化未処理)では低振動数領域に明瞭なピークは見られない

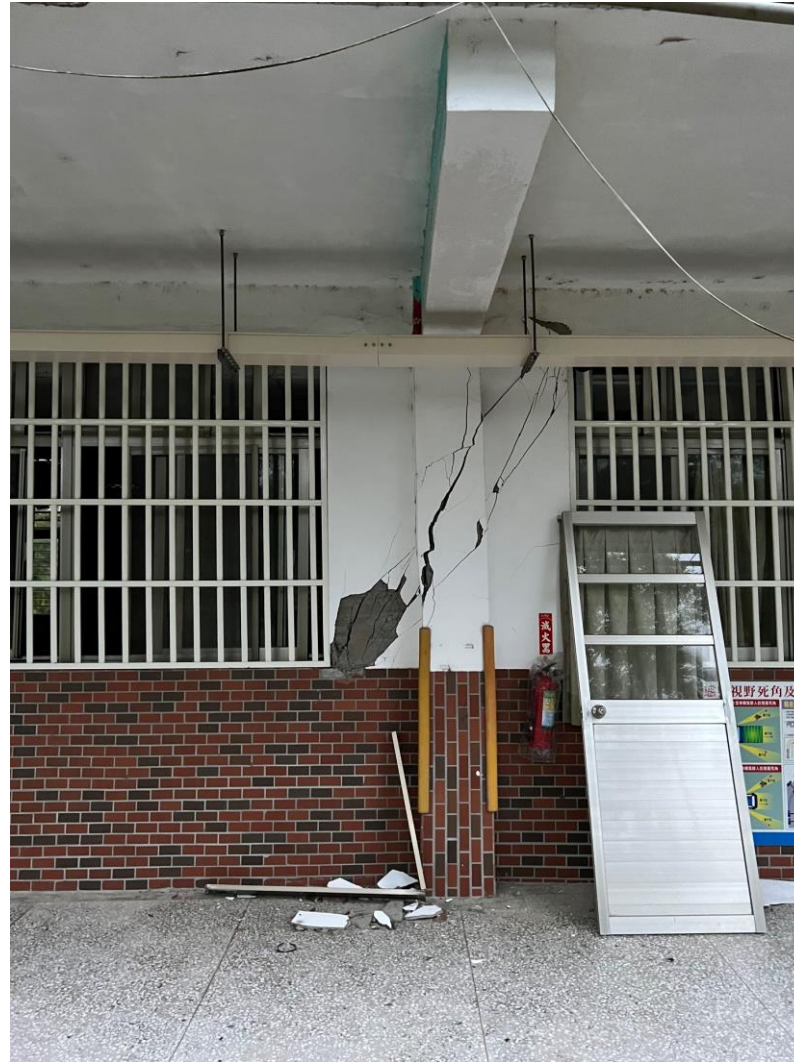


- 全長600m程度の自転車・歩行者橋。連続コンクリート単純桁橋。(1982年供用)
- クリープ変位を有する池上断層を跨ぎ、フィリピン海プレートとユーラシアプレート境界の直上に位置
- **一部の変位抑制装置が脱落や破壊**
- **左岸側の橋台と桁部の境界が圧縮破壊**
- 池上断層を跨ぐ区間は**鉛直50cm**、**水平70cm**の変位が見られたが、今回の地震によるものかは不明





