建構無震災城市-
談都會區建築安全

詹添全 博士

中國文化大學建築及都市設計學系副教授

E-mail:zxq@faculty.pccu.edu.tw

大　綱 (Content)

1. 自然災害與人為災害
2. 歷史教訓-被地震摧毀的城市
3. 震災後隔震建築調查
4. 建構無震災城市
5. 結論

1.

自然災害(天災)
人為災害(人禍)

◎ 自然災害（ 天災 ）及人為災害（ 人禍 ）

依據日本技報堂出版之防災手冊，將災害依社會面歸納為自然災害（ 天災 ）及人為災害兩大類，前者再細分為 46 種，後者有 24 種，分述如次。

1. 自然災害（ 天災 ）

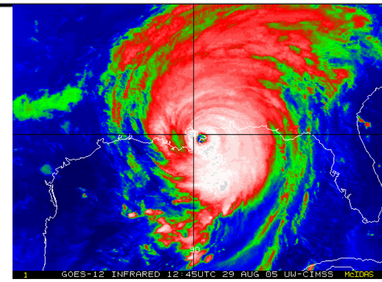
自然災害雖說是天災，但若處理不當，則更增加災害的嚴重性，自然災害的種類如表 1-1。

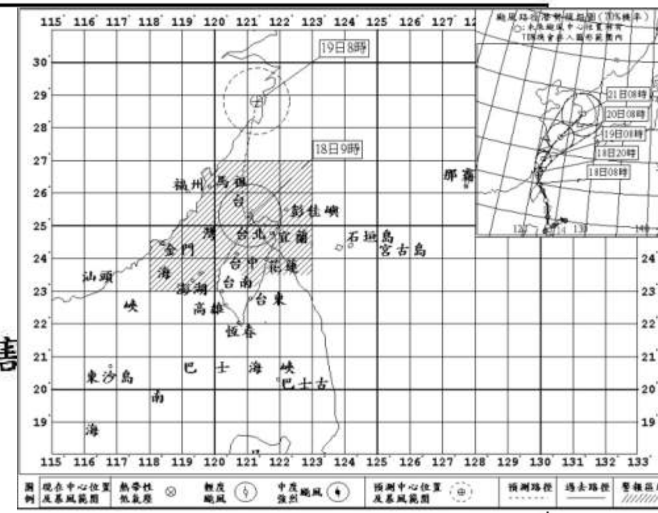
表 1-1、自然災害(天災)之種類

1.1 氣象災害

1.1.1 風災

- 1.1.1.1 因風力之破壞災害
- 1.1.1.2 飛砂災害
- 1.1.1.3 高潮災害
- 1.1.1.4 波浪災害
- 1.1.1.5 沿岸流如海洋侵蝕、埋沒、紅潮等所引起之災害
- 1.1.1.6 焚風(Fohn)災害
- 1.1.1.7 亂流所引起之災害(飛機事故)
- 1.1.1.8 擴散氣流(大氣污染、惡臭等)之災害
- 1.1.1.9 龍捲風(旋風)災害





1.1.2 雨災

- 1.1.2.1 洪水災害
- 1.1.2.2 山崩、崖崩災害
- 1.1.2.3 土壤侵蝕災害
- 1.1.2.4 積水災害
- 1.1.2.5 土石流、泥害
- 1.1.2.6 長期災害(腐蝕等)

（1.1.2.2～1.1.2.5：降雨多之災害）

1.1.2.8 旱災(缺水及鹽害)

1.1.3 雪災

1.1.3.1 積雪災害(如結構物破壞、農作物受損、交通中斷...等)

1.1.3.2 融雪災害(洪水、雪崩)

1.1.3.3 冰災

1.1.3.4 降雪災害(如登山事故、列車事故)

1.1.4 酷寒災害(氣溫下降)

1.1.4.1 凍土(如路基破壞)

1.1.4.2 凍結(港泊池結冰、妨礙流水等

1.1.4.3 凍傷(人畜)

1.1.4.4 冷害(農作物、水產養殖)

蘇州冰災

1.1.5 酷熱災害(氣溫上升)

1.1.5.1 膨脹破壞(如鋼軌膨脹列車出事、混凝土龜裂等)

1.1.5.2 自然發火(森林、煤倉.......等)

1.1.5.3 疾病(日光照射)生理功能較差

1.1.6 霜害

1.1.6.1 霜害

1.1.6.2 雹害

1.1.6.3 雷害

1.1.6.4 霧害

1.1.6.5 濕害

蘇州冰災

青藏凍土

青藏凍土

北京霧害

◎ 自然災害(天災)及人為災害(人禍)




1.2 地變災害
1.2.1 震災
 1.2.1.1 震動災害(如設施破壞、列車傾覆等)
 1.2.1.2 巨浪災害(海嘯)
 1.2.1.3 山崩、崩坍
 1.2.1.4 地基沈陷
 1.2.1.5 陷落、落磐
1.2.2 火山災害
 1.2.2.1 熔岩流災害
 1.2.2.2 火山灰災害
 1.2.2.3 地滑災害

Mexico City Earthquake, September 19, 1985. Collapsed and damaged upper floors of the Ministry of Telecommunications building. 1985. See photo cel0006 for view of the other side of this building.

1.3 動物災害
1.3.1 病原菌(傳染病、風土病)
1.3.2 蟲害(白蟻、蝗蟲、蚊、蠅、海蟲.......等)
1.3.3 鳥害(麻雀等)
1.3.4 貝害(附著船底之牡蠣類)
1.3.5 獸害(猛獸、毒蛇、野鼠......等)





◎ 自然災害(天災)及人為災害(人禍)

2. 人為災害

人為災害最主要因素為錯誤利用自然，甚至破壞自然，以及人類活動缺少節制，導致自然失衡所引起，如表 1-2：

表 1-2、人為災害之種類

2.1 都市公害
- 2.1.1 空氣污染
- 2.1.2 水污染
- 2.1.3 噪音
- 2.1.4 振動
- 2.1.5 污物廢棄物、惡臭
- 2.1.6 地基沈陷(抽取地下水)
- 2.1.7 火災

2.2 產業災害
- 2.2.1 工場災害(設施災害)(含化學災害)
- 2.2.2 礦山災害
- 2.2.3 營建現場災害
- 2.2.4 職業病及勞動災害
- 2.2.5 游離輻射之危害

2.3 交通災害
- 2.3.1 陸上交通災害
- 2.3.2 飛行器事故
- 2.3.3 船舶災害(火災、海難等)





◎　自然災害(天災)及人為災害(人禍)

2.4 戰爭災害

2.5 管理災害

2.5.1 調查簡陋所引起之災害

2.5.2 規劃設計不周密之災害

2.5.3 施工不良之災害

2.5.4 管理不當之災害

2.5.5 行政處置欠妥之災害

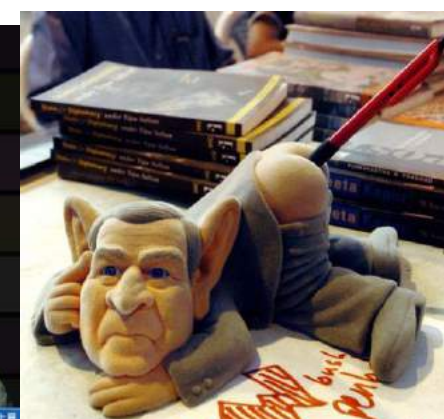
2.5.6 謠言災害

王老師**512**
世界末日

2.5.7 預報、警報錯誤

2.5.8 其他因人類理解力不足所引起之災害

：摘譯自技報堂：防災手冊第 21-22 頁



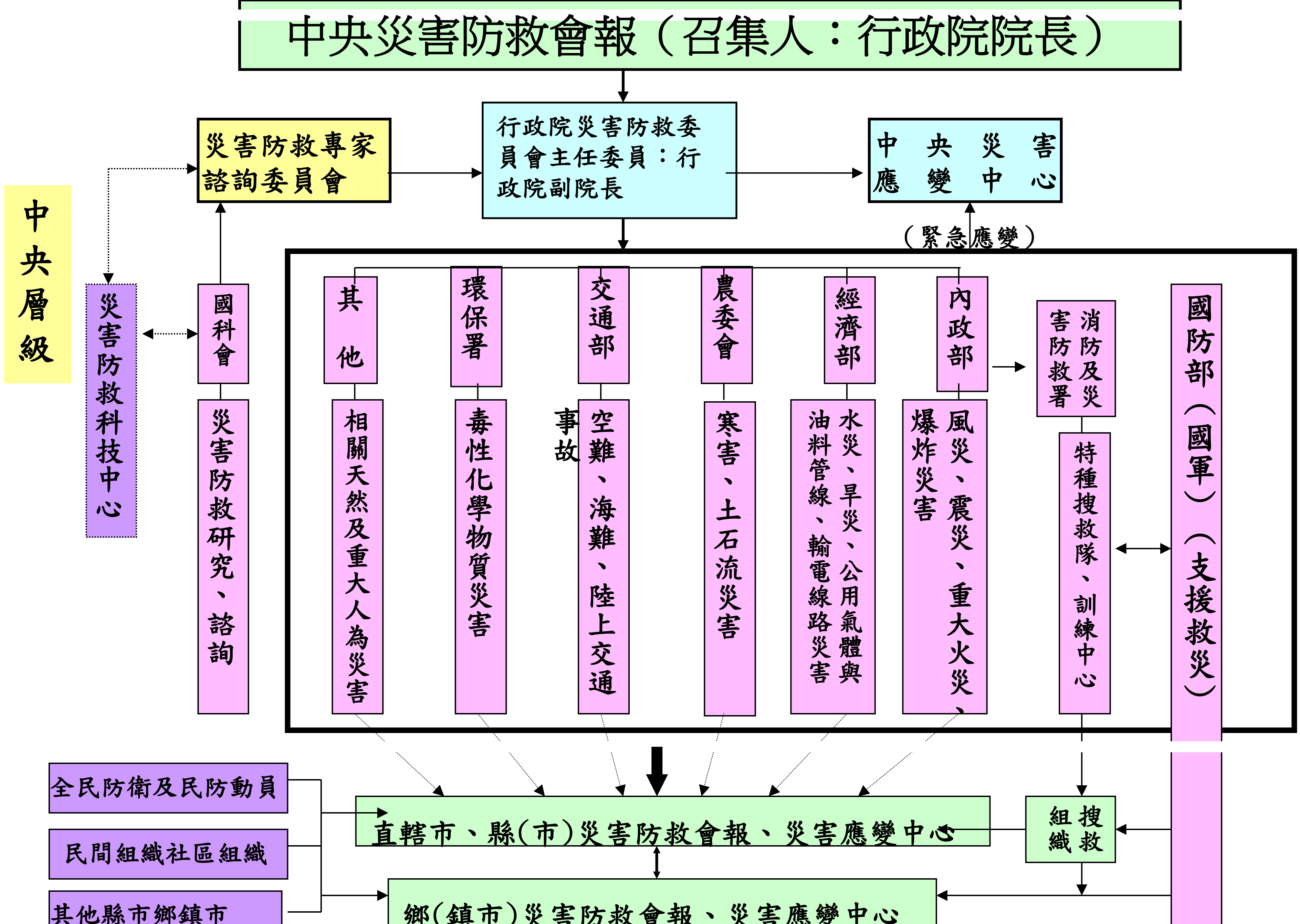
災害防救法
災害分類

災害防救法天然災害及人為災害分類

1.中華民國八十九年七月十九日總統(89)華總一義字第 8900178710 號 令制定公布全文 52 條;並自公布日起施行
2.中華民國九十一年五月二十九日總統華總一義字第 09100108310 號令 增訂公布第 39-1 條條文
3.中華民國九十七年五月十四日總統華總一義字第 09700055091 號令修 正公布第 2、3、13、22～24、27、31～33、36、38、39、40、46、49 、50 條條文;增訂第 37-1、37-2、43-1 條條文;並刪除第 29、39- 1、42 條條文
4.中華民國九十九年一月二十七日總統華總一義字第 09900017931 號令 增訂公布第 47-1 條條文
5.中華民國九十九年八月四日總統華總一義字第 09900192631 號令修正 公布第 3、4、7、9～11、15～17、21、23、28、31、34、44、47 條條 文

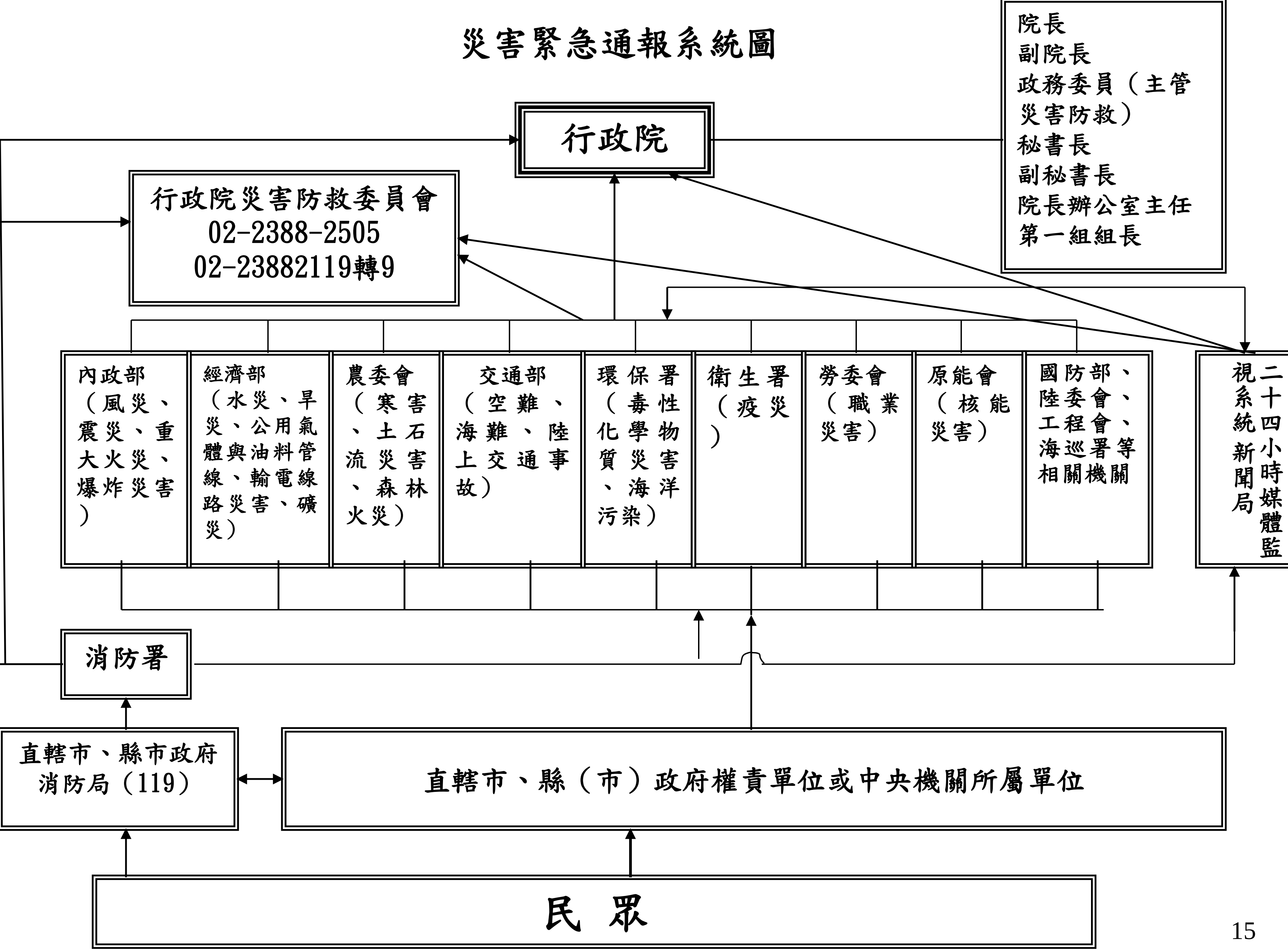
第 2 條		本法專用名詞，定義如下： 一、災害：指下列災難所造成之禍害： （一）風災、水災、震災、旱災、寒害、土石流災害等天然災害。 **6類** （二）火災、爆炸、公用氣體與油料管線、輸電線路災害、礦災、空難、海難、陸上交通事故、森林火災、毒性化學物質災害等災害。 **11類** 二、災害防救：指災害之預防、災害發生時之應變及災後之復原重建等措施。 三、災害防救計畫：指災害防救基本計畫、災害防救業務計畫及地區災害防救計畫。 四、災害防救基本計畫：指由中央災害防救會報核定之全國性災害防救計畫。 五、災害防救業務計畫：指由中央災害防救業務主管機關及公共事業就其掌理業務或事務擬訂之災害防救計畫。 六、地區災害防救計畫：指由直轄市、縣（市）及鄉（鎮、市）災害防救會報核定之直轄市、縣（市）及鄉（鎮、市）災害防救計畫。

第 3 條		各種災害之預防、應變及復原重建，以下列機關為中央災害防救業務主管機關： 一、風災、震災、火災、爆炸災害：內政部。 二、水災、旱災、公用氣體與油料管線、輸電線路災害、礦災：經濟部。 三、寒害、土石流災害、森林火災：行政院農業委員會。 四、空難、海難、陸上交通事故：交通部。 五、毒性化學物質災害：行政院環境保護署。 六、其他災害：依法律規定或由中央災害防救會報指定之中央災害防救業務主管機關。 前項中央災害防救業務主管機關就其主管災害防救業務之權責如下： 一、中央及直轄市、縣（市）政府與公共事業執行災害防救工作等相關事項之指揮、督導及協調。 二、災害防救業務計畫訂定與修正之研擬及執行。 三、災害防救工作之支援、處理。 四、非屬地方行政轄區之災害防救相關業務之執行、協調，及違反本法案件之處理。 五、災害區域涉及海域、跨越二以上直轄市、縣（市）行政區，或災情重大且直轄市、縣（市）政府無法因應時之協調及處理。


中央災害防救會報（召集人：行政院院長）
災害防救專家諮詢委員會
行政院災害防救委員會主任委員：行政院副院長
中央災害應變中心
（緊急應變）
中央層級
災害防救科技中心
國科會
災害防救研究、諮詢
其他
相關天然及重大人為災害
環保署
毒性化學物質災害
交通部
空難、海難、陸上交通事故
農委會
寒害、土石流災害
經濟部
水災、旱災、公用氣體與油料管線、輸電線路災害
內政部
風災、震災、重大火災、爆炸災害
消防署
特種搜救隊、訓練中心
國防部（國軍）（支援救災）
全民防衛及民防動員
民間組織社區組織
其他縣市鄉鎮市
直轄市、縣(市)災害防救會報、災害應變中心
搜救組織
鄉(鎮市)災害防救會報、災害應變中心

災害防救體系示意圖

災害緊急通報系統圖


行政院
院長
副院長
政務委員（主管災害防救）
秘書長
副秘書長
院長辦公室主任
第一組組長
行政院災害防救委員會
02-2388-2505
02-23882119轉9
內政部（風災、震災、重大火災、爆炸災害）
經濟部（水災、旱災、公用氣體與油料管線、輸電線路災害、礦災）
農委會（寒害、土石流災害、森林火災）
交通部（空難、海難、陸上交通事故）
環保署（毒性化學物質災害、海洋污染）
衛生署（疫災）
勞委會（職業災害）
原能會（核能災害）
國防部、陸委會、工程會、海巡署等相關機關
二十四小時媒體監視系統
新聞局
消防署
直轄市、縣市政府消防局（119）
直轄市、縣（市）政府權責單位或中央機關所屬單位
民 眾

2.

歷史教訓—

被地震摧毀的城市

Historical earthquakes (Wikipedia, the free encyclopedia)
Pre-11th century

Date	Place	Fatalities	M	Comments
1831 BC	Xia China 夏朝 *see* Mount Tai earthquake	?	?	Listed in the *Bamboo Annals*
464 BC	Sparta, Greece 希臘斯巴達 *see* 464 BC Sparta earthquake	?	7.2 (approx)	M_s Led to a helot uprising and strained relations with Athens, one of the factors that led to the Peloponnesian War
226 BC	Rhodes, Greece 希臘羅德島 *see* 226 BC Rhodes earthquake	?	–	Destroyed Colossus of Rhodes and city of Kameiros
60 BC	Portugal and Galicia coasts	?	8.5	Caused a tsunami
17 AD	Asia minor *see* 17 AD Lydia earthquake	?		Destroyed 13 cities in Asia (minor)
December 13, 115	Antioch 羅馬安提拉 *see* 115 Antioch earthquake	~260,000	7.5	M_s
May 19, 526	Antioch, Turkey *see* 526 Antioch earthquake	250,000	VIII	The city of Antioch was greatly damaged, and some decades later the city's population was just 300,000.
July 6, 551	Beirut, Tyre, Tripoli *see* 551 Beirut earthquake	30,000	7.5	M_w Triggered a devastating tsunami, all the cities of the Phoenician coast from Tyre to Tripoli were reduced to ruins
January 18, 749[12][13]	The Levant *see* 749 Galilee earthquake		7 to 7.5 (approx)	The cities of Tiberias, Beit She'an, Hippos and Pella were largely destroyed while many other cities across the Levant region were heavily damaged

11th–18th centuries

October 11, 1138	Aleppo, Syria *see* 1138 Aleppo earthquake	230,000	XI	
August 12, 1157	Hama, Syria *see* 1157 Hama earthquake	"Tens of thousands"	7.2	M_s Largest in a sequence lasting from late 1156 to early 1159
February 4, 1169	Sicily *see* 1169 Sicily earthquake	15,000	X	
June 29, 1170	Eastern Mediterranean	5,000[28]-80,000 in Aleppo 25,000 in Hama	7.3–7.5[29]-7.7[30]	Syria, Lebanon, central southern Turkey
July 5, 1201 and/or May 20, 1202	Eastern Mediterranean; see1202 Syria earthquake	1,100,000 (includes famine/disease deaths)	7.6	Damage across a wide area from Syria to Upper Egypt
May 11, 1222	Cyprus *see* 1222 Cyprus earthquake		7.0–7.5	Caused damage at Paphos,Limassol and Nicosia
August 8, 1303, 06:00	1303 Crete earthquake, Greece	up to 10,000	~8	Triggered a major tsunami that devastated Alexandria in Egypt
September	Honshu *see* 1498 Meiō	31,000	8.6	M

	earthquakes of 1759			
October 21, 1766	Saint Joseph, Trinidad and Tobago		7.9	Destroyed Spanish colonial capital of San Jose, Trinidad(now St. Joseph)
June 1, 1786	Sichuan, China *see* 1786 Kangding-Luding earthquake	~100,000	7.75	M_w Triggered a landslide that blocked the Dadu river - the collapse of the dam during an aftershock and subsequent flood caused most of the casualties
November 22, 1800	San Diego, California,USA	Unknown	6.5	Resulted in varying levels of damage at Mission San Diego de Alcalá, Mission San Luis Rey de Francia, and Mission San Juan Capistrano

人類警示錄獸性龐貝古城的覆滅

公元79年8月24日，位於意大利南部的龐貝，一座古羅馬極盡奢華的城市，頃刻間在憤怒的火山爆發中覆沒。這曾是一個煙柳繁華、縱情聲色之地，卻在一夕間停止下來，定格為歷史

世界防災事件簿 (詹添全,2012.04.12)

◎ Largest Earthquakes in the World Since 1900

◎ Most Destructive Known Earthquakes on Record in the World Earthquakes with 50,000 or More Deaths Listed in order of greatest number of deaths

◎ San Francisco, California, 舊金山Earthquake April 18, 1906

◎ Tanshan Earthquake唐山 1976.7.28 3:15 M=7.6 255,000

◎ Japan Kobe Earthquake阪神 1995.1.17 5:46 M=7.2 6,000

◎ Turkey Earthquake 1999.8.18 3:15 18,000

◎ Taiwan 集集地震1999.09.21AM01:47, M=7.3, 2456

◎ 印尼地震海嘯2004.12.26M=9.1+283,106餘震20070912 M=8.4

◎日本新瀉中越地震2004.10.23M=6.8新幹線出軌960325M=6.9+960716M=6.8

◎ 美國颶風Hurricane Katrina2005.8.31

◎ PAKISTAN 2005.10.08 PM03:50:38 M=7.6

◎ CHINA四川 2008.5.12 PM2:28 M=8.0 69195+18389

◎ Italy 20090406 M=6.7 毀百年古城

◎ 20090806Taiwan莫拉克颱風水災

◎海地M=7.0大地震(PM21-53-10 UTC) 225,000

◎智利20100227Offshore Maule, Chile M=8.8

◎ 20110221-IRIS-M=6.3 South Island of New Zealand

◎ 20110311日本M=9.0 Near the East Coast of Honshu

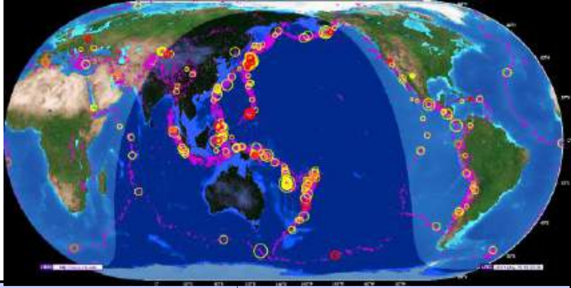
◎ 20110407日本M=7.1 Near the East Coast of Honshu

◎ 20120412-IRIS-M=8.6 Off the West Coast of Northern Sumatra

The Ten Largest[1] Earthquakes Since 1900

Updated March 14, 2011

Below is a list of the largest earthquakes on record in the world. Magnitude, date, and location are also given.



Location		Date	Magnitude[2]
1.	Chile	May 22, 1960	9.5
2.	Prince William Sound, Alaska	March 28, 1964[3]	9.2
3.	Andreanof Islands, Aleutian Islands	March 9, 1957	9.1
4.	Japan	March 11, 2011	9.0
5.	Kamchatka	Nov. 4, 1952	9.0
6.	Off western coast of Sumatra, Indonesia	Dec. 26, 2004	9.0
7.	Off the coast of Ecuador	Jan. 31, 1906	8.8
8.	Offshore Maule, Chile	Feb. 27, 2010	8.8
9.	Rat Islands, Aleutian Islands	Feb. 4, 1965	8.7
10.	Northern Sumatra, Indonesia	March 28, 2005	8.7

1. In terms of magnitude.
2. Moment magnitude.
3. March 28, 03:36:14 UT (March 27, 5:36 P.M. local time)

Source: National Earthquake Information Center, U.S. Geological Survey.

See also deadliest Earthquakes and Volcanic Eruptions. and Tsunami Factfile.

Most Destructive Known Earthquakes on Record in the World Earthquakes with 50,000 or More Deaths Listed in order of greatest number of deaths Updated 2008 May 14

Date	Location	Deaths	M	Comments
January 23, 1556	China, Shansi	830,000	~8	
December 26, 2004	Sumatra	283,106	9.0	Deaths from earthquake and tsunami.
July 27, 1976	China, Tangshan	255,000 (official)	7.5	Estimated death toll as high as 655,000.
August 9, 1138	Syria, Aleppo	230,000		
May 22, 1927	China, near Xining	200,000	7.9	Large fractures.
December 22, 856+	Iran, Damghan	200,000		
December 16, 1920	China, Gansu	200,000	7.8	Major fractures, landslides.
March 23, 893+	Iran, Ardabil	150,000		
September 1, 1923	Japan Kanto (Kwanto)	143,000	7.9	Great Tokyo fire.
October 5, 1948	USSR (Turkmenistan, Ashgabat)	110,000	7.3	
December 28,1908	Italy, Messina	70,000 to 100,000(estimated)	7.2	Deaths from earthquake and tsunami.
September, 1290	China, Chihli	100,000		
November, 1667	Caucasia, Shemakha	80,000		
November 18, 1727	Iran, Tabriz	77,000		
November 1, 1755	Portugal, Lisbon	70,000	8.7	Great tsunami.
December 25, 1932	China, Gansu	70,000	7.6	
May 31, 1970	Peru	66,000	7.9	$530,000,000 damage, great rock slide, floods.
1268	Asia Minor, Silicia	60,000		
January 11, 1693	Italy, Sicily	60,000		
May 30, 1935	Pakistan, Quetta	30,000 to 60,000	7.5	Quetta almost completely destroyed.
February 4, 1783	Italy, Calabria	50,000		

44 Disasters of over 100,000 Deaths http://across.co.nz/WorldsWorstDisasters.html

44 Disasters of over 100,000 Deaths	Number of Deaths	Disaster Type
1 - Worldwide, every year	2 to 5 million a year	Malaria瘧疾
2 - Western Hemisphere, mostly 16th - 18th centuries	unknown millions	European Sicknesses
3 - Africa, 1981 - 1984	unknown millions	Drought乾旱
4 - World-wide, 1918 - 19	35 to 100 million	Influenza pandemic流感大流行
5 - Europe and beyond, 1347-1350	25 million	Bubonic plague鼠疫
6 - China, 1958 - 61	20 million	Famine飢荒
7 - India, 1769	10 million	Famine
8 - China, 1876 - 1879	9 million	Drought
9 - North Korea, 1995-98	3 million +	Famine and Floods
10 - China, 1935	2 million + ?	Flood
11 - Egypt and Syria, 1201埃及敘利亞	1.1 million	Earthquake
12 - Ireland, 1845 - 48	1 million +	Famine
13 - China, 1942 - 1943	1 million +	Drought
14 - China, 1887	900,000	Flood
15 - China, 1556山西	830,000	Earthquake
16 - China, 1976唐山	600,000(255,000)	Earthquake
17 - China, 1920	500,000 +	Drought
18 - France, Germany, America, etc., 1870	500,000	Smallpox天花
19 - Bangladesh, 1970	500,000	Floods
20 - World-wide, 1957	400,000 ?	"Asian Flu"

21 - India, 1737	300,000	Typhoon
22 - China, 1642	300,000	Flood
23 - South Asia, 2004	283,106	Tsunami / Earthquake
24 - Syria, Aleppo, 1138	230,000	Earthquake
25 - Iran, 1780	200,000	Earthquake
26 - China, 1920	200,000	Earthquake
27 - China, 1927	200,000	Earthquake
28 - China, 1939	200,000	Flood
29 - Japan, 1923	170,000	Earthquake
30 - China, 1931	150,000 +	Flood
31 - China, 1933	140,000	Flood
32 - Bangladesh, 1991	139,000	Earthquake
33 - Japan, 1730	137,000	Earthquake
34 - North America, 1775-82	130,000	Smallpox
35 - Italy, 1908	123,000	Earthquake
36 - Turkmensistan (USSR), 1948	110,000	Earthquake
37 - Armenia, 1988	100,000 +	Earthquake
38 - Japan	100,000 +	Famine
39 - China, 1290	100,000 +	Earthquake
40 - Netherlands, 1228	100,000 +	Flooding from broken dykes
41 - England, 1665	100,000 +	Plague
42 - Portugal, 1775	100,000 +	Tsunami / Earthquake
43 - Vietnam, 1971	100,000 +	Flood
44 - Haiti, 2010	100,000 +	Earthquake

http://across.co.nz/WorldsWorstDisasters.html

San Francisco, California, Earthquake April 18, 1906

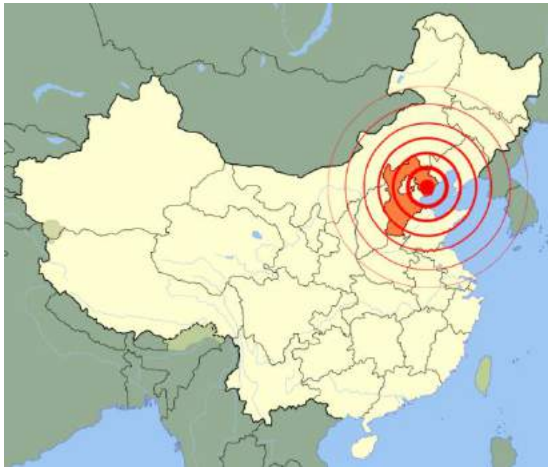
1906年**4**月**18**日清晨**5**點**12**分左右，芮氏規模為**7.8**，震央位於接近舊金山市的聖安地列斯斷層

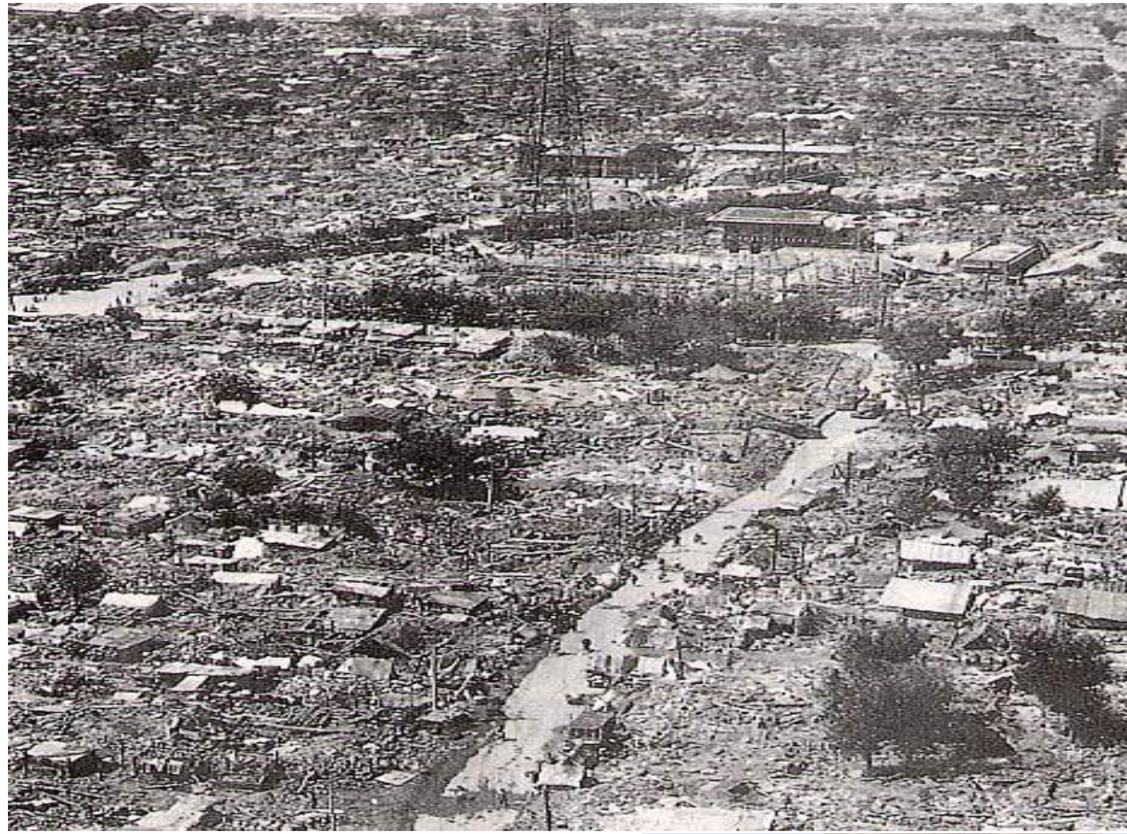
CHINA唐山E.Q.

