

2016年2月6日台湾南部地震現地調査速報
Quick Report of Reconnaissance on Southern
Taiwan Earthquake, February 6, 2016

森 伸一郎, 愛媛大学
盧 之偉, 国立高雄第一科技大学
吳 明漢, 国立高雄大学
Shinichiro Mori, Ehime University
Chih-Wei Lu, National Kaohsiung First University of Science and Technology
Min-Hao Wu, National University of Kaohsiung

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

調査の概要 General Remarks of Reconnaissance

地震と被害の概要(出発前) Preliminary understanding based on TV news

6日午前3時57分ごろ(日本時間の午前4時57分ごろ)、台湾南部の高雄市を震源とする地震があった。震源の深さは16.7kmで、マグニチュードは6.4と推定された。台湾南部を中心に広い範囲で震度5級の揺れが観測され、震源から40km離れた台南市では、少なくとも7つのビルが被害を受け、現地映像によると、このうち16階建て(地下1階あり)のビルは建物全体が押しつぶされたように倒壊した。

■目的

1. 台南市およびその周辺での構造物・地盤の被害状況を把握する。
2. 高層建物崩壊の状況を視察し、地震動・地形・地盤・基礎・構造・材料の面から原因を探る。

■Objectives

1. To understand damage situation in and around Tainan City with regard to structures and geotechnical works
2. To observe the situations of collapsed buildings for understanding them from the viewpoints of earthquake motions, geology, structures, foundations, and materials

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

調査体制 Investigation Team

森 伸一郎, 愛媛大学 准教授
盧 之偉, 国立高雄第一科技大学 准教授
吳 明漢, 国立高雄大学 副教授
吳 亞哲, 国立高雄第一科技大学 修士学生(元・愛媛大学短期留学生)
郭士榮, SGS台湾檢驗科技股份有限公司材料暨工程実験室 大地技師
余鐘琦, 九春工業股份有限公司 工務部

Shinichiro Mori, Ehime University
Chih-Wei Lu, National Kaohsiung First University of Science and Technology
Min-Hao Wu, National University of Kaohsiung
Ya-Che Wu, National Kaohsiung First University of Science and Technology, Student
Shih-Rong Kuo, SGS Taiwan, Matrl & Engng Lab. Professional Geotechnical Engineer
Chung-Chi Yu, Wirup Industrial Co.,Ltd. Engineer

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

森の台南旅行行程, 2016年2月6日14-24時決定
Mori's Itinerary of trip for Tainan, fixed on Feb.06, 2016

Feb. 08, 2016
16:00 Matsuyama to Itami 16:50 by air (ANA)
21:25 Kansai to Taipei Taoyuan 23:40 by air (Ever)
26:00 Diary of Taipei Hotel-Main Station

Feb. 09, 2016
07:36 Taipei to Tainan 09:21 by Taiwan High Speed Rail
Investigation at heavily damaged site in terms of buildings and liquefaction
With Prof. Lu and two engineers, and Mr. Wu
18:00 Hotel Tainan

Feb. 10, 2016
07:30 to leave my hotel
Investigation in Tainan city in terms of buildings and geotechnical works
With Prof. Wu and Mr. Wu
18:37 Tainan to Taipei 20:24 by Taiwan High Speed Rail
21:00 Diary of Taipei Hotel-Main Station

Feb. 11, 2016
12:30 Taipei to Kansai 15:55 by air (Ever)
20:00 Itami to Matsuyama 20:55 by air (ANA)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

中央研究院大規模地震災害防治 策略建議書、中央研究院報告 No.13



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

台湾の地震環境
Seismicity in Taiwan

編號	地震名稱	日期	規模 (M _s)	死亡人數
1	牛心地震	1904/11/06	6.1	143
2	梅山地震	1906/03/17	7.1	1,258
3	南投地震系列	1916/08/28	6.8	71
		1926/11/15	6.2	
		1937/03/05	6.2	
4	關竹一臺中地震	1935/04/21	7.1	3,276
		1941/12/17	7.1	
5	中埔地震	1941/12/17	7.1	358
6	彰化地震	1946/12/05	6.1	74
7	巔谷地震系列	1951/10/22	7.3	85
		1951/10/22	7.1	
		1951/11/25	6.1	
		1951/11/25	7.3	
8	蘇澳地震	1958/08/15	7.1	16
9	台北地震	1964/01/18	6.3	106
10	瓜拉地震	1986/11/15	6.8	13
11	嘉義地震	1990/09/21	7.3	2,425

年間22,000個の地震が発生し、有感地震は600個となる。台湾での大規模地震はM7級の浅層地震であり、過去100年間の被害地震は、1906年梅山地震、1935年新竹-台中地震、1999年集集地震の3つである。震は1999集集地震で3度調査。

http://www.sinica.edu.tw/advice/advice_earthquake.pdf

Shinichiro Mori, Ehime University

フェイスブックを通じて得たトリガー情報

Triggering information obtained through the Facebook on February 6th

2016年2月6日 8:08

Masahiro TaniguchiさんがShinichiro Moriさんを2016年2月6日台湾地震支援コミュニティ Taiwan earthquake: Relief workers' community in Japanに追加。→**認知** ★

2016年2月6日 12:55

Shinichiro Moriさんが【公開】官民協働危機管理クラウドシステムさんのリンク <http://grapee.jp/139391>

台湾南部でM6.4の地震 多数のビルが倒壊し被害は甚大(2016.2.6)

→**桂冠金龍大橋の詳細な被害の写真** ★★

2016年2月6日 13:18

Hongjun Si投稿、13:27森反応→**6棟以上の建物倒壊分布図** ★★

→現地調査決心→14:30飛行機発券、18:30台湾新幹線発券、25:30Hotel予約

2016年2月8日~11日 現地調査

2016年2月12日 20:01 速報会開催案内

2016年2月16日 速報会(愛媛大学)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

最初に得た6棟の建物倒壊情報 First information about six collapsed buildings



2016年2月6日
13:18
Hongjun Si投稿
13:27
森反応

フェイスブックを通じて森が得たテレビニュースの画面の倒壊建物分布
TV-news collapsed building distribution map obtained by Mori through the Facebook on February 6th

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

地震と地震動

Earthquake and Strong Motions

■地震

過去100年で3度の被害地震。
歴史的にはマグニチュード7級が最大。
マグニチュード6級でも死者・被害が発生する。(直下で浅いから)
今回の地震も震央は旗山断層に近いが、余震は台南市に集中。台南直下でも本震時に動いた可能性がある。

■地震動

震度は、日本の旧・気象庁震度とほぼ同じ。
震度6は草嶺のみ。草嶺は、1999集集地震で大規模地すべりのあったところ。
震度5の地点は連続しており、被害のある台南市でも震度5。
震度5でも加速度で200cm/s²前後のもの、速度で20cm/s前後のものから、その半分程度のものであり、前者は震度5強、後者は震度5弱程度と思われる。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



台湾の地形と活断層 Geography and Active Faults

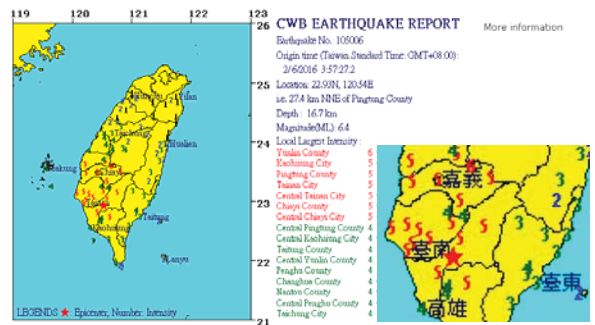
台湾島は南北に長く東西が狭い形状で、地勢は東高西低であり、山地、丘陵地が全島面積の2/3を占める山岳中心の地形である。ユーラシアプレートとフィリピン海プレートが交差する地点に位置し、隆起活動により山脈が形成され、台湾島を南北に縦断している中央山脈を中心とし、東西に丘陵地、台地、沖積平野が分布している。この丘陵地・台地と沖積平野の境界付近に南北走向の活断層が分布する。
平坦な地勢の大部分は西側に集中し、南西部には台湾最大の平原である嘉南平原が広がる。今回の地震は嘉南平原に接する丘陵地で発生し、強い揺れは、嘉南平原の中央の嘉義・台南・高雄の3市に広がっている。

經濟部中央地質調査所
<http://fault.moeacgs.gov.tw/MgFault/Home/pageMap?LFun=2>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

震度分布 Seismic intensity distribution

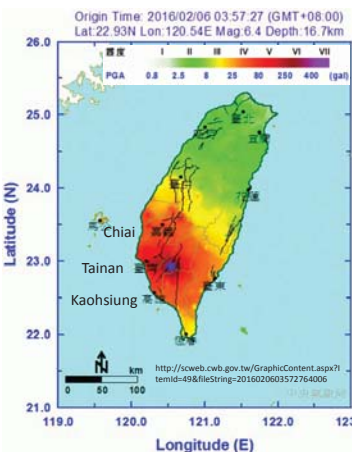


台湾の震度5は日本の気象庁震度の5弱、5強に相当する。震度5強では被害や液状化が見られるが、震度5弱ではほとんどない。

Intensity 5 in Taiwan CWB scale corresponds to Intensity 5+ and 5- in JMA scale. In Japan, damages and liquefaction are observed in 5+ region but quite few in 5- region.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



震度コンター図 Contour map of seismic intensity

前ページの観測点のデータに基づいて、オレンジ色が震度4、赤色が震度5、赤紫色が震度6と、グラデーションで描かれていると判断する。

台南付近が赤く震度5であるのがわかる。

Orange color corresponds to intensity 4, red color to intensity 5, reddish purple to intensity 6. Mapped with gradation of such basic color correspondence.

You can find red around Tainan.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

基本地震諸元 Basic Earthquake Properties

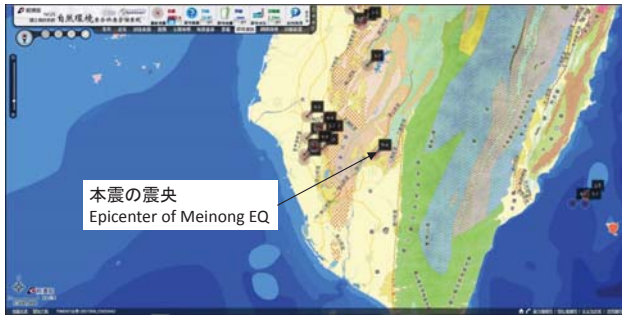
中央気象局地震測報中心 第006号有感地震報告		雲林縣地區最大震度 6級	高雄市地區最大震度 5級
發震時間:	105年2月6日 3時57分27.2秒	草嶺 6	旗山 5
震央位置:	北緯 22.93°	古坑 5	甲仙 5
	東經 120.54°	四湖 5	桃源 5
震源深度:	16.7 公里	斗六市 4	高雄市 4
芮氏規模:	6.4		
相對位置:	屏東縣政府北偏東方 27.4 公里 (位於高雄市南側區)	臺南市地區最大震度 5級	嘉義縣地區最大震度 5級
Occurrence	2016-02-06 3:57:27.2"(UTC+8)	楠西 5	草山 5
Epicenter	Longitude 120.54 deg.	永康 5	六腳 5
	Latitude 22.93 deg.	善化 5	阿里山 5
Depth	16.7 km	臺南市 5	大埔 4
Magnitude	6.4 (ML)	佳里 5	
Location	Meinong District, Kaohsiung Cti	七股 5	嘉義市地區最大震度 5級
		新化 5	嘉義市 5
		東山 4	

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

本震と余震の震央（地質図に描画）

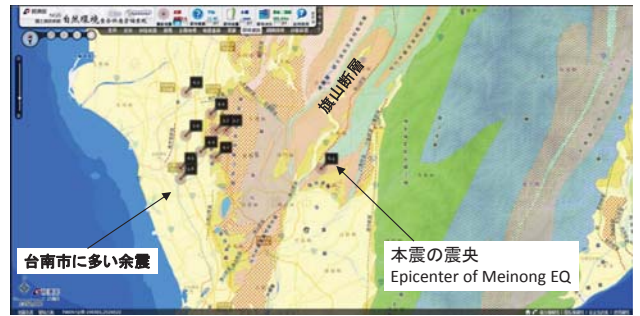
Epicenters of main and aftershocks in geological map



台湾地質調査所のWEB-GISで表示した台湾の地質と今回の震源等
<http://ngis.moea.gov.tw/NgisFxWeb/default.aspx> Courtesy of Dr. Ohsato
 Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

本震と余震の震央（地質図に描画）

Epicenters of main and aftershocks in geological map



台湾地質調査所のWEB-GISで表示した台湾の地質と今回の震源等
<http://ngis.moea.gov.tw/NgisFxWeb/default.aspx> Courtesy of Dr. Ohsato
 Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

台南市・高雄市付近の活断層

Active faults near Tainan and Kaohsiung Cities



M>3の余震は台南市で起きている。 Aftershocks of M>3 locate in Tainan city.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

旗山断層

Qi-shan Fault



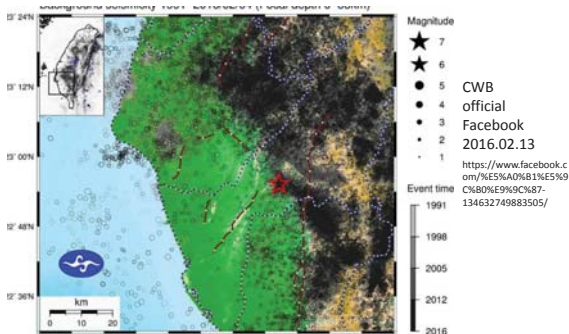
今回の地震の震央は、旗山断層の北東側延長上に位置する。

The epicenter of this earthquake locates on the north-eastern extension line of Qi-shan Fault.