- 台東線と省道9号線のオーバースタック。1997年竣工。
- 南北方向の変位は少ない一方で、**東西方向に強い圧縮挙動を受け、桁間部や橋台との接続部が破壊**



- グラウンドを南北方向に横切る形でクラックが伸びる
- 2階建て校舎の1階部にある複数のRC柱に大きなせん断ひび割れ→取り壊しが決定

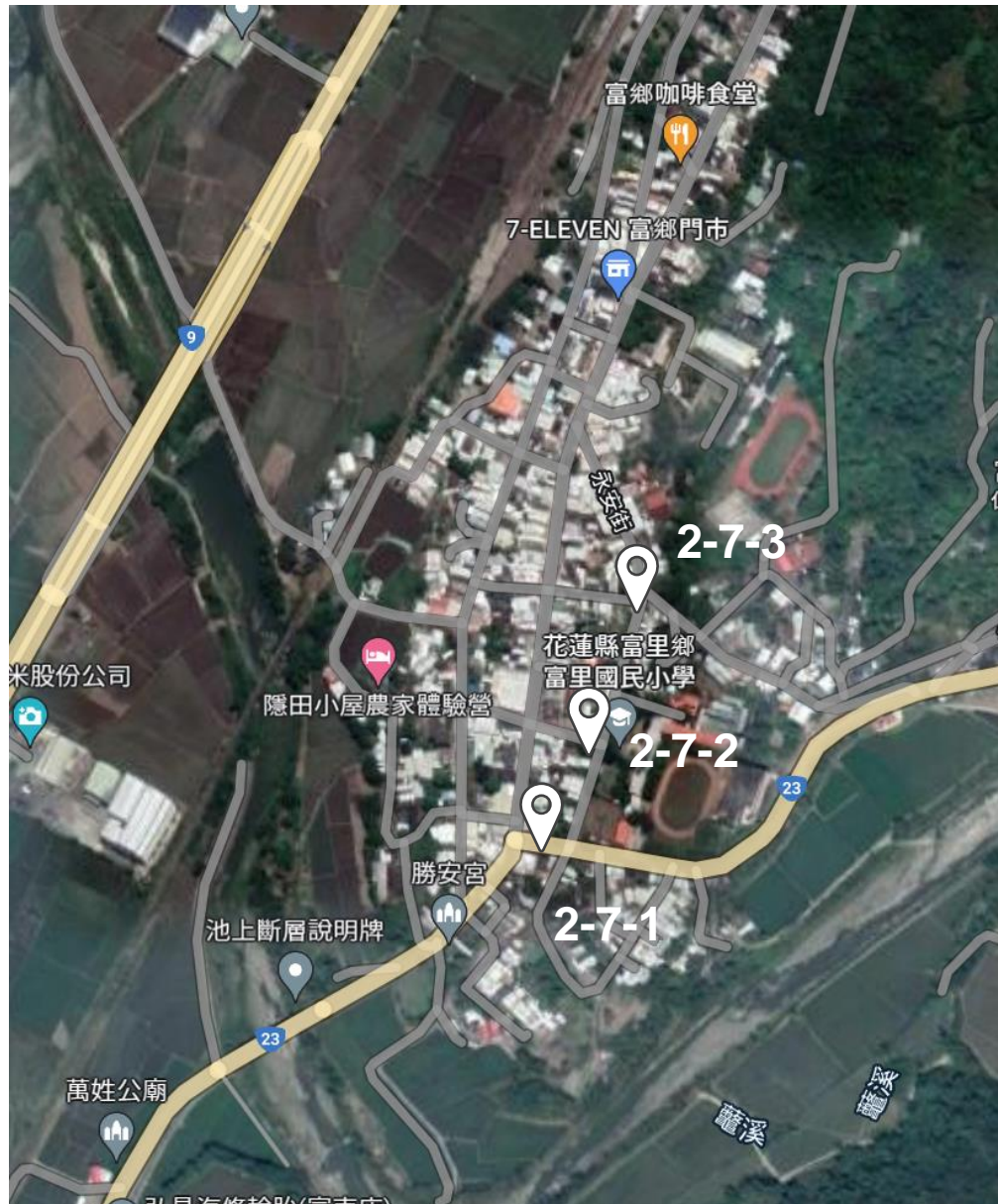


2-6-1 東側橋台部



2-6-2 中間部付近

- 1982年竣工のRC連続桁橋
- 東側橋台部が圧縮破壊
- 第1,2スパン間も部分的に圧縮破壊
- 第5,6スパン間が左横ずれ成分の変位
- 第8スパン以降が消失。橋脚はいずれも北向きにせん断破壊、転倒せん断破壊転倒