1976.7.28 M=7.8

255,000

Tanshan Earthquake 1976.7.28 3:15 M7.6 255,000





Tangshan Hotel, 1976

Tangshan earthquake memorial

Tanshan Earthquake 1976.7.28 3:15 M7.6   255,000

7.28凌晨，河北省唐山发生7.8级强烈地震，唐山市被夷为一片废墟，24 万人丧生，83万人受伤，7200个家庭绝户，近万个家庭解体及鳏寡孤独。

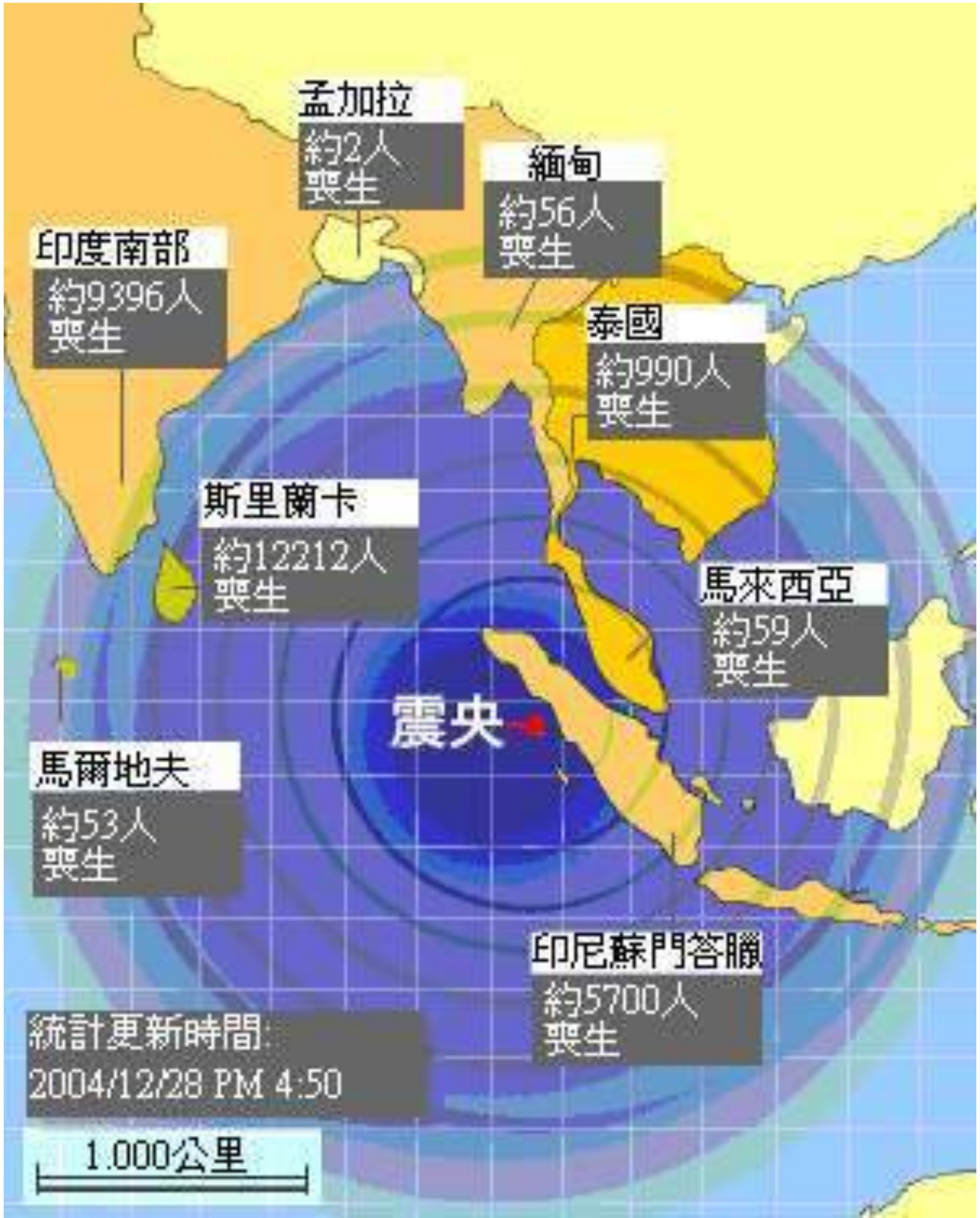
Tangshan Hotel, 1976

印尼地震+海嘯

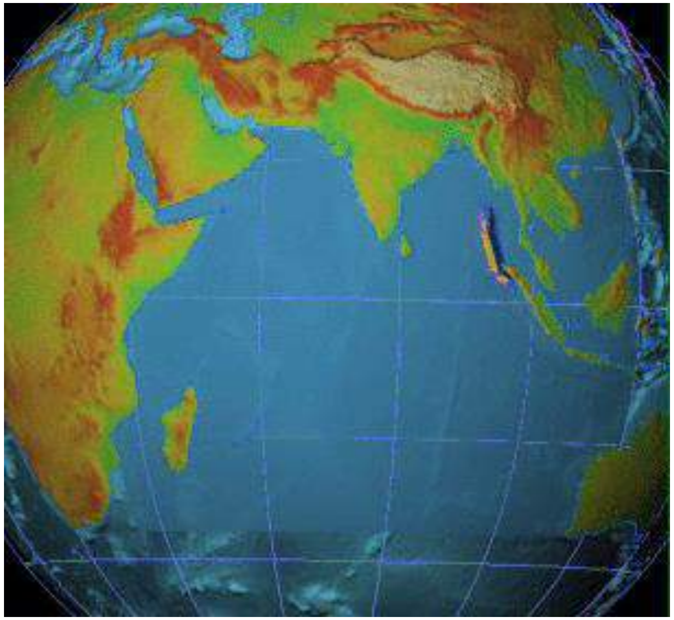
2004.12.26M=9.1

283,106

印尼地震+海嘯2004.12.26M=9.1+25萬死亡(餘震20070912M=8.4)



印尼地震M8.4+
海嘯2004.12.26



印尼地震海嘯2004.12.26

Taiwan Ji-Ji EQ.(M=7.3) 1999.9.21 (2456)

1999.9.21 Ji-Ji E.Q. 霧峰光復國中跑道車籠埔斷層抬高4m

921大地震(M=7.3 a=989gal)

(20) 斗六市中山國寶大樓倒塌情形.

Taiwan 1999.09.21 AM01:47, M=7.3, 2456

八德路四段立面外觀

台北市八德路四段虎林街口東興大樓
921地震發生前、後正面照片

1999年921集集大地震重創南投縣，位於國姓鄉南港村九份二山旁的澀仔坑，被認為是地震能量的爆破點，土石崩塌量超過3000立方公尺，掩埋範圍達200公頃，堆積的土石最深有200多公尺，地形地貌位移走樣。
當時計有周邊14戶人家總共39人慘遭活埋，另有289頭水鹿葬身於大片黃土中。
這裡是921震災救援工作持續最久的災變點，相關單位整整挖掘了兩個月，至今仍有17名災民的遺體未能尋獲。

梁搭接於鄰房柱子上(自己沒有柱)

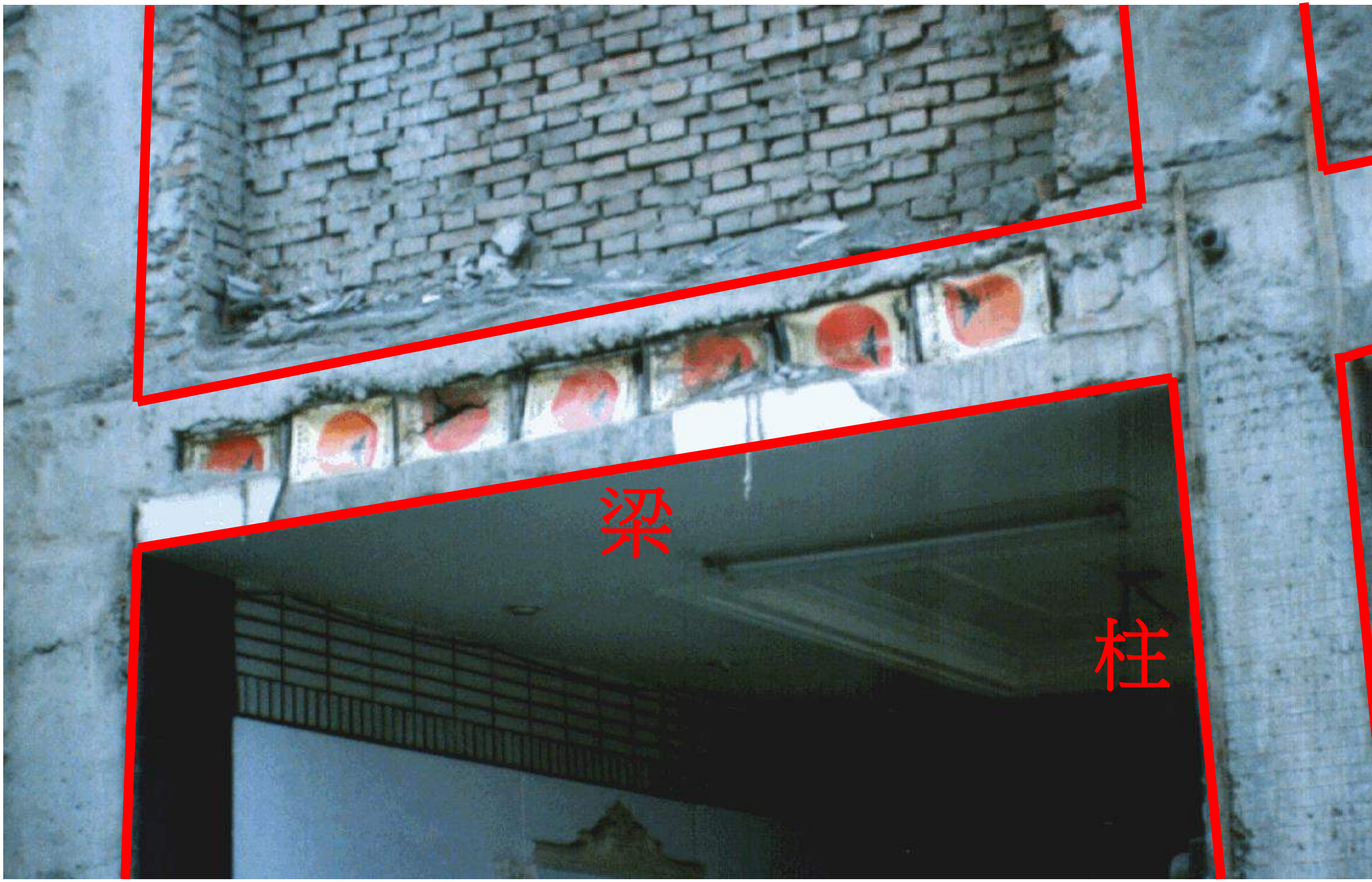
缺柱形成軟弱一層

（地震前Before Ji-Ji 4-stories）

(地震後After Ji-Ji 2-stories）

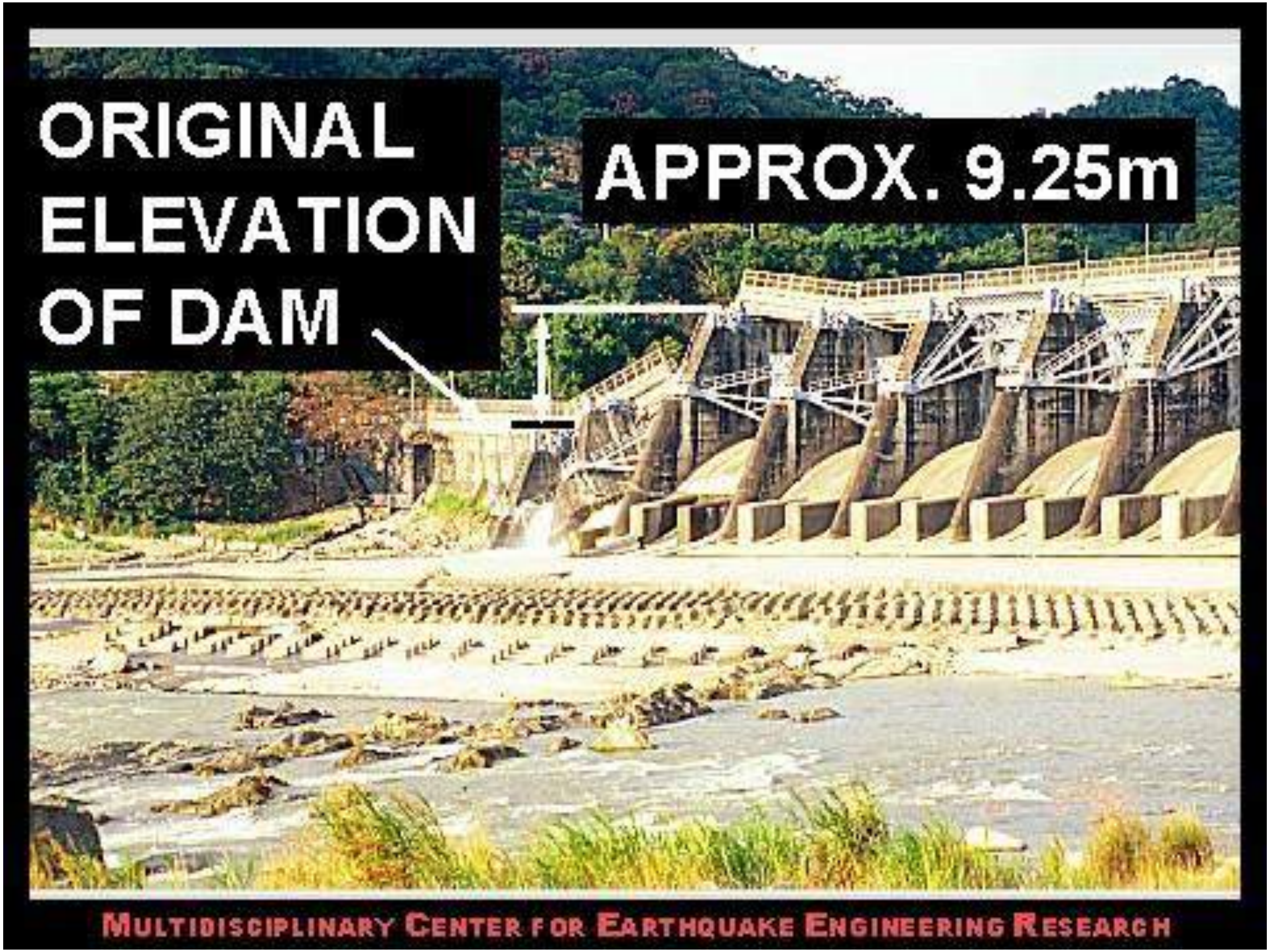
缺柱形成軟弱一層 —（埔里中正市場）

梁中埋入沙拉油桶



埔里中正路3+1樓民宅
880921倒塌現況

埔里中正路3+1樓民宅
911101改建後



TAIWAN. FAULT RUPTURE THROUGH DAM. 9.25 METER VERTICAL GROUND DISPLACMENT.

CHINA四川

2008.5.12

PM2:28 M=8.0

69195+18389

川震建物破壞原因初探

- 磚混結構之耐震設計與施工品質
  - 此次倒塌房屋多為磚柱與無筋承重磚牆(URM)為主
  - 圈梁與承重磚牆間缺少鋼筋連結
  - 預鑄樓板(圓孔板)之間，無繫件相連


alibaba.com.cn


alibaba.com.cn

Buildings


中華民國紅十字總會 提供


DAEWOO
中国银行 BANK OF CHINA


蔡又晴 摄


中華民國紅十字總會 提供


中華民國紅十字總會 提供


中華民國紅十字總會 提供


中華民國紅十字總會 提供


非常时期民警坚守在你身边

Magnitude 6.3 - SOUTH ISLAND OF NEW ZEALAND


Christchurch cathedral
Magnitude 6.3 - SOUTH ISLAND OF NEW ZEALAND
http://msnbcmedia.msn.com/j/MSNBC/Components/Slideshows/_production/ss-110221-new-zealand-quake/ss-110221-nz-quake-10.ss_full.jpg

JAPAN 東北 EQ.(超級強震)

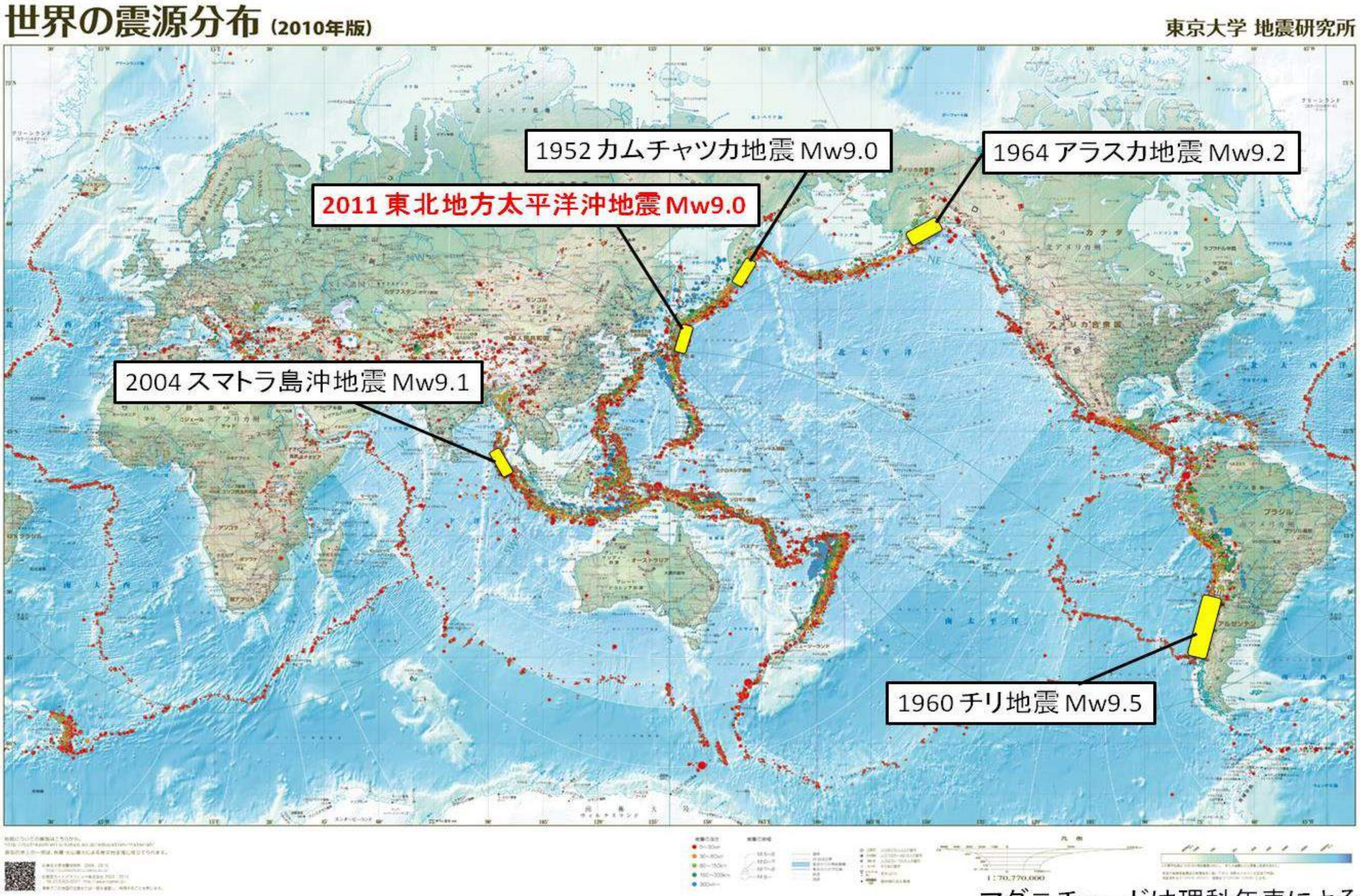
(M=9.0) 2011.3.11

1、前言

四川汶川、東日本、921大地震對比

	四川汶川地震	東日本大地震	921大地震
規模(Mw)	8.0	9.0	7.3
震源深度	14.0	24.0	8.0
斷層大小	250x40	500x200	
類型	直下型	海洋型	直下型
受災面積(7度以	130,000	42,500*	
死亡失蹤	90,000	25,000	2,444
受傷	370,000	6,000*	11,305
避難人數		130,000	
最大烈度	映秀鎮（11度）	栗原市築館（2933gal）	南投魚池(989gal)
房屋倒塌	7,790,000	46,000	51,711
房屋損壞	24,590,000		53,768

1、前言

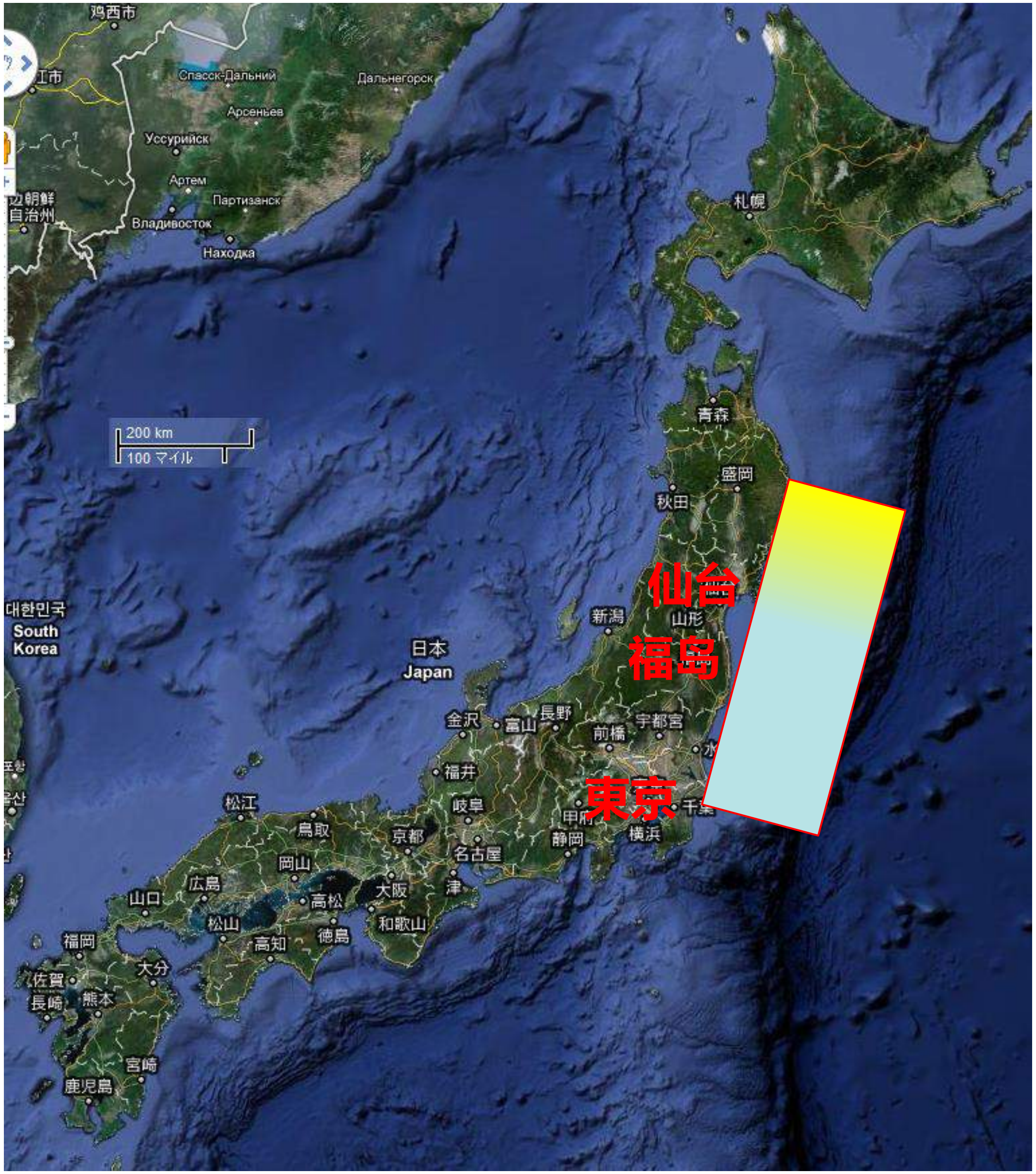


マグニチュードは理科年表による

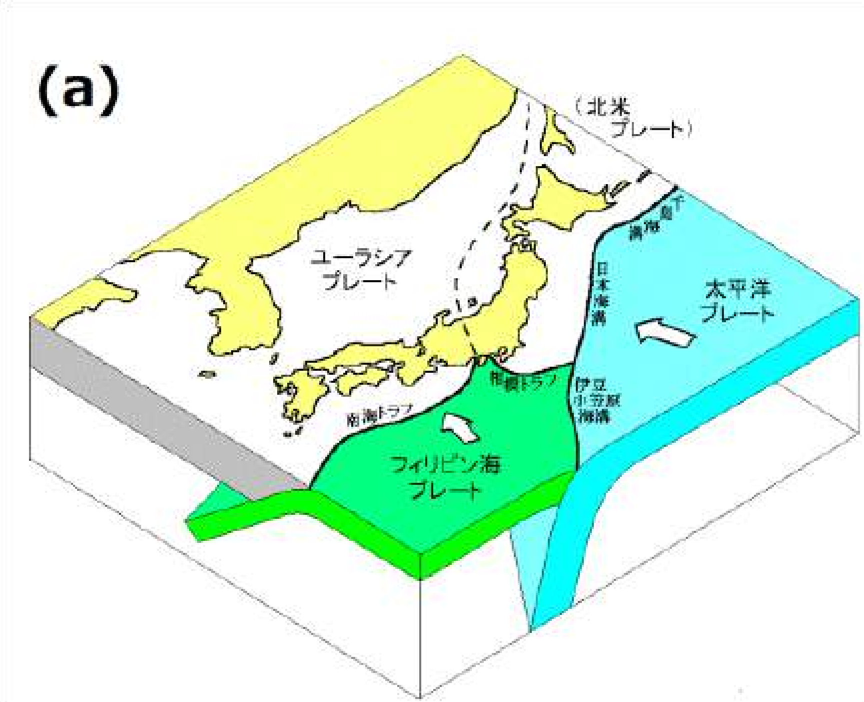
「東京大学地震研究所」世界で起きた大きな地震を修正（平成23年10月11日）

2、日本311強烈地震

311東日本大地震



東北地方太平洋沖地震（M9.0）の概略



・南北500kmの断層面の北方・南方延長が要注意。北方の「三陸沖北部」では1994年三陸はるか沖地震(M7.5)などがすでに発生。南方では，1677年(延宝)房総沖地震(M8.0)が発生し，千葉から茨城の沿岸の津波がで死者200名を数えた。少なくとも1年くらいは，この海域での地震に対して警戒を要する。

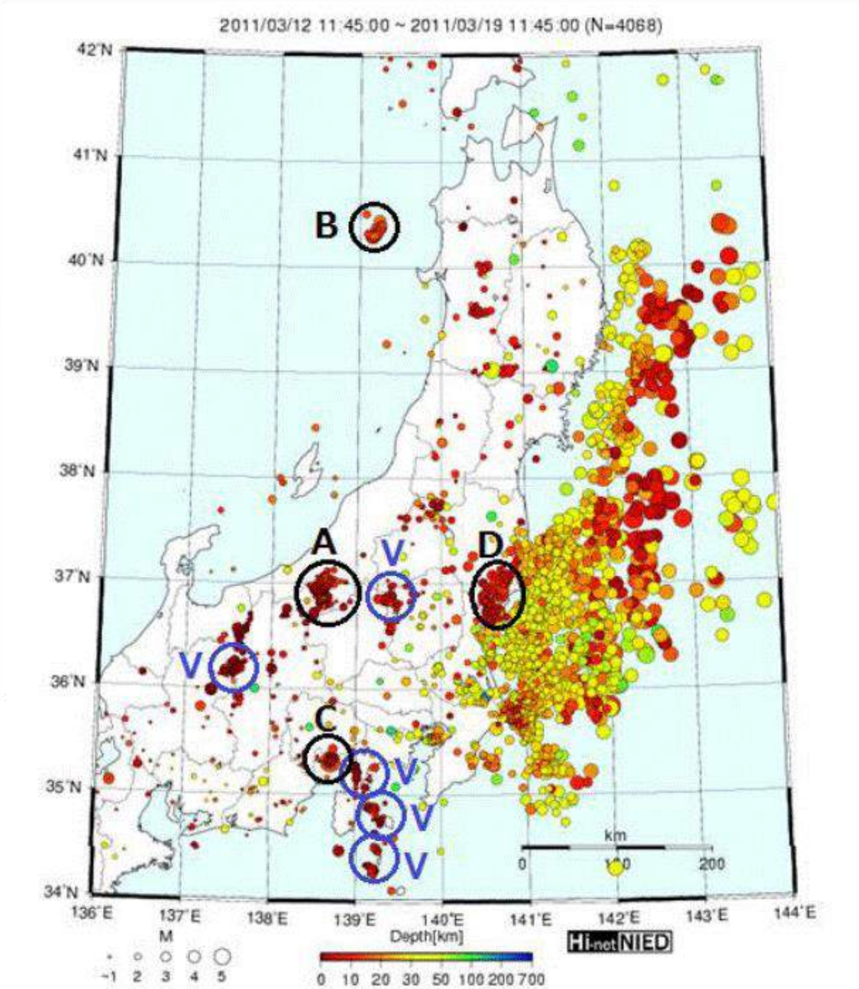


図 11　今回の地震発生の翌日から 1 週間の期間における東日本の地震活動（防災科研 Hi-net の自動処理震源による）。A,B,C,D は M6 級を含む浅発地震活動，V は火山関連の地震活動を示す。

東北地方太平洋沖地震（M9.0）の概略

一防災科学技術研究所　岡田義光氏の速報（2011/3/25）より一

表１　東日本太平洋沖における海溝型地震の長期発生予測（地震調査研究推進本部による）

海　域	予想されるマグニチュード		今後30年以内の発生確率	平均発生間隔
三陸沖北部	M8.0前後		0.5%～10%	約97年
三陸沖中部	（過去に大地震がなく評価不能）			
三陸沖南部海溝寄り	M7.7前後	連動時は M8.0前後	80%～90%	105年程度
宮城県沖	M7.5前後		99%	37年
福島県沖	M7.4前後（複数地震が続発）		7%程度以下	400年以上
茨城県沖	M6.7～M7.2		90%程度以上	約21年
房総沖	（過去に大地震がなく評価不能）			
三陸沖北部から房総沖の海溝寄り	M8.2前後（津波地震）		20%程度	133年程度
	M8.2前後（正断層型地震）		4%～7%	400～750年

図　10　東日本太平洋沖における海溝型地震の発生領域分け（地震調査研究推進本部による）

・「宮城県沖」は，過去200年間にM7クラスの6回の地震が平均37.1年間隔で繰り返されており，今後30年間の発生確率は99%という我が国で最も高い値と推定されていた。

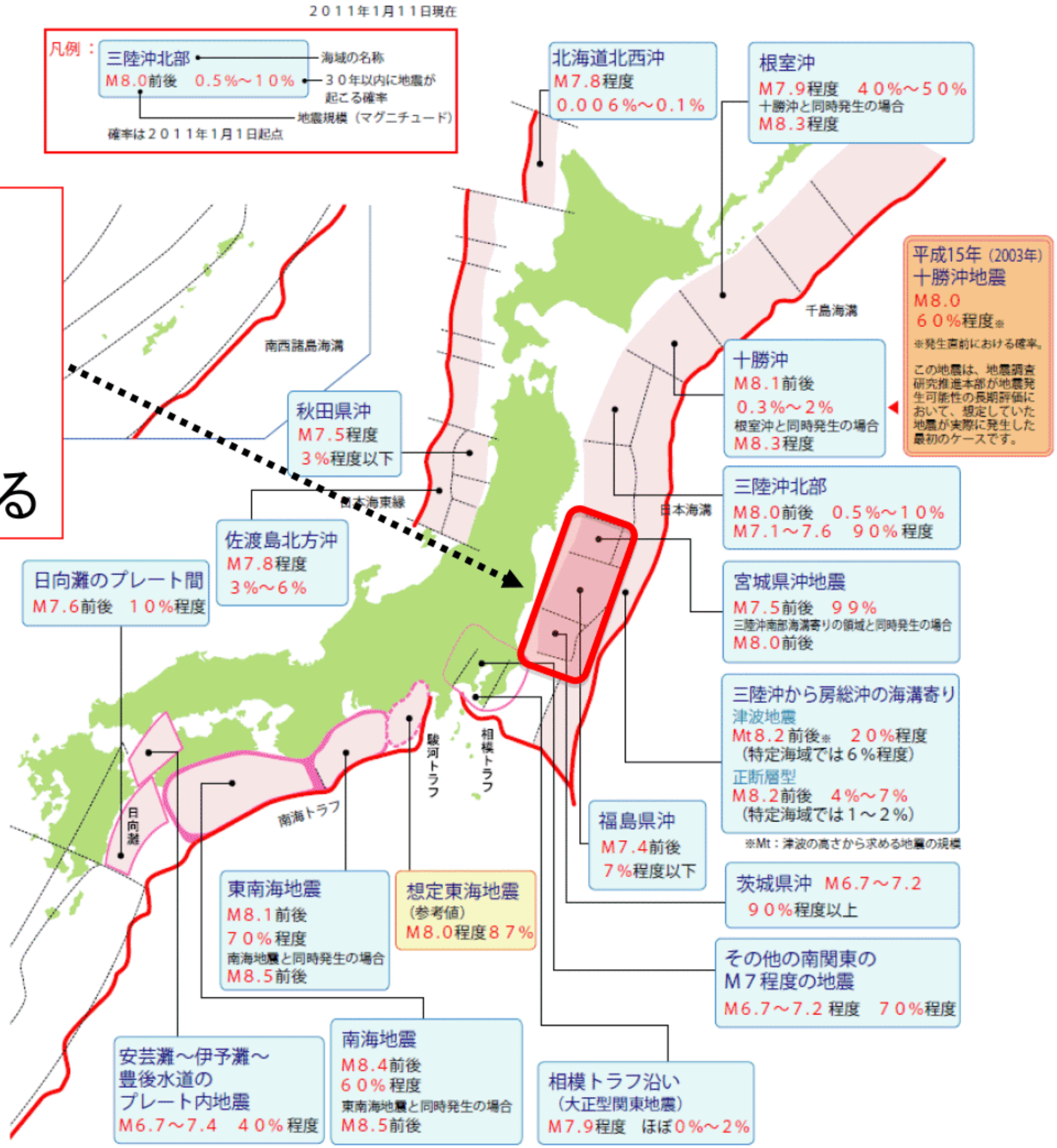
・本年3月9日には，沖合の「三陸沖南部海溝寄り」の海域でM7.3の地震が発生した。これによって「宮城県沖」と「三陸沖南部海溝寄り」が連動するM8級の大地震の危険性はやや薄らいだとも考えられていた。