<http://fault.moea.gov.tw/UploadFiles/files/OLD/ATSTR42/activefault/31-3.htm>
 Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

1991年～2016年2月4日 高雄美濃地震以前の地震分布

Distribution of earthquake epicenters between 1991 and 2016-02-04



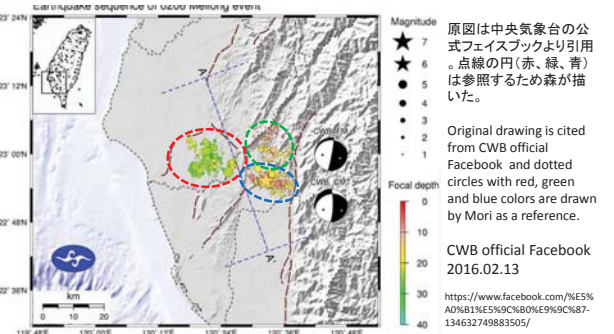
本震(美濃)の震央では地震が発生していたが、第2余震域には地震がほとんどない。

Aftershock region of this earthquake has very few earthquakes before this event.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

2016年2月6日高雄美濃地震の余震分布

Distribution of strong earthquake motion observation sites in Taiwan



原図は中央気象台の公式フェイスブックより引用。点線の円(赤、緑、青)は参照するための森が描いた。

Original drawing is cited from CWB official Facebook and dotted circles with red, green and blue colors are drawn by Mori as a reference.

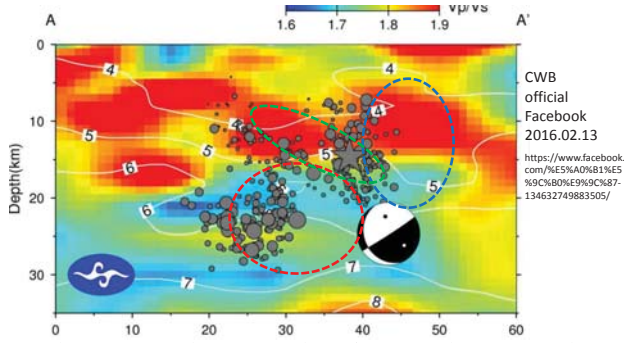
CWB official Facebook 2016.02.13

<https://www.facebook.com/%E5%AD%B1%E5%99%A0%E9%9C%87-134632749883505/>

本震(美濃)★周辺の余震群(青で囲む)、その北の余震群(緑で囲む)のほか、台南市側の余震群(赤で囲む)がある。これらは、A-A'断面図を併せてよくわかる。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

2016年2月6日高雄美濃地震の余震分布
Distribution of strong earthquake motion observation sites in Taiwan

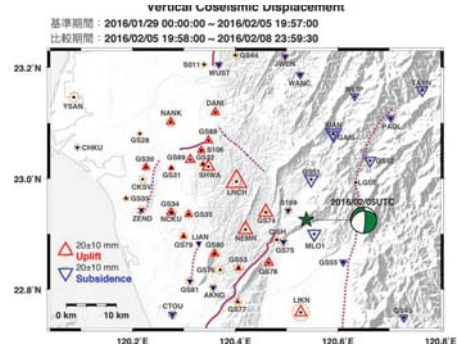


本震(美濃)周辺の余震分布は7-20kmに分布するが、第2余震分布は15-27kmに分布する。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

2016年2月6日高雄美濃地震前後の鉛直変位
Distribution of strong earthquake motion observation sites in Taiwan



旗山断層より東北東は沈降、西南西は隆起

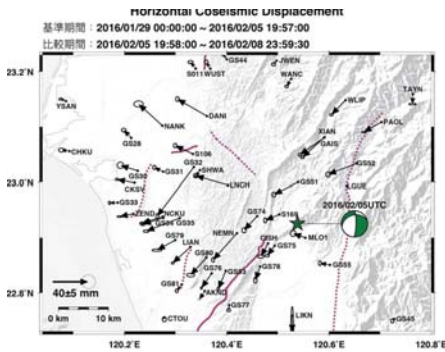
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

CWB official Facebook 報地震 2016-02-10

<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%9C%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

2016年2月6日高雄美濃地震前後の水平変位
Distribution of strong earthquake motion observation sites in Taiwan



旗山断層より西側が西方向に変位。震央より北側は北方向に、南側は南方向に変位成分

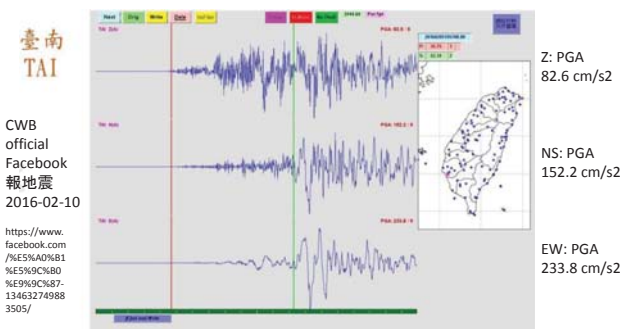
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

CWB official Facebook 報地震 2016-02-10

<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%9C%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

台南市(TAI)における加速度波形
Acceleration time history at Tainan City (TAI)



旗山断層より西側が西方向に変位。震央より北側は北方向に、南側は南方向に変位成分

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

臺南 TAI

CWB official Facebook 報地震 2016-02-10

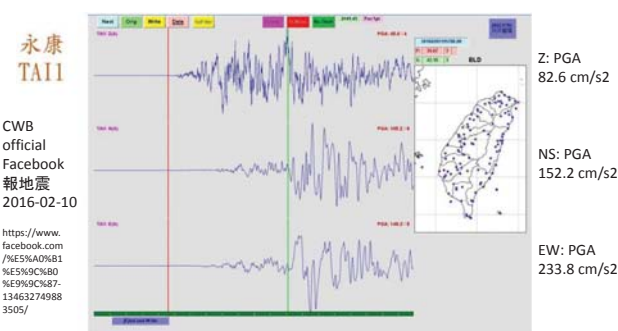
<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%9C%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

Z: PGA 82.6 cm/s²

NS: PGA 152.2 cm/s²

EW: PGA 233.8 cm/s²

台南市永康区(TAI1)における加速度波形
Acceleration time history at Yongkang District, Tainan City (TAI1)



旗山断層より西側が西方向に変位。震央より北側は北方向に、南側は南方向に変位成分

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

永康 TAI1

CWB official Facebook 報地震 2016-02-10

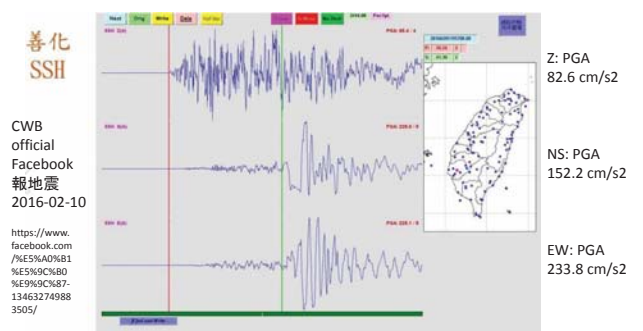
<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%9C%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

Z: PGA 82.6 cm/s²

NS: PGA 152.2 cm/s²

EW: PGA 233.8 cm/s²

台南市(TAI)における加速度波形
Acceleration time history at Tainan City (TAI)



旗山断層より西側が西方向に変位。震央より北側は北方向に、南側は南方向に変位成分

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

善化 SSH

CWB official Facebook 報地震 2016-02-10

<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%9C%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

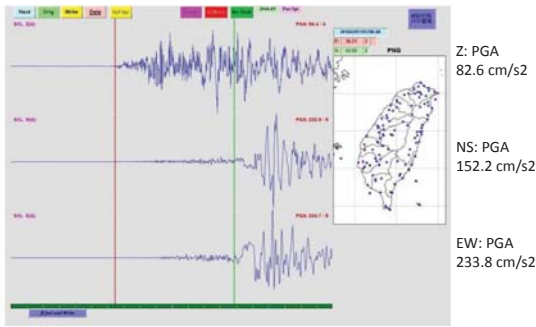
Z: PGA 82.6 cm/s²

NS: PGA 152.2 cm/s²

EW: PGA 233.8 cm/s²

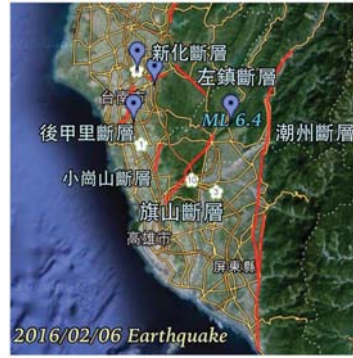
台南市(TAI)における加速度波形
Acceleration time history at Tainan City (TAI)

佳里
SCL



CWB official
Facebook
報地震
2016-02-10
https://www.facebook.com/%E5%9A%B1%E5%9C%B0%E9%87-134632749883505/

旗山斷層より西側が西方向に変位。震央より北側は北方向に、南側は南方向に変位成分
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University



Hsin-Chiang Liang
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

液状化による建物被害地域—台南市安南区北安路
Broad area of liquefaction-induced buildings
Bei-an Road, An-nan District, Tainan City



液状化被害 台南市安南区北安路:街路を挟んで向かい合う建物が**近づくように傾斜**し、挟まれた街路の舗装が隆起した。

Liquefaction-induced tilting of two buildings resulted as heaving of pavement of the path between the two, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

2016-02-09
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University

液状化被害

Damages due to liquefaction



- 地震前後の違い
- ・3階建物傾斜・沈下
 - ・倉庫ゆがみ
 - ・舗装隆起・亀裂
 - ・噴砂堆積

- Difference between before and after EQ
- Tilting and subsidence of a three-story building
 - Deformation of a storage house
 - Heaving of and fissures on path pavement
 - Ejected soil

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University



液状化による建物傾斜(1)
Tilting of two buildings due to liquefaction (1)



液状化被害 台南市安南区北安路惠安街:街路を挟んで向かい合う建物が**近づくように傾斜**し、挟まれた街路の舗装が隆起した。
Liquefaction-induced tilting of two buildings resulted as heaving of pavement of the path between the two, Hui-an Street, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University



液状化による建物傾斜(1)
Tilting of two buildings due to liquefaction (1)



液状化被害 台南市安南区北安路:街路を挟んで向かい合う建物が**近づくように傾斜**し、挟まれた街路の舗装が隆起した。
Liquefaction-induced tilting of two buildings resulted as heaving of pavement of the path between the two, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016 Shinichiro Mori, Ehime University