2-7-2 左横ずれ断層変位



2-7-3 アスファルトと古い平屋の被害



- 市街地内を走る左横ずれ断層の変位による舗装や古い平屋の被害が目立つ
- 断層変位を受けなかった地域では地盤・構造物被害は少ない



2-8-3 棚田の畦の部分的崩壊



2-8-4 アスファルト舗装の亀裂



2-8-5 パイプ周辺の噴砂





2-9-3 鋼板巻立部より上の橋脚残留変位

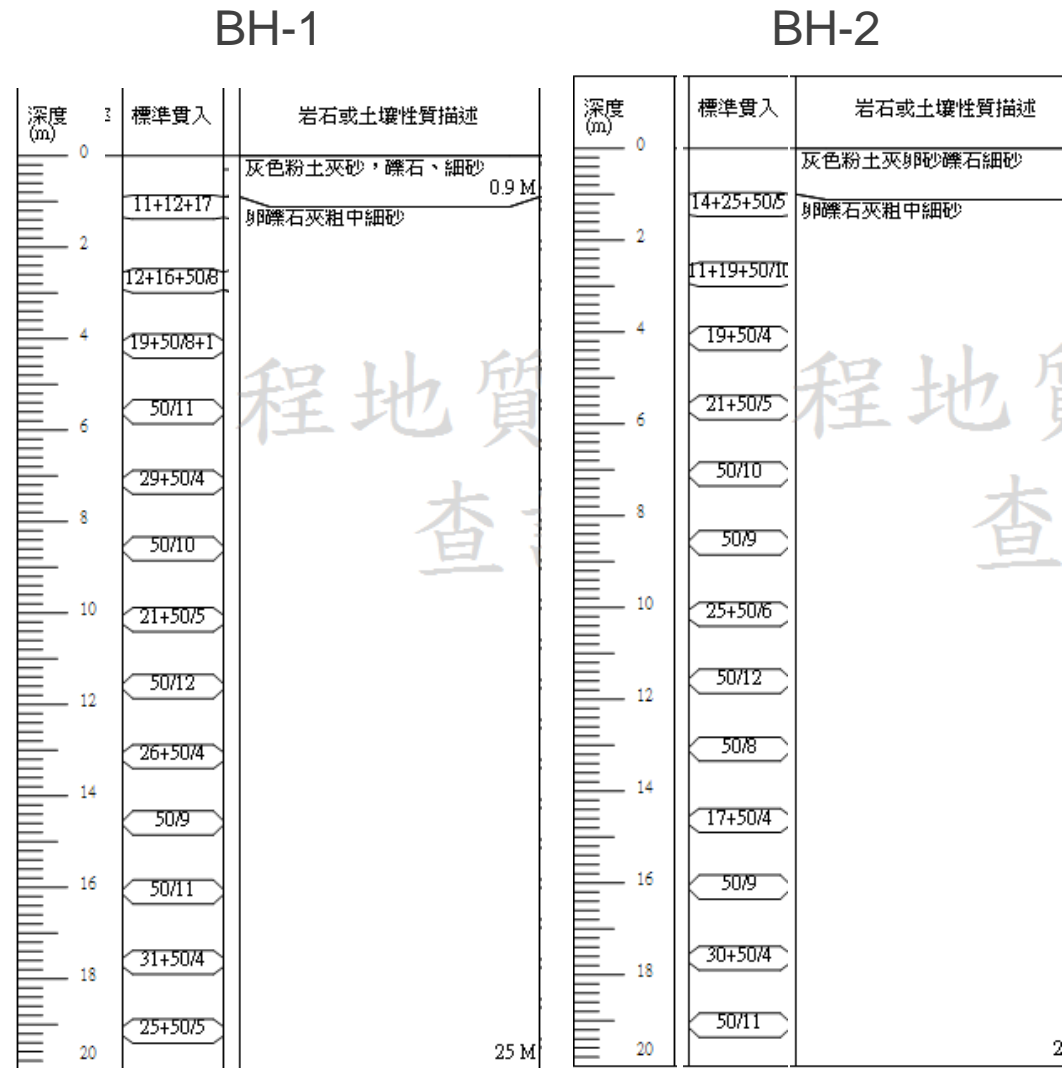
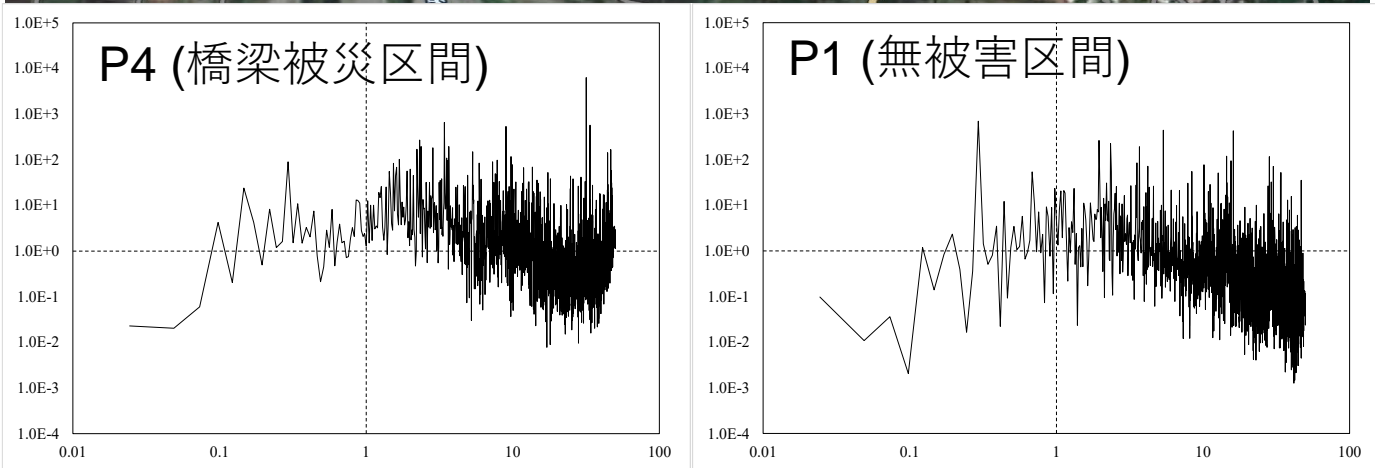