→物理的な裏付けの無い
統計的ハザードモデル！

2、日本311強烈地震

地震の概要

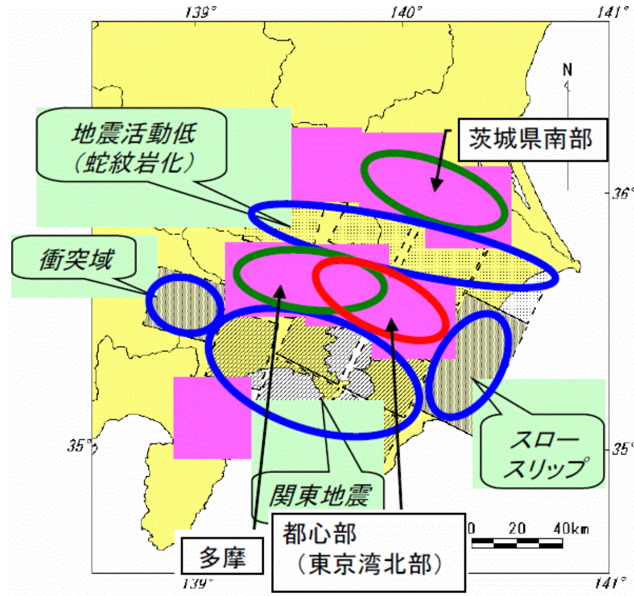
・宮城沖
・三陸沖南部海溝寄り
・福島県沖
・茨城県沖
が破壊したとされている



（地震調査研究推進本部）

土木学会HPより

首都圏で想定すべき地震



南海トラフ海溝型巨大地震（M8クラス）：

首都圏直下の地震（M7クラス）：
（フィリピン海プレートの上面）

今後30年間の発生確率

・南関東地震：1％以下

・東海地震：87％

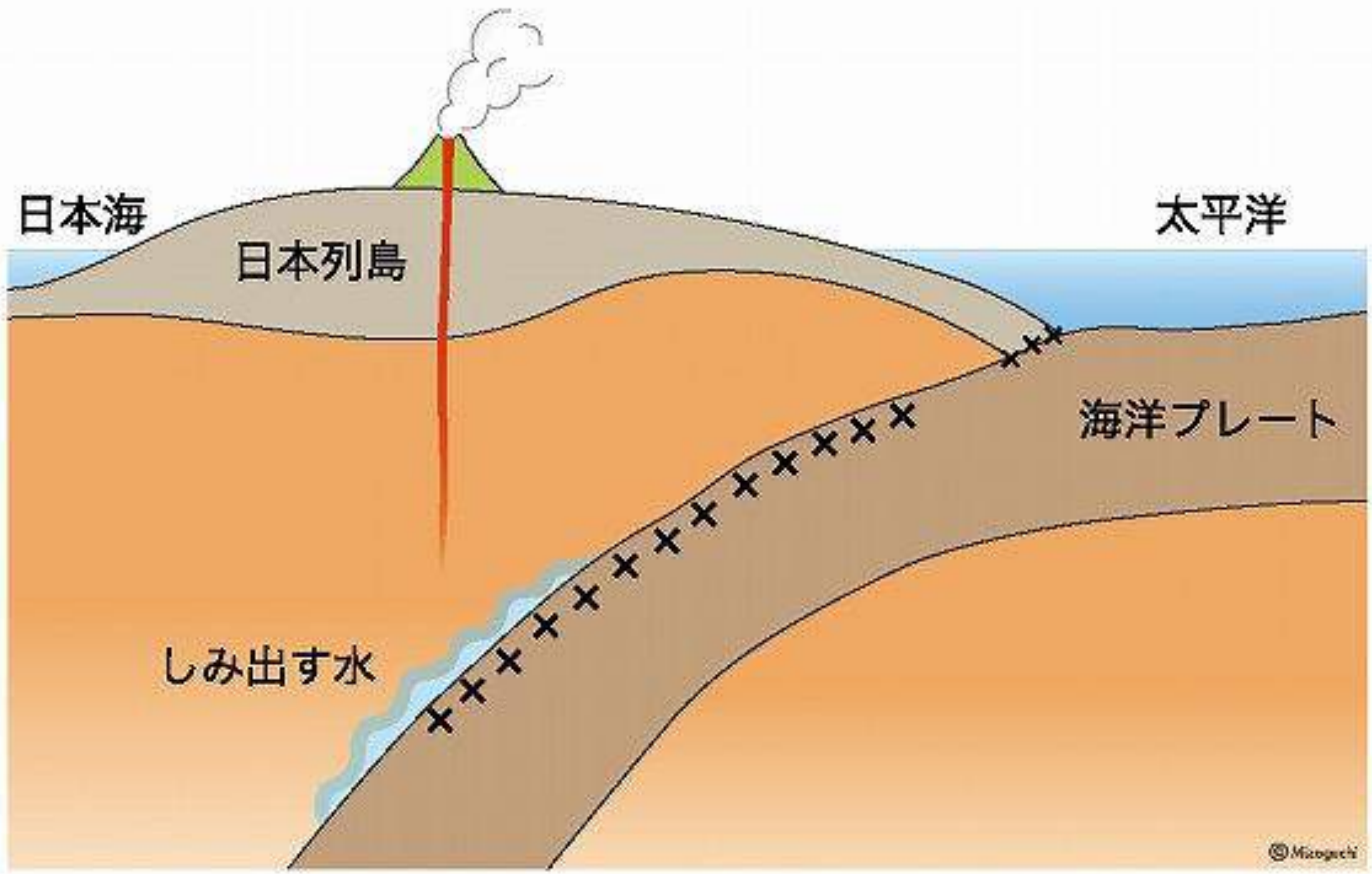
・東南海地震：60～70％

・首都直下地震：70％程度

・活断層による地震：1％以下

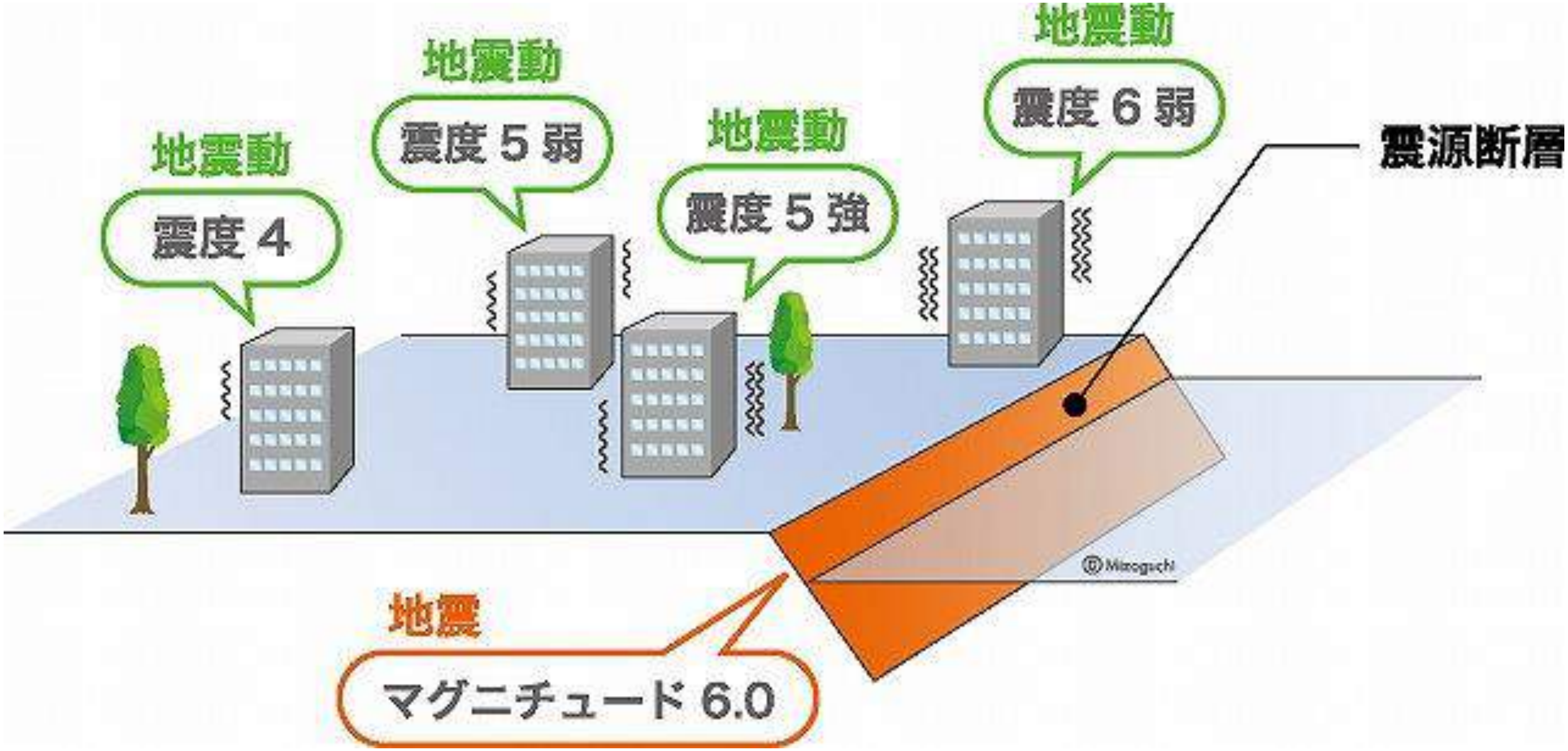
地震調査研究推進本部：「長期評価結果一覧」など、

地震的發生



海洋プレートから染み出した水がマグマのもととなり、これが日本列島に火山を形成する。

震度（震級）

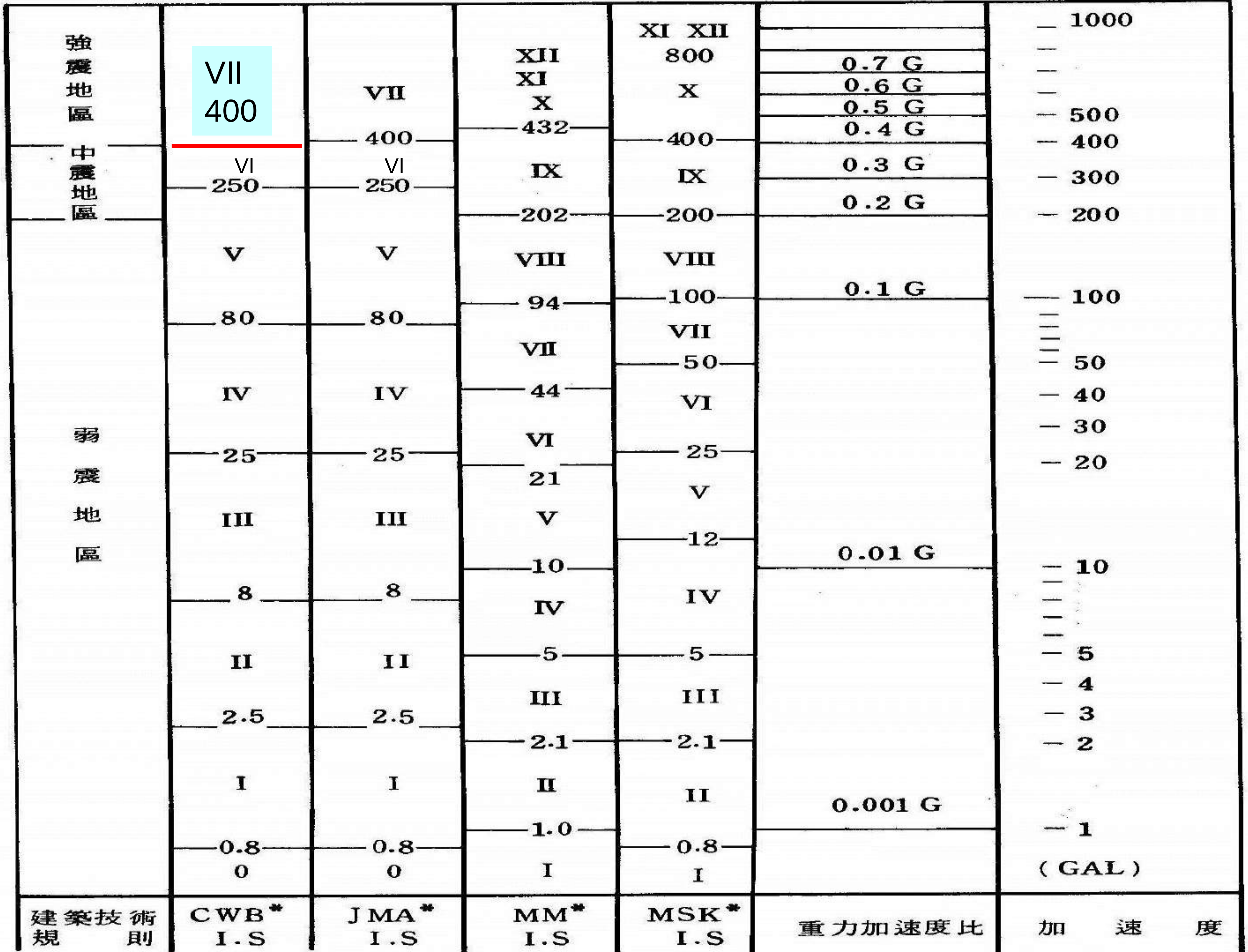

地震動
震度 4
地震動
震度 5 弱
地震動
震度 5 強
地震動
震度 6 弱
震源断層
地震
マグニチュード 6.0
© Mizoguchi

2、日本311強烈地震

JMA震度

震度階級	計測震度	震度階級	計測震度
0	0.5未満	5弱	4.5以上5.0未満
1	0.5以上1.5未満	5強	5.0以上5.5未満
2	1.5以上2.5未満	6弱	5.5以上6.0未満
3	2.5以上3.5未満	6強	6.0以上6.5未満
4	3.5以上4.5未満	7	6.5以上

1996-現在
震度0
震度1
震度2
震度3
震度4
震度5弱
震度5強
震度6弱
震度6強
震度7

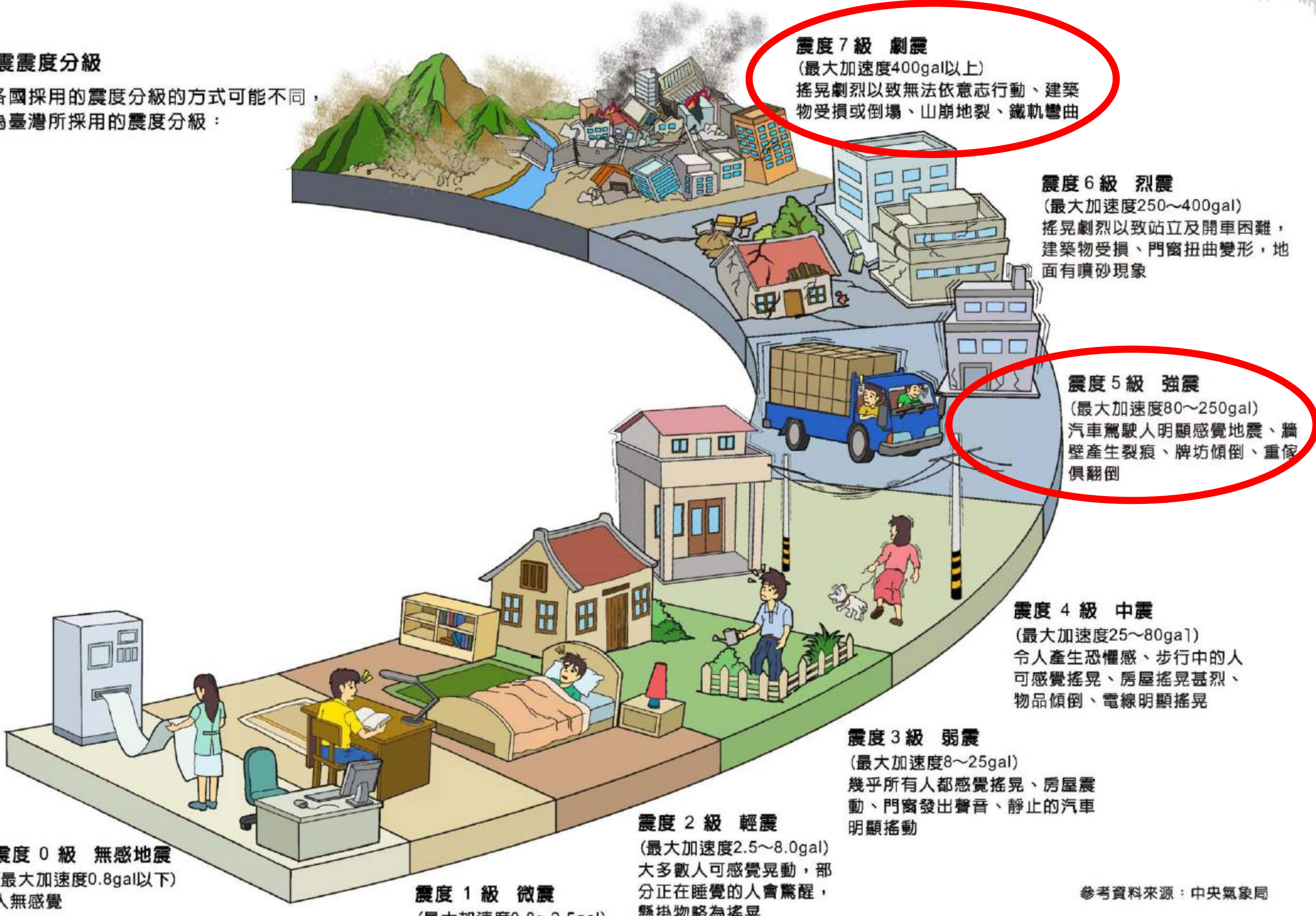


強震地區
中震地區
弱震地區
建築技術規則
VII
400
VI
250
V
80
IV
25
III
8
II
2.5
I
0.8
0
CWB* I.S
VII
400
VI
250
V
80
IV
25
III
8
II
2.5
I
0.8
0
JMA* I.S
XII
XI
X
432
IX
202
VIII
94
VII
44
VI
21
V
10
IV
5
III
2.1
II
1.0
I
MM* I.S
XI XII
800
X
400
IX
200
VIII
100
VII
50
VI
25
V
12
IV
5
III
2.1
II
0.8
I
MSK* I.S
0.7 G
0.6 G
0.5 G
0.4 G
0.3 G
0.2 G
0.1 G
0.01 G
0.001 G
重力加速度比
1000
500
400
300
200
100
50
40
30
20
10
5
4
3
2
1
(GAL)
加 速 度

臺灣地震震度分級

■ 地震震度分級

各國採用的震度分級的方式可能不同，本頁為臺灣所採用的震度分級：

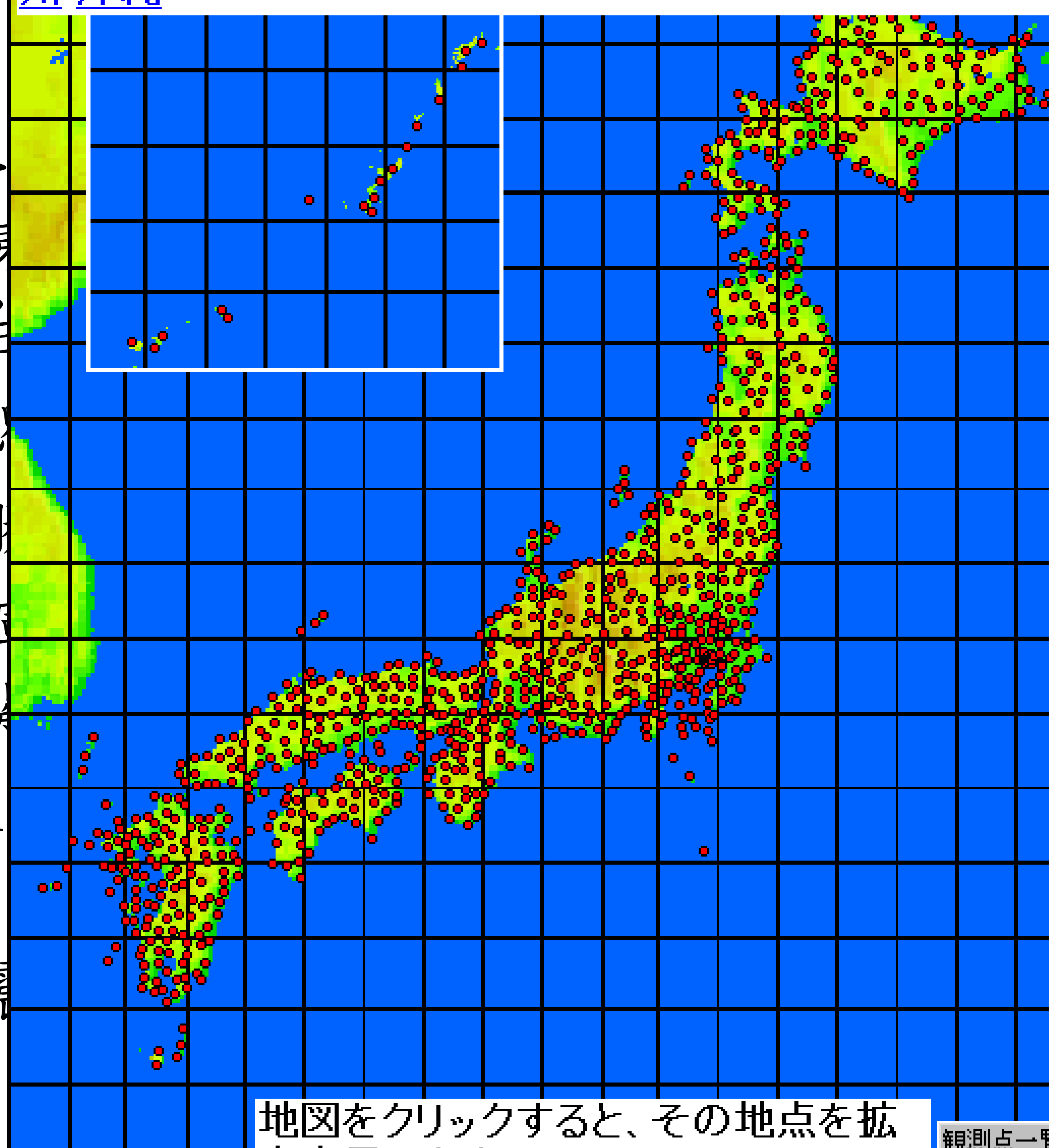


參考資料來源：中央氣象局

2、日本311強烈地震

日本

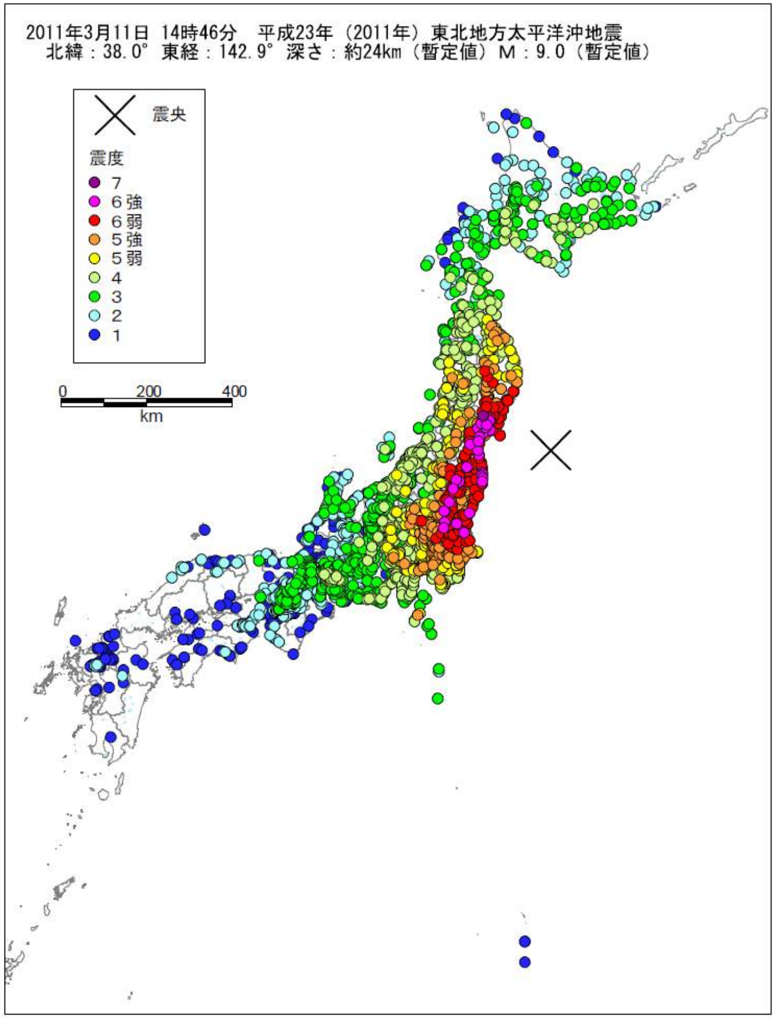
- 1923年関東
  あった２台
- 1964年新潟
- 1968年十勝
- 1995年兵庫
  日本；「関
- K-NET、Ki
  1000台
- 気象庁の震
  省3000



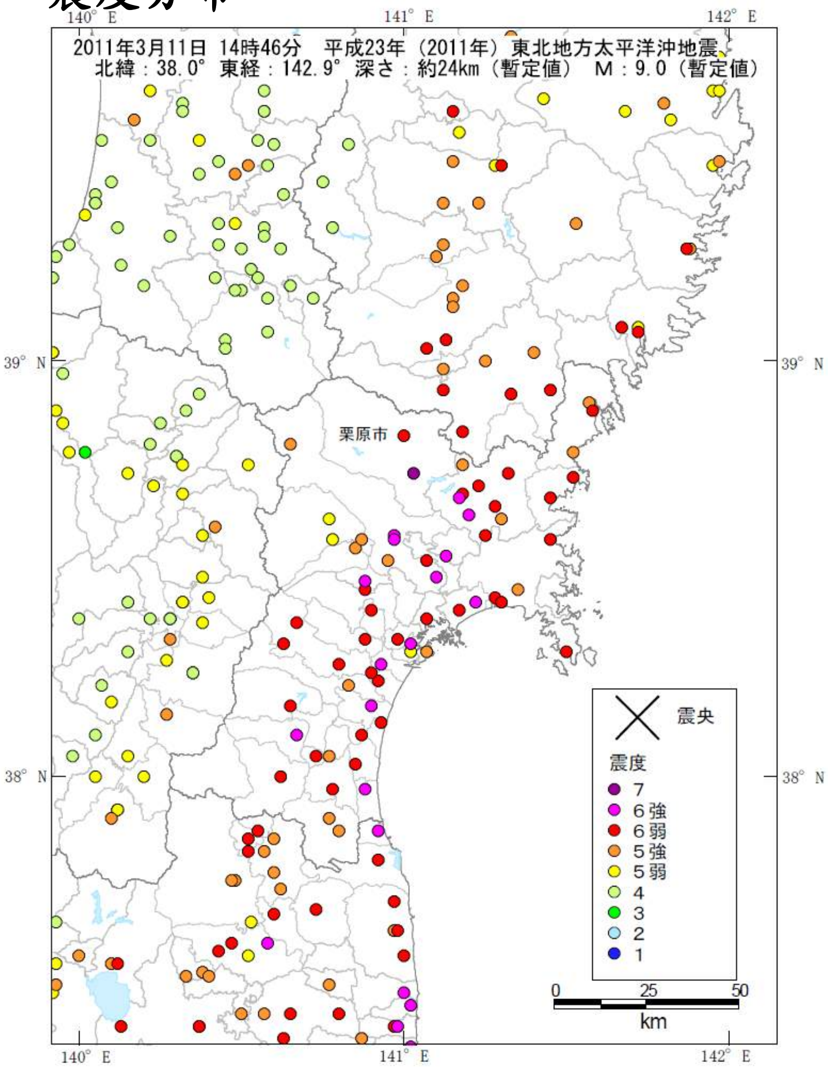
「地震調査研究推進本部地震調査委員会の評価等について」より　平成２３年３月１５日１７時頃更新

２０１１年３月１１日１４時４６分頃に三陸沖の深さ約２５ｋｍでマグニチュード（Ｍ）９・０（暫定値）の地震が発生しました。この地震で、宮城県栗原市で震度７が観測されるともに、各地で津波がされ、大きな被害が発生しています。気象庁はこの地震を「平成２３年（２０１１年）東北地方太平洋沖地震」と命名しました。