液状化による建物傾斜(2) Tilting of two buildings due to liquefaction (2)

Tilt=7.2/100 2016-02-09



液状化被害 台南市安南區北安路: 街路を挟んで向かい合う建物が遠ざかるように傾斜し、挟まれた街路の舗装が隆起した。

Liquefaction-induced tilting of two buildings resulted as heaving of pavement of the path between the two, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



液状化による建物傾斜(3) Tilting of two buildings due to liquefaction (3)

2016-02-09



液状化被害 台南市安南區北安路惠安街: 建物が液状化で沈下傾斜した。前の街路の舗装が隆起した。

Liquefaction-induced tilting of a building, and heaving of pavement of a path covered by ejected soil observed, Hui-an Street, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



2016-02-09
台南市安南區北安路惠安街
Hui-an Street, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

液状化による建物傾斜(3) Tilting of two buildings due to liquefaction (3)



建物端部に沿う亀裂より噴出した土
Soil ejected from fissures along the edge of a building.
光沢のある噴砂表面と噴砂口の内側斜面が急なのは細粒分含有量が多いことを示唆している。
Shiny surface of ejected soil and steep slope of inside of the mouth of eruption implies rich fine content in the soil.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

液状化による建物被害 Damage to a house due to liquefaction



液状化被害 台南市安南區北安路: 沈下傾斜した建物の周囲には液状化噴砂が見られた。

Liquefaction and associated damage to buildings and houses, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

低塑性シルト質砂の液状化 Liquefaction of low plastic silt

2016-02-09



液状化被害 台南市安南區北安路
沈下傾斜した建物の周囲には液状化噴砂が見られ、噴砂は低塑性シルト質砂であった。細粒分の多い噴砂は保水性が高く、少しの手による振動で液状化状態となる。



Liquefaction and associated damage to buildings and houses, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City
Soil eruption was observed around a house deformed by uneven subsidence due to liquefaction.
Ejected soil is probably classified to low plastic silty sand, which can keep water inside and so is easy to liquefy by slight hand vibration.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

2016-02-09

液状化による建物被害 Damage to a house due to liquefaction



液状化被害 台南市安南區北安路: 沈下傾斜した建物の周囲には液状化噴砂が見られた。

Liquefaction and associated damage to buildings and houses, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

液化化による建物被害地域—台南市安南区北安路 Broad area of liquefaction-induced buildings Bei-an Road, An-nan District, Tainan City



2016-02-09

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

液化化被害 台南市安南区北安路: 街路を挟んで向かい合う建物が近づくように傾斜し、挟まれた街路の舗装が隆起した。

塩水川から120m離れて道路に河川平行亀裂

Liquefaction-induced tilting of two buildings resulted as heaving of pavement of the path between the two, Bei-an Road, An-nan District, Tainan City

Shinichiro Mori, Ehime University

揺れによる建物被害

Damage to Houses and Buildings due to Strong Motions



維冠金龍大樓16階

旺林ホテル10階

京城銀行11階

南洲里2階建物

南洲里煉瓦造平屋

玉井國中3階校舎



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

台南市永康區永大路二段國光五街 Guoguang 5th Street, Yong-Da Road, Yongkang District, Tainan City

被害状況と破壊原因の議論 Damage situation and observation and discussion of the causes of the collapse

マスメディアで報告されている一斗角の埋め込みは見られたが、ごく一部であり、埋め込まれた主要構造部材ではない可能性がある。全体のコンクリート量から見れば、僅かであり、ズサンな施工と見たくなるが、見た目を良くして重量を軽減するための昔からの台湾での慣行という説明がなされ、ある程度納得できる。

倒れた際に建物の下側については観察が不可能であるが、そうでないところは、柱・梁に着目して、特に損傷のあるところは注意深く見ました。破損によって露出している鉄筋が多いが、鉄筋の状態は極めてよく有害な錆などはほとんど見られない。決定的なのは、

- (1) 主筋に比較して帯鉄筋の量(断面積、本数)が圧倒的に少ない。
 - (2) 帯鉄筋(スタラップ)の定着が90度フックであり、簡単に外れやすい。
- この2つだけで地震時に繰り返し曲げと圧縮引張が作用した場合、柱の圧縮耐力が著しく小さくなり、一気に破壊する可能性が高い。それに加えて、
- (3) 柱の主筋が太い。(D32程度でしょうか。)これはコンクリート断面を抑制するためでしょうか。その結果として、
 - (4) 柱梁の接合部には柱と梁の鉄筋が多く交錯している。その結果、コンクリート断面が一層少なくなっている。
 - これらによって、骨組みとしての強度は設計で期待するものが実現できないのではないのでしょうか。また、
 - (5) 柱の主筋の接合部が1階床面に位置し、カップラーを用いた機械式継手であったが、多くが上側の鉄筋が抜けていた。一部に破断しているのがあった。これは、建物の柱の圧縮破壊により破断して回転しようとする際に、自然に生じる引張に対して反対側の柱体引張に抵抗するように牽制しようとするが、この引張抵抗が小さいとやはり回転が準備転倒してしまう。さらに、破断したものは、破断は問題となるものではない。他の理由で回転運動が進めば抵抗できるレベルではないからである。
 - (6) コンクリートの打ち継ぎ目と同じ位置に、鉄筋の溶接による継手が見られた。主要な構造かどうかを厳密に検討する必要がある。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



現地調査前の
の入手情報

2016-02-07

<http://grapee.jp/139391>

維冠金龍大樓倒塌事故, 是發生在2016年2月6日上午03時57分, 在臺灣臺南市永康區永大路二段與國光五街交叉的一處住商混合社區大樓

維冠金龍ビル倒壊事故, 2016年2月6日午前3時57分、台湾台南市永康区永大路二丁目と国光5番街の交差点の住居商業混合のビル

Collapse of Weiguan Jinlong building: Residential and commercial building at the crossing of Yong-dalu 2nd road and Guoguang 5th street

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

An example of typical collapsed high rise buildings 典型的な崩壊高層建物の一例



この崩れ方はひどい。1999トルコ・コジャエリ地震や1999台湾集集地震の際と同じ壊れ方です。せん断補強筋の不足と鉄筋の定着の不足が原因と推察される。

This pattern of collapse is so bad. This is very similar to the typical damage of high rise buildings. Shortage of stirrup and shortage of anchoring of main rebar in reinforced concrete in beams and columns.

(南華中文网讯) 台湾方面的地震专家表示, 初步了解, 高雄美浓县2月6日凌晨发生的6.4级地震, 与附近活动断层无关, 主要是地壳下米般中央地质调查所标记的“盲断层”所致, 盲断层多处出现的隆起和错动现象, 可能与地震的远程效应、当地所受震度, 以及地壳本身的反震有关。
<http://www.nantao.com/sc/hk-macau-tw/152854479018746/fen-xi-tainan-di-zhen-huo-yin-mang-duan-ceng-suo-zhi-gao-lou-dao-ta-ke-guan-san-da-yin-su>

現地調査前の
の入手情報

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠金龍大樓(Weiguan Jinlong Dalou) 棟配置



中視(CTV) http://www.ettoday.net/live_event/37.htm

コ(こ)の字, または、π(ぱい)の字の形の棟配置
A~F棟が一行に並び、その列の両側に位置するA棟とG棟にそれぞれH棟と棟が直角に配置されていた。A~F棟が一行になり、H棟・I棟が接続する方向と反対方向に転倒した。転倒方向のA~F棟の柱の破壊が転倒のトリガーになったと推察されるので、この実態を知る必要がある。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠金龍大樓 (Weiguan Jinlong Dalou) 転倒状況



16階集合住宅で「コ」の字型の平面形で、字の縦棒側に転倒。

字の2本の横棒には、H棟とA棟、I棟とG棟があり、A棟とG棟は、その上にH棟とI棟が倒れこんでおり、それらに押し潰されるようになっており、形を留めていない。

救出された人は、H棟とI棟および、B~F棟の上半分からであって、A棟は最も厳しい、と市当局は発表した。

中視(CTV) 中国電視公司(China Television Company, Ltd.) 台湾CTVより

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠金龍大樓の転倒前の姿 Weiguan Jinlong Dalou before collapse



2015-05 Google Street View
 ・16階建と言われる。
 ・東側中央部は13階(1.5階分) 商業施設のため
 ・この写真の手前方向に倒れた。
 ・南側：1階最外縁と上階の外縁とは同一面である。
 左下の隣の店舗内の土間で微動測定した。(2016.2.10)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



高層建築の崩壊 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou Recognition of A and H portions

2016-02-09 Mori
 A棟の1階部分中間柱(▲)が先行して圧縮破壊もしくは座屈して崩壊したと推察される。
 It seems that the intermediate column of A almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
 Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部 (14-15階) 維冠大樓 The column-beam joint between 14th and 15th floors Weiguan Dalou



ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
 Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部 (14-15階) 維冠大樓 The column-beam joint between 14th and 15th floors Weiguan Dalou



ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
 Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（13-14階）維冠大樓

The column-beam joint between 13th and 14th floors
Weiguan Dalou



ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（12-13階）維冠大樓

The column-beam joint between 12th and 13th floors
Weiguan Dalou



タイルが剥落して、コンクリートも破壊、剥落している。露出した鉄筋のうち、曲げ加工部で破断しているのが認められる。
Tiles were spalled and concrete was broken to pieces around column-beam joint. A piece of rebar was broken at the bent portion there.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（11-12階）維冠大樓

The column-beam joint between 11th and 12th floors
Weiguan Dalou



露出した鉄筋をよく見ると、柱の主筋が接合部内で破断しており、梁の主筋も定着が実現できていないように見える。接合部パネルがせん断変形している。

A main rebar of column was broken in the joint panel. Rebars of a beam seemed to have insufficient anchorage length. The joint panel suffered shear deformation.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（10-11階）維冠大樓

The column-beam joint between 10th and 11th floors
Weiguan Dalou



露出した鉄筋をよく見ると、柱の主筋が接合部内で破断しており、梁の主筋も定着が実現できていないように見える。接合部パネルがせん断変形(0.118)している。

A main rebar of column was broken in the joint panel. Rebars of a beam seemed to have insufficient anchorage length. The joint panel suffered shear deformation (0.118).

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（9-10階）維冠大樓

The column-beam joint between 9th and 10th floors
Weiguan Dalou



柱-梁の接合部が完全に破壊しており、せん断変形は0.212に達している。梁の定着は接合部内だけで取られようとしており定着長が不足しており、スカーフや帯鉄筋は見えず、接合部の強度は期待できない。

A column-beam joint panel is in complete failure. Its shear deformation reaches at 0.212. Anchorage length of beams main rebar is too short, and stirrups or lateral ties cannot be recognized, so the strength of the joint panel cannot be expected.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（8-9階）維冠大樓

The column-beam joint between 8th and 9th floors
Weiguan Dalou



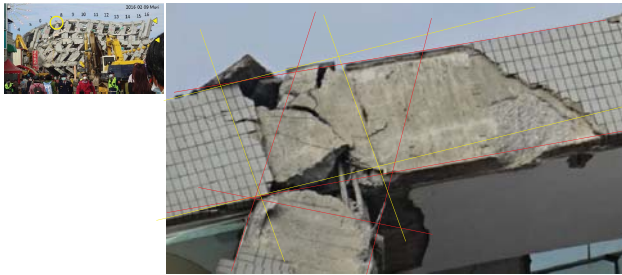
柱-梁の接合部が完全に破壊しており、せん断変形は0.212に達している。梁の定着は接合部内だけで取られようとしており定着長が不足しており、スカーフや帯鉄筋は見えず、接合部の強度は期待できない。

A column-beam joint panel is in complete failure. Its shear deformation reaches at 0.212. Anchorage length of beams main rebar is too short, and stirrups or lateral ties cannot be recognized, so the strength of the joint panel cannot be expected.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱-梁接合部（7-8階） 維冠大樓
The column-beam joint between 7th and 8th floors
Weiguan Dalou



柱-梁の接合部が完全に破壊しており、梁の主筋の定着が完全に破壊している。
A column-beam joint panel is in complete failure. Anchorage of rebar arranged at upper end of beams.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱鉄筋（3-4階） 維冠大樓
Reinforcement bar arrangement in a column
between 3rd and 4th floors, Weiguan Dalou



柱-梁の接合部が完全に破壊しており、梁の主筋の定着が完全に破壊している。
A column-beam joint panel is in complete failure. Anchorage of rebar arranged at upper end of beams.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱帯鉄筋（3-4階）の定着詳細 維冠大樓
Anchoring of lateral tie bar in a column between 3rd
and 4th floors, Weiguan Dalou

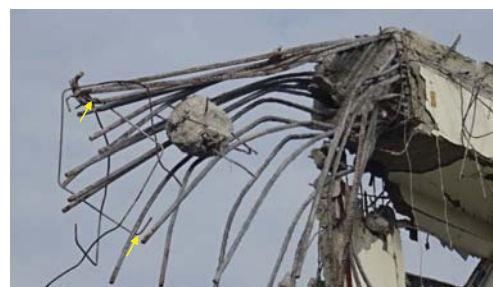


柱-梁の接合部が完全に破壊しており、梁の主筋の定着が完全に破壊している。
A column-beam joint panel is in complete failure. Anchorage of rebar arranged at upper end of beams.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

柱鉄筋（1-2階） 維冠大樓H棟
Anchoring of lateral tie bar in a column between 1st
and 2nd floors, Weiguan Dalou H Tower



柱-梁の接合部が完全に破壊しており、梁の主筋の定着が完全に破壊している。
A column-beam joint panel is in complete failure. Anchorage of rebar arranged at upper end of beams.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

2016-02-09 Mori

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



柱・梁接合部に帯鉄筋を見つけることができない。
No lateral tie bar can be found in the column-beam joint panel.