2-9-4 スイカ畑内の断層変位

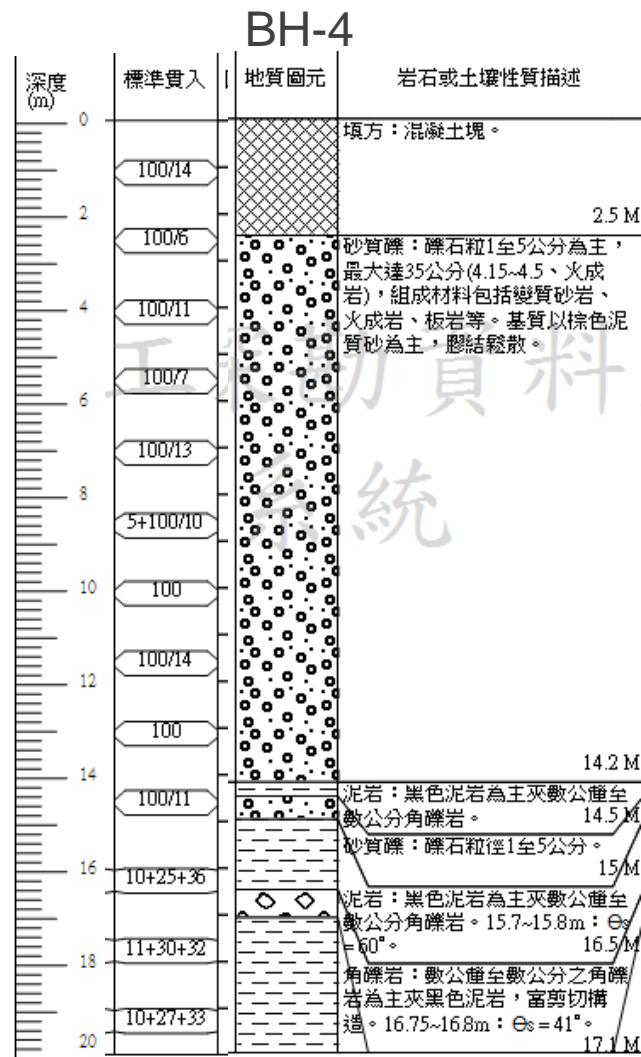
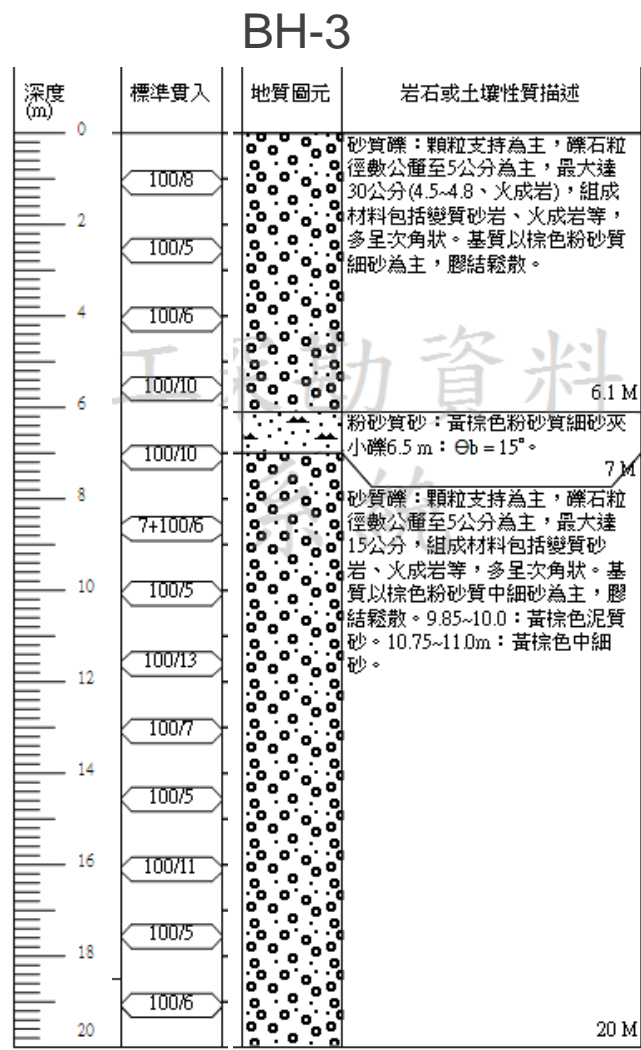
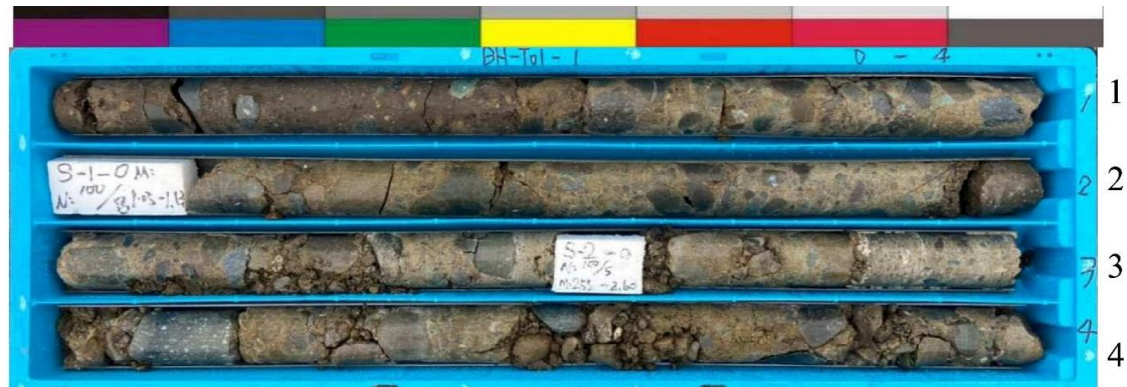


2-9-5 橋脚のせん断破壊





Source: [工程地質探勘資料庫](#)



Source: 工程地質探勘資料庫

日本

1980年：道路橋示方書の耐震設計編の策定

1995年：兵庫県南部地震

1996年：耐震設計編の全面的改定

台湾 (EERI, 2022)

- 1960年：中国工学会が発行する技術者マニュアルに載っている地震係数の利用を推奨
- 1987年：**道路橋示方書の策定**。震度法による水平地震力計算が盛り込まれた
- 1995年：**道路橋示方書の改定**。レベル2地震動の概念を導入
 - 小中規模の地震に対しては、弾性域に変形をとどめる
 - 大規模の地震に対しては、橋梁の全部あるいは一部の崩壊を回避する(せん断変形や脆性破壊は許容しない)
- 2000年：**道路橋示方書の再改定**。地震ゾーニングや応答スペクトルの概念を盛り込み。水平地震力については建築の耐震設計法と同じように3つのレベルを策定
 - MSF：最低地震力、50年以内に80%の超過確率
 - DBE：設計基準地震動、50年以内に10%の超過確率
 - MCE：最大考慮地震動、50年以内に2%の超過確率