震度分布



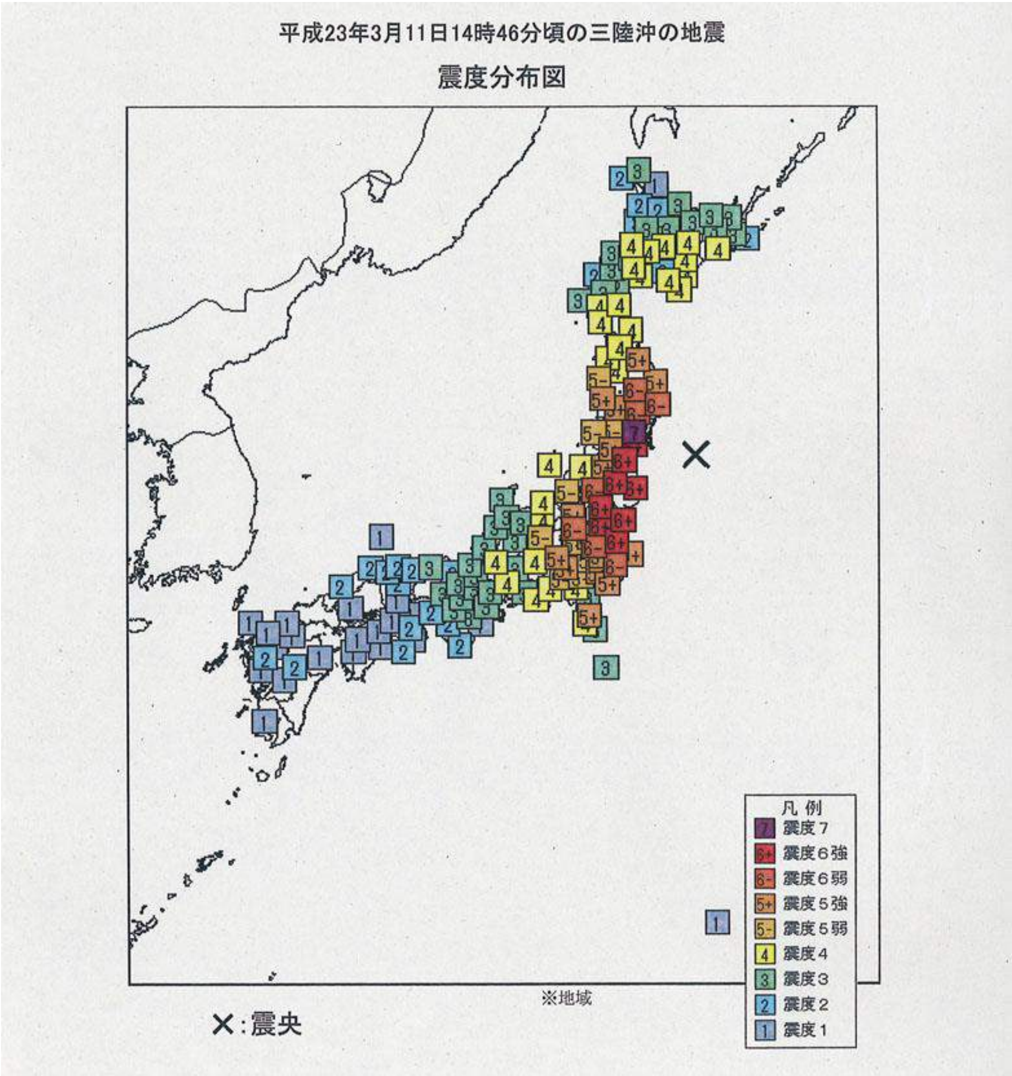
震度分布

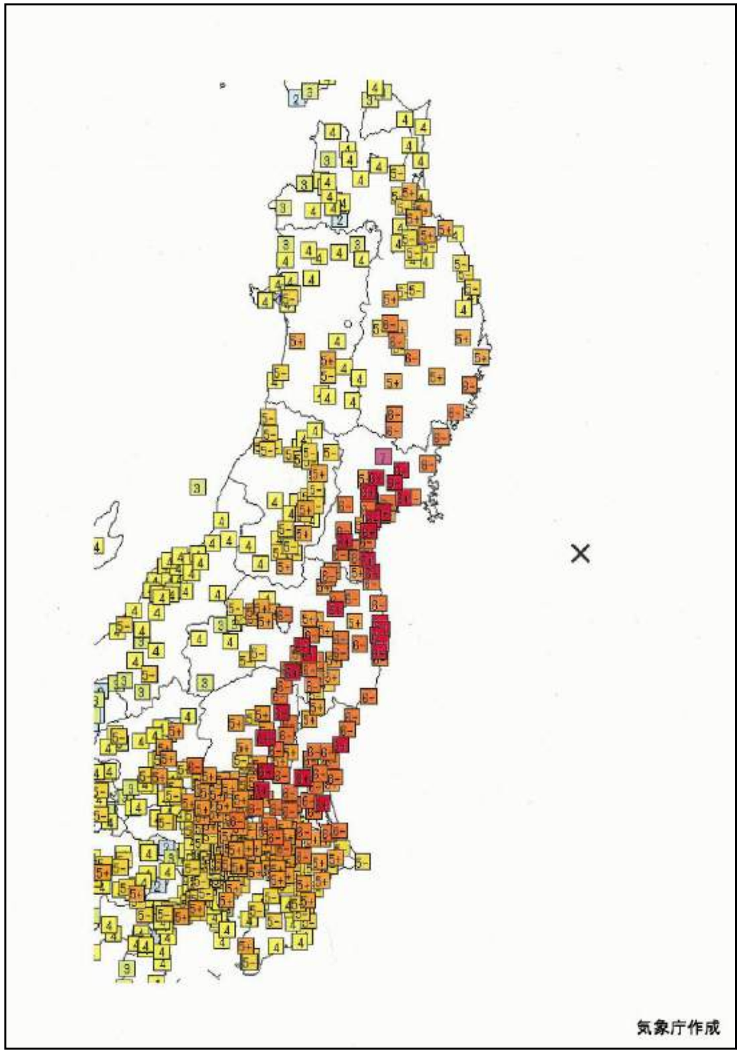


左）「地震調査研究推進本部地震調査委員会の評価等について」より平成２３年３月１５日１７時頃更新

右）気象庁作成

震度分布

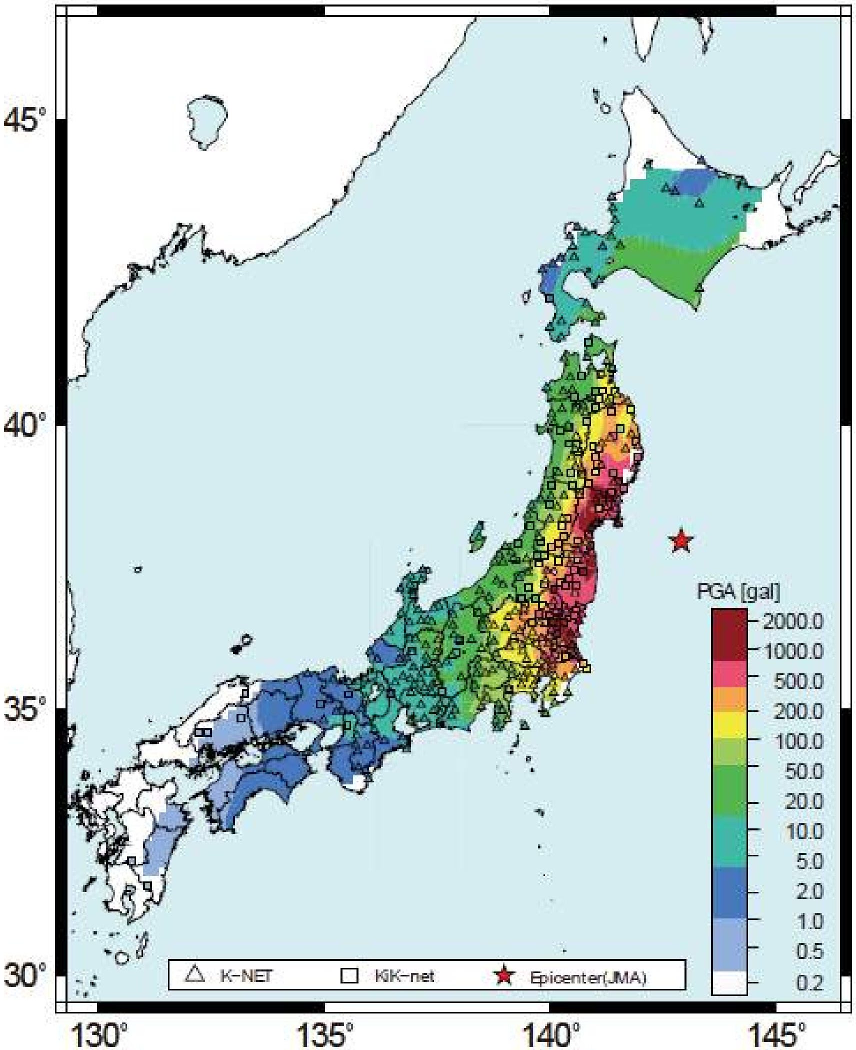




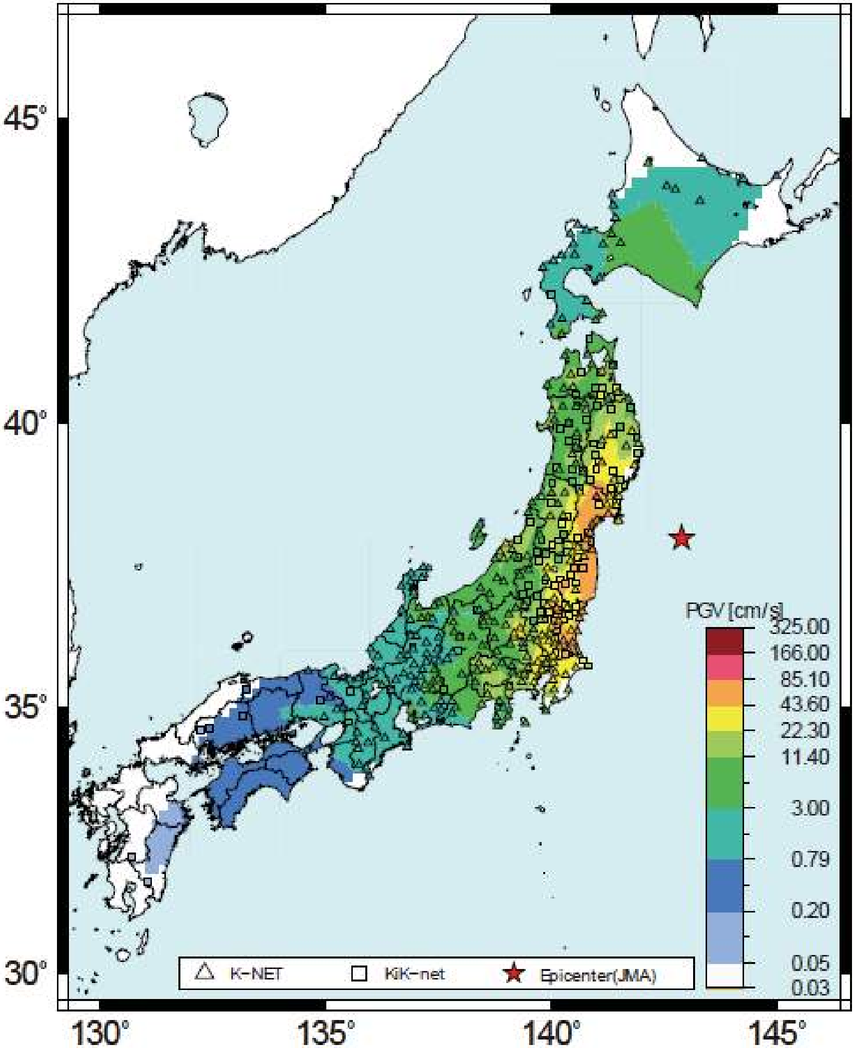
2、日本311強烈地震

地表最大値　　防災科学技術研究所より　最終更新日不明

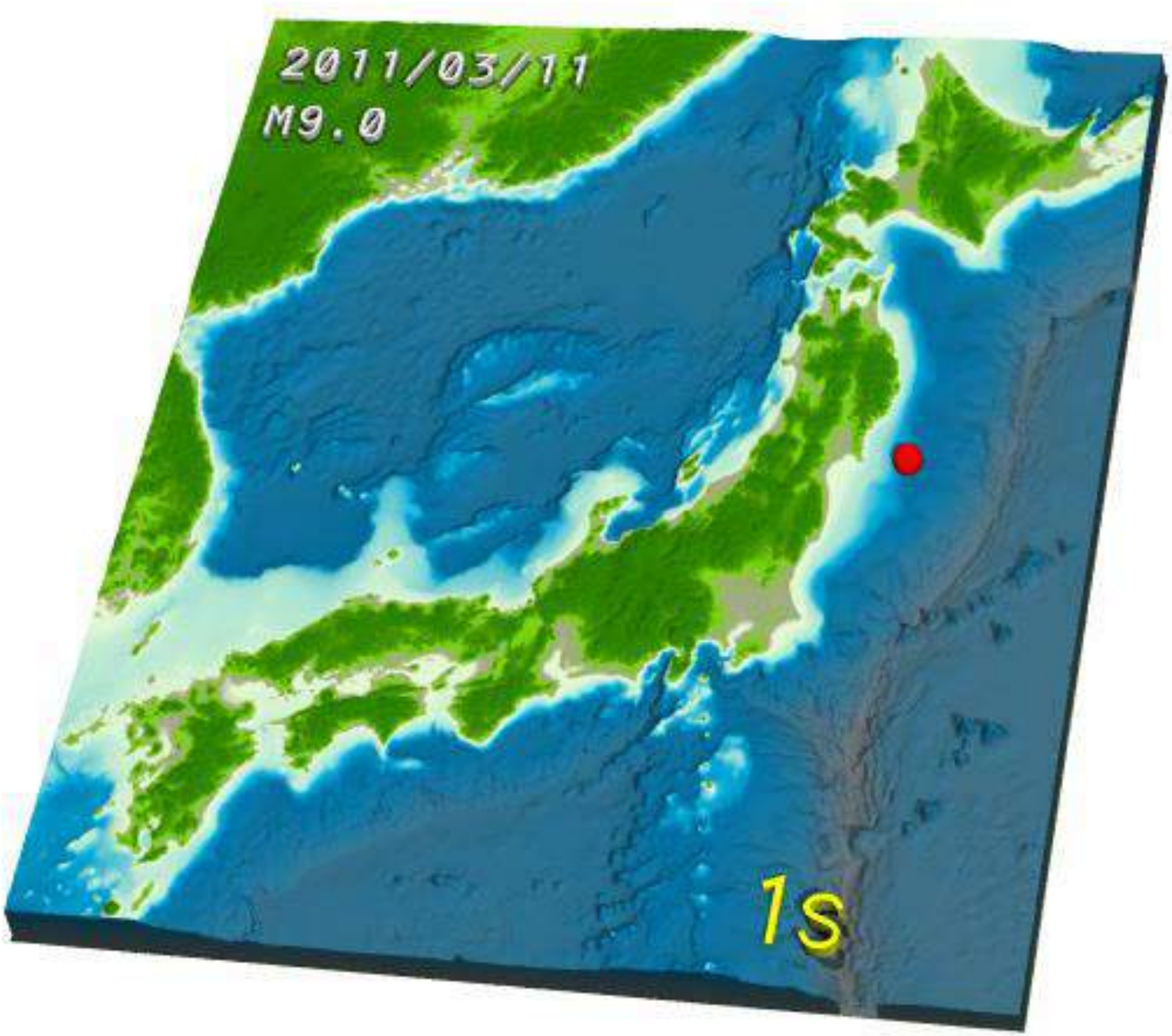
地表最大加速度



地表最大速度

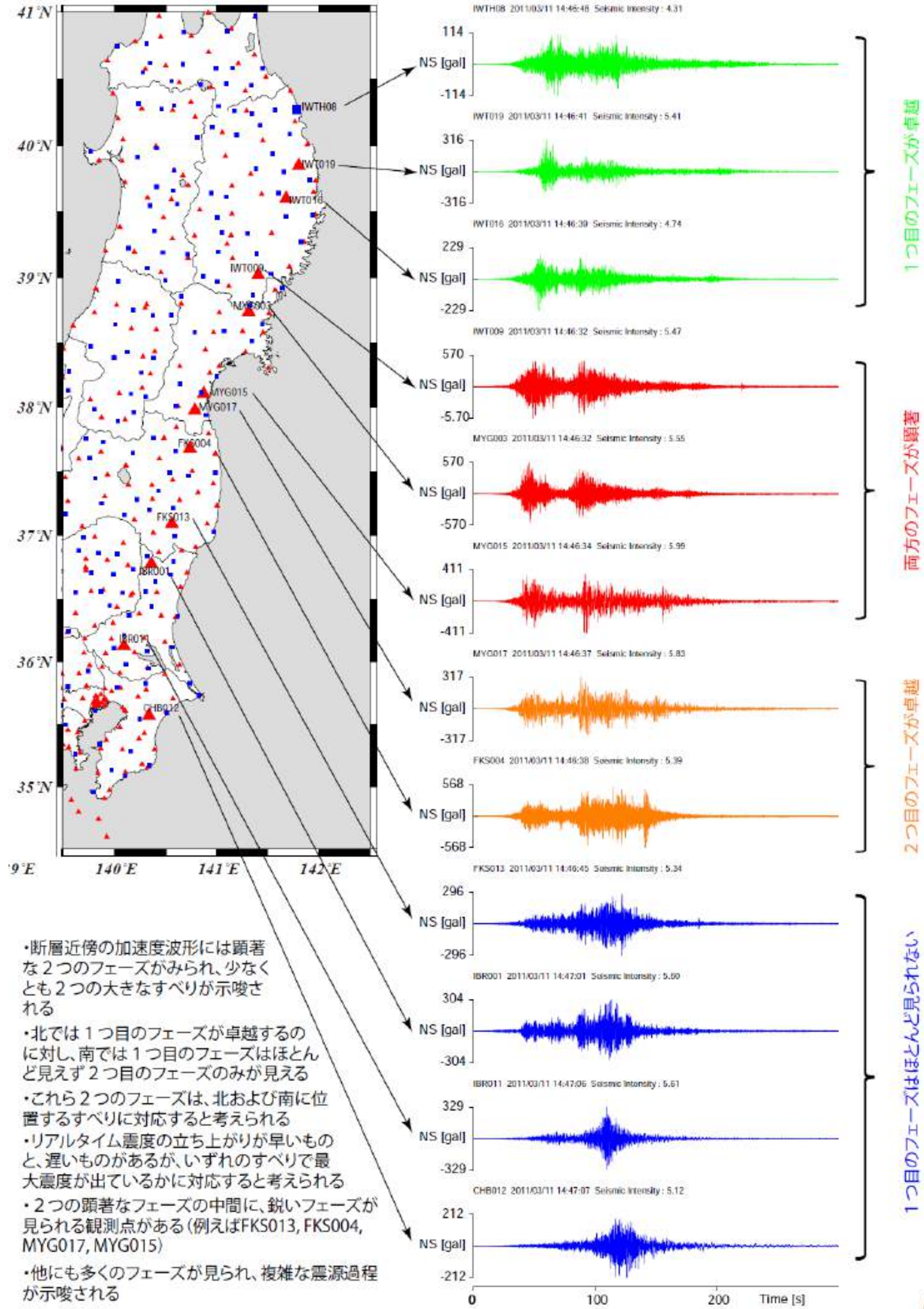


地震波的傳播



2、日本311強烈地震

近地強震動波形に見られるフェーズの特徴



・断層近傍の加速度波形には顕著な2つのフェーズがみられ、少なくとも2つの大きなすべりが示唆される

・北では1つ目のフェーズが卓越するのに対し、南では1つ目のフェーズはほとんど見えず2つ目のフェーズのみが見える

・これら2つのフェーズは、北および南に位置するすべりに対応すると考えられる

・リアルタイム震度の立ち上がりが早いものと、遅いものがあるが、いずれのすべりで最大震度が出ているかに対応すると考えられる

・2つの顕著なフェーズの中間に、鋭いフェーズが見られる観測点がある(例えばFKS013, FKS004, MYG017, MYG015)

・他にも多くのフェーズが見られ、複雑な震源過程が示唆される

2、日本311強烈地震

防災科学技術研究所資料 より

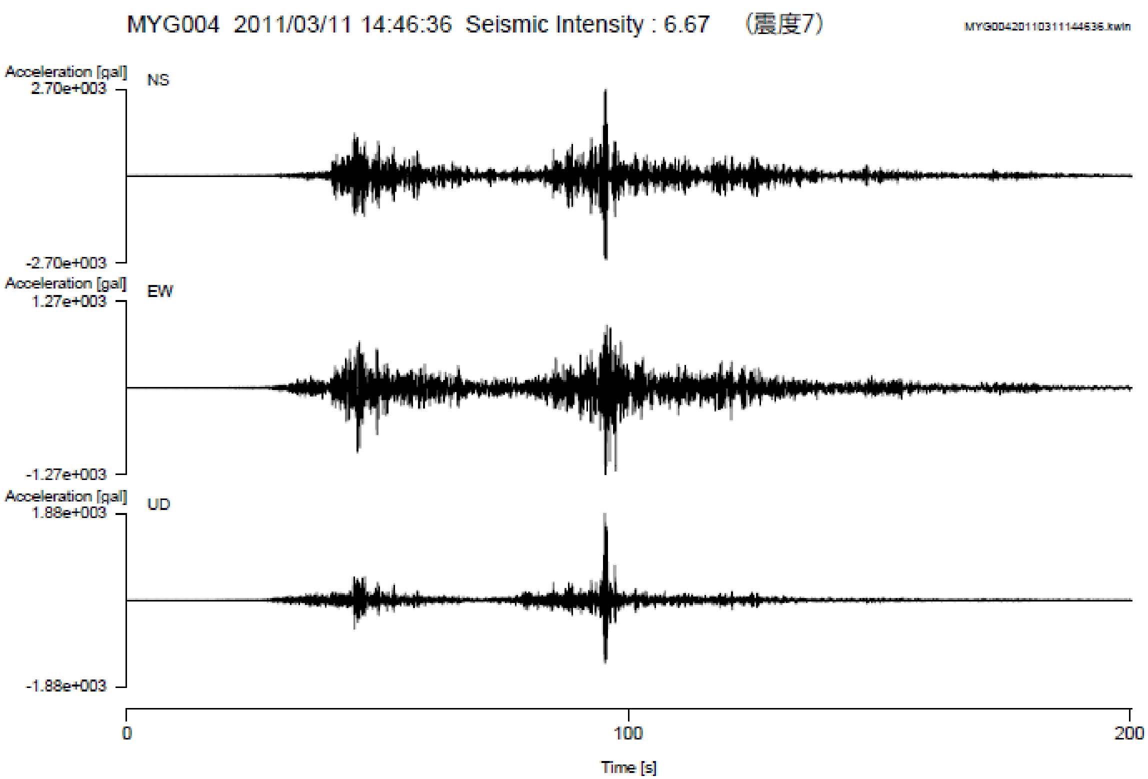
最大加速度上位10観測点

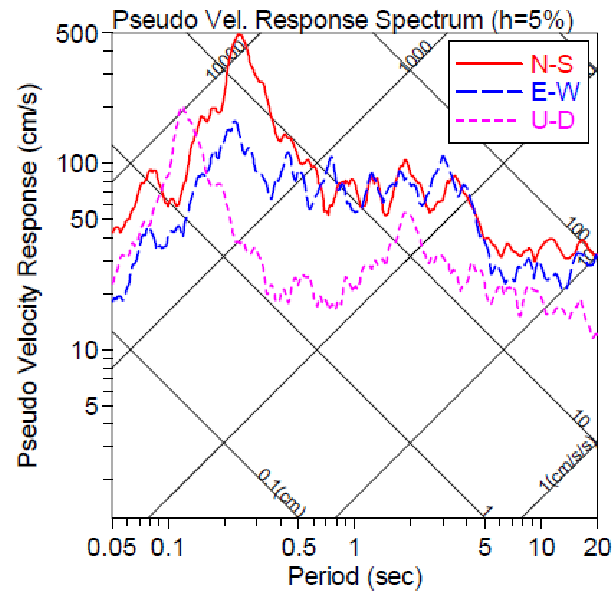
	観測点名	最大加速度	計測震度※
1	K−NET築館(MYG004)	2933gal	6.6
2	K−NET塩竈(MYG012)	2019gal	6.0
3	K−NET日立(IBR003)	1845gal	6.4
4	K−NET仙台(MYG013)	1808gal	6.3
5	K−NET鉾田(IBR013)	1762gal	6.4
6	KiK−net西郷(FKSH10)	1335gal	6.0
7	KiK−net芳賀(TCGH16)	1305gal	6.5
8	K−NET茂木(TCG014)	1291gal	6.3
9	KiK−net岩瀬(IBRH11)	1224gal	6.2
10	KiK−net山元(MYGH10)	1137gal	6.0

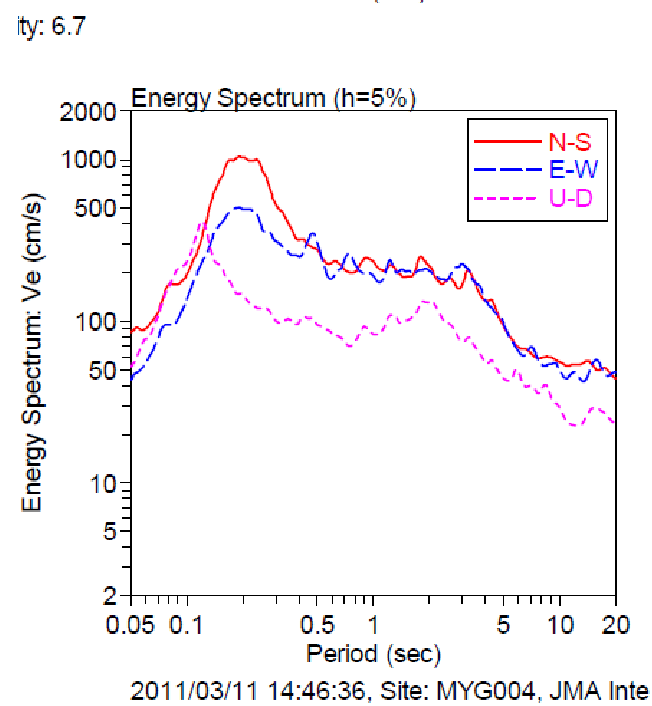
※気象庁告示に基づき計算

2、日本311強烈地震
防災科学技術研究所資料 より

K-NET・KiK-net観測点の中で最大の加速度（2933gal，三成分合成値）を記録した
K-NET築館(MYG004)観測点(栗原市築館)の強震波形

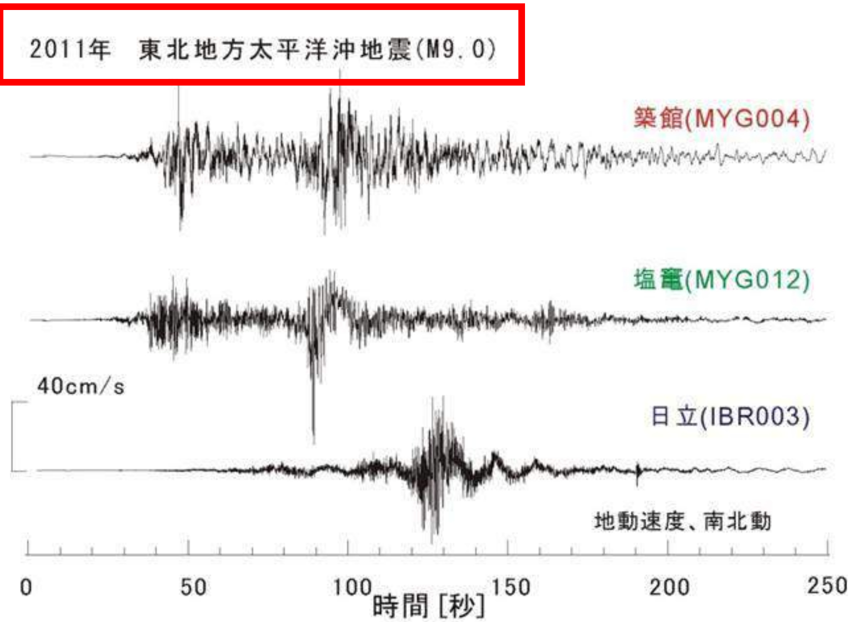


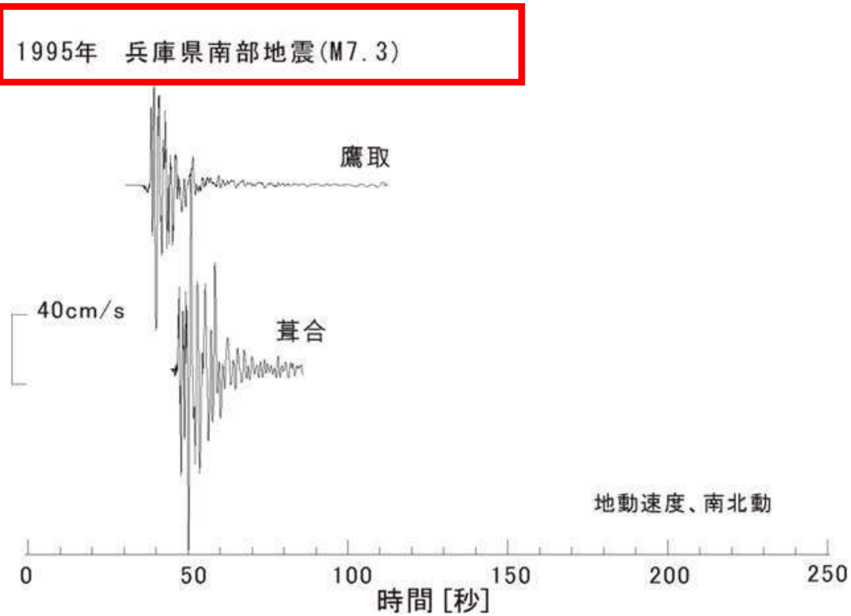


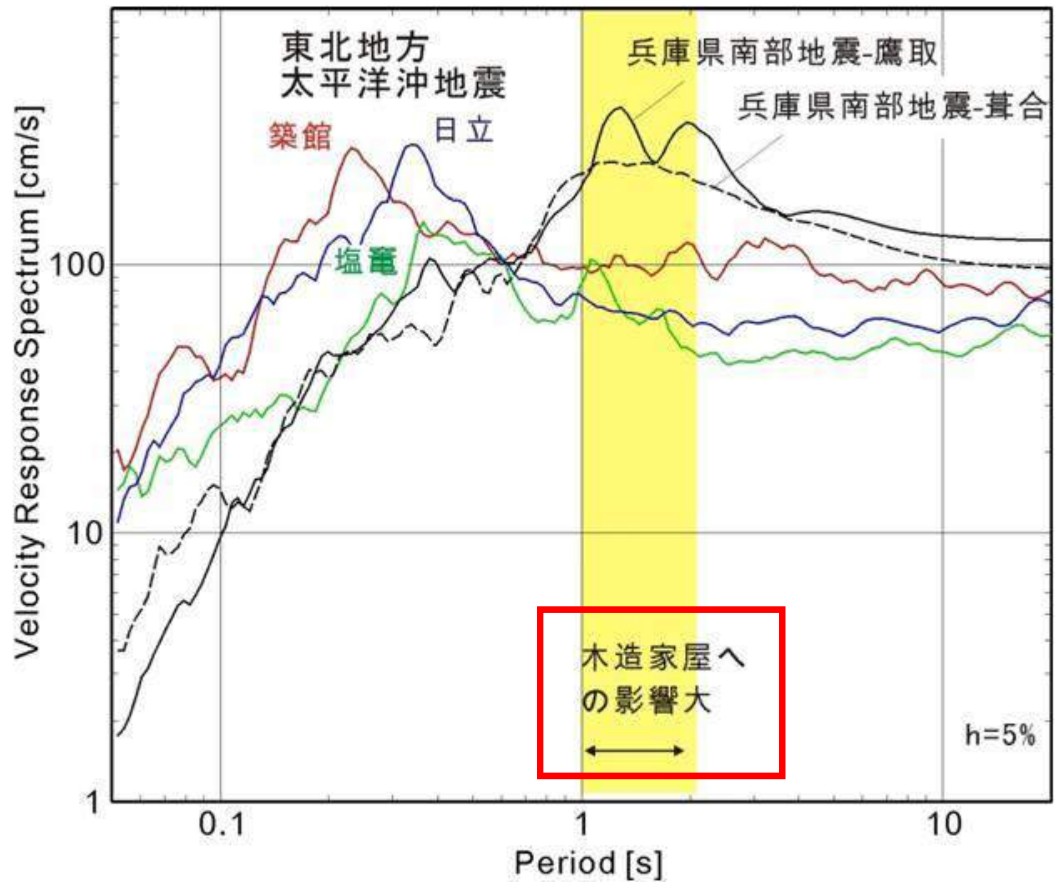


2、日本311強烈地震

對房屋的影響

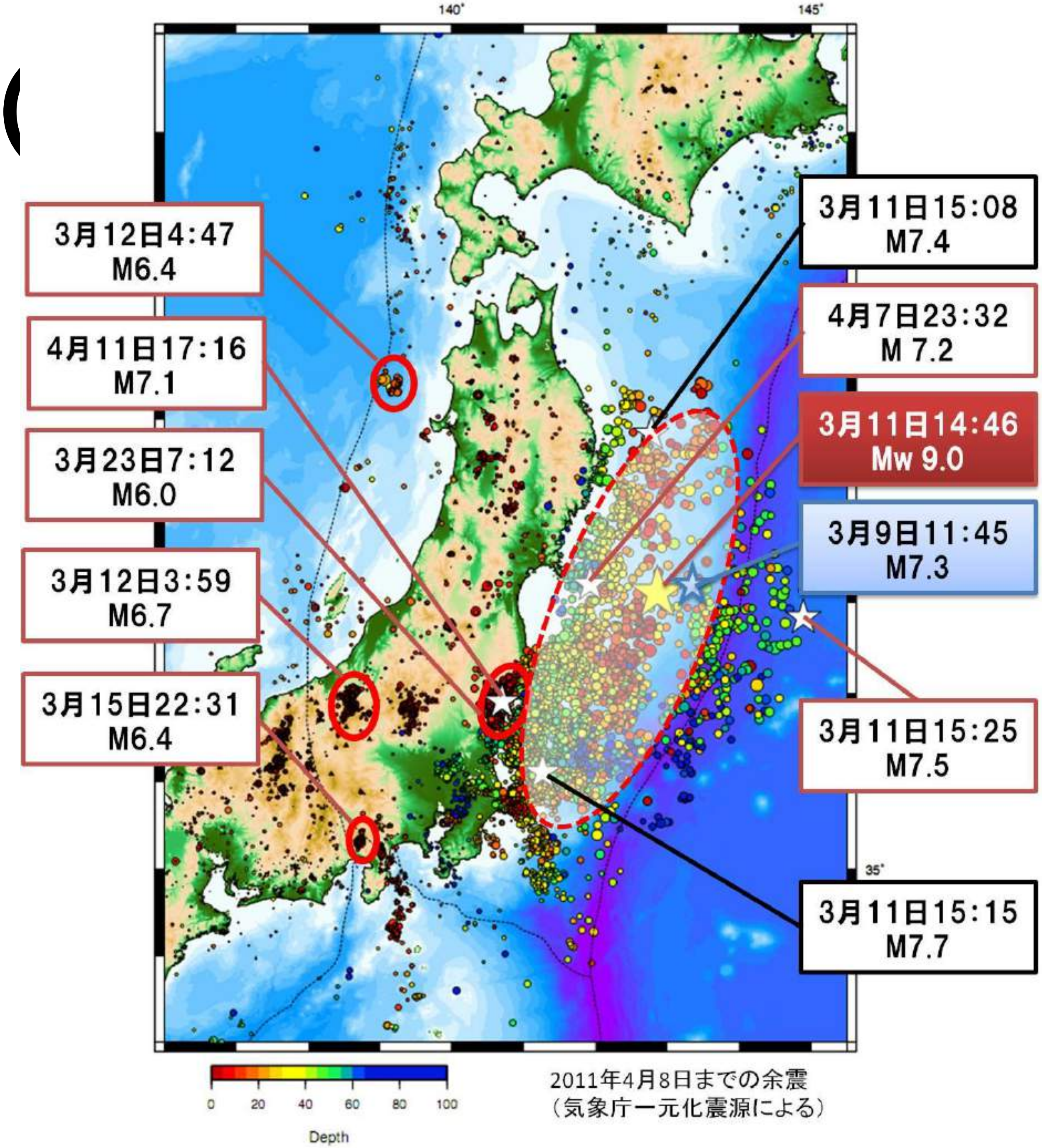






2、日本311強烈地震

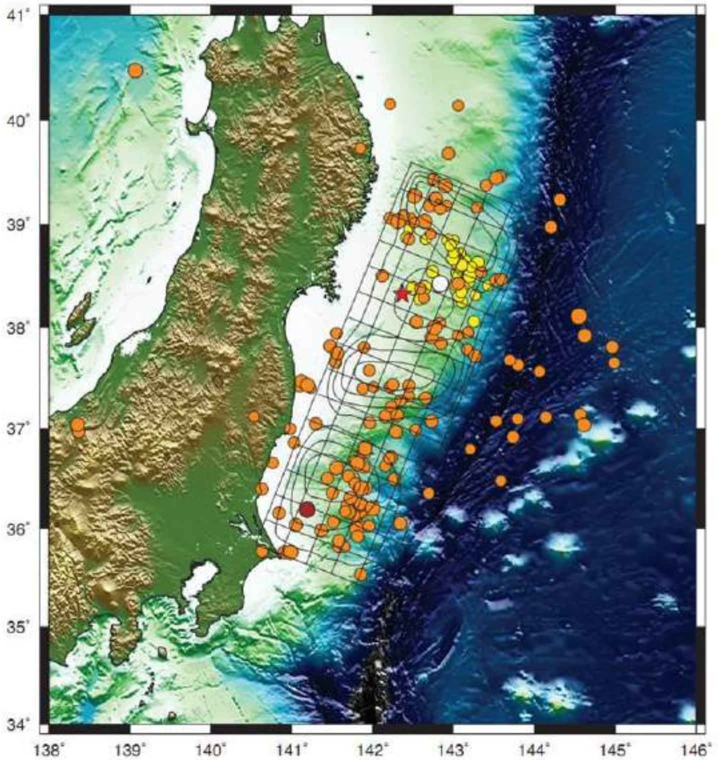
餘震分佈（

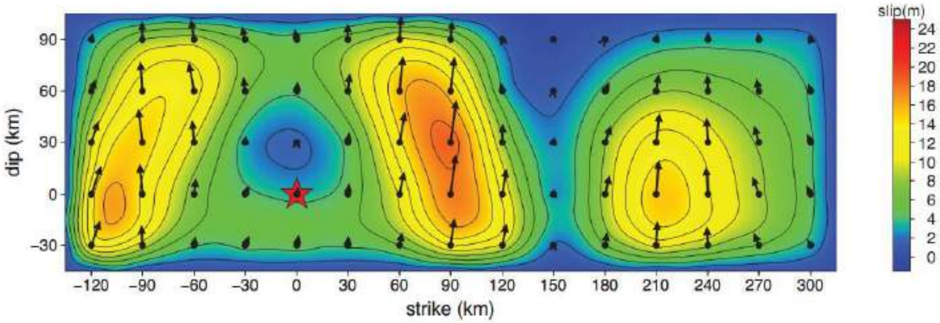


2、日本311強烈地震

震源過程インバージョン　–その1（東京大学地震研究所、暫定）

世界中で観測された，この地震による地震波の記録からP波を取り出し，Kikuchi and Kanamori (1991)の方法で解析した．赤★は破壊の開始点（震源），白〇は3月9日の三陸沖地震の震源，赤●は15時15分の茨城沖地震の震源をあらわす．オレンジ色の●は今回の地震の余震分布，黄色の●は3月9日の三陸沖地震の余震分布をしめす．得られた断層モデルはおおむね，断層長さ 450 km，断層幅150 km，破壊伝播速度 2.0 km/s，破壊時間150秒，最大すべり量18m，Mw8.9となった．