2016-02-09 Mori

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



2016-02-09 Mori

柱の帯鉄筋は定着が短いため、ことごとく外れており、効果がほとんどない。柱の耐力が極端に低下。梁の主筋（下側）の定着部が短く上に折れ曲げ定着がなされていない。

Anchoring length of lateral tie rebar in a column is too short to resist to be pulled out. The strength of the column must be extremely reduced. Main rebar of the beam has short anchoring length

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



2016-02-09 Mori

I棟の西南隅の柱とその内側（南側）壁・梁とは完全に直接せん断されたように破壊していた。転倒することに伴う柱への引き抜きと壁とのせん断によるものと考えられる。

A large fissure due to complete direct shear failure can be observed along the boundary between the column at south-western corner and walls and beams facing south.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



2016-02-09 Mori

維冠金龍大樓の転倒により直立したI棟1階天井と1階の柱。下に見えるのはG棟。

The ceiling and columns of the first story of Tower I of Weiguan Jinlong Dalou can be seen due to overturning. Tower G can be seen below the Tower I.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

I棟1階柱の鉄筋 維冠大樓

Inappropriateness of rebar arrangement I Tower I, Weiguan Dalou



1階柱の主筋はD29もしくはD32であった。1階柱の帯鉄筋はD13であった。鉄筋に錆はない。

1階柱のネジ式継手は、1階床から30cm以内の位置にあった。

Main rebar of a column in the 1st floor is D29 or D32. Lateral tie rebar is D13. Rebar here has no rust.

Mechanical joint locates within 30cm height from the floor.



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



I棟1階柱の主筋の機械式継手 維冠大樓

Inappropriateness of rebar arrangement I Tower I, Weiguan Dalou



1階柱の主筋はD29もしくはD32であった。多くは機械式（ネジ式）継手であるが、圧着継手もある。継手位置は全て同じ高さ。転倒に伴う引き抜きにより、継手からの抜けもしくは鉄筋の破断が生じた。

Main rebar of a column in the 1st floor is D29 or D32. Both mechanical joint and crimped joint were adopted. The level of joint is the same in every piece of rebar. Due to overturning of a building, rebar was pulled out of sleeve or was broken.

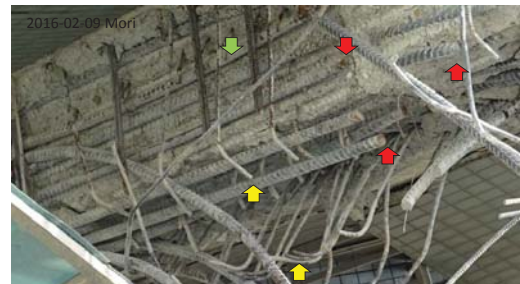


Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

I棟における鉄筋配置の不適切性 維冠大樓

Inappropriateness of rebar arrangement I Tower I, Weiguan Dalou



▲柱の帯鉄筋が少ない。▲帯鉄筋が90度曲げで定着され、その定着はいずれも破綻している。▲柱の主筋が連続していない。

▲ Shortage of lateral tie rebar, ▲ 90 degree bent anchoring of tie rebar and all anchoring were in failure, ▲ discontinuity of main rebar of a column.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

Ⅰ棟1階梁の鉄筋定着の不適切性 維冠大樓
Inappropriateness of rebar arrangement I Tower I, Weiguan Dalou



2016-02-09 Mori

- ▲ 帯梁の主筋の端部は、柱梁接合部内に定着させ、最後は上端筋は下に、下端筋は上に90度曲げて定着させることが推奨されている。
- ▲ 90 degree bent long anchoring of beam's main rebar in a column-beam joint panel.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓 G&I Towers
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



2016-02-09 Mori

G棟はI棟に押しつぶされており生存空間はほとんどなかった。
There were no space for surviving in G tower because of pressed by I tower.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓 G&I Towers
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



G棟はI棟は1層分ずれて重なっていた。一体となって倒れたのではなく、将根倒しのように、2棟はずれて倒れたものと考えられる。I棟には見られないが、G棟には柱梁接合部が完全に破壊されている。柱梁の骨組み接合部の破壊により、生存空間を残すことなく倒壊し、I棟が上に重なることで、一層生存空間を減少させたと考えられる。

A floor of Tower G corresponded to one upper floor of Tower I. This means that both tower did not integrally overturn, but slidingly did.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓 G&I Towers
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



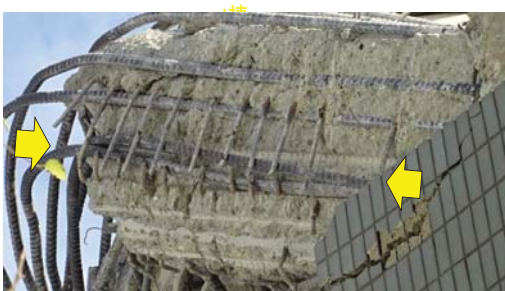
2016-02-09 Mori

G棟の北西隅の柱は、すべての柱梁接合部ではコンクリートが破碎され、帯筋は見当たらなかった。
There were recognized no lateral rebar ties at all the column-beam joints along the column at the north western corner of Tower I. All the joints were completely crashed.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築の崩壊 維冠大樓 G&I Towers
Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



完全に機能していない帯筋の90度フックの定着。この部分は、極めて細いが、帯筋の数は多い。
No function of anchoring by 90 degree hook of lateral ties in the column of Tower I.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠金龍大樓の倒壊現場を視察する頼市長
Mayor Lai made on-site inspection at Weiguan Dalou



毎日視察する頼清徳市長。2月9日、現地調査の際に偶然、出くわした。
Mayor of Tainan City, Mr. Lai had been visiting the site for inspection everyday. I came across him on February 9th.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠大樓の現地調査を踏まえた構造力学的考察

Consideration based on on-site inspection from the structural engineering point of view

現地調査でわかったことは、

- ・鉄筋はほとんど錆びていない。コンクリートが少し脆いかもしれない(?)。
- ・主筋が太くて密に配置されている。(→柱断面が小さい)
- ・主梁接合部が破壊され、また、そこには帯筋が配置されていない。
- ・主筋の定着、継手が不適切。

ほか

しかしながら、転倒・倒壊している形態から、東側に配置された柱が破壊/座屈したことが端緒となることはおそらく疑いない。柱の配筋や施工などは位置によらないと仮定すれば、これまで見てきた現地調査の結果は、調査できない東側の柱の推察にも適用できるものと考えられる。しかし、構造要素の寸法や配置は、設計図や災害前の状況から判断する必要がある。

そこで、以後は、Google Earth Street Viewによって見ることができる災害前の建物を観察することで構造力学的な考察をしたい。

維冠金龍大樓の転倒前の姿

Weiguan Jinlong Dalou before collapse



- 2015-05
Google Street View
- ・16階建と言われる。
 - ・東側中央部は13階
 - ・1階の階高が大きい(1.5階分) 商業施設のため
 - ・南側：1階最外縁と上階の外縁とは同一面である。

倒壊前の維冠大樓の鳥瞰図

Bird's eye view of Weiguan Dalou before collapse



- 2015-05
Google Earth
- Squares denote columns estimated. Red colored column is pointed out as one relatively displaced in westward.
- Length estimated according to this photo
- South side: 24 m
 - East side: 56 m
 - West side: 54 m
 -
 - Width=56 m (7 spans),
 - Depth=24m (3 spans)
 - Span length=8 m

維冠大樓 1階東側側面

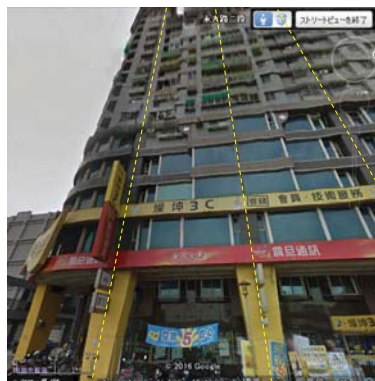
Western side views of 1st story of Weiguan Dalou



- 2015-05
Google Street View
- 16階建てという建物の1階部分であるが、倒壊前のGoogle Street Viewの写真からは、「1階」には2層分の構造がありそうに推察される。
- すなわち、最外縁の柱の高さは、2階分の高さを有している。
- The first floor seems to have columns with a height corresponding to two stories.
- また、柱頭部に向かって柱幅がテーパーを有し拡幅しているかのように見えるが、2階の柱との連続性に欠けている。

維冠大樓 1階東側側面

Western side views of 1st story of Weiguan Dalou



- 2015-05
Google Street View
- 1~5階の商業施設階と6~13・16階の住居階との間に柱の連続性が確認できない。
- The continuity between commercial floors from 1st to 5th and residential floors from 6th to 16th/13th can not be recognized in the picture of this building in Google Street View.

維冠大樓 東側側面

Western side view of Weiguan Dalou



- 2015-05
Google Street View
- ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。
- Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

維冠大樓 南側側面 Southern side view of Weiguan Dalou



2015-05
Google Street View

1995年1月1日竣工の字が見える。
南側最外縁には4本の柱が見える。

柱の間隔が相当大きい。

Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



維冠大樓 南側側面 Southern side view of Weiguan Dalou

2015-05
Google Street View

ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。

Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠大樓 南側側面 Southern side view of Weiguan Dalou



2015-05
Google Street View

ほぼ全ての柱・梁接合部が破壊して柱と梁がばらばらに挙動している。

Almost all the column-beam joints are broken, resulting in independent movement of them.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠大樓 南側側面 A棟とH棟 Southern side view of Weiguan Dalou, Towers A & H



2015-05
Google Street View

屋上の三角形は柱軸線の上端を意味する。これは森の現地観察に基づく。赤い三角形は転倒後に柱が最も西側に位置していた柱である。転倒前に最初に座屈したのか、転倒後に梁が座屈したための二次的な形状が不明。

Triangles placed at the top denote the upper ends of column axes based on my observation at site. Red triangle corresponds to the column fallen down in the most western side.