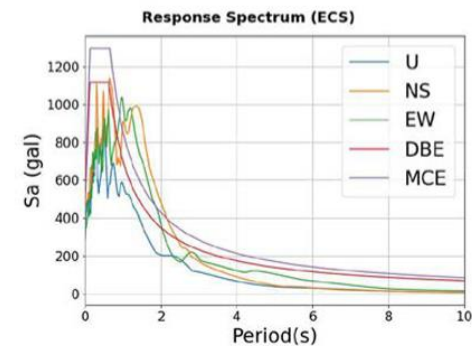
1982年 崙天大橋

1991年 高寮大橋

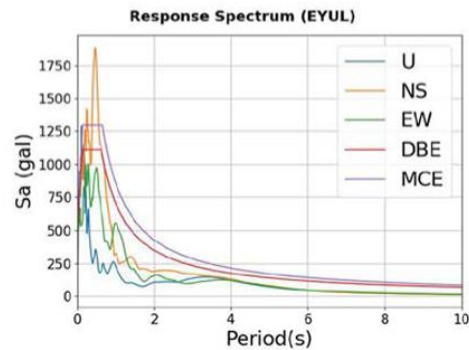
1997年 玉長大橋

1997年 長富大橋

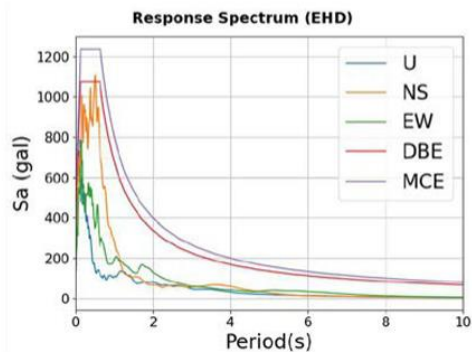
2007年 新秀姑巒溪橋



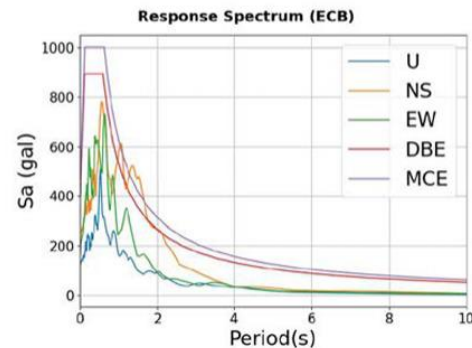
(a)



(b)



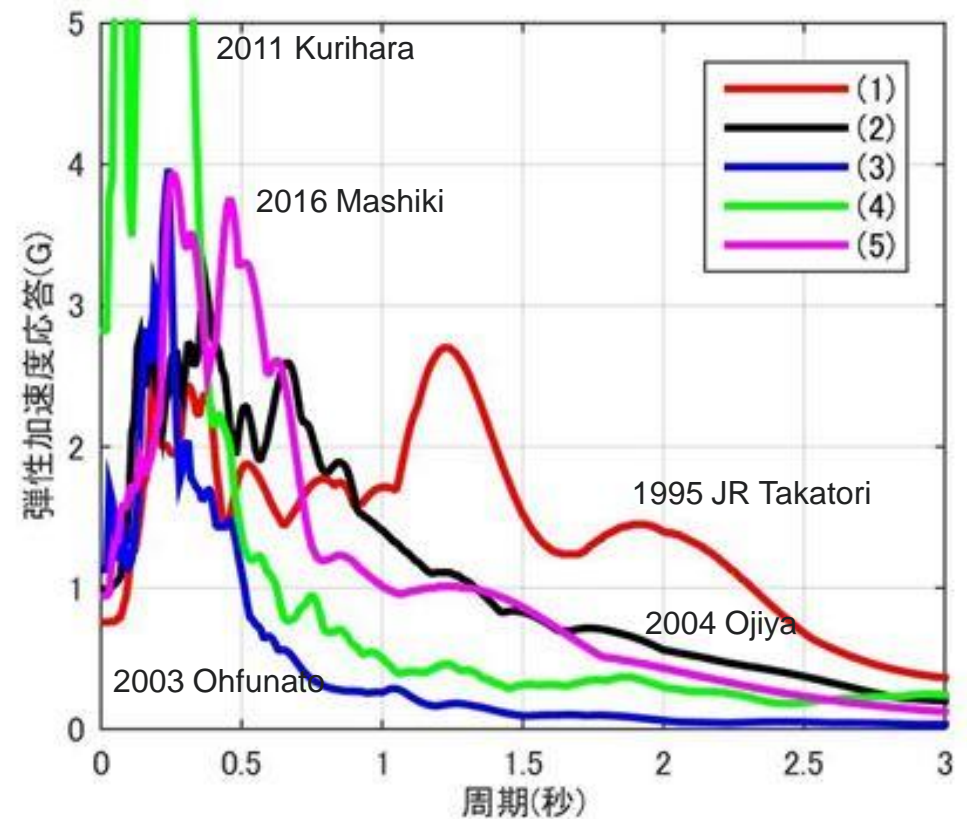
(c)



(d)

Source: [EERI](#)