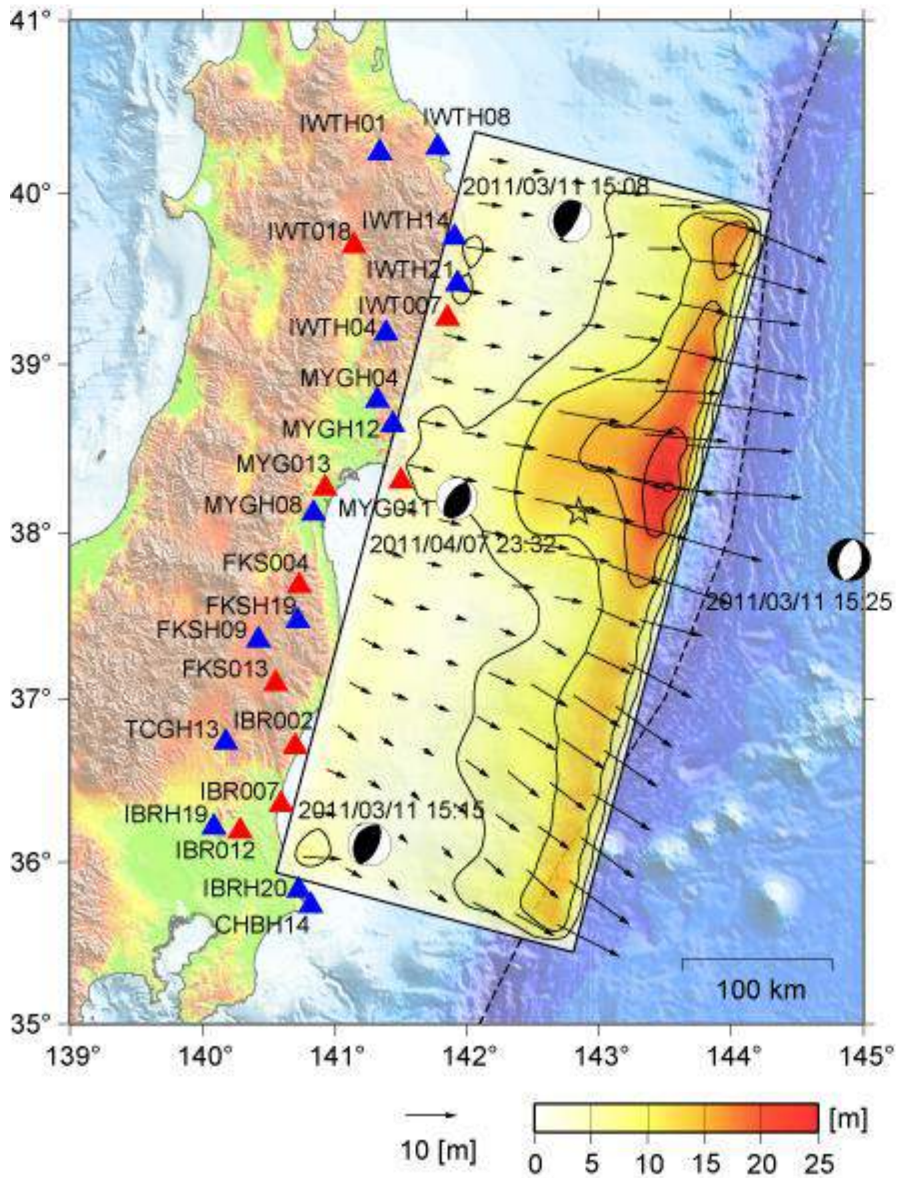


断層面上のすべり分布を震源メカニズム，震源時間関数を下に示す．震源の破壊は150秒以上にも及んでいるのがわかる．大きなすべりのあった領域は震源の北側・南側と福島県から茨城県にかけての3ヶ所．最大すべり量は18mと得られた．

「東京大学地震研究所」より　平成２３年３月１５日最終更新

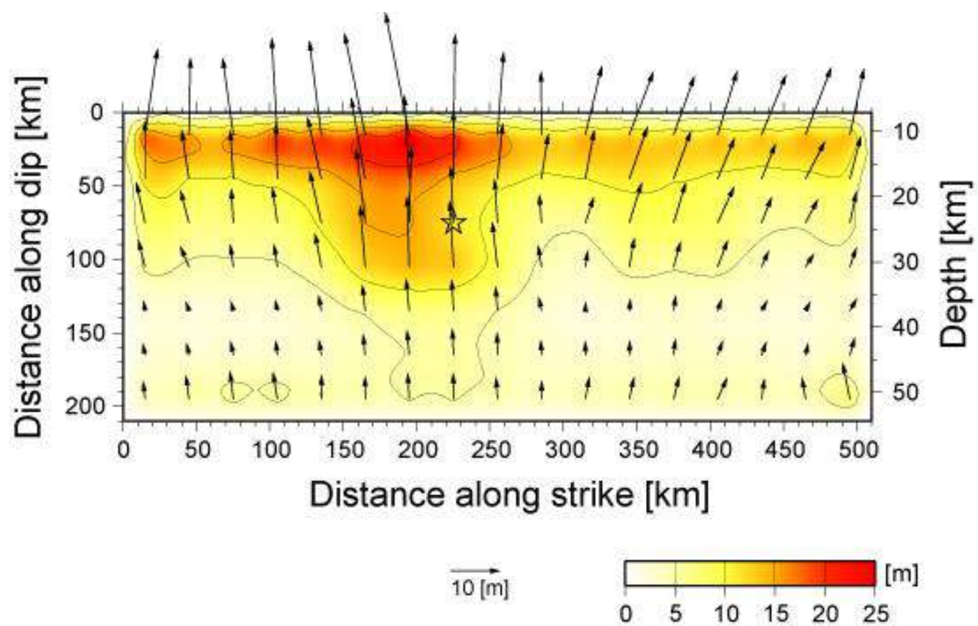
2、日本311強烈地震

震源過程インバージョン　-その2（防災科学技術研究所、04/12）

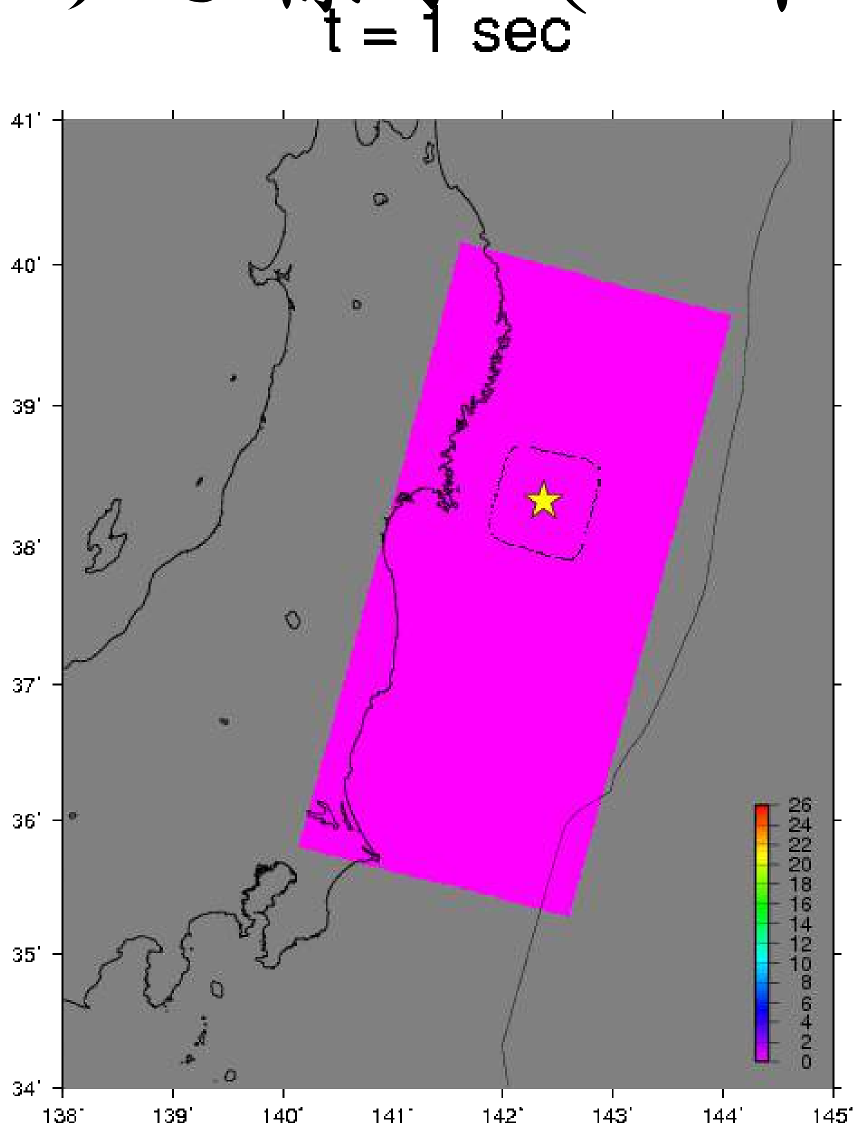


○ 断層面設定
- 走向：195 度
- 傾斜：13 度
- 大きさ：510km×210km

○ 推定結果
- 3.43×10^{22}Nm（Mw9.0）
- 最大すべり：25m

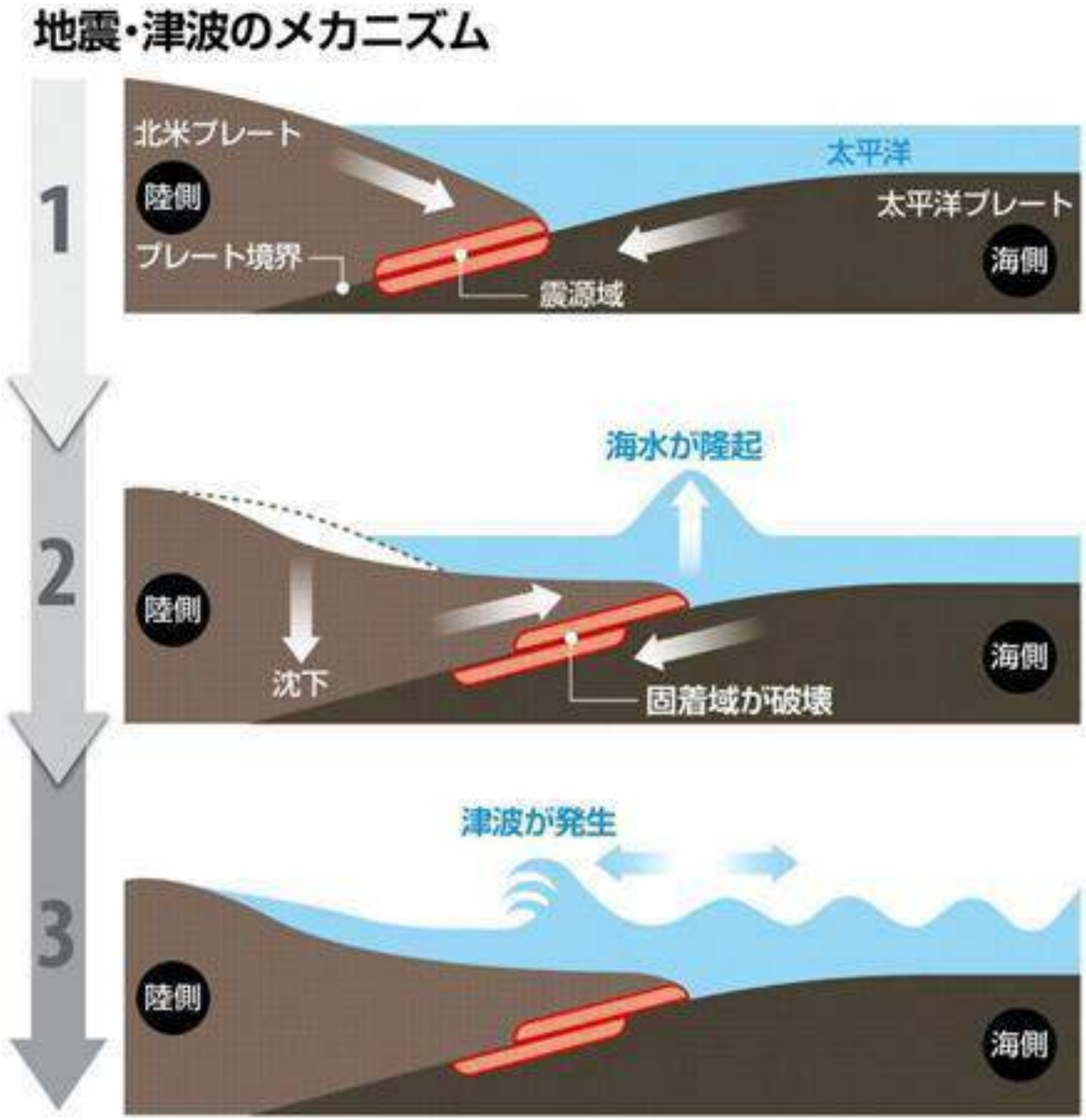


破壊が進行する様子（八木）



2、日本311強烈地震

海嘯



2、日本311強烈地震

2010/03 NHK放送

2、日本311強烈地震

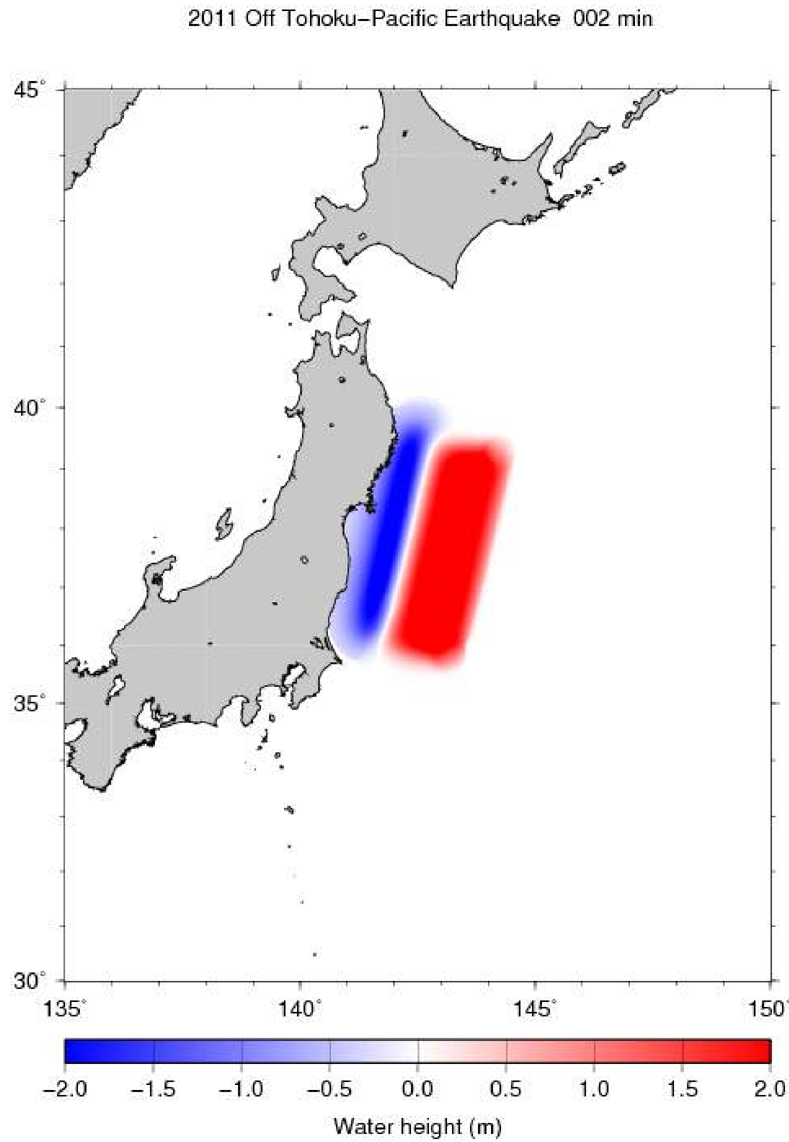


Fig.3 Tsunami Propagation (Click to start animation)

The red color means that the water surface is higher than normal sea level, while the blue means lower. http://iisee.kenken.go.jp/staff/fujii/OffTohokuPacific2011/tsunami.html

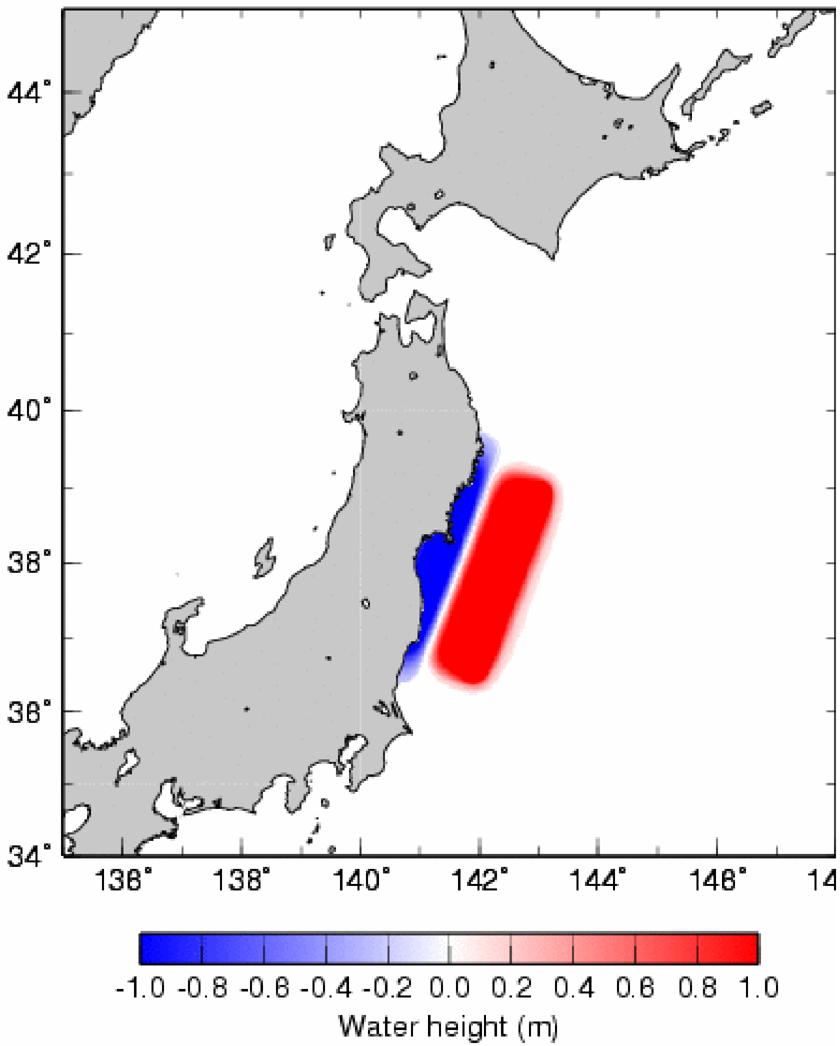
by Yushiro Fujii (IISEE, BRI) and Kenji Satake (ERI, Univ. of Tokyo)

2、日本311強烈地震

津波シミュレーション（佐竹教授）

0 hour 2 min

PPT実行によりアニメーション再生可能



「東京大学地震研究所 佐竹健治教授」による

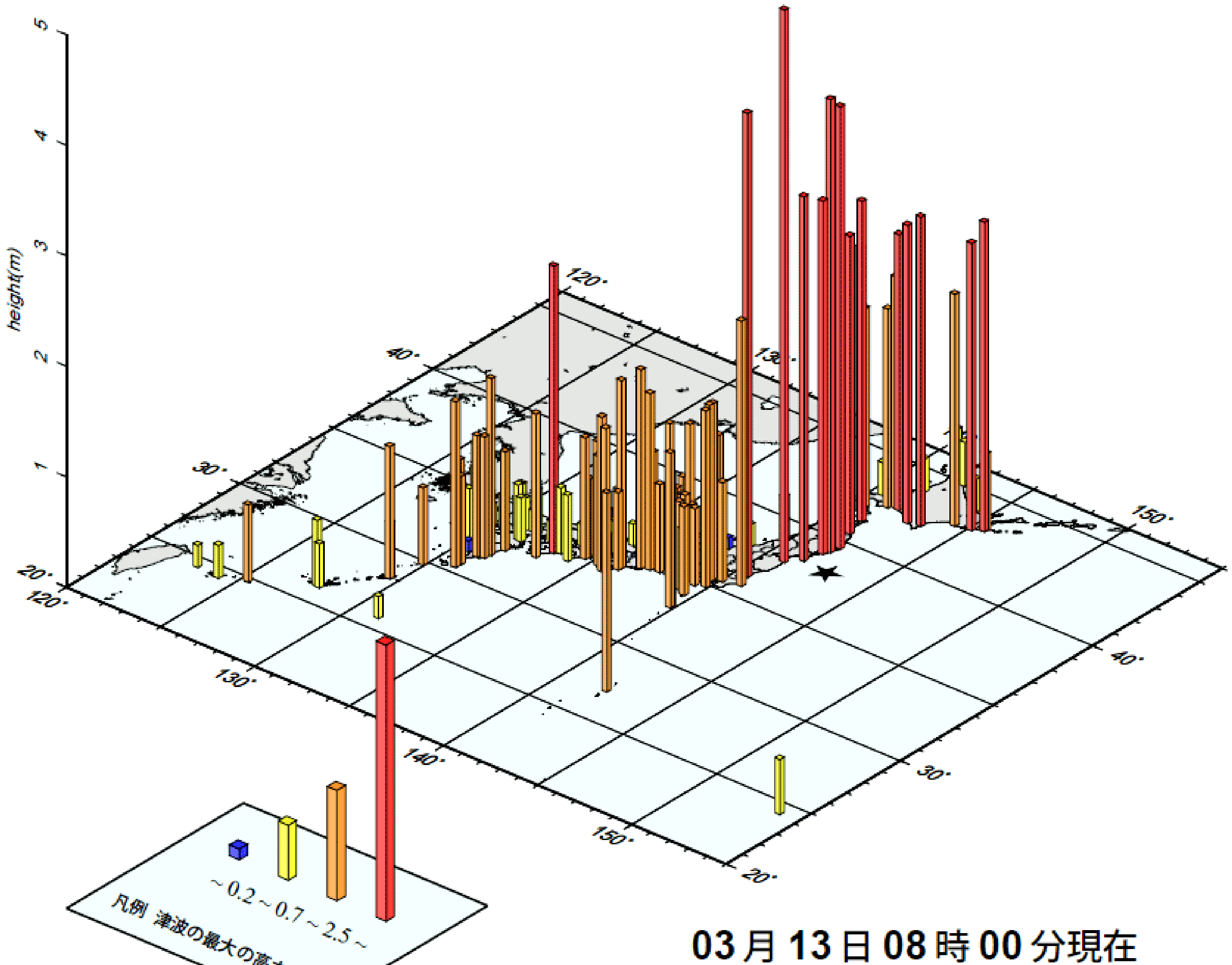
津波シミュレーション
（東京大学地震研究所 古村孝志教授
前田拓人特任研究員）

USGSの震源モデルを参考に、断層サイズ500km*250km、断層すべりは17mを仮定して地震による近く変動を計算。これにより生まれた海底面の隆起は津波を発生させ、一方、海岸線の沈降は津波浸水を助長させる。

PPT実行によりアニメーション再生可能

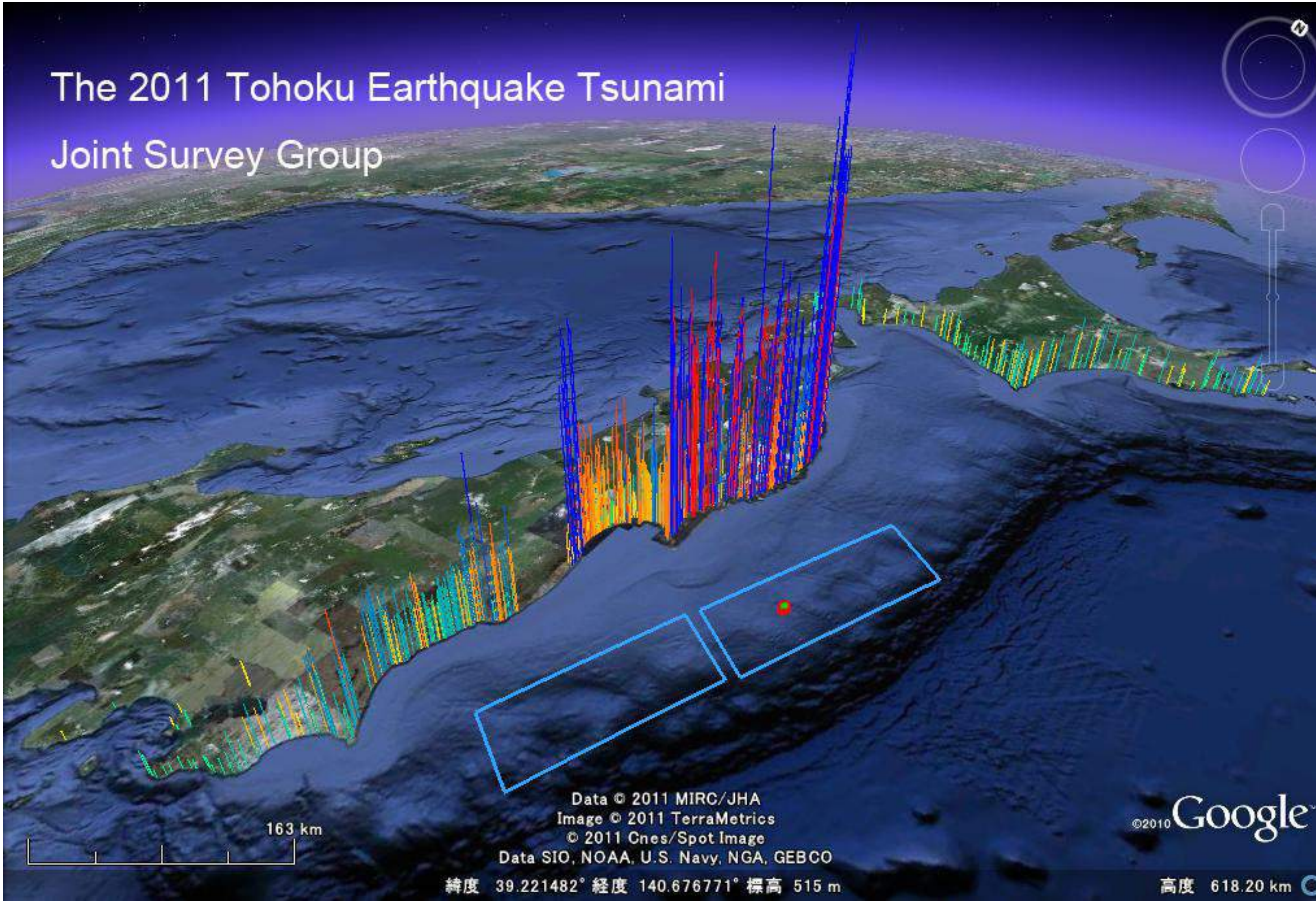
東京大学地震研究所 古村孝志教授
前田拓人特任研究員による

津波観測狀況



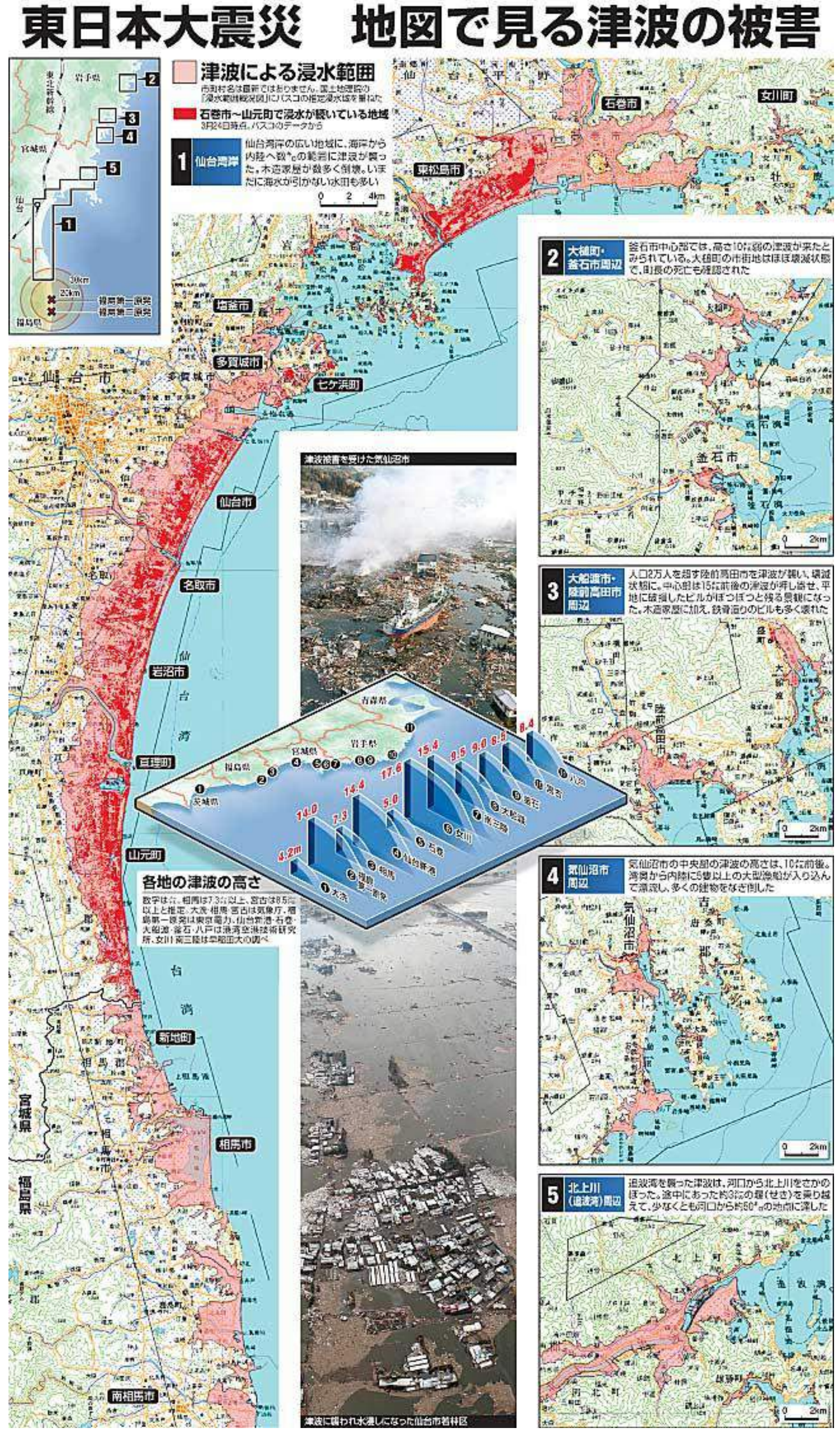
2、日本311強烈地震

土木學會



2、日本311強烈地震

海嘯的受災範圍



2、日本311強烈地震

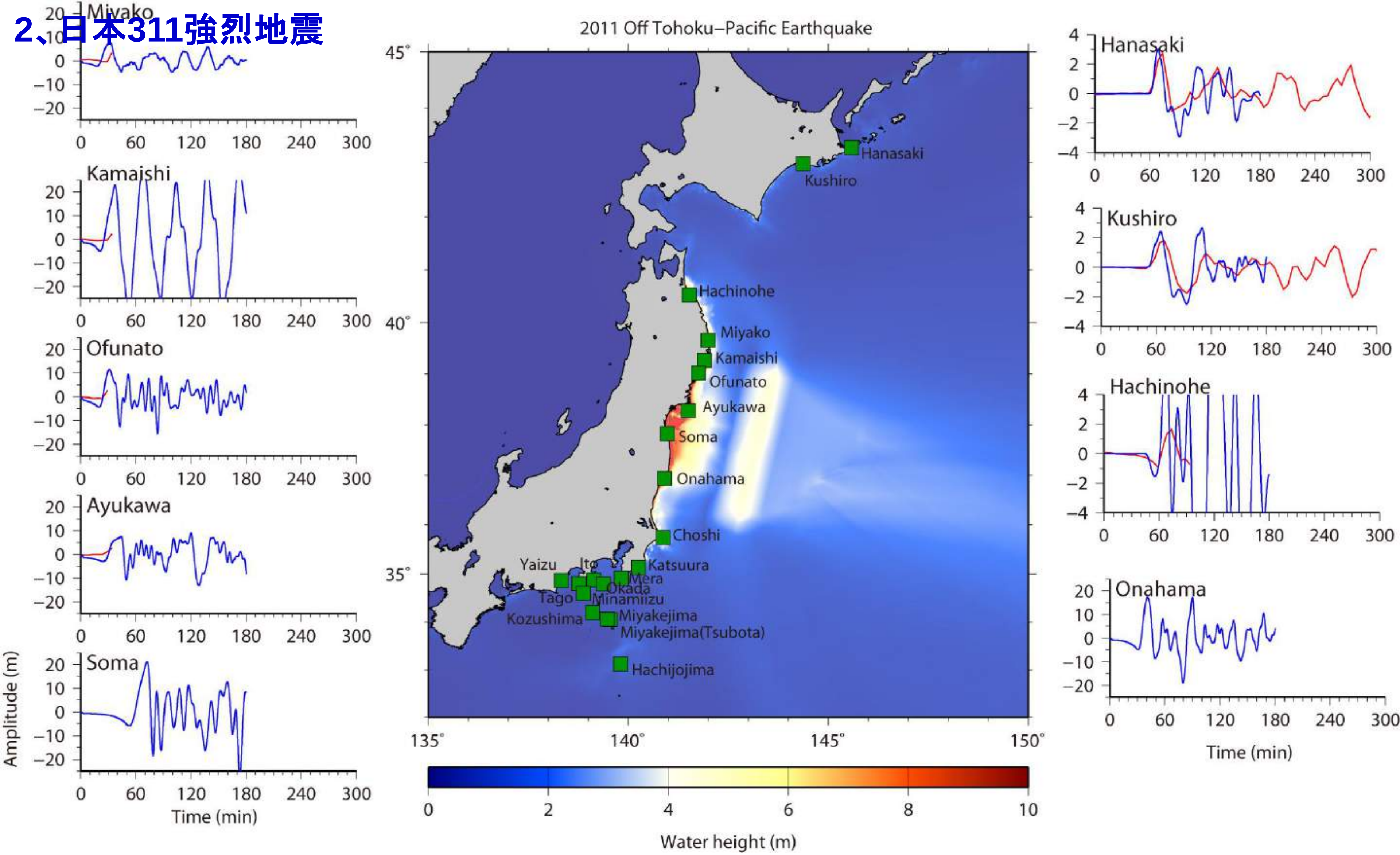


Fig.2 Maximum Height of Simulated Tsunami

Solid lines in red and blue indicate the observed tsunami waveform and synthtic ones, respectively. **by Yushiro Fujii (IISEE, BRI) and Kenji Satake (ERI, Univ. of Tokyo)**