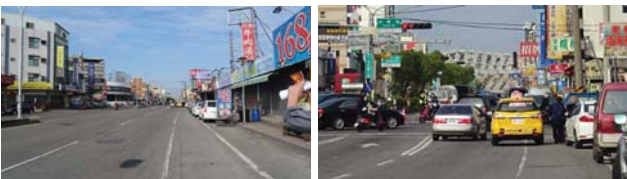
A棟とH棟の境界は、テレビの解説に従って黄色。構造からはオレンジ色のように思える。

The boundary between Towers A and H is yellow broken line as per TV explanation. However it seems to be orange broken line based on my speculation from the structural point of view.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou



維冠金龍大樓が倒壊して横転した永大路2段沿いの建物に損傷は見られない。

You can find that almost all the buildings have no damage along Yongdalu 2nd road on which Weiguan Jinlong building toppled down.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

被害状況と倒壊原因に関する考察(暫定的)

Damage situation and observation and discussion of the causes of the collapse

観察したのは南側、西側、北側。

マスメディアで報告じられている一斗缶の埋め込みは見られたが、ごく一部であり、埋め込まれた梁は主要構造部材ではない可能性がある。全体のコンクリート量から見れば、僅かであり、ズサンな施工と見たくりますが、見た目を良くして重量を軽くするための昔からの台湾での慣行という説明がなされ、ある程度納得できる。

倒れた際に建物の下側になる柱については観察が不可能であるが、そうでないところは、柱・梁に着目して、特に損傷のあるところは注意深く観察した。破損によって露出している鉄筋が多いのですが、鉄筋の状態は極めてよく有害な錆などはほとんど見られなかった。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

決定的なのは、

- (1) 主筋に比較して帯鉄筋の量(断面積、本数)が圧倒的に少ない。
- (2) 帯鉄筋(やスターラップ)の定着が90度フックであり、簡単に外れやすい。

この2つだけで地震時に繰り返す曲げと圧縮引張が作用した場合、柱の圧縮耐力が著しく小さくなり、一気に破壊すると考えられる。

それに加えて、

- (3) 柱の主筋が太い。(D29-D32)
- (4) 柱梁の接合部には柱と梁の鉄筋が多く交錯している。その結果、コンクリート断面が一層少なくなっている。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓

Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

また、

- (5) 柱の主筋の接合部が1階床面に位置し、カップラーを用いた機械式継手であったが、多くが上側の鉄筋が抜けていた。一部に破断しているものがあった。これは、建物が柱の圧縮破壊により破壊して回転しようとする際に、自然に生じる引張に対して反対側の柱は引張に抵抗するように挙動しようとするが、この引張抵抗が小さいとねばりなく回転が進み転倒してしまう。さらに、破断したものは、破断は問題となるものではない。他の理由で回転運動が進めば抵抗できるレベルではないからである。

- (6) コンクリートの打ち継ぎ目と同じ位置に、鉄筋の溶接による継手が見られた。

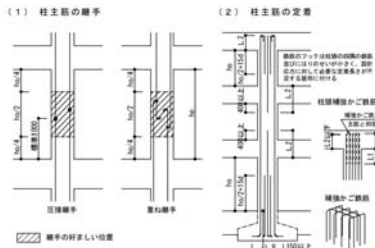
以上、要約すれば、せん断補強筋の量が少ないこと、その定着が不適切なこと、コンクリート断面が小さいことなどの理由により柱の圧縮強度が設計で期待される性能を発揮できなかったことが、崩壊に到ったものと考えられる。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

RC造建物での柱主筋の継手と定着

Requirement for joints and anchoring of major rebar in the columns of RC buildings



http://www.hyokakyoukai.or.jp/download/pdf/shinsei_tosho/tekkinnkonkurito/kozou/02.pdf

日本の規定: 柱主筋の継手は柱中央部に、定着は柱梁接合部を避ける。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

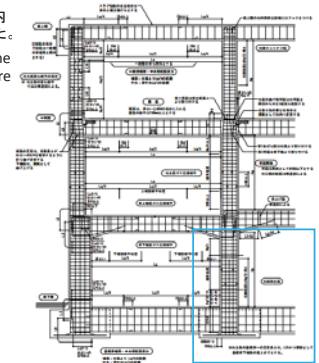
柱の主筋の継手位置

Rebar joints in a column

日本建築学会
<http://www.nikkenren.com/publication/pdf/64/hyounjuzou20130327.pdf>

柱の主筋の継手位置は、柱端部より柱幅以内に來ないようにする。維冠では柱端部にあった。

Rebar joints in a column should avoid within the width of the column from its bottom. They were located at the bottom in Weiguan.



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

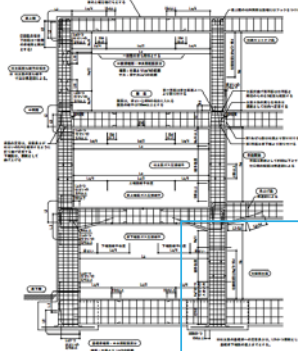
柱の主筋の継手位置

Rebar joints in a column

日本建築学会
<http://www.nikkenren.com/publication/pdf/64/hyounjuzou20130327.pdf>

柱梁の接合部でも帯筋を配置する。接合部内には継手を設けない。梁筋の定着は接合部内に取める。維冠では柱端部にあった。

Lateral ties shall be arranged within a joint panel. Rebar joints in a column should avoid within the panel. The anchorage of rebars of a beam should be within the panel.



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

せん断補強筋の定着方法

The way of anchoring of shear reinforcement bars

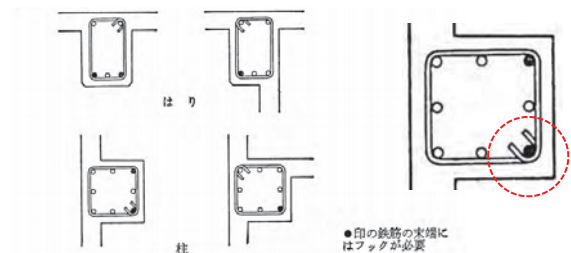


図 9.2 異形鉄筋でも建築基準法によって末端にフックを必要とする出すみ部の鉄筋

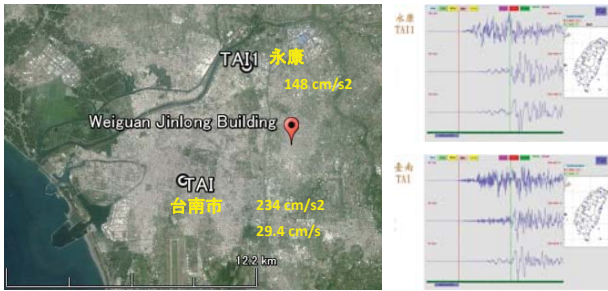
柱・梁ともにせん断補強筋の定着は、末端に135度フックを必要とする。崩壊建物では、全てせん断補強筋の定着は、90度であった。

Anchoring of a shear reinforcement rebar shall be bent with 135 degree hook. All the collapse buildings have shear reinforcement rebar with 90 degree bent anchoring.

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

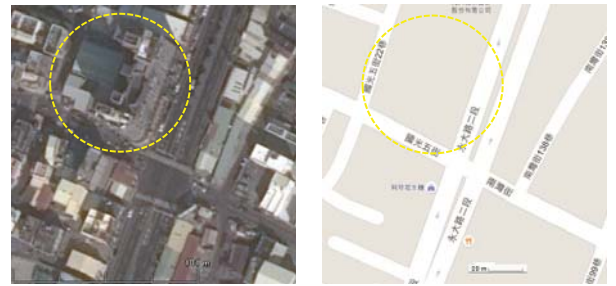


維冠金龍ビル倒壊:台南市永康区永大路二丁目と国光5番街交差点の住居商業混合ビル
Collapse of Weiguan Jinlong building: Residential and commercial building at the crossing of Yong-dalu 2nd road and Guoguang 5th street in Yongkang District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

高層建築被害 維冠大樓 Collapse of a high-rise building, Weiguan Dalou

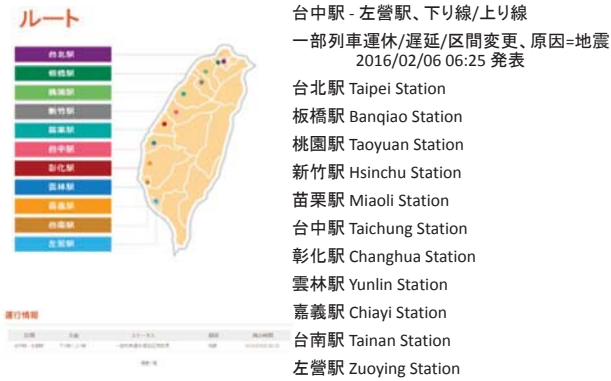


維冠金龍ビル倒壊:台南市永康区永大路二丁目と国光5番街交差点の住居商業混合ビル
Collapse of Weiguan Jinlong building: Residential and commercial building at the crossing of Yong-dalu 2nd road and Guoguang 5th street in Yongkang District, Tainan City

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

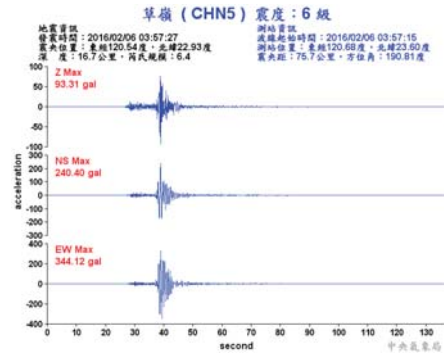
Shinichiro Mori, Ehime University

台灣高速鐵道 (Taiwan High Speed Rail)



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

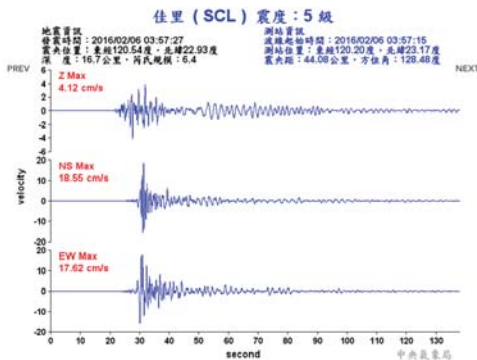
Shinichiro Mori, Ehime University



<http://scweb.cwb.gov.tw/webdata/drawTrace/outcome/2016/2016006/6-CHN5.gif>

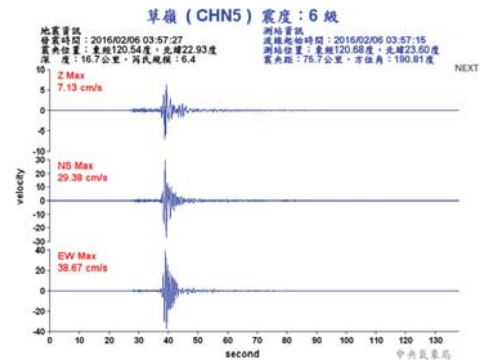
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



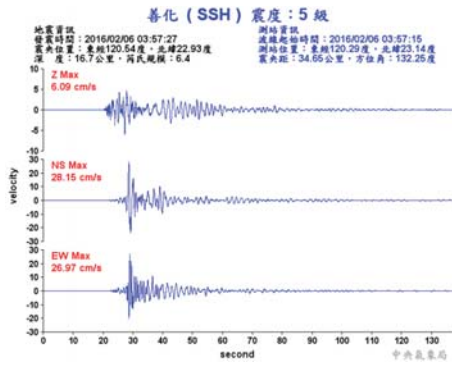
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



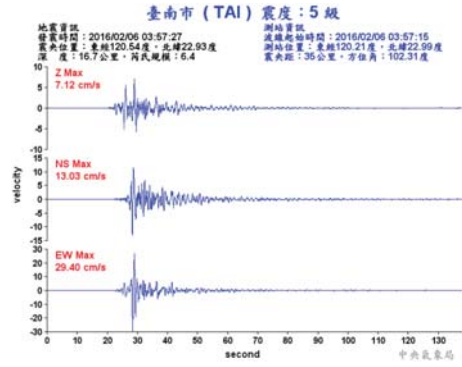
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



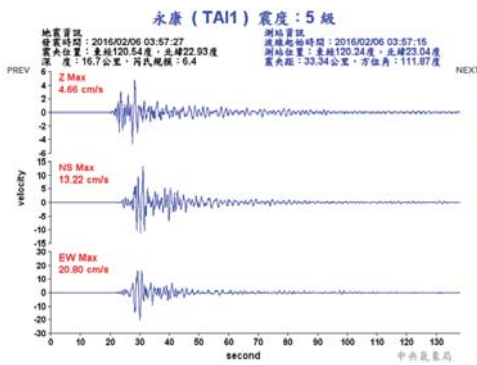
Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