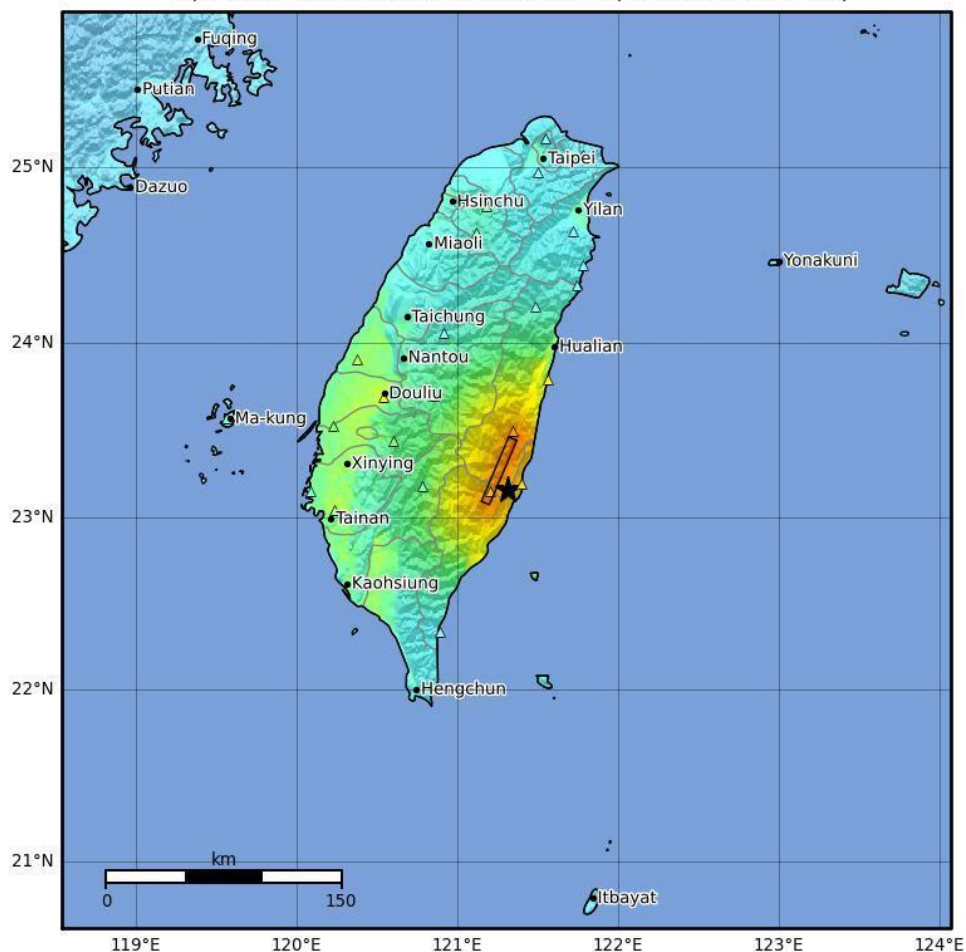
- NS component of PSa at Yuli and Haiduan seismic station exceeded Design Basis Earthquake (設計基準地震動, DBE)
 - The one at Yuli station also exceeded MCE (想定最大地震動, Maximum considered event)



- (1) 1995年阪神・淡路大震災 (JR鷹取)
- (2) 2004年新潟県中越地震 (小千谷)
- (3) 2003年宮城県沖地震 (大船渡)
- (4) 2011年東日本大震災 (栗原)
- (5) 2016年熊本地震 (益城)

補足資料

Macroseismic Intensity Map USGS
ShakeMap: 86 km SE of Lugu, Taiwan, TW
Sep 18, 2022 06:44:14 UTC M6.9 N23.16 E121.32 Depth: 10.0km ID:us7000i90q



SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based on Worden et al. (2012)

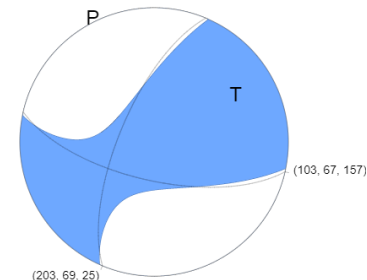
Version 8: Processed 2022-10-16T04:00:08Z