岩手県宮古市田老地區38m！

2011/03/28

2010/03

鋼構、鋼筋混凝土結構抗海嘯強

2、日本311強烈地震

海に面したRC造・2階建てビル

横長のRC造・2階建てビル

津波について

津波荷重に対する建築物の構造計画では、耐圧部材と非耐圧部材を明確に区分し配置する。

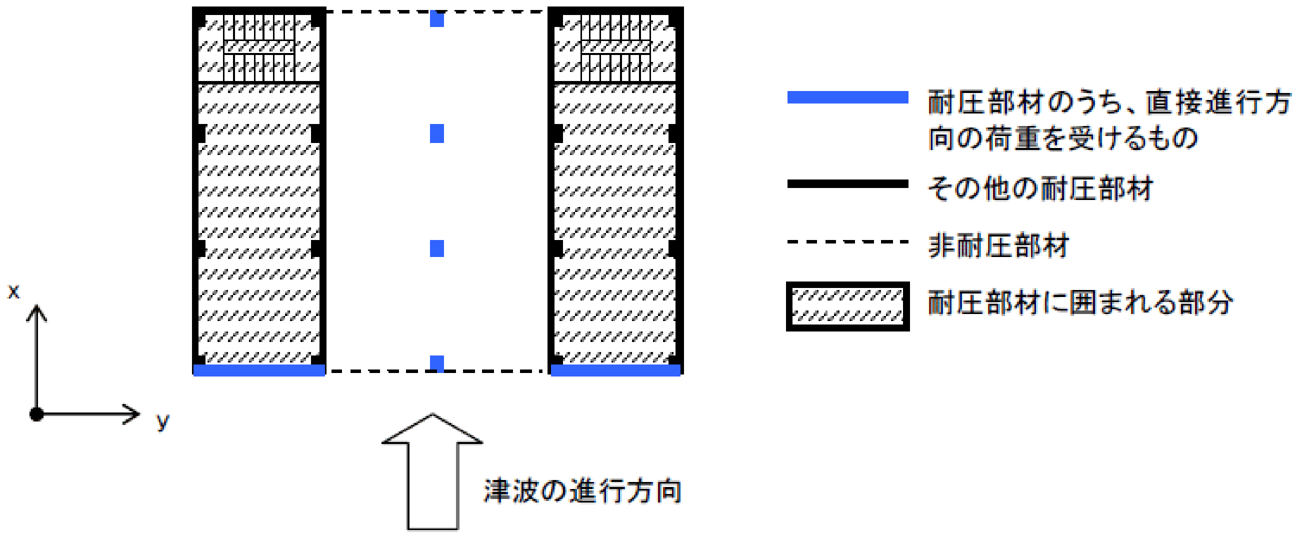


図 3-1 耐圧部材と非耐圧部材の区分例

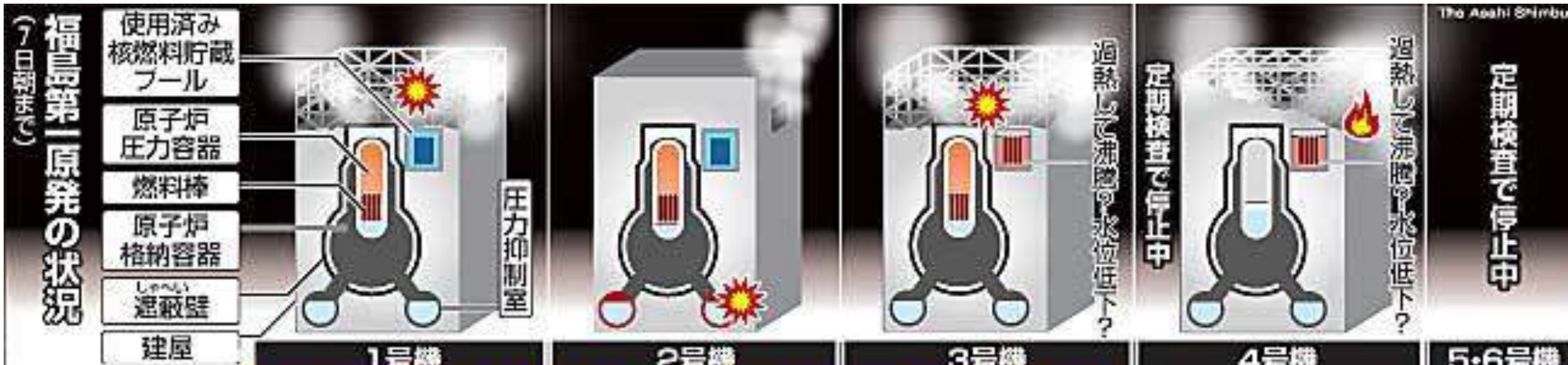
津波荷重が小さくなる形式として、ピロティ形式があるが、一般的に耐震性能は好ましくないとされる。津波避難ビルは、耐震性能の要求も高くなるため、構造計画では、耐震設計と耐津波設計の両面を考慮した設計が必要である。

内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン「構造的要件の基本的考え方」(H17.6)より

核輻射

- 福島第一核電站1-4機組都處於危險狀態。
- 3/12:1號；3/14:3號氫氣爆炸，3/15:4號機組火災。
- 第2機組高濃度輻射水漏水。
- 4/12事故級別提到最高級別7。3/11:4；3/18:5
- 東京，千葉自來水污染。
- 蔬菜，魚污染禁運禁食。
- 中國研修生回國避難，造成農業，漁業人手大量不足。
- 東北地區留學上回國避難（在日30%左右，5/2）
- 國外遊客急劇減少。

4/7為止的福島第一核電站狀況



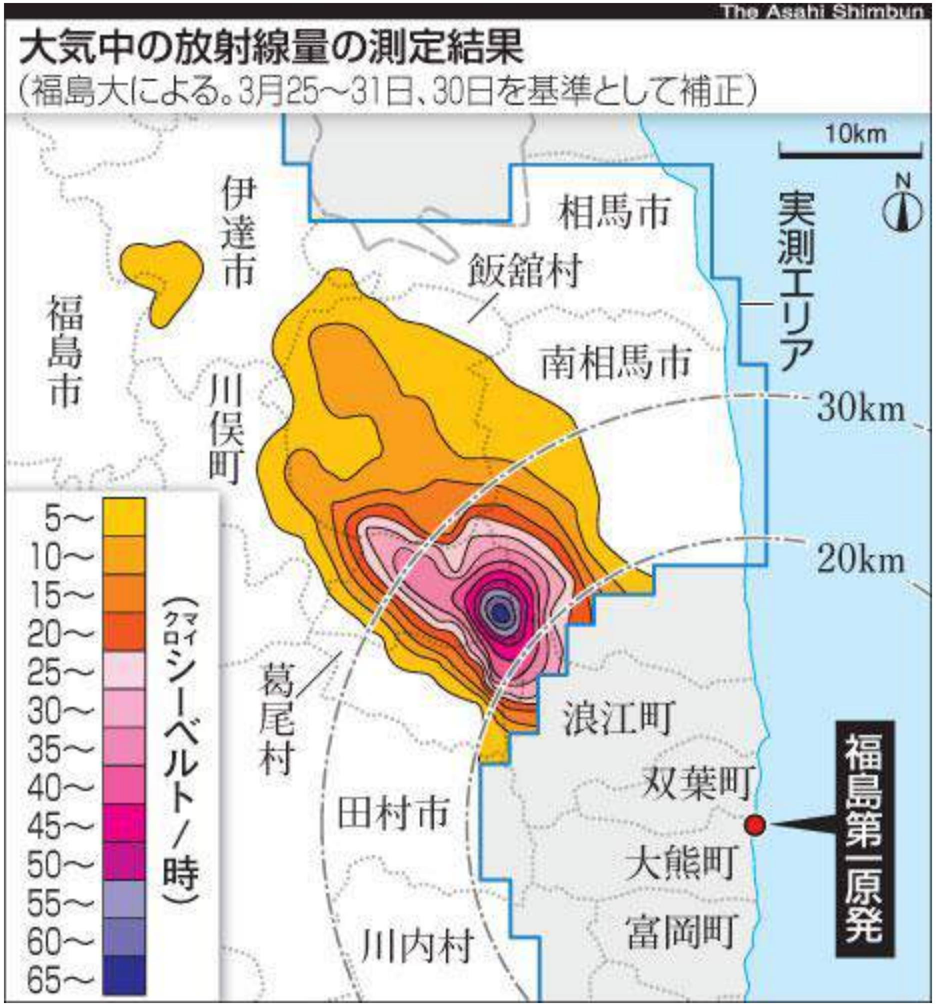
	1号機	2号機	3号機	4号機	5·6号機
圧力容器	損傷の可能性、真水を注入	損傷の可能性、真水を注入	損傷の可能性、真水を注入	——	
格納容器	窒素ガス注入開始 （爆発防止のため）	損傷の疑い 窒素ガス注入予定	窒素ガス注入予定	安全	安全
燃料棒（原子炉）	損傷の疑い	損傷の疑い	損傷の疑い	炉心になし	
燃料棒（燃料プール）	不明	不明	損傷の疑い	損傷の疑い	安全
燃料プール	真水の放水・注水を実施	真水の放水・注水を実施	真水の放水・注水を実施	真水の放水・注水を実施	満水
タービン建屋	地下に放射能汚染水	地下に放射能汚染水	地下に放射能汚染水	地下に海水	—
タービン建屋のたまり水	排水に向けて作業中	排水に向けて作業中	排水に向けて作業中	対策を検討中	—
電源	通電、中央制御室点灯	通電、中央制御室点灯	通電、中央制御室点灯	通電、中央制御室点灯	電源復旧
主な経緯	3/12 水素爆発・建屋損壊 3/12 燃料棒が一部露出 3/24 午前10時ごろ白煙	3/14 燃料棒が全露出 3/15 圧力抑制室損傷 3/21 午後6時20分ごろ白煙	3/13 燃料棒が一部露出 3/14 水素爆発・建屋損壊 3/21 午後4時ごろ黒っぽい煙 3/24 タービン建屋地下で作業員被曝	3/15 建屋損壊（水素爆発？） 3/15-16 火災発生	4/4 低汚染地下水の放出開始

2、日本311強烈地震

2、日本311強烈地震

14日下午，各地空氣中放射線量

20km, 30km外空氣中放射線量



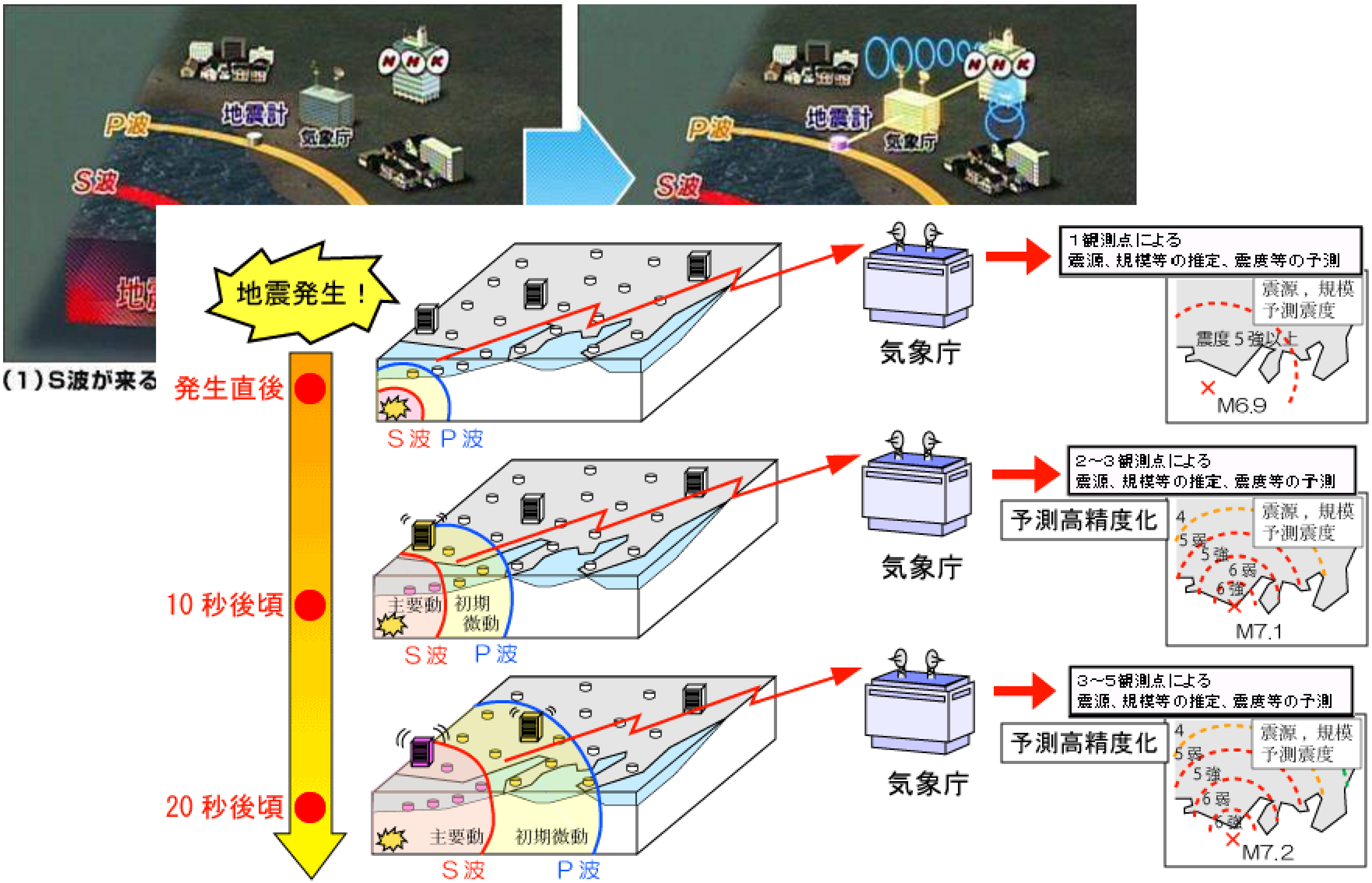
来日外国人客数の推移


The Asahi Shimbun
来日外国人客数の推移
日本政府観光局まとめ
前年同月比
(%)
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
100
80
60
40
20
0
(万人)
客数
08年
09
10
11

地震災害

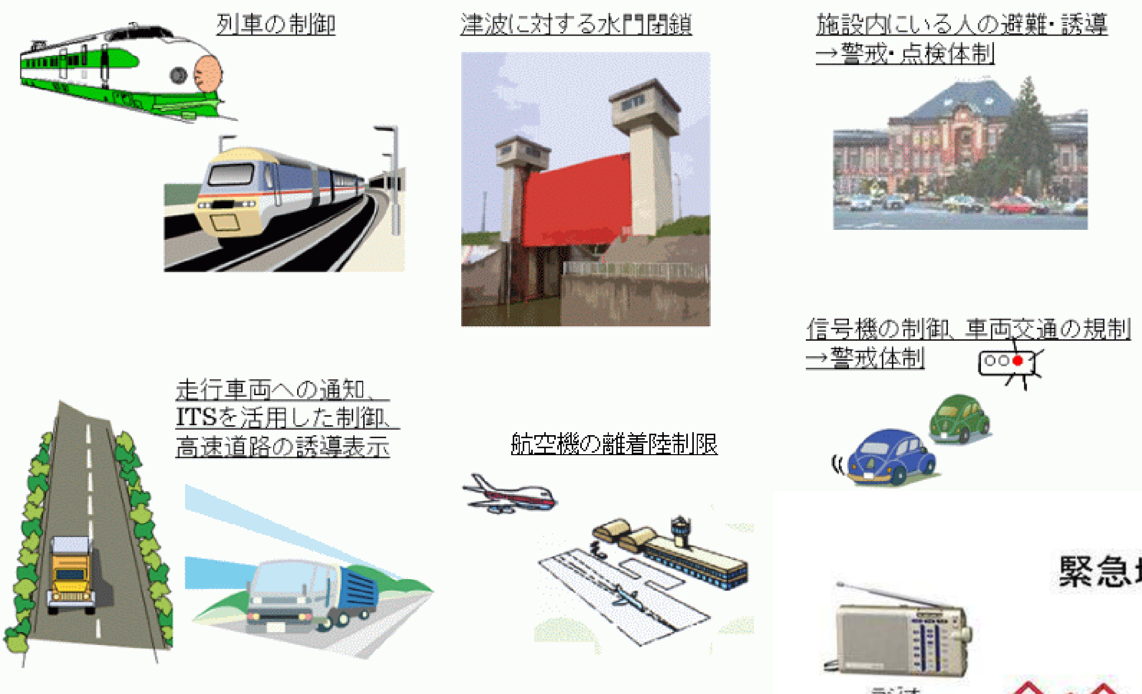
- 地震預報
- 建築物受損（主體結構，
- 土壤液化
  - 填海造陸
  - 開山造陸
- 地面下沉
- 公路橋，鐵路橋
- 海嘯
- 河川堤防

緊急地震預報原理



P波
S波
地震計
気象庁
NHK
(1) S波が来る
地震発生！
発生直後
10 秒後頃
20 秒後頃
S 波 P 波
主要動
初期微動
気象庁
1観測点による
震源、規模等の推定、震度等の予測
震源，規模
予測震度
震度 5 強以上
M6.9
2~3 観測点による
震源、規模等の推定、震度等の予測
予測高精度化
4
5 弱
5 強
6 弱
6 強
M7.1
3~5 観測点による
震源、規模等の推定、震度等の予測
M7.2

緊急地震速報の活用のイメージ（１）



緊急地震速報の活用のイメージ（２）

被災者数 （13日現在、警察庁まとめ）

	死亡	行方不明	避難
全国合計	13,392	15,133	139,895
主な都道県			
北海道	1		734
青森	3	1	887
岩手	3,867	4,101	44,821
宮城	8,190	8,025	48,289
秋田			539
山形	2		1,777
福島	1,272	3,003	24,809
茨城	23	1	774
栃木	4		1,040
群馬	1		2,797
埼玉			3,458
千葉	18	2	1,117
東京	7		919
神奈川	4		534
新潟			4,919

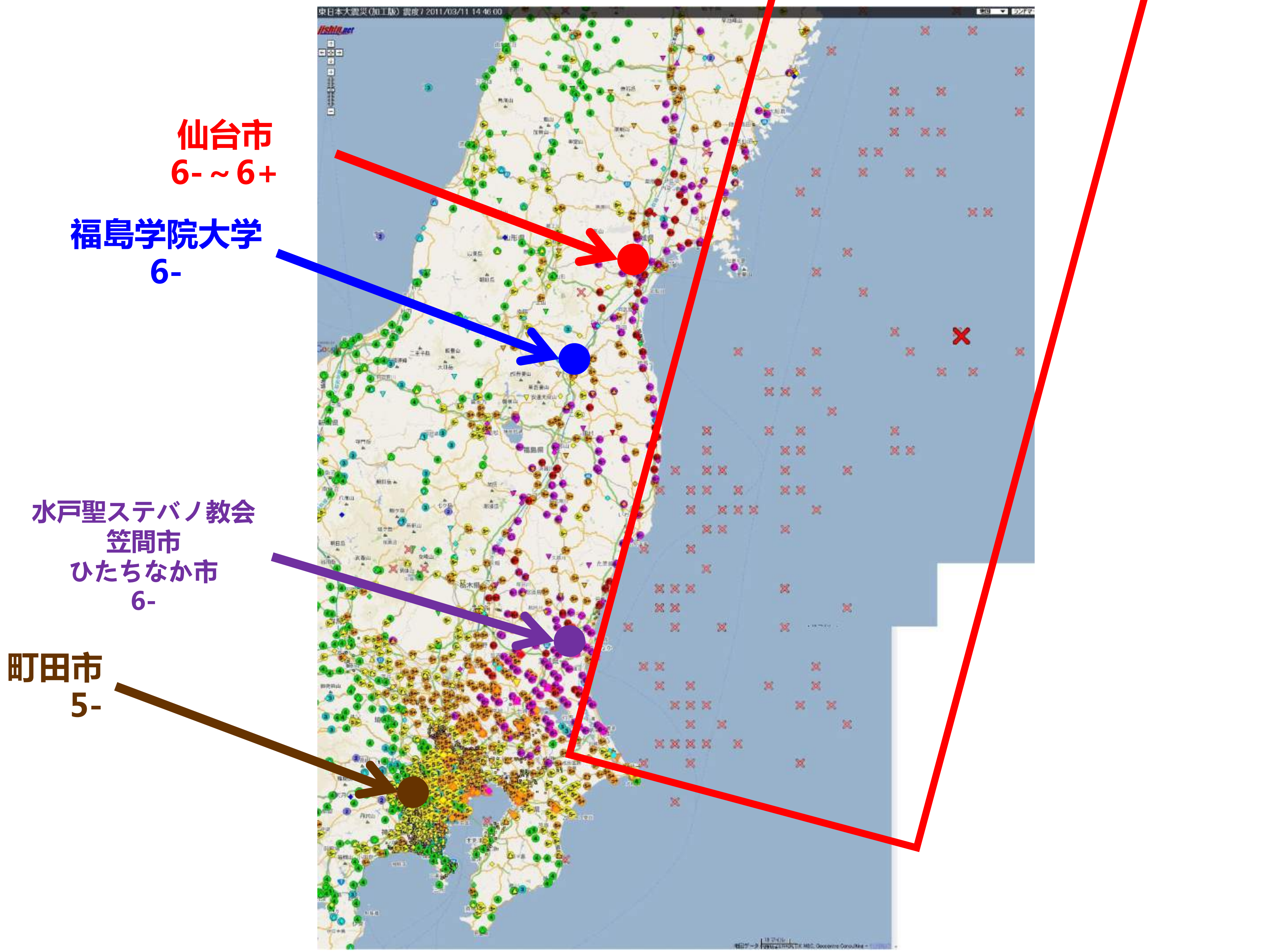
主な被害状況

各県の発表などによる。各市の避難者数は市町村外からの人数を含む場合がある。（ ）内の数字は月/日

圏内から避難した人数		死亡
❶浪江町	約17,790	3人
❷双葉町	約6,880	16人
❸大熊町	約11,360	16人
❹富岡町	約15,480	3人
❺楢葉町	約7,800	3人

地震受災情況

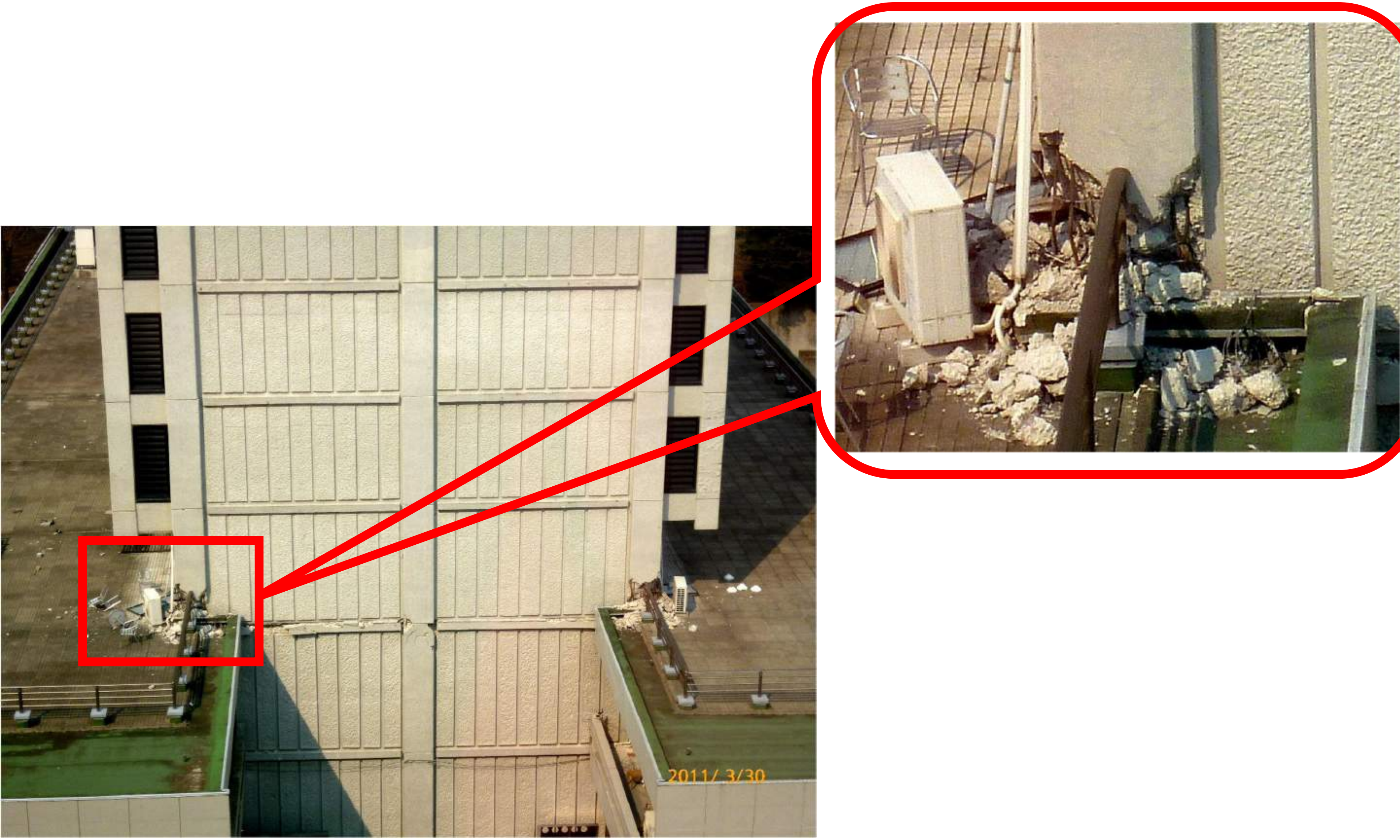
- 和Mw=9.0的大地震相比，建築物受災情況並不是很嚴重。由於房屋倒塌造成人員傷亡的情況很少。（受海嘯影響的區域情況不明）。
- 非結構構件受損很多，特別是天花板裝修部分。
- 液化區域非常廣


東日本大震災(加工版) 震度7 2011/03/11 14:46:00
仙台市
6-～6+
福島学院大学
6-
水戸聖ステパノ教会
笠間市
ひたちなか市
6-
町田市
5-

東北大學緊急調査

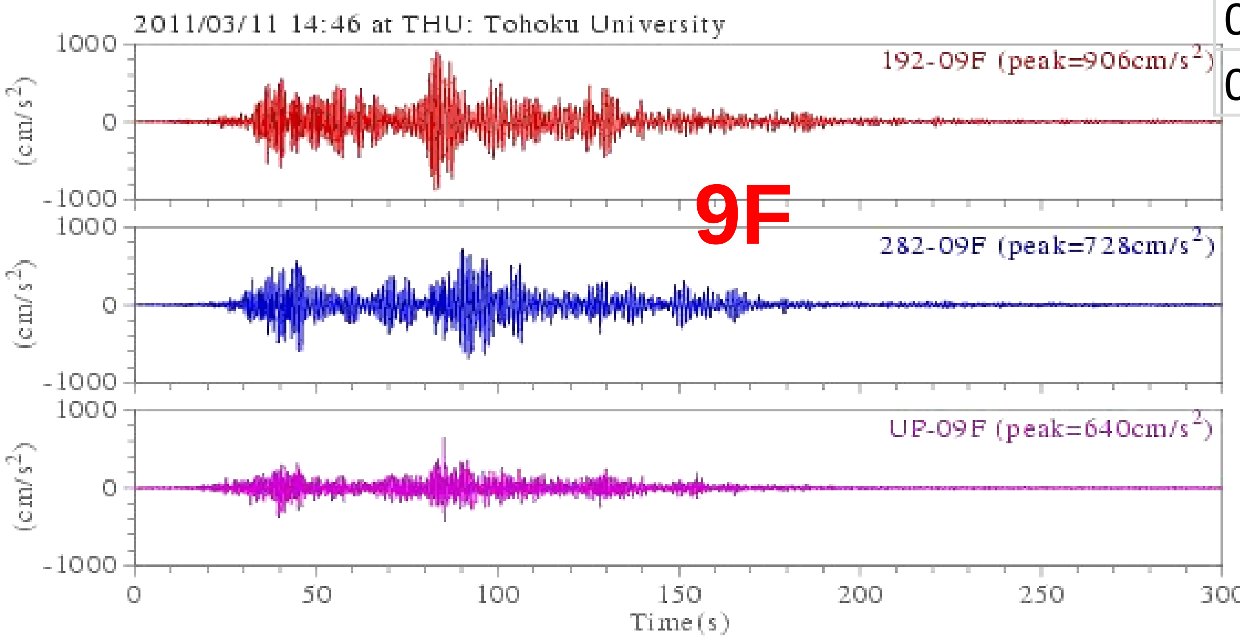
- 東北大学工学研究科、人間・環境系研究棟（ＳＲＣ９階建て）
- 卸町、大和町の振動被害
  - 低層ＲＣ造の倒壊
- 1978年宮城県沖地震で被害を受けた杭基礎構造物
  - 高砂サニーハイツ（14階建てＲＣ造）の杭基礎