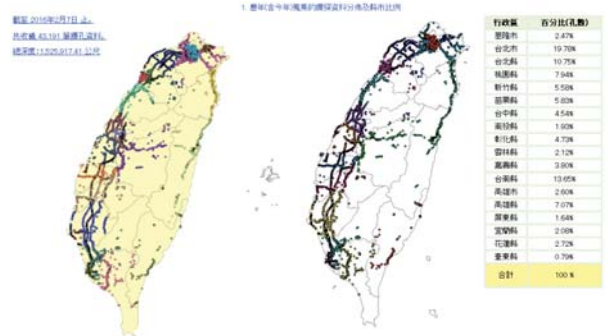
Shinichiro Mori, Ehime University



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾のボーリングデータベース
 Database of boring log in Taiwan



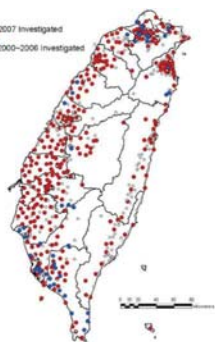
http://gc.moeacgs.gov.tw/moeaGis/about/map_Hole.asp

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾の強震観測点 (地盤調査資料あり)

Distribution of strong earthquake motion observation sites in Taiwan



台湾の強震観測点は377点
 温國樑先生の資料より

図7 已完成調査377座自由場強震儀測站分佈圖

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

中央氣象局: Facebookによる情報提供「報地震」
 CWB official Facebook for providing ad-hoc information



氣象局正式增加以臉書為服務管道, 提供地震報告等資訊。

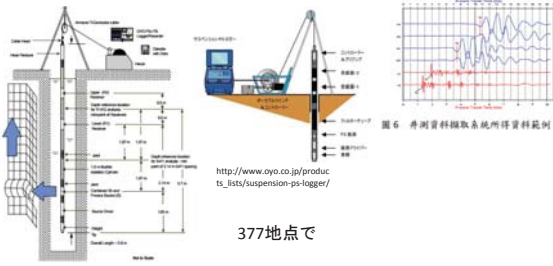
氣象局的公式フェイスブックを以ってサービスのバイブラインとし、地震報告などの情報を提供します。

<https://www.facebook.com/%E5%A0%B1%E5%80%B0%E9%9C%87-134632749883505/>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾の地盤調査・PS検層



377地点で

図4 懸吊式井測資料採取器量測之完整組構圖

台湾強震観測点地盤データベース Engineering Geological Database of Taiwan



<http://egdt.ncree.org.tw/>

台湾強震観測点地盤データベース 地盤分類 Classification/ Engineering Geological Database of Taiwan

地盤分類依據		
	地表下30公尺平均S波速度	地表下30公尺平均SPT-N値
A	Vs .GE. 1500m/sec	
B	760m/sec .LE. Vs .LT. 1500m/sec	
C	360m/sec .LE. Vs .LT. 760m/sec	N .GE. 50
D	180m/sec .LE. Vs .LT. 360m/sec	15 .LE. N .LT. 50
E	Vs .LT. 180m/sec	N .LT. 15

<http://egdt.ncree.org.tw/>

https://profile.usgs.gov/myscience/upload_folder/ci2011Aug011455494254Holzer%20et%20al%20zonation%20spectra.pdf

強震観測点のVs30, A~Eの分類。米国と同じ(MAPPING NEHRP VS30 SITE CLASSES) 日本で言う軟弱地盤はEに分類される。日本の1種、2種、3種は、概ねA-C、D、Eに対応する。 Classification of soil varies from A to E. The classification is same as that of NEHRP of USGS. So called soft ground in Japan is classified to E.

台湾強震観測点地盤データベース Engineering Geological Database of Taiwan

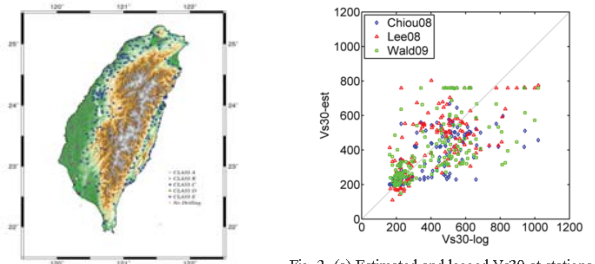


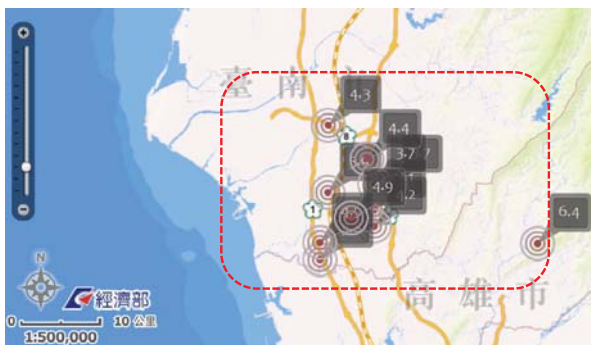
Fig. 1. The latest site classification.

<http://egdt.ncree.org.tw/>

Fig. 2. (a) Estimated and logged Vs30 at stations.

強震観測点のVs30. 推定というのはN値からの推定か? 180-300m/s のVsは良いが、それより大きいと、はらつきがちちょっと大きい。
Estimated and logged Vs30 are showing the estimating equation is good at the range varying from 180 to 300 m/s but not so good in the range of more than 300m/s

調査範囲(予定) Area to be investigated



調査範囲(予定) Area to be investigated



高層建物の倒壊現場はこの辺り

集中調査範囲(予定) Area of concentrative investigation

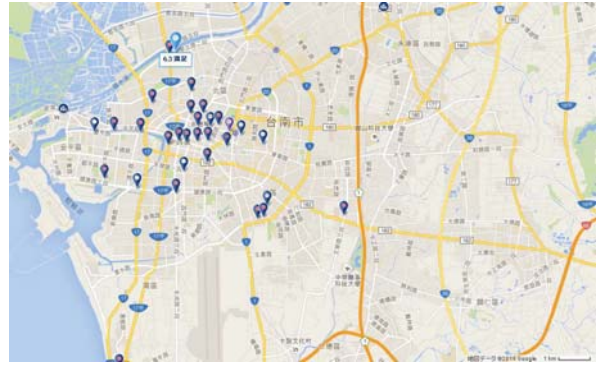


各情報から調査範囲は特定できました。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

集中調査範囲(予定) Area of concentrative investigation

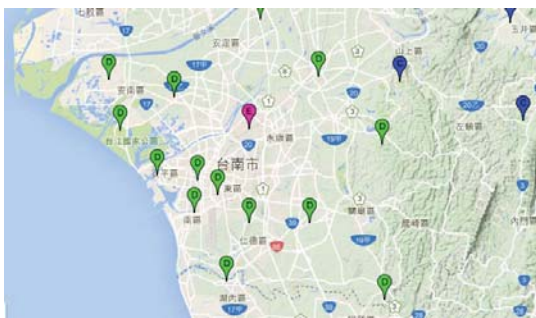


台南市のホテルは、被害集中域の北西に位置する。2/9は泊まりやすい値段の空室がない。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

強震観測点と地盤分類



台南市の平野の多くは、D地盤(日本の2種地盤)、軟弱地盤に分類される3種地盤に相当するのは、E地盤である。したがって、台南の地盤はそれほど柔らかい地盤ではない。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

嘉義地方の地盤データベース
The Engineering Geological Database for TSMIP at CHY region.

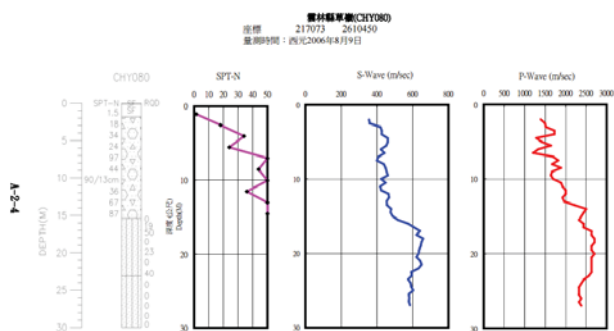


台南市の中心部は、多くが地盤分類Dに分類されている。日本の地盤種別2種に相当する。地盤分類Eは3種地盤と言える。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

雲林縣草嶺(CHY080)

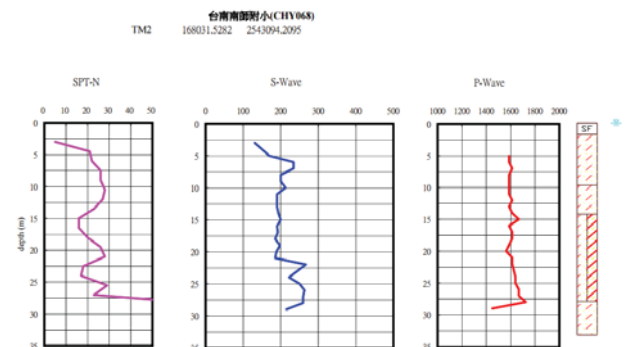


最大の震度を記録した地点。表層12mは砂礫層で、その下は風化岩

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南南師附小(CHY068)

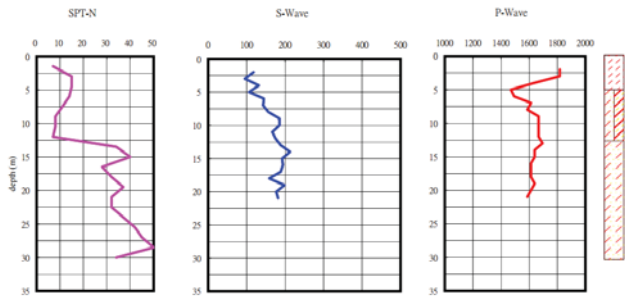


Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南永康氣象站(CHY078) E, Vs30=162.25m/s

台南永康氣象站(CHY078)
 TM2 170916.1600 2548948.1766

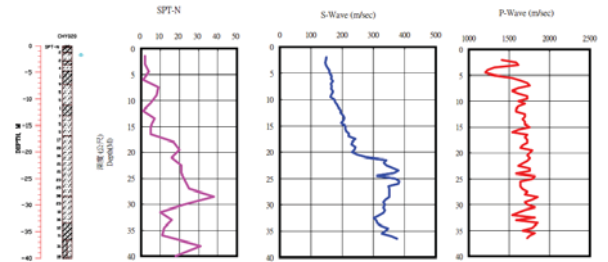


Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南縣竹橋國小(CHY020) D, Vs30=214.14m/s

台南縣竹橋國小(CHY020)
 TM2 162939.0000 2556056.0000



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

列車番号	警備隊内の割り当て	出発時刻	到着時刻	乗車車両	ピロタカ車両	自由席
001		08:30	09:30	HT81-200	HT9075	HT91-200
007		07:00	09:00	HT81-200	HT9075	HT91-200
009		07:30	09:21	HT81-200	HT9075	HT91-200
011		07:48	09:34	HT81-200	HT9075	HT91-200
013		08:00	10:00	HT81-200	HT9075	HT91-200
015		08:30	10:21	HT81-200	HT9075	HT91-200
1207		08:54	10:27	HT81-200	HT9075	HT91-200
019		09:00	11:00	HT81-200	HT9075	HT91-200
021		09:36	11:21	HT81-200	HT9075	HT91-200
1209		09:54	11:27	HT81-200	HT9075	HT91-200

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

急傾斜斜面の上の道路の沈下・亀裂



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

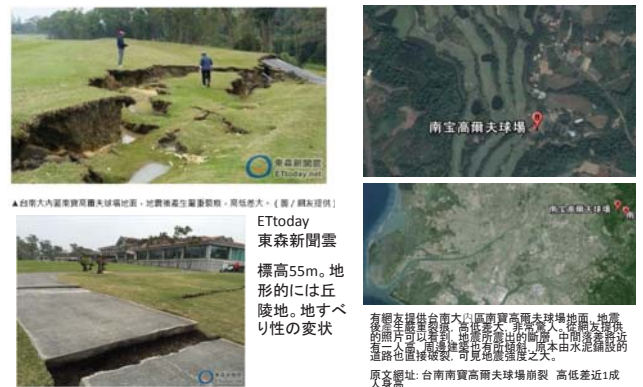
急傾斜斜面の上の道路の沈下・亀裂



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

南宝高爾夫球場の地盤変状・地すべり



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

ETtoday
 東森新聞雲
 標高55m。地形的には丘陵地。地すべり性的な変状

有網友提供台南大內區南寶高爾夫球場地面，地震後地面明顯隆起，部分地區甚至出現地層錯動，造成路面龜裂、路面隆起等現象。原本由水泥鋪設的連路也直接破裂，可見地震強度之大。
 原文網址: 台南南寶高爾夫球場崩裂 高低差近1成人身