△ Seismic Instrument ○ Reported Intensity

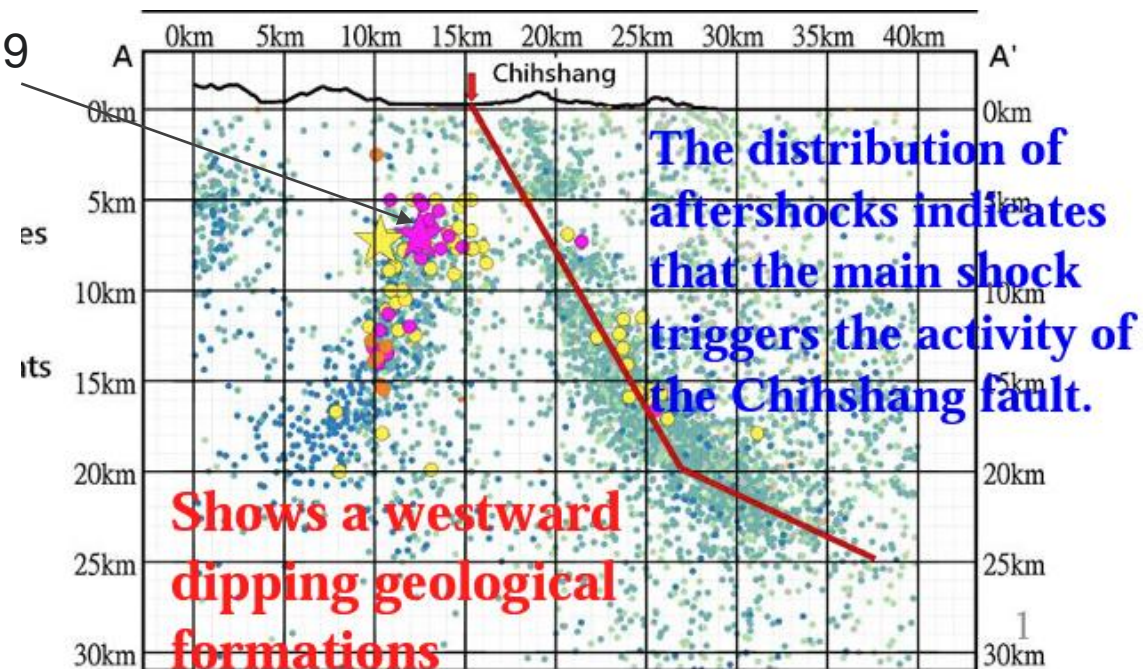
★ Epicenter □ Rupture

Source: [USGS](https://www.usgs.gov/)

- Datetime: 14:44 on September 18th, 2022 (UTC+8)
- Magnitude: Mw 6.9
- Intensity: 6+(CWB), IX(MMI)
- Epicenter: 7km depth at N23.14, E121.20
 - Two possible fault mechanisms on the Philippine-Eurasia plate boundary
 1. A shallow WNW-dipping, SSW–NNE-striking sinistral fault
 2. A steep SSW–dipping, east-oriented oblique-dextral fault



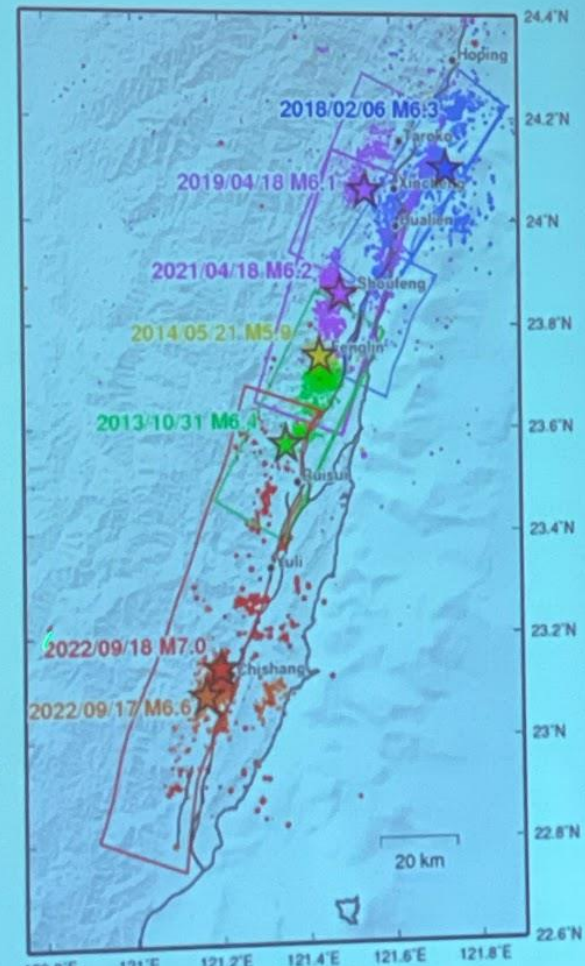
Mw6.9



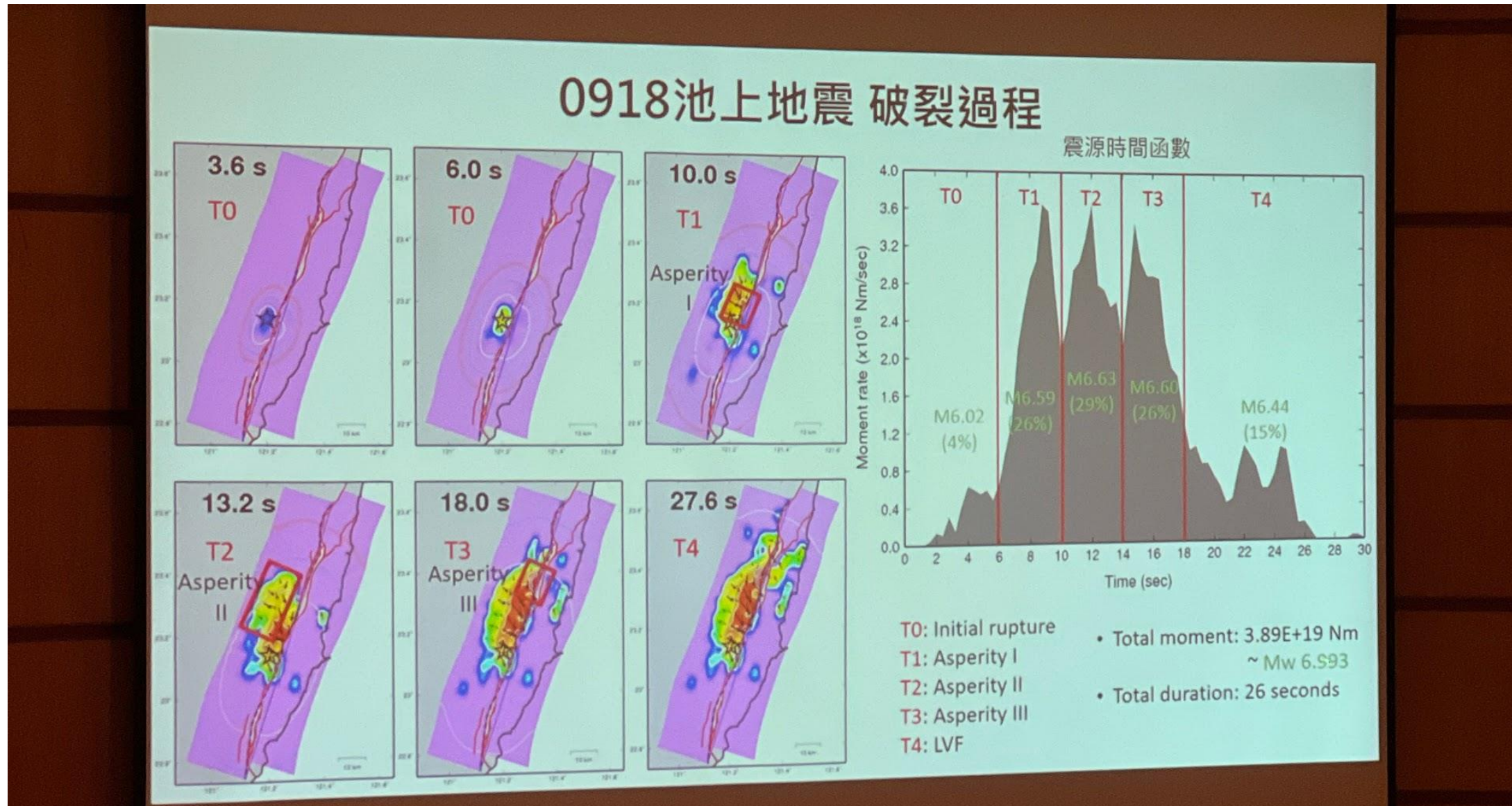
Source: [NCREE](https://www.ncree.gov.tw/)