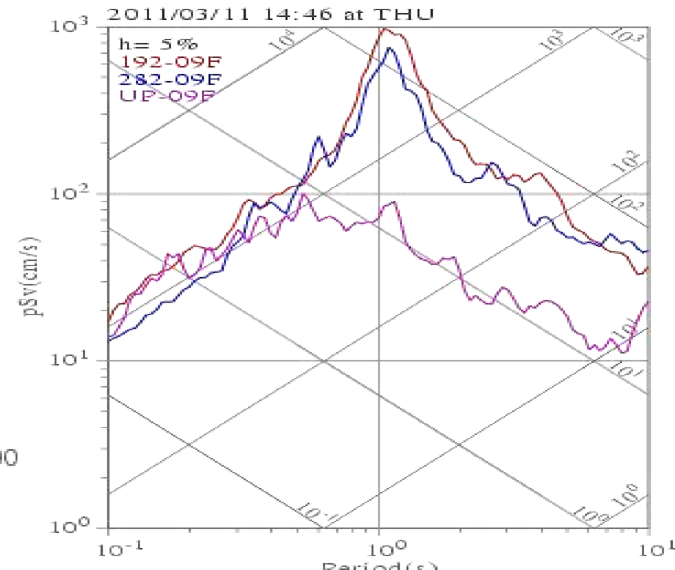
東北大学工学部人間環境系（土木系）

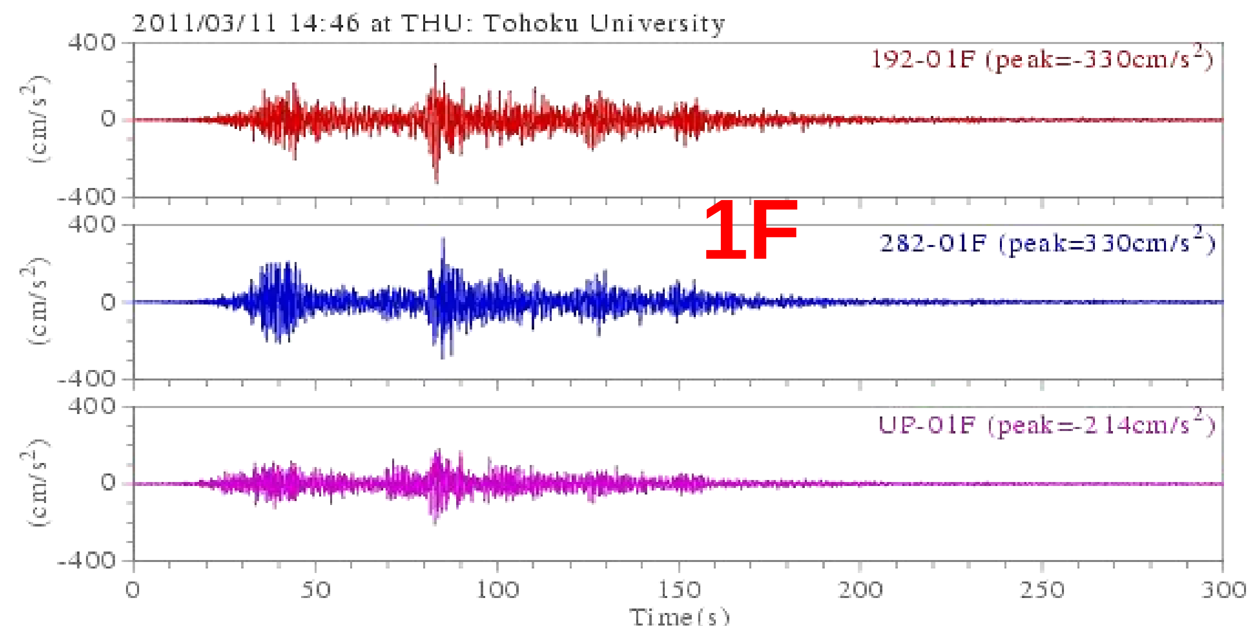


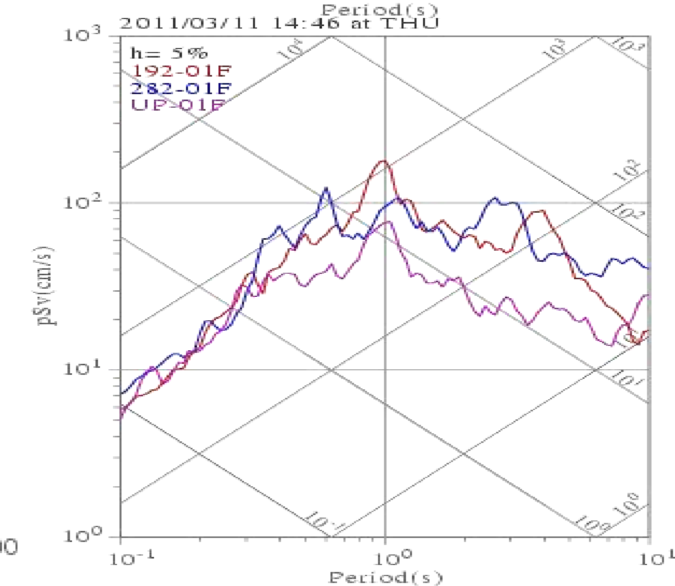
強震観測

東北大人環系建物(6-),177, 5.6			
	192°	282°	UD
09F	908	728	640
01F*	333	330	257





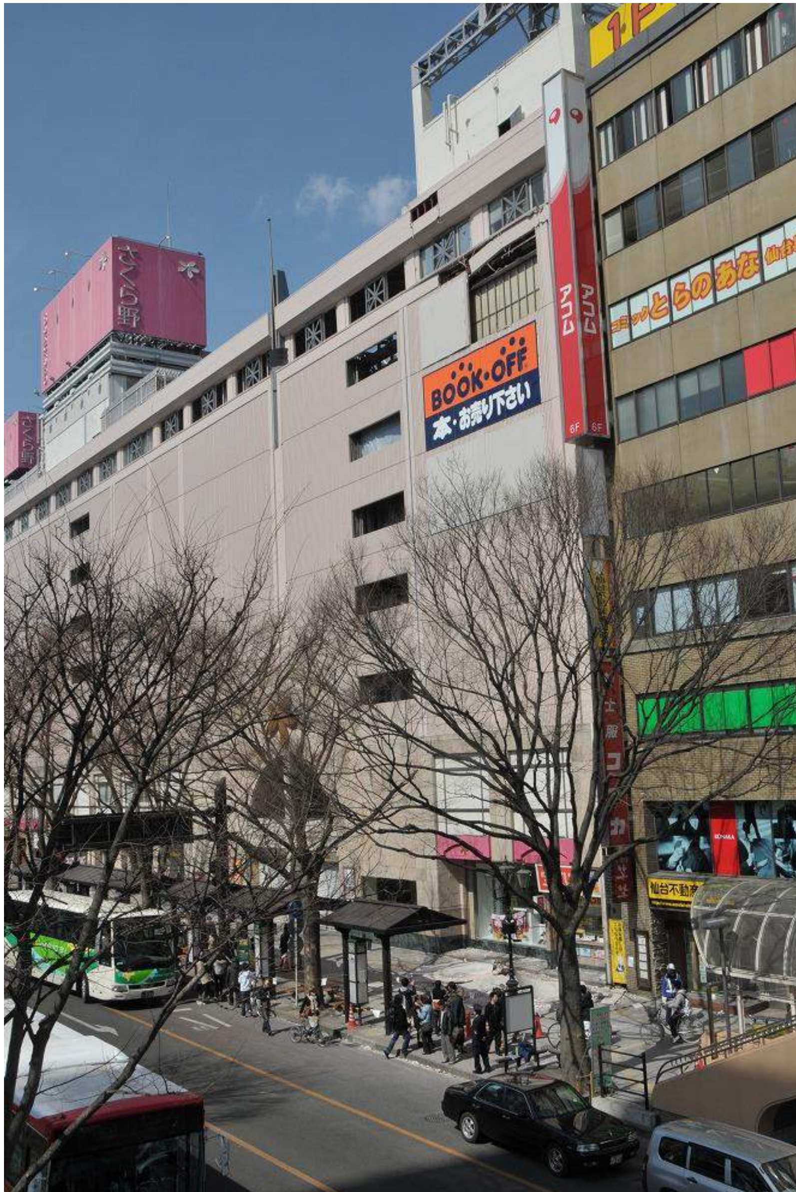


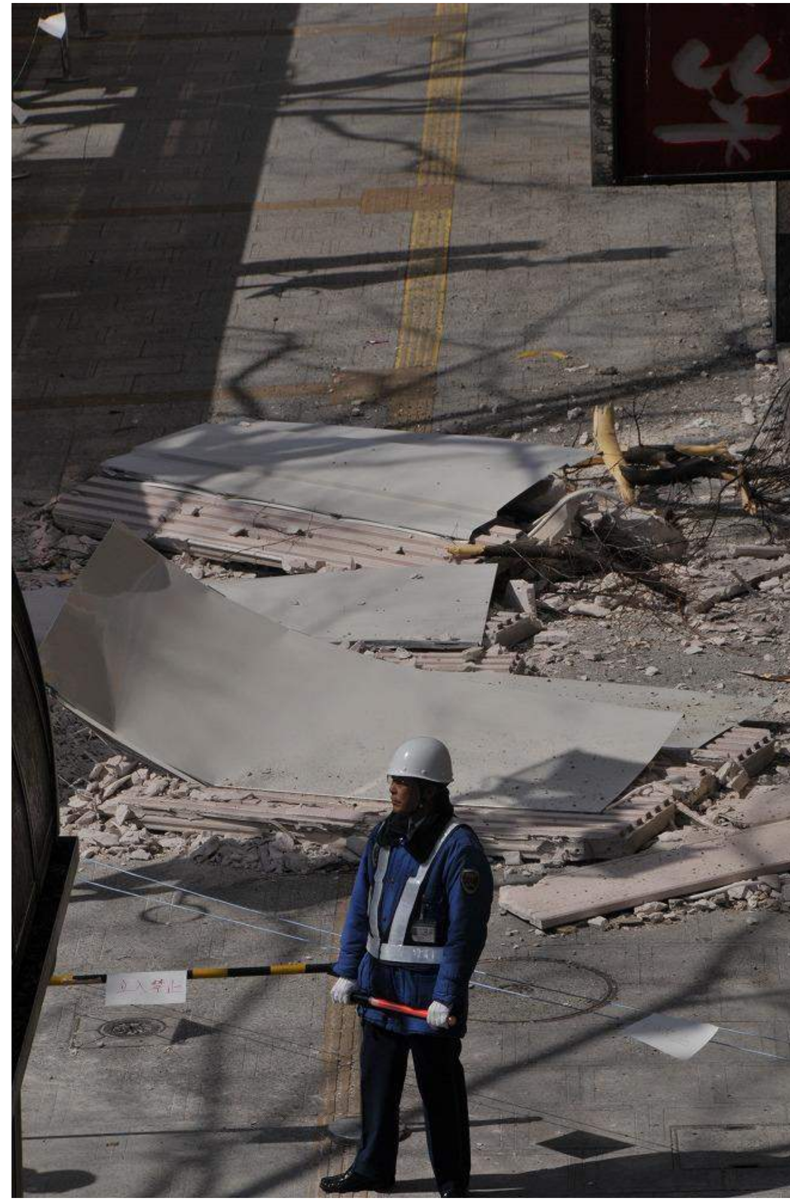


大和町５丁目の３階建てＲＣ造の２階部分の崩壊

若林区卸町２棟倒壊

(仙台百貨店)外牆板脫落





Y字型平面の3階建て校舎が崩壊

水戸市1：教会の塔が崩落寸前

震度6強茨城県笠間市役所笠間

ひたちなか市堀口RC造でピロティ形式・4

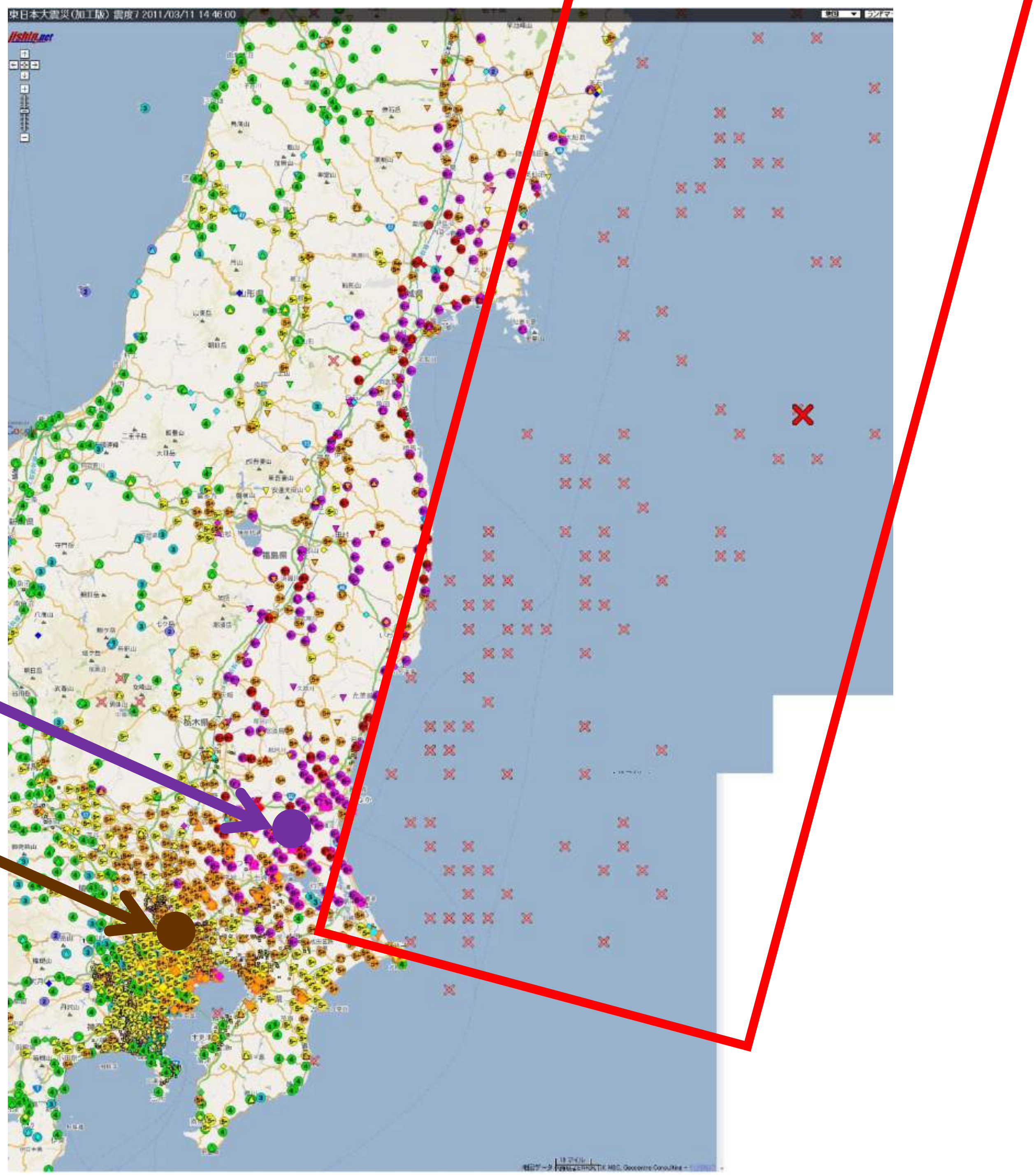
震度5弱で倒壊した東京・町田の大型店舗の斜路

首都圏も天井落下多数　ホールなど構造が揺れ増幅か

- 　東日本大震災で、首都圏でもホールや体育館などの天井が落下する被害が多数出ていたことが、日本建築学会関東支部の調査でわかった。大きな空間を持つ施設が長時間続いた短い周期の地震動で揺さぶられ、建物自体が揺れを増幅したとみられる。こうした施設は地震発生後に避難所になることも多く、専門家は「余震などで被害が拡大する恐れもある」と警鐘を鳴らしている。
- 　首都大東京の北山和宏教授や、筑波大の金久保利之准教授らが実地調査した。
- 　調査によると、茨城県では開港後約１年の茨城空港ターミナルビルで天井の一部が落下。常陸太田市の太田小学校体育館でも天井パネルが落下し、石こうボードが床に散乱した。水戸市、ひたちなか市、小美玉市などでも文化会館のホールなどで同様の被害が多数みられた。
- 　震源から200キロ以上離れた神奈川県でも横浜市のボウリング場で大規模な天井落下があり、客３人が軽傷。茅ケ崎市でも２棟で天井パネルが落下した。東京都千代田区の九段会館では、１階大ホールの天井の一部が崩落し、２人が死亡、26人が重軽傷を負った。
- 　関東地方で一般の建物に被害が少ないのにホールや体育館などの天井損壊が目立つ理由について、金久保准教授は「建物自体が揺れを増幅した」と説明する。大空間を持つ建物は柱と梁（はり）で支える構造が多く、揺れを受けると変形しやすいという。
- 　気象庁によると、東京都千代田区や横浜市中区では震度４以上の揺れが約２分10秒続いた。同准教授によると、周期が１～２秒の短周期地震動が、屋根から約１メートル下にぶら下がった構造の天井パネルの揺れを増幅させた可能性もあるという。
- 　大型のホールや体育館は地震後の一時避難所になることも多いため、金久保准教授は「今回は多くの施設でたまたま人がいなかっただけで、大惨事につながる恐れがあった」と指摘。「補強工事をしても壊れているケースがあり、天井パネルについての耐震基準見直しが必要だ」と話している。

茨城空港

九段会館



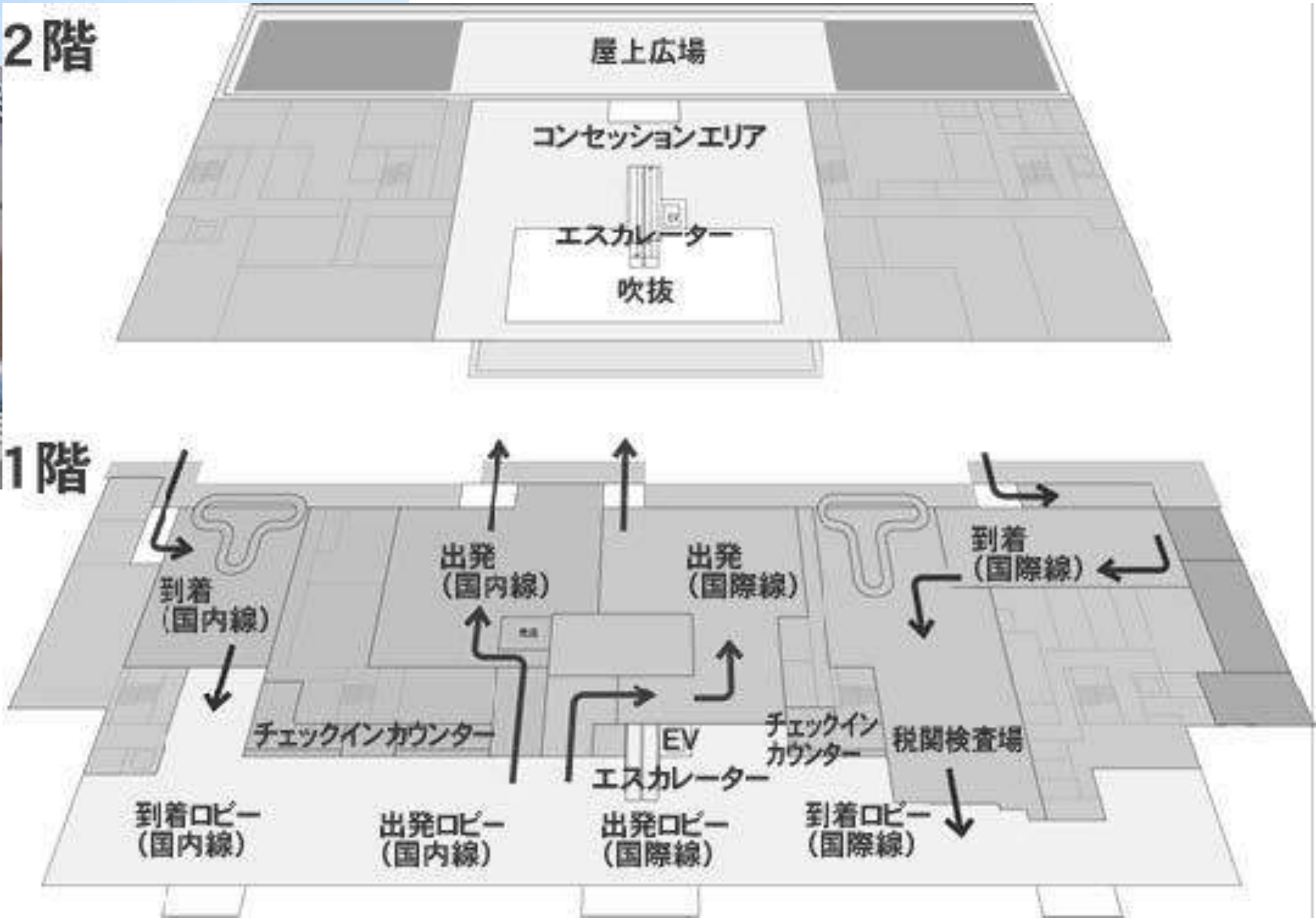
1934年竣工的九段會館

- 天花板脫落。
- 兩人死亡，26人受傷

- 3層看臺，1100座位
- 天花板呈弧形

茨城空港候機室天花板脫落



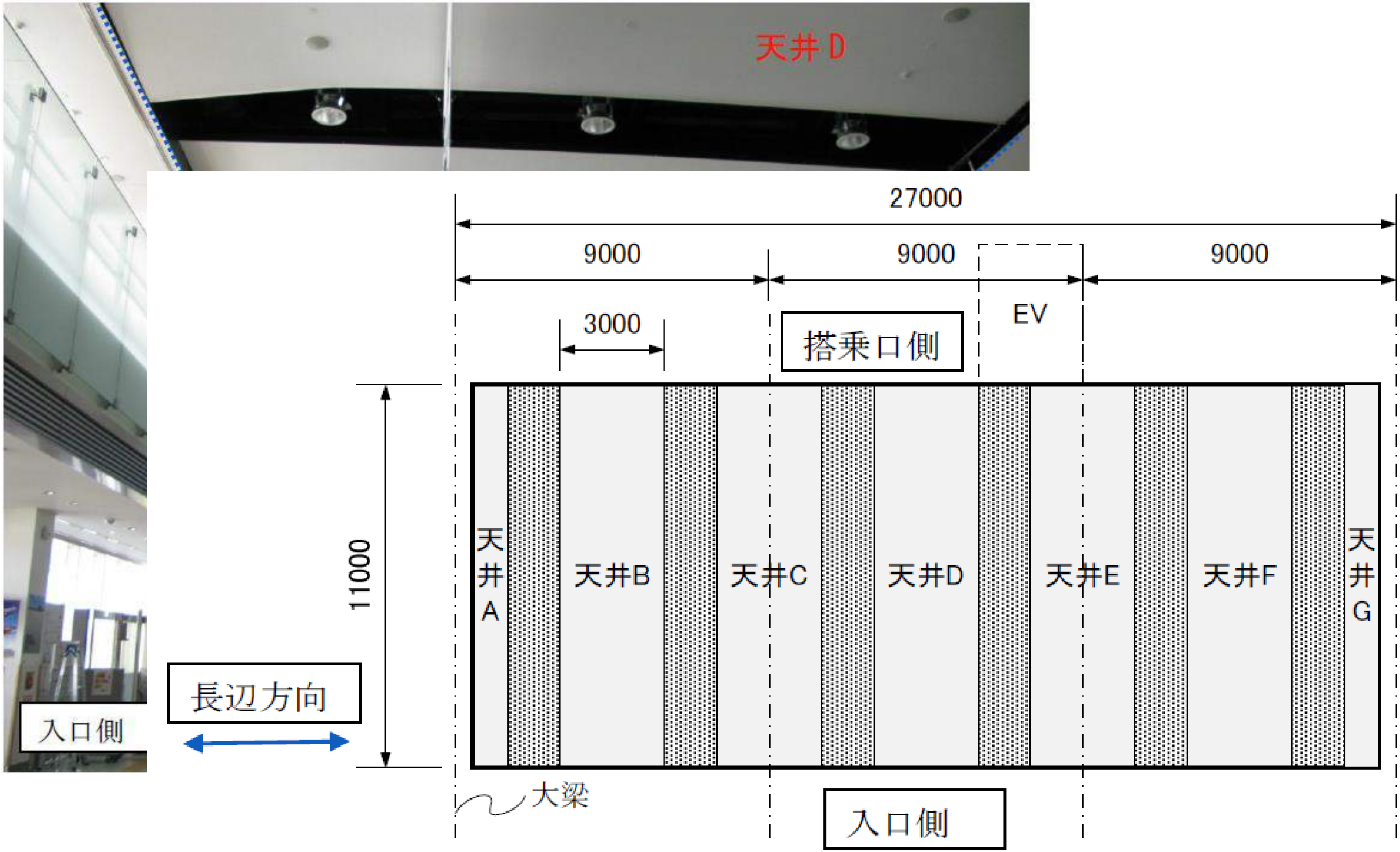


図３　吹き抜け部分の２階天井伏図（網掛け部分に天井はない。）

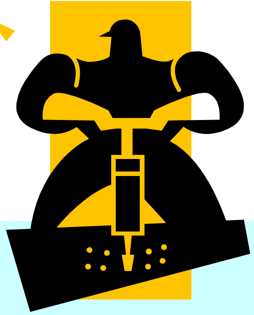
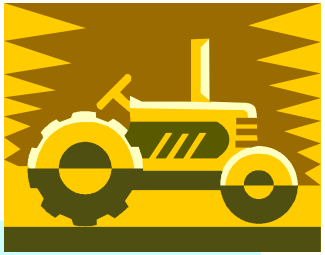
天井落下


TOHOシネマズ ららぽーと横浜
グランドキャニオンをイメージしたシネコン
Cinema Multiplex TOHO CINEMAS Lalaport Yokohama
Designer Richard Lee

横浜東宝

メディアテークの天井崩落、吊りボルトの破断が判明

1、前言

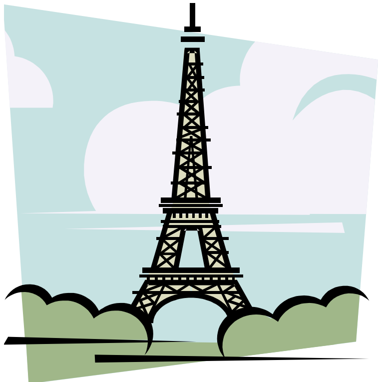
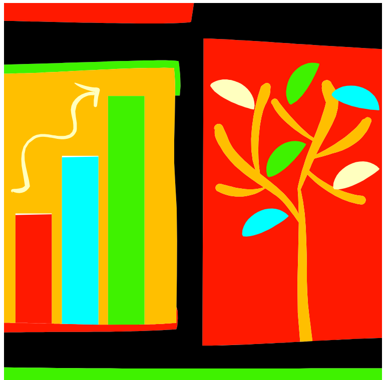




工程技術 —

以過去經驗對抗未來災害?

學術研究 —

以創新技術迎接未來挑戰!


3.
震災後隔震建築調査

12th WORLD CONFERENCE ON SEISMIC ISOLATION
ENERGY ISSIPATION AND ACTIVE VIBRATION CONTROL OF STRUCTURES

RECENT DEVELOPMENT AND APPLICATION OF SEISMIC ISOLATION AND ENERGY DISSIPATION SYSTEMS, IN PARTICULAR IN ITALY, CONDITIONS FOR THEIR CORRECT USE AND RECOMMENDATIONS FOR CODE IMPROVEMENTS

Alessandro Martelli[1], Paolo Clemente[2], Massimo Forni[3], Giuliano F. Panza[4], Antonello Salvatori[5]

[1] *Bologna Research Centre of ENEA, GLIS, ASSISi and EAEE-TG5, Bologna, Italy*
[2] *ENEA Lab. on Prevention & Mitigation of Natural Risks, GLIS and ASSISi, Casaccia Centre (Rome), Italy*
[3] *ENEA Technical Unit on Seismic Engineering, GLIS and ASSISi, Bologna Research Centre, Italy*
[4] *Department of Geosciences of the University of Trieste, ICTP, GLIS and ASSISi, Trieste, Italy*
[5] *DISAT Department of the University of L'Aquila and GLIS, L'Aquila, Italy*

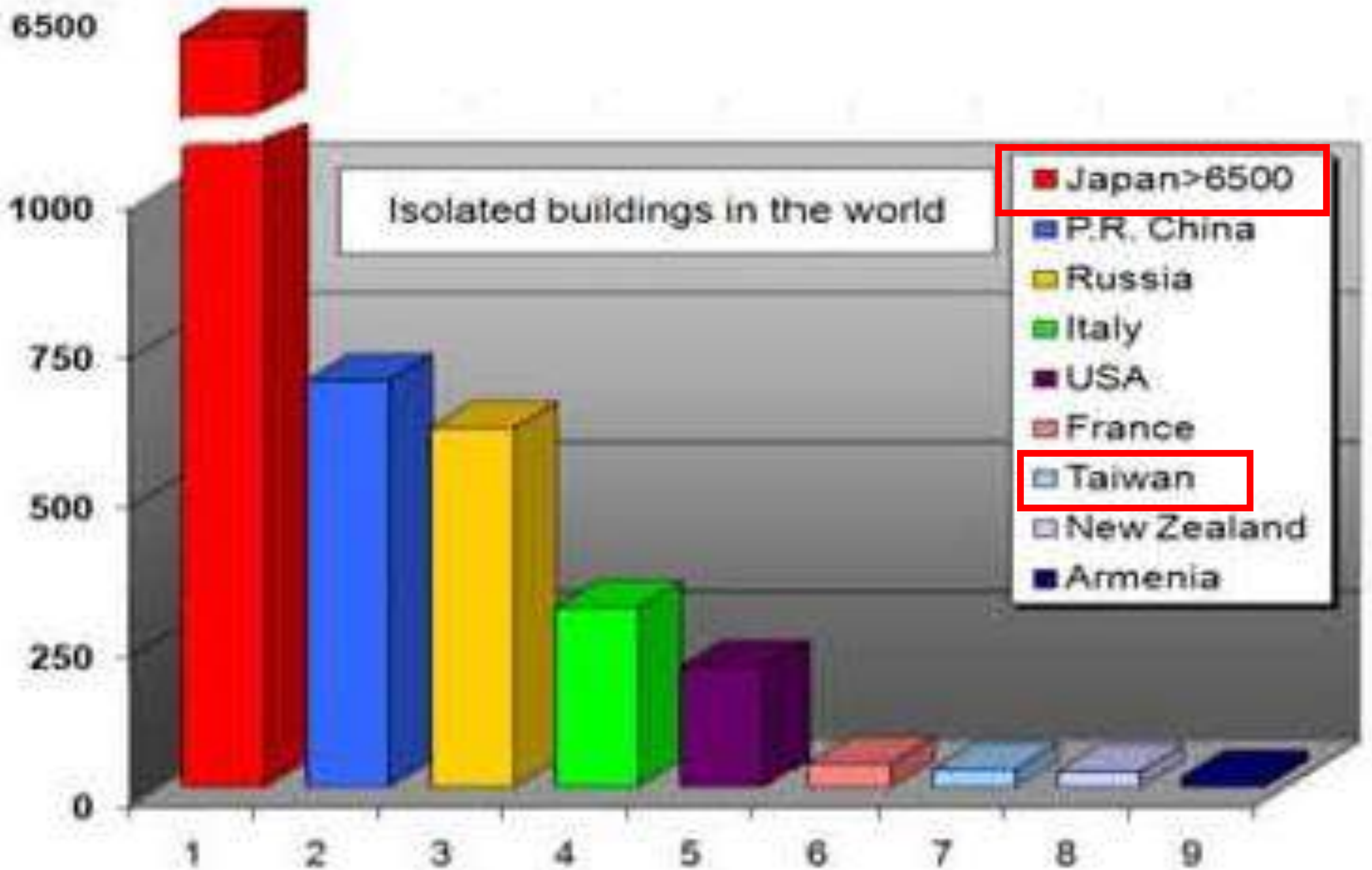


Figure 1 Overall numbers of buildings with SI in the most active countries (left) and in Italy during years (right)

2003

Off Tokachi Earthquake

隔震建築調査

Seismic Performance of Base Isolation Buildings during 2003 Off Tokachi Earthquake

Seismic Performance of Base Isolation Buildings during 2003 Off Tokachi Earthquake

Taiki SAITO
Building Research Institute, JAPAN
(tsaito@kenken.go.jp)

Outline

- 2003 Off Tokachi Earthquake
  - Characteristics of earthquake
  - Damage photos
- Earthquake response of base isolation buildings
  - Government building
  - Office building
  - Hospital
  - Bank
- Summary

2003 Off Tokachi Earthquake

Date: 26th September, 2003

Time: 4:50 am

Magnitude: 8.0

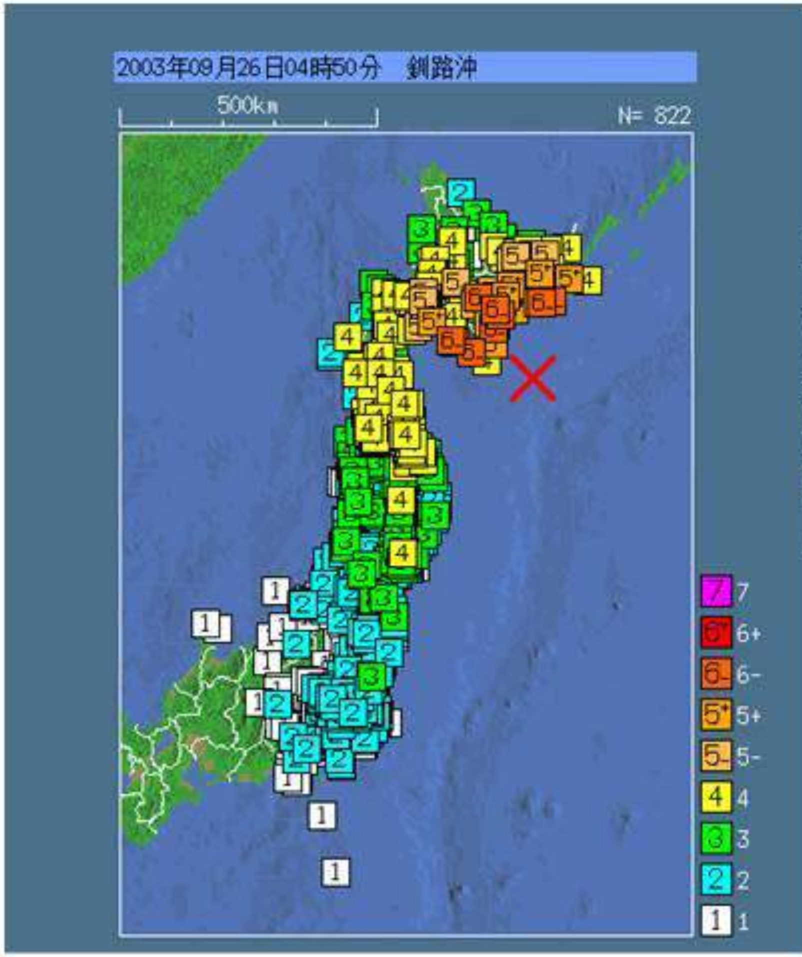
Location: 41° 46.78'N 144° 4.71'E

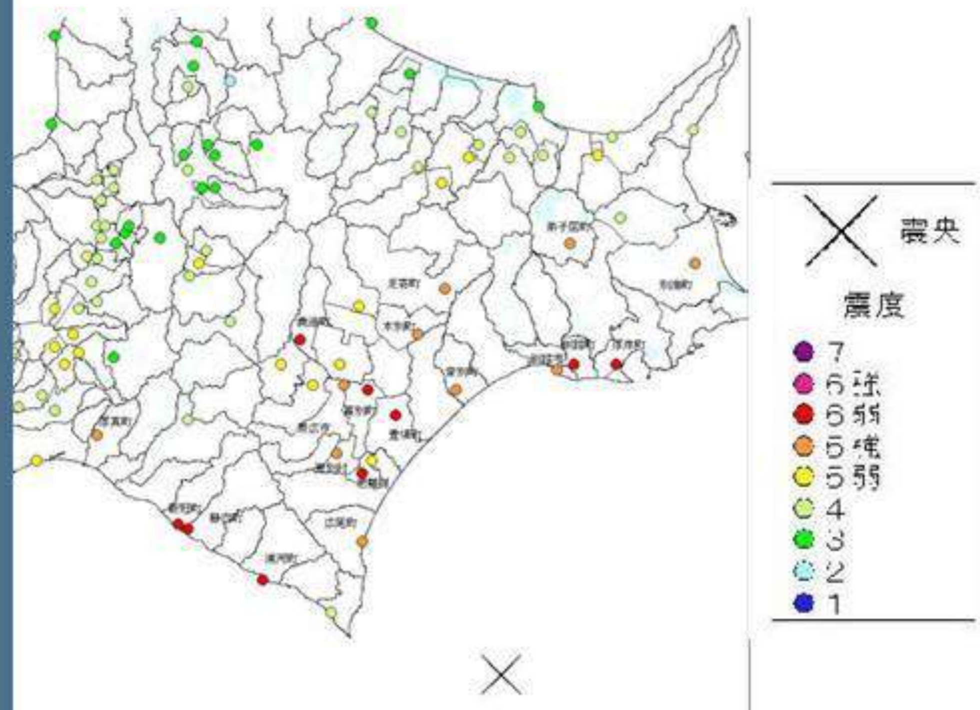
Depth: 42km

Missing: 2 people

Injured: 847 people

JMA Intensity Map





(Data: JMA)