維冠東側「大鋼牙」啟動
コンクリート圧砕機使用開始



人手による掘削をしていたが、家族の同意を得て、2月8日夜8時からコンクリート圧砕機を用いて救出作業開始。人がいることが分かり次第、人手掘削に切り替えるとした。
Concrete crusher will be used for removing concrete debris



http://news.tvbs.com.tw/local/news-639172/

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南市消防局 災情訊息(災害情報)
http://119.tainan.gov.tw/#NEWS02



災害情報(人的被害、)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南市消防局 災情訊息(災害情報)第1報
http://119.tainan.gov.tw/#NEWS02

刊登日期: 2016/2/6 上午 04:58:12
發布單位: 資訊中心

大樓倒塌(2月6日)
初報:04時03分永康區永大路二段207號據報大樓倒塌, 派遣復興、永康、大灣、後甲、特搜等4個分隊16車25人。

最後更新日期: 2016/2/6 上午 04:59:10

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

掲載日時: 2016/2/6 4:58:12
建物倒壊(2月6日)
第1報: 04時03分 永康区永大路2丁目207号
建物倒壊の情報に基づき、復興に永康、大湾、後甲、特捜など4個分隊16車両25人を派遣した。
最終更新日時: 2016/2/6午前 04:59:10

台南市消防局 災情訊息(災害情報)第1報
http://119.tainan.gov.tw/#NEWS02

刊登日期: 2016/2/6 上午 04:58:12
發布單位: 資訊中心

大樓倒塌(2月6日)
初報:04時03分永康區永大路二段207號據報大樓倒塌, 派遣復興、永康、大灣、後甲、特搜等4個分隊16車25人。

最後更新日期: 2016/2/6 上午 04:59:10

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

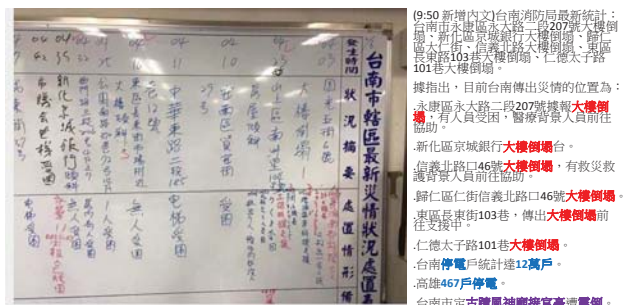
掲載日時: 2016/2/6 4:58:12
建物倒壊(2月6日)
第1報: 04時03分 永康区永大路2丁目207号
建物倒壊の情報に基づき、復興に永康、大湾、後甲、特捜など4個分隊16車両25人を派遣した。
最終更新日時: 2016/2/6午前 04:59:10

http://disaster.tainan.gov.tw/disaster/page.asp?id={1DBE074D-5C06-4FC8-BD06-81989E131D58}



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

地震直後の台南市の災害情報 中時電子報より



台南市統計局區大樓倒塌情況。(圖擷自http://www.sof4fun.net/)

維冠建物倒塌は地震直後(4:03)に連絡が入っている。
停電: 台南市12万戸、高雄467戸
道路隆起20cm、橋梁道路面沈下のため封鎖、なども
http://www.chinatimes.com/realtimenews/20160206001050-260401

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

(9:50 新增内文)台南消防局最新統計:
台南市永康區永大路二段207號大樓倒塌, 新化區東區銀行大樓倒塌、歸仁區大橋、信義北路大橋倒塌、東區東區路103巷大樓倒塌、仁德太子路103巷大樓倒塌。
據指出, 目前台南傳出災情的位置為:
永康區永大路二段207號據報大樓倒塌, 有人員受困、醫療專家人員前往協助。
新化區東區銀行大樓倒塌, 有救護隊醫療人員前往協助。
信義北路口46號大樓倒塌, 有救護隊醫療人員前往協助。
歸仁區仁街信義北路口46號大樓倒塌, 東區東區路103巷, 傳出大樓倒塌前往支援中。
仁德太子路103巷大樓倒塌。
台南停電戶統計達12萬戶。
高雄467戶停電。
台南市定古蹟風神廟接官亭遭震倒。
高雄市定古蹟旗山天后宮牌樓被震毀。
公路總局指出, 台3線旗山路路面隆起20公分、內門東勢埔橋橋面下陷封閉。
(中時電子報)

中央研究院 大規模地震防災対策建議書 (2015年4月)
Academia Sinica submitted Recommendation of Disaster Mitigation Policy on Large Earthquake

本院提出「大規模地震災害防治策略建議書」 https://www.sinica.edu.tw/manage/gatenews/showsingle.php?_op=?rid:7380
發稿時間：中華民國104年04月20日

回顧過去一世紀的紀錄，可清楚觀察出日本大地震與臺灣大地震之間存有密切的相關性，例如：1896年日本發生規模8.5的三陸強震，1906年臺灣有規模7.1的嘉義梅山地震；1923年日本發生規模7.9的關東大地震，臺灣則在1935年發生規模7.1的新竹-臺中地震；1995年日本發生規模7.3阪神大地震，臺灣隨後在1999年發生規模7.3的集集大地震。如今，當2011年日本東北發生規模9.0的大地震後，臺灣發生強烈地震及海嘯的風險已隨之提高。因此，我們應立即研擬具體防災對策並據以落實執行，且加強民眾地震防災意識與作為，以有效因應大規模地震之挑戰。

過去一世紀的記錄を振り返り細かく観察すると、日本の大地震と台湾の大地震との間には密接な相関があることは明らかである。例えば、1896年に日本に発生したM8.5の三陸地震と1906年に台湾で起きたM7.1の嘉義梅山地震；1923年に日本で発生したM7.9の關東大震災と1935年に台湾で発生したM7.1の新竹-台中地震；1995年に日本で発生したM7.3の阪神大震災とそれに続いて台湾では1999年にM7.3の集集地震が発生した。今日では、2011年に日本で発生したM9.0の東北地方太平洋沖地震の後、台湾では大地震と津波のリスクが増加している。したがって、我々は速やかに具体的な防災対策を検討するとともに確実に実行すること、特に国民の地震防災意識を強化する必要がある。

建築物耐震設計規範及解說



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

建築物耐震設計規範及解說

- 第一章 通則
- 第二章 靜力分析方法、圖表
- 第三章 動力分析方法
- 第四章 附屬於建築物之結構物部分構體、非結構構材與設備之地震力
- 第五章 非建築結構物之地震力
- 第六章 結構系統設計詳細要求
- 第七章 耐震工程品管
- 第八章 既有建築物之耐震能力評估與耐震補強
- 第九章 隔震建築物設計
- 第十章 含被動消能系統建築物之設計
- 第十一章 其他耐震相關規定

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

既有建築物之耐震能力評估與耐震補強
Seismic assessment and retrofit of existing buildings
既存建築物の耐震診断と耐震補強
第八章 既有建築物之耐震能力評估與耐震補強

8.1 通則
既有建築物依法令須辦理耐震能力評估者，經評估後認為有必要提昇其耐震能力時，應運用耐震補強技術，採取適當改善措施，以提昇建築物之安全性。耐震能力評估與耐震補強應依公認技術辦理。

日本では、1995年1月の阪神淡路大震災で多くの建築物が被災して、既存不適格建築物の耐震改修を促進されるため同年10月に「建築物耐震改修促進法」を公布して耐震改修を進めている。それにならひ、1999年集集地震を契機に耐震診断と耐震改修を進めるといふ政策をとっている。

<http://www.cpami.gov.tw/chinese/filesys/file/chinese/publication/law/law2/0990810250-8.pdf>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

6.2.12 地震力傳遞路徑不連續處附近構材之加強
建築物結構體具有表 1-1 中第 4 種立面之不規則性或表 1-2 中第 1、2、3、4 種之平面不規則性時，此地震力傳遞路徑不連續處的橫隔版與垂直構件及與匯集構材之接合處，匯集構材與垂直構材之接合處，地震力引致之內力應提高 25% 設計之。
建築物結構體具有表 1-1 中第 4 種立面之不規則性或表 1-2 中第 4 種之平面不規則性時，支撐不連續剪力牆或構架之支撐構材，地震力引致之內力應提高 1.4α_s 倍設計之。此些構材應滿足動性細部設計要求。

解說：
地震力傳遞路徑不連續處附近的構材，支撐不連續剪力牆或構架之支撐構材，如圖 C6-3 之柱、梁等為避免先在此處產生塑性或破壞，進而影響整體抗禦橫力系統之穩定與預防崩塌，因此將地震力引致之內力提高 1.4α_s 倍設計之。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

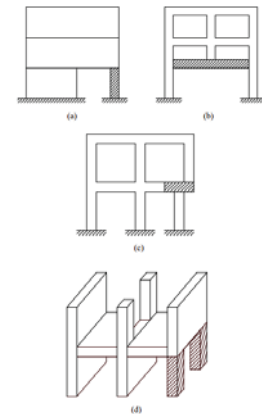


圖 C6-3 支撐不連續剪力牆或構架之構材

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

地震力傳遞路徑不連續處附近的構材，支撐不連續剪力牆或構架之支撐構材，如圖 C6-3 之柱、梁等為避免先在此處產生塑性或破壞，進而影響整體抗禦橫力系統之穩定與預防崩塌，因此將地震力引致之內力提高 1.4α_s 倍設計之。

和訳 (誤訳の可能性あり)
地震力の伝達路路が不連続になる付近の桁、不連続耐震壁を支えるあるいはフレームを支える桁、図C6-3のような柱、梁など、ここでの塑性ヒンジや損傷が先に発生するのを避けるため、全体的な抵抗とするよう効果を求めます。
水平力に対する抵抗系の安定を図り崩壊を防ぐために、地震力を1.4α_s倍にあげて内部抵抗を上げるように設計します。

Shinichiro Mori, Ehime University



京城銀行



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

京城銀行



せん断補強筋(帯鉄筋)が少ない。定着が135度でなく、90度。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



京城銀行



せん断補強筋(帯鉄筋)が少ない。鉄筋径が小さい、間隔が大きい。定着が135度でなく、90度。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

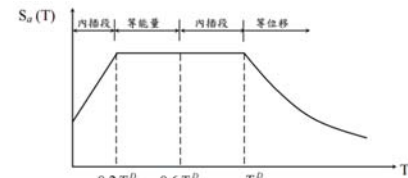


図 C2-8 計算構体系地震力折減係数四個週期範囲

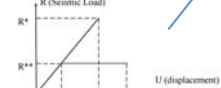


図 C2-7 弾性系対非弾性系之位移 (エネルギー等価法則)



図 C2-6 弾性系対非弾性系之位移 (位移等価法則)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

鉄筋の継手: 機械式継手 mechanical rebar splicing

『鉄筋の継手』鉄筋をつなげる継手

●機械式継手

鋼筋同士を鉄筋をつなぎ合わせる継手です。あらかじめ高強度モルタルなどを充填した鋼管スリーブ(筒)でできた筒内に鉄筋を挿入し、充填された高強度モルタルを削り取って鉄筋を露出させ、鉄筋同士を機械的に接続します。あらかじめ高強度モルタルを削り取って鉄筋を露出させるために鉄筋を挿入して高強度モルタルを削り取ったモルタルをどうしたモルタルなどを砕きから注入するし、一体化を図る方法が多く用いられています。(機械式継手の種類と施工手順)