近十年花東縱谷大規模地震的空間分布特性

時間	經度	緯度	深度	規模 Mw	走向	滑移	傾角
2018/02/06	121.73	24.10	6.31	6.4	215.7	56.4	25.6
2019/04/18	121.54	24.06	18.8	6.2	204.0	63.0	66.0
2021/04/18	121.48	23.86	13.9	6.2	199.9	52.6	53.7
2014/05/21	121.43	23.74	16.5	5.9	208.1	60.2	58.5
2013/10/31	121.35	23.57	15.0	6.5	209.2	59.4	51.4
2022/09/18	121.196	23.137	7.81	7.0	199.5	72.0	29.3
2022/09/17	121.161	23.084	8.61	6.6	205.0	61.3	46.6



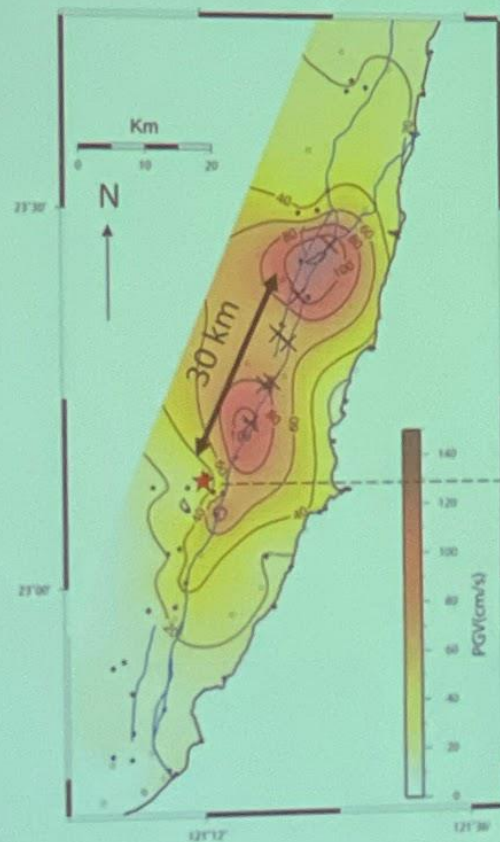
Mw 6~7 scale earthquake frequently hit the surrounding area along Chihshang and Hualian fault
Why no larger earthquake?



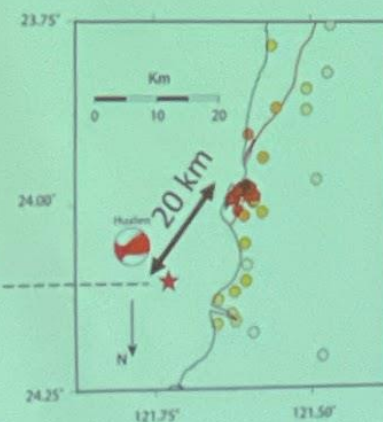
Earthquake fault rapture can be categorized into 5 phases.
 Fault rupture progressed in a NNE direction from the epicenter.

2022池上地震與2018花蓮地震PGV分佈相似

2022池上地震 M6.8



2018花蓮地震 M6.2



- 高PGV區域遠離震央區
- 高PGV區域與地表破裂位置一致
- PGV > 60 cm/s

(修改自Lin et al., GJI, 2020)

(災害位置來源：中央地質調查所)

13

Over 120m/s of peak ground velocity is estimated in the northern region from the epicenter.