Damage by Tsunami after the earthquake

第４種大津漁港津波第４波

最大潮位

撮影年月日　平成 15 年 9 月 26 日

第４種大津漁港津波第４波

来襲後

撮影年月日　平成 15 年 9 月 26 日

(Photos from Hokkaido Journal)

Damage of roads

町道被災状況

町道旅来長節線

町道農野牛北1線

撮影年月日　平成15年9月26日

(Photos from Hokkaido Journal)

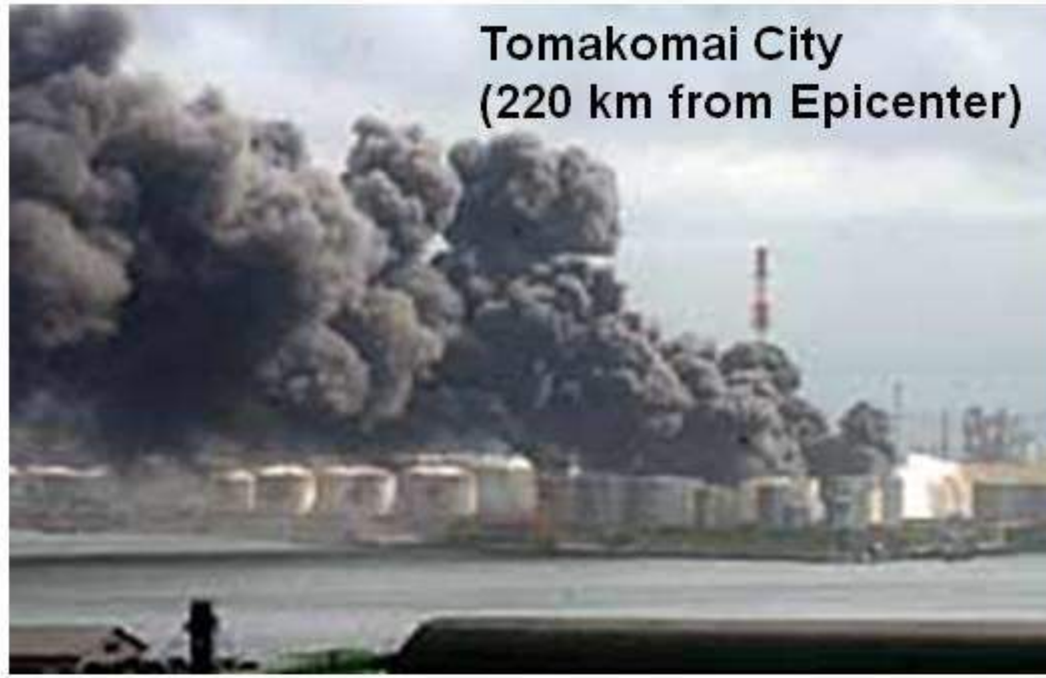
Damage of buildings

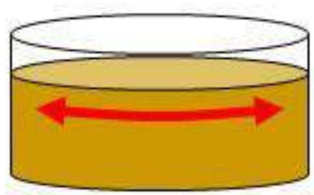
(Photos from Hokkaido Journal)

Damage of buildings

(Photos from Hokkaido Journal)

Damage of Oil Tank

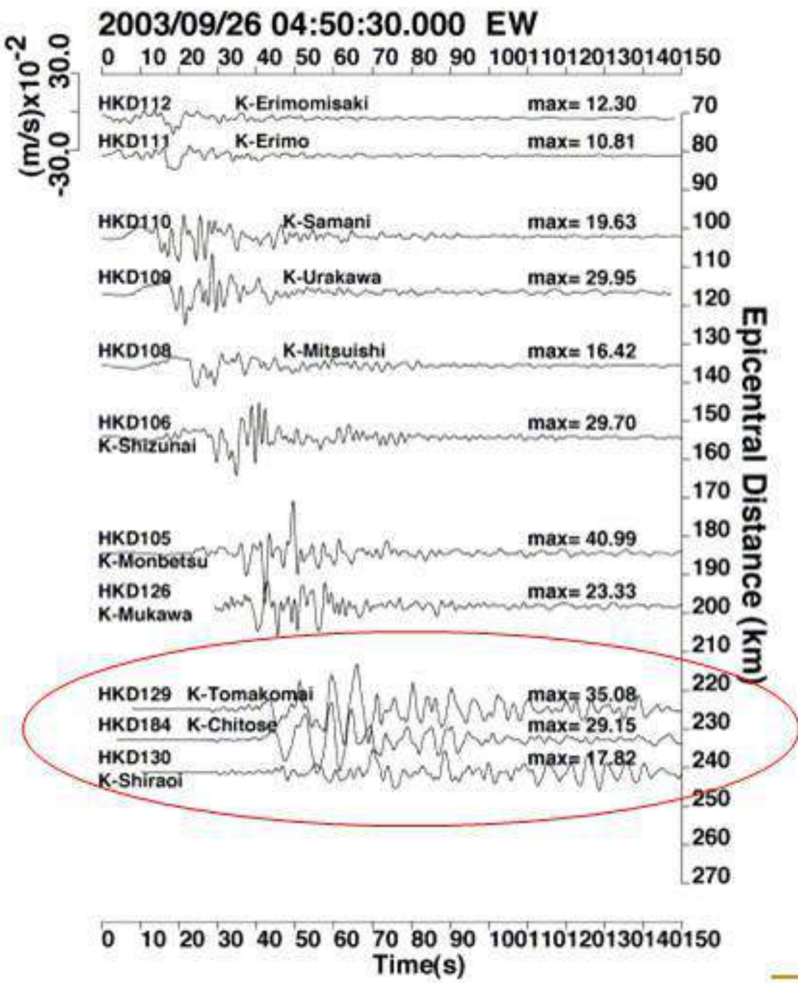




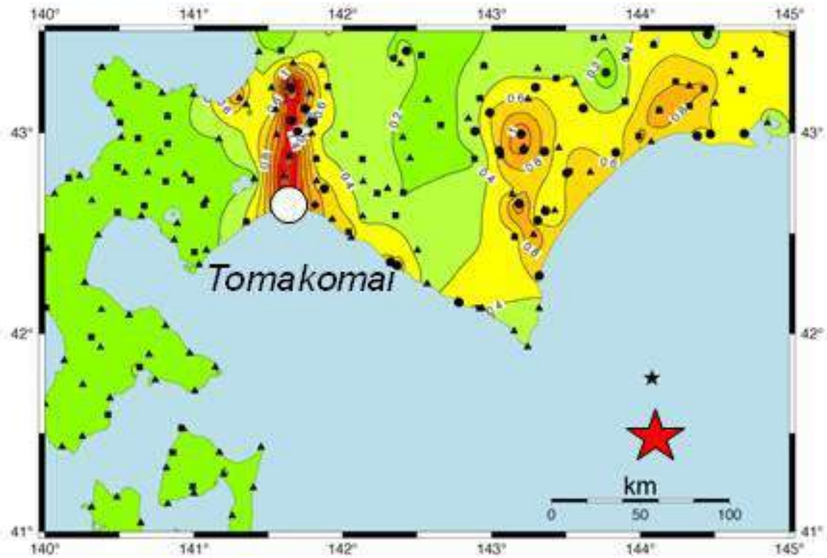
Natural Period for Sloshing
= 7 sec

(Photos from Hokkaido Journal)

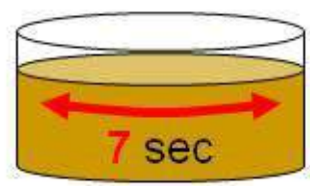
Effect of long period earthquake



Earthquake Velocity Wave (0.05-0.5Hz)

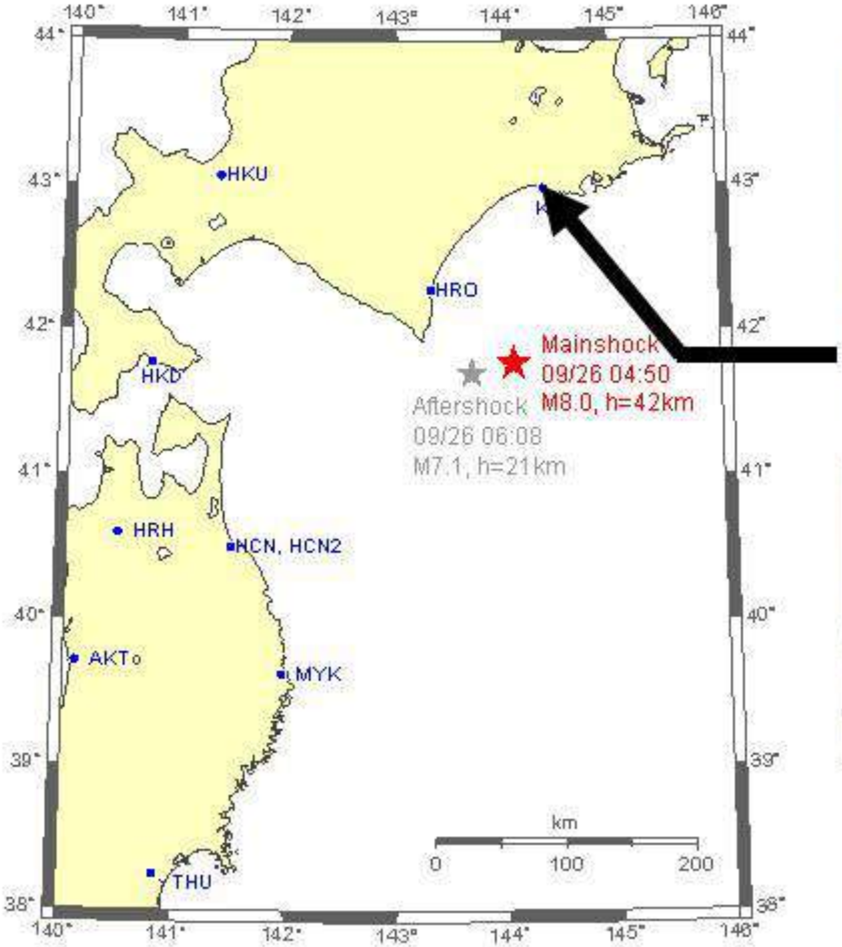


Contour Map for Response Velocity (T=7 sec)



(Data: Disaster Prevention Research Center)

Base isolation buildings in Kushiro city



[1] Government office building

SRC structure with steel braces

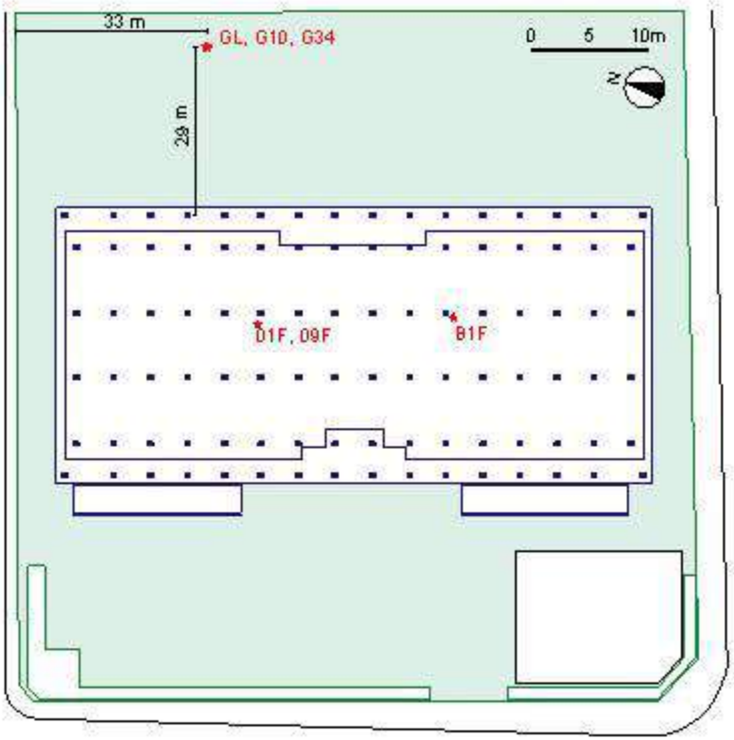
9-story building with 1-story basement

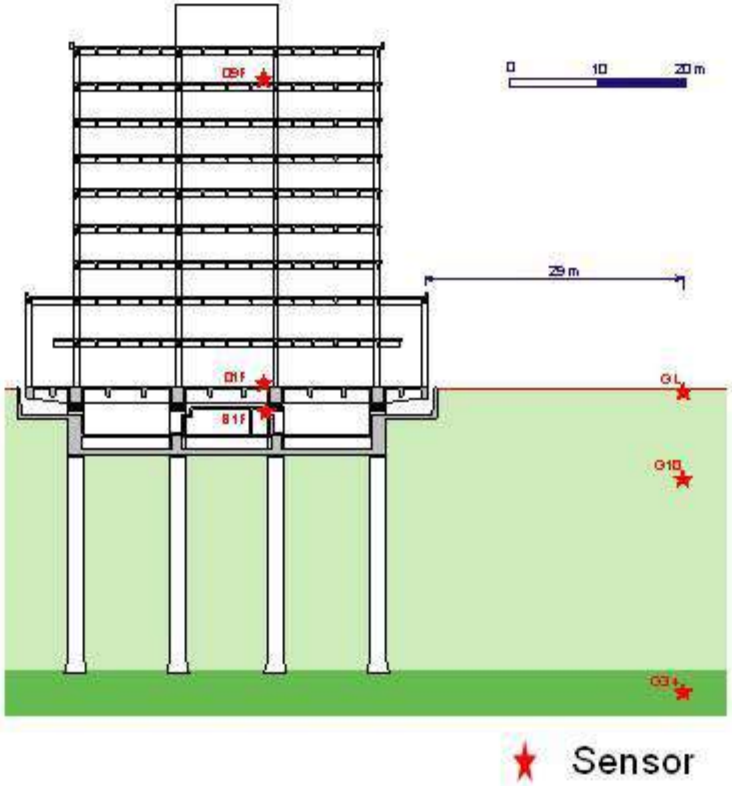
Reference:

T.Kajima, A.Ito, H. Fujita,

“Earthquake record of 2003 Off Kushiro Earthquake at Kushiro-government office”, Mensin Journal, pp. 36-38, N0.43, 2004.2

Allocation of base isolation devices

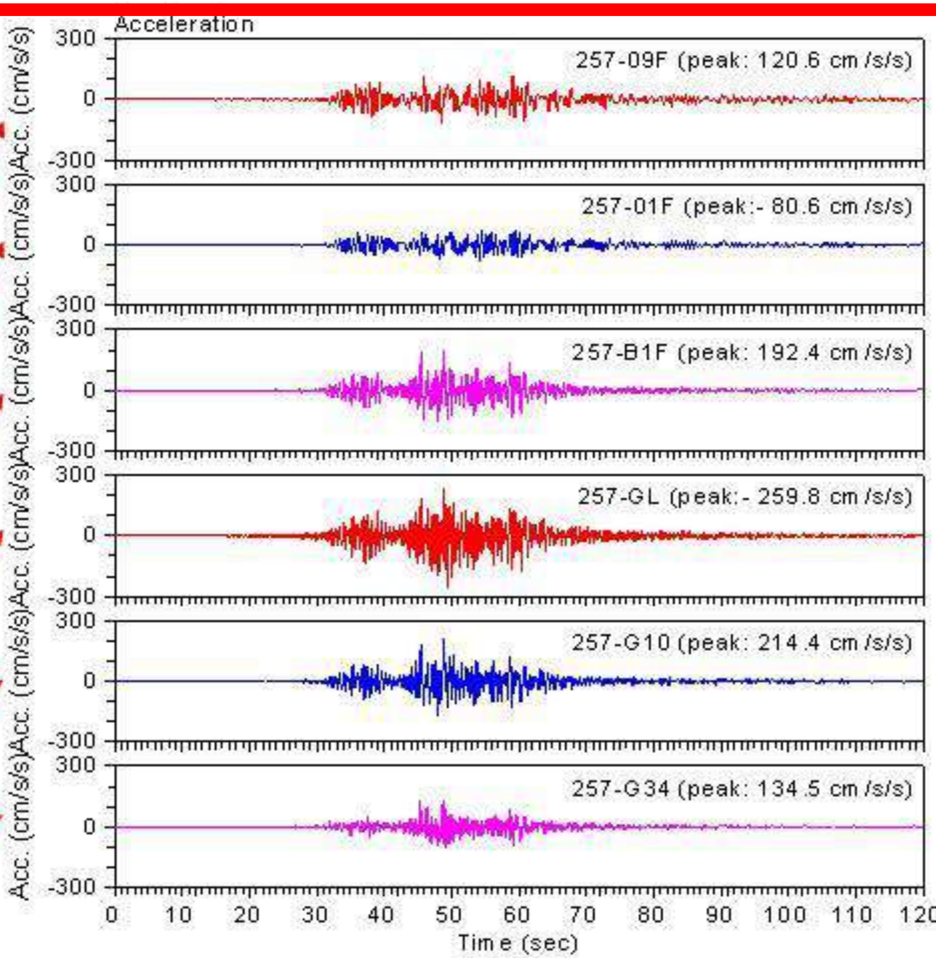




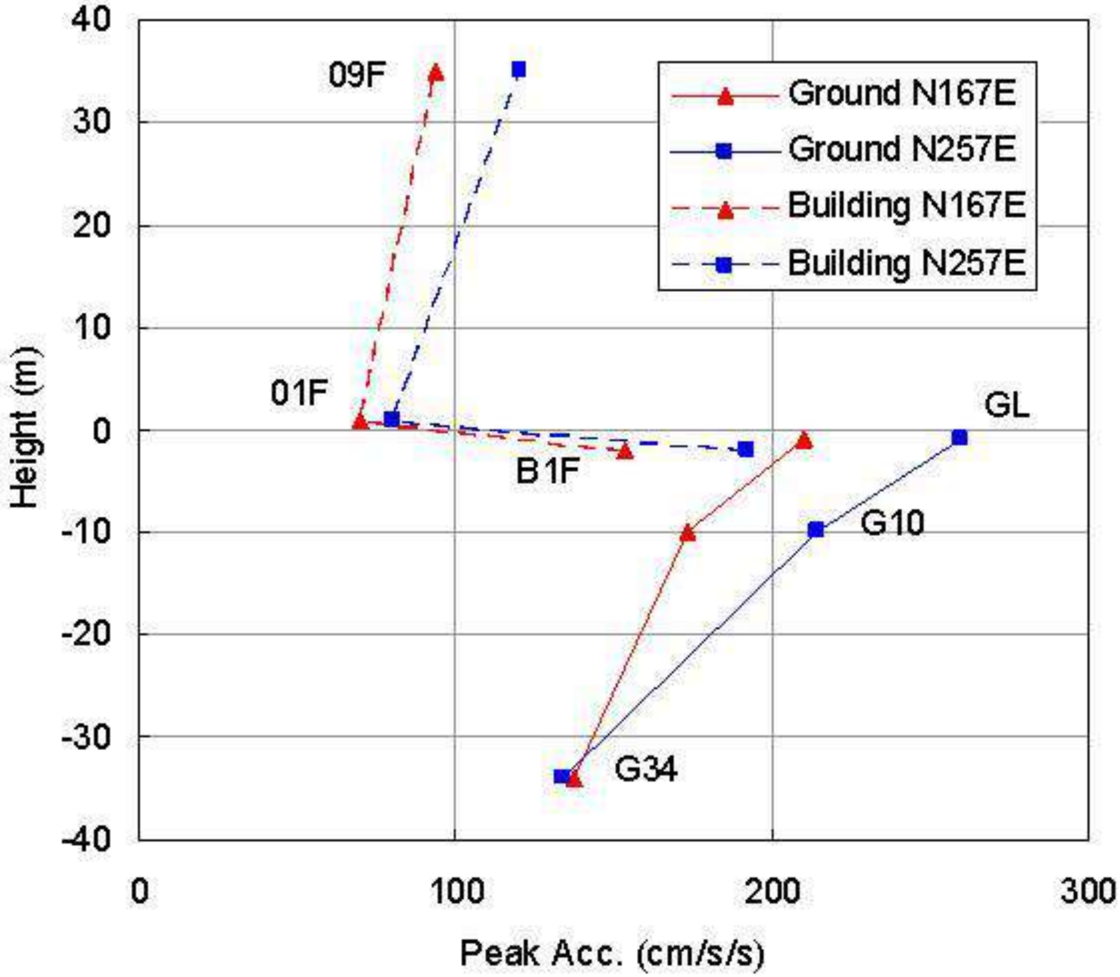
64 Natural rubber bearings, 56 lead dampers and 32 steel dampers

Observed records

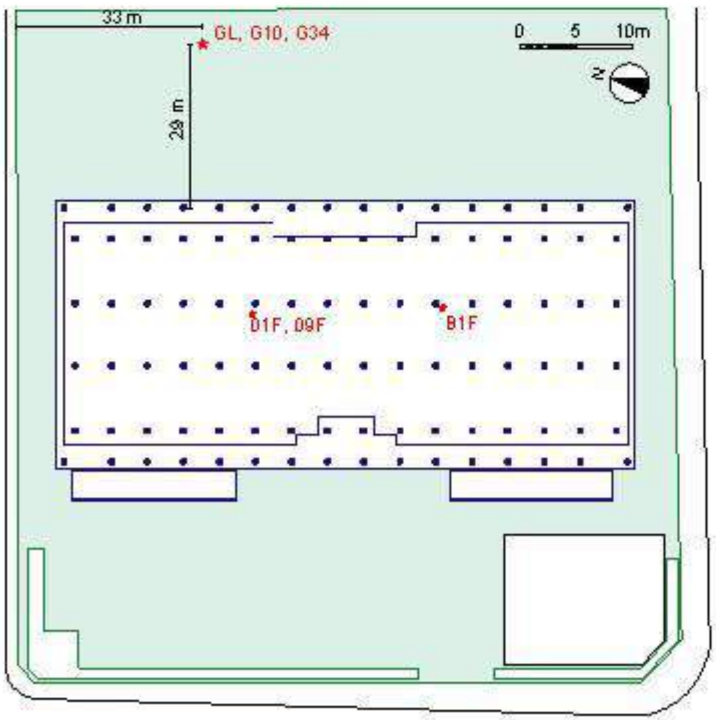
	Place	Maximum Acc.(cm/s²)		
		N167° E	N257° E	UD
Building	09F	93.8	120.6	183.6
	01F	70.3	80.6	85.1
	B1F	154.1	192.4	76.4
Ground	GL	210.2	259.8	106.3
	G10	173.3	214.4	71.9
	G34	137.6	134.5	61.5

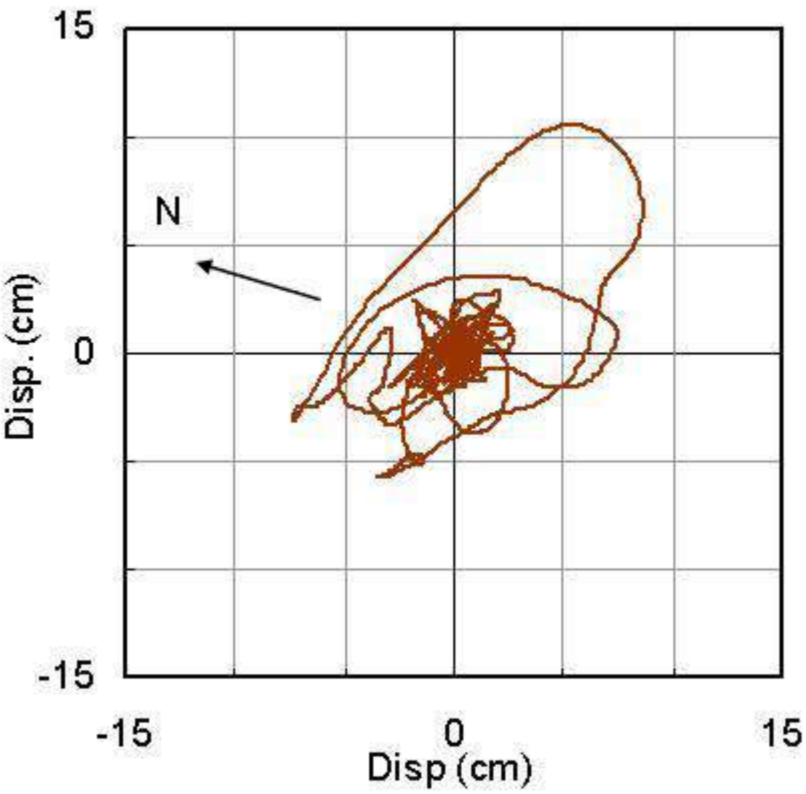


Distribution of max. acceleration response



Orbit of displacement





[2] Office building

RC wall structure

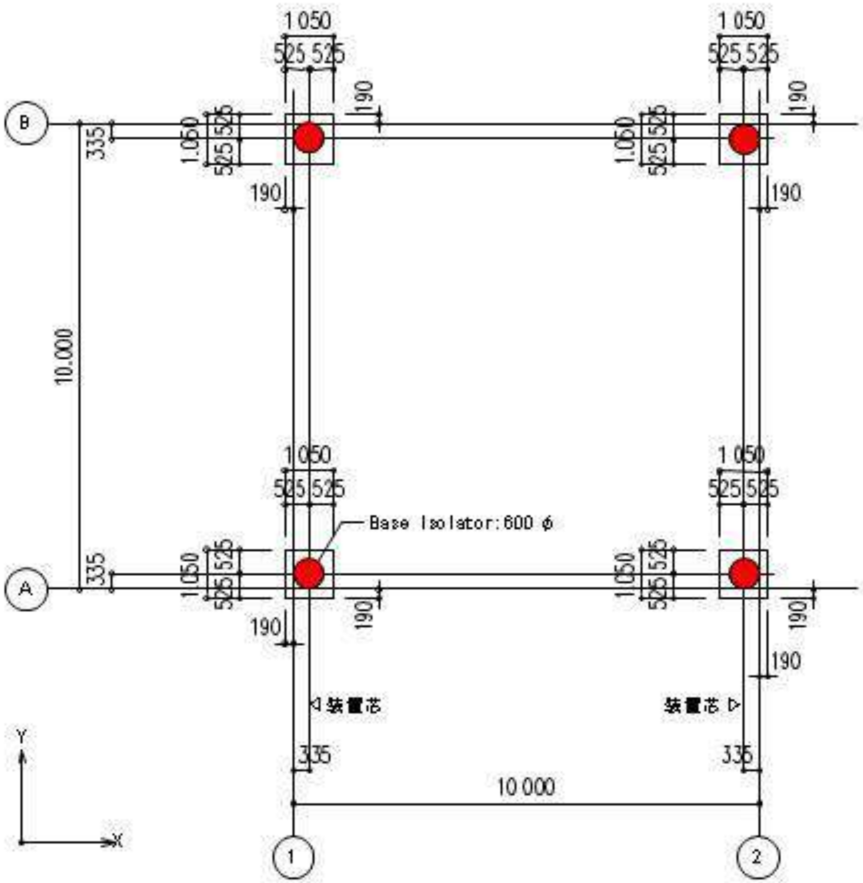
3-story building

Reference:

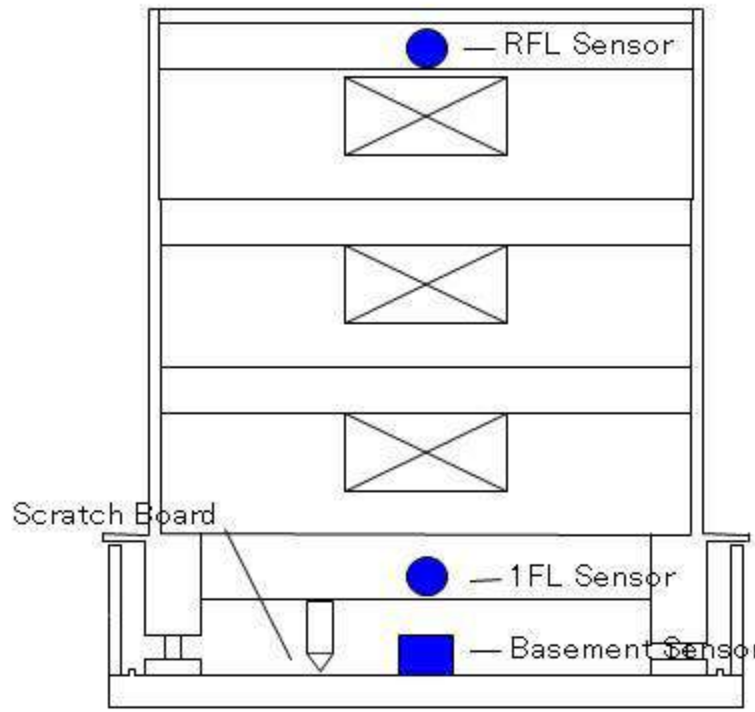
Y.Takenaka, T.Yasuda, Y. Suzuki,

“Earthquake observation of base isolation building in Kushiro city at 2003 Off Kushiro Earthquake”, Mensin Journal, pp. 31-35, N0.43, 2004.2

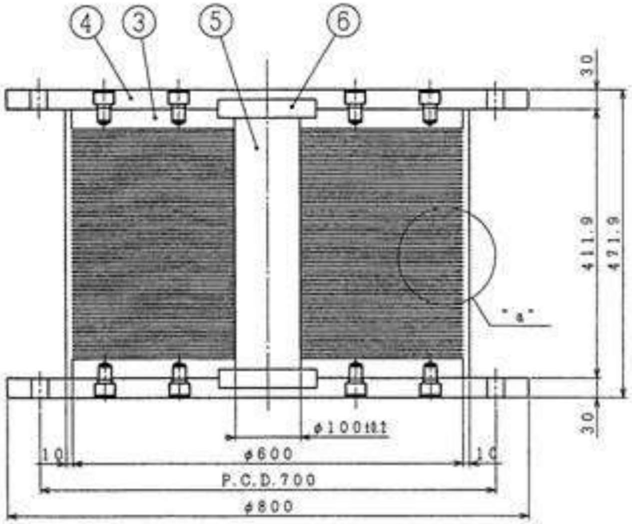
Allocation of base isolation devices



4 Lead rubber bearings

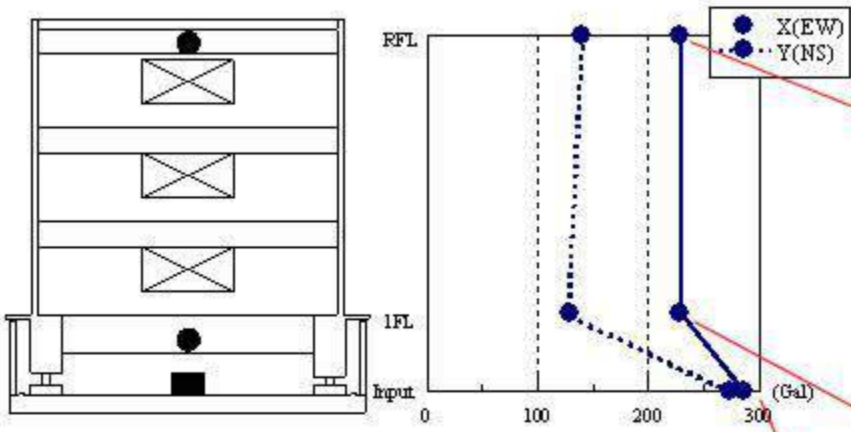


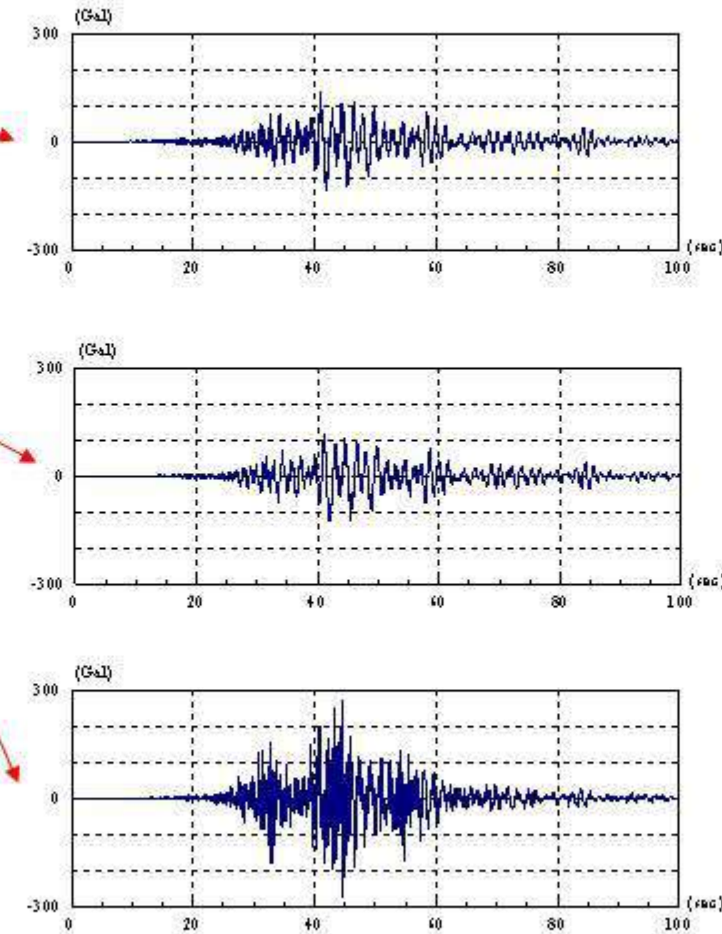
Base isolation devices



Lead rubber bearing