1. ねじ挿入式継手

●トルク固定方式

ねじ鉄筋とねじ鉄筋を、カプラー(挿入金具)を用いて挿入し、ナットで締め付けることにより固定する方法です。トルク締め付けの管理が必要です。

●無鉛グラウト方式

ねじ鉄筋とねじ鉄筋を、カプラーを用いて挿入し、ナットで締め付ける固定した後、無鉛グラウトを充填して固定する方法です。従来のようにナットの締め付けトルクの管理が必要ですが、不必要なサイズもあります。また、一筋に鉄筋同士がグラウト(無鉛同土)も同時に充填して密着させることが条件でナットを締めつけたサイズがあります。ただし、このタイプでもトルク管理とグラウト充填は必要です。

http://www.jsca.or.jp/vol5/p4_4_tec_terms/200802/200802-3.php

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

維冠ビル捜索救出一段落、市政府全方位に復興

維冠大樓搜救告一段落 市府將全方位進行後續復健

台南市政府新聞室

http://dbmaster.tainan.gov.tw/dbmaster/page.asp?id=12735938-8449-4856-564-0502&AL=4700&dbmasterid=projectdate=&projectname=

刊登日期: 2016/2/13 下午 09:31:01

0206震災今(13)日進入第八天，經過救難人員配合大型機具全力搶救，在下午3點57分救出最後一位罹難者-大樓管理委員會主任委員、永康維冠金龍大樓的搶救工作正式告一段落，台南市長賴清德率領局處首長齊聚一廳，感謝全體救難人員投入搶救工作，以及國際社會的關心與支持，現場歡慶1分鐘，表達對不幸罹難民眾的追思。

賴市長表示，這場震災造成維冠金龍大樓傾倒，租屋戶籍資料及民眾驚慌，經全力搜救後，共救出289人，生還者175人，罹難者114人，送醫96人，直到今天下午大樓管理委員會主任委員救出最後一位罹難者，搶救工作正式告一段落。

賴市長指出，有個特別的個案，就是在A棟1樓樓頂出的一位林小姐，目前還不知道她的行蹤，因為自2月5日晚上11時至2月6日地震發生後，就沒有人知道她的去向，經家屬同意後，暫列為失蹤人口，市長強調，市府仍沒放棄，已請永康警察分局調閱附近監視器，希望能找到林小姐。

有關震災後續復健工作及各界協助救災事宜，賴市長表示，後續全方位進行，包括災區清毒和廢棄物搬運作業，永大路交通要道，要儘快先單線通車，希望復健工作能獲得中央協助，另由於年假，金融機構休假，目前進入市府的震災復健金8000多萬元，上班後才會入帳，市府將成立委員會以公開透明方式管理各界善款，讓受災戶能獲得妥善的照顧。

至於受災戶照顧方案，短期以先行安置受災戶到活動中心，以及市區各旅館或飯店；中期是市府有租金補助辦法，如一家三口就補助6千元，補貼時間最長為2年；長期則是協助受災戶復建家園，但這些會社會善款是否足夠，以及受災戶或其家屬的意見是否一致，目前市府會先行做好短期和中期的照顧方案。

市府將整合各局處專業人員成立聯合服務中心，協助民眾心靈的撫慰，市府對每名罹難者致送慰問金200萬元，加上法定慰問金100萬元，共300萬元；至於重傷者每人50萬元，輕傷者20萬元，而且受災戶每戶也有10萬元生活安定費；如果家庭只剩下幼小孩，且無親友照顧，市府將負起責任，安排到社福機構安置，讓小孩得到妥善的照顧以及教育等問題。

由於此次震災，不少住戶被壓在下面，造成搶救困難，賴市長希望未來在搶救上面層層的住戶方面，要有好的救援機具，讓中央重視及研議處理。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

地震から8日目、午後3:57最後の犠牲者を救出して終了。

賴市長発表: 289人救出し、生還175人、死亡114人、病院に送られたのが96人でした。

家賃補助は、1家3人で6,000元、最大2年間

死亡者には200万円と法定慰問金100万円、計300万円。重傷者50万円、軽傷者20万円、だけでなく、住居被災10万円を支給

台南市役所のHP情報発信は見事！

Tainan City Office Website Shows Excellent risk communication



日本の先進市町と同程度。

台南市役所ホームページ
http://www.tainan.gov.tw/tainan/default.asp?src=w

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台南市役所のHP情報発信は見事！

Tainan City Office Website Shows Excellent risk communication



日本の先進市町と同程度。

日本の多くの他市町は見習うべきもの。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

頼市長が地盤の液状化と建物被害を視察 Major Lai visited liquefaction-induced damage to buildings

頼市長視察土壌液化化と建物受損情形

台南市役所ホームページより
http://disaster.tainan.gov.tw/disaster/page.asp?id=4762A7E-94BC-4679-9E86-611A3F015F50&disasterid=&projectdate=&projectname=

刊登日期：2016/2/14 下午 03:20:00

發布單位：新聞及國際關係處

為了解0206震災後，臺南市土壤液化的情形及對建築物的影響，市長賴清德(14)日前往安南區、北區、中西區、新市區及玉井區實地視察。對於受損的建物，他表示，市府將盡速進行鑑定，再予以建議，視情形補強或拆除。

賴市長指出，土壤液化容易造成房屋傾斜，在建築師鑑定後，提供民眾建議，或是灌漿補強，或是拆除重建。對於有立即危險的建物，市府會協助拆除。若是應灌漿補強，會請居民先搬離，並給予租金補助，再推動補強工作。

根據目前的法律規定，市府可以協助鑑定及拆除，至於補強或重建，需要民眾付費。賴市長說明，此次受影響的多為生活較困難的民眾，市府會協助向中央爭取經費，或是看善款的利用情形，依可運用的經費，盡力予以協助。

市長亦特別重視土壤液化或房屋傾斜倒塌造成基礎建設破壞的問題。例如排水，此次震災，有些水溝壞了，有些是沙泥堆積在水溝裡，汛期來臨前，市府會全面檢修，循序漸進，有效率地解決，以免造成日後淹水。

另外，玉井區中的專科教室在此次震災中受到影響，經結構技師工會評估，列為紅單，賴市長責成市府工務局盡速拆除，未來將重建，讓師生得以使用。

0206震災把握住的。台南市的**地盤液狀化**の**状況と建物への影響**について、頼清徳市長は**安南區、北區、中西區、新市區および玉井區**に現地視察にいきました。市はできるだけ早く判定し、ケースにより補強や解体の提案をするよう指示しました。

建築技師の判定後、傾いた家を引き起こしたり、地盤のグラウト補強したり、解体再建したり、など住民に対策案を提示する可能性があることを指摘しました。ただし、危険性が高い場合は市が撤去を支援します。

また、**玉井國中**の専門教室は地震で被災し、構造技師協会の評価が赤票であることから、解体して再建することを工務局に指示しました。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

救出救助の最中、日本政府派遣の救助専門家



救出救助はリアルタイムで放送され、連続現場中継されていた。(2/8-2/11)

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016



Shinichiro Mori, Ehime University

日本政府派遣の災害救助の専門家が報道で



日本からの災害救助の専門家 came. 311の救助経験を保有している。5名の救助チーム「ほんとに写真で見るよりも実物を見た方が大きな印象を受けました。局所的な被害だということもよくわかりました。」

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

日本政府から派遣された専門家のコメント



「やっぱり写真で見るよりも実物を見た方が大きな印象を受けました。局所的な被害だということもよくわかりました。」

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

結論 Conclusions

・多くの建物・住宅が倒壊した。台南市中心部においては、倒壊した周囲では極めて限定的であった。

- ・鉄筋コンクリート造の建物で倒壊したのは、以下の共通した特徴が認められた。
- (1) 柱のせん断補強筋(帯筋)が少ない。
- (2) 柱のせん断補強筋(帯筋)の定着が90度フックであり、容易に外れるため、せん断耐力に極めて劣る。それゆえに柱頭部でせん断破壊を起こし、圧壊していた。
- (3) 200名近くの死者行方不明者を出した維冠金龍ビルについては、不適切な配筋が確認された。マスメディアで一斗缶の混入が取り沙汰されたが、その混入量や混入場所からは、直接の崩壊原因と捉えるのは適切ではない。せん断補強筋の少なさ、90度フックの採用、柱梁接合部の配筋の不適切さ、鉄筋継手の不適切さ、など主要構造である柱梁が健全な抵抗力を発揮できる骨組みとはなっていないことに主要な原因がある。この原因を導き出したのが、設計基準、設計、施工のどこの段階の問題であるかは今後の検討が必要である。

・上記に述べた問題点は、1999年集集地震の後に改正された設計基準のもではなく、それ以前の設計基準によるところが大きい。すなわち、既存不適格の問題であり、我が国でも同様の問題があることを改めて喚起したと考えると考えられる。これを教訓とすべきであろう。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

結論 Conclusions

・Yen-sui川の河口近くの三角州の埋め立て地帯で200m×300mの領域で液状化があり、多くの建物が傾斜・沈下するなどの被害を受けた。

・台南市政府によれば、64件の液状化被害が届けられており、吾が吾が調査したところにとどまらない。

・液状化した土は、低塑性シルトを多く含む細砂である。M6.4程度で低塑性シルト質細砂が液状化したことは、1987年の千葉県東方沖地震(M6.7)で浦安市や東京湾沿岸埋立地で小規模な液状化が発生したのと似ている。2011年東北地方太平洋沖地震の際に浦安で大規模な液状化が発生し、多大な被害が生じたことから、台南市でも、この液状化を契機として、液状化危険度について検討することが必要である。

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾南部地震 関連websites

国家地震工学研究センターNCREE(National Center for Research on Earthquake Engineering) 高雄美濃地震 Meinong Earthquake
<http://www.ncree.org/>
NCREE高雄美濃地震彙整簡報
<http://www.ncree.narlabs.org.tw/>
國家災害防救科技中心 National Science and Technology Center for Disaster Reduction 国立防災科学技術センター 特に見るものなし
<http://www.ncdr.nst.gov.tw/>
台湾防災関係政府機関
<http://www.ncdr.nst.gov.tw/CusPage.aspx?WebSiteID=5853983c-7a45-4c1c-9093-f62c7454282&id=178&subid=179&PageID=19>
建築物耐震設計規範及解説
http://www.cpaami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10471&Itemid=1000
内政部營建署 Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior 耐震設計基準などがある
<http://www.cpaami.gov.tw/chinese/>
Geotechnical database at strong motion observation sites 強震観測地点の地盤データベース
<http://eg01.ncree.org.tw/GTYMAP.htm>
中央気象局 Earthquake Information at CWB
http://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtid_eq.htm
中央研究院 對政府建言的白皮書
http://www.sinica.edu.tw/for.gov_advice.htm
中央災害防救會報(中央防災會議) 基本防災計画、防災業務計画、地区防災計画、防災基本白書
<http://www.cdprc.gov.tw/default.aspx>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾南部地震 関連websites

中央地質調査所
<http://www.moeaegs.gov.tw/main.jsp>
Prof Yi-Hsuan Tu, National Cheng Kung University
https://www.eeri.org/wp-content/uploads/reconnaissance_Taiwan_20160206.pdf
台南市政府災害対応のお知らせ
<http://disaster.tainan.gov.tw/disaster/default.asp?disasterid=&projectdate=&projectname=>
台南市消防局
<http://www.tainan.gov.tw/tcfd/> 更新されていない
<http://119.tainan.gov.tw/>
台湾道路災害情報システム
<http://bobe168.tw/>
交通部運輸研究所 交通服務e網造
<http://e-iot.gov.tw/>
防救災雲端計畫-災害情報站
<http://www.emic.gov.tw/index.aspx?ID=21>
<http://www.pcc.gov.tw/pccap2/TMP/iframe/ChIndex.do?site=002>
活断層調査報告
<http://fault.moeaegs.gov.tw/UploadFiles/Files/Old/ATSTR42/activefault/28-2.htm>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

台湾南部地震 関連websites

聯合新聞 <http://udn.com/news/index>
自由時報 <http://news.ltn.com.tw/>
中央通訊(中央通信) <http://www.cna.com.tw/>

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University

専門用語：中国語と日本語

工程	工学
反應譜	応答スペクトル
動力分析	動的解析
結構	構造
結構物	構造物
構材	桁
剪力牆	耐震壁、シアウォール
產生	発生
塑鉸	塑性ヒンジ
穩定	安定
與	と
預防	予防
崩塌	崩壊
能量	エネルギー
位移	変位

Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University



Southern Taiwan Earthquake of February 6, 2016

Shinichiro Mori, Ehime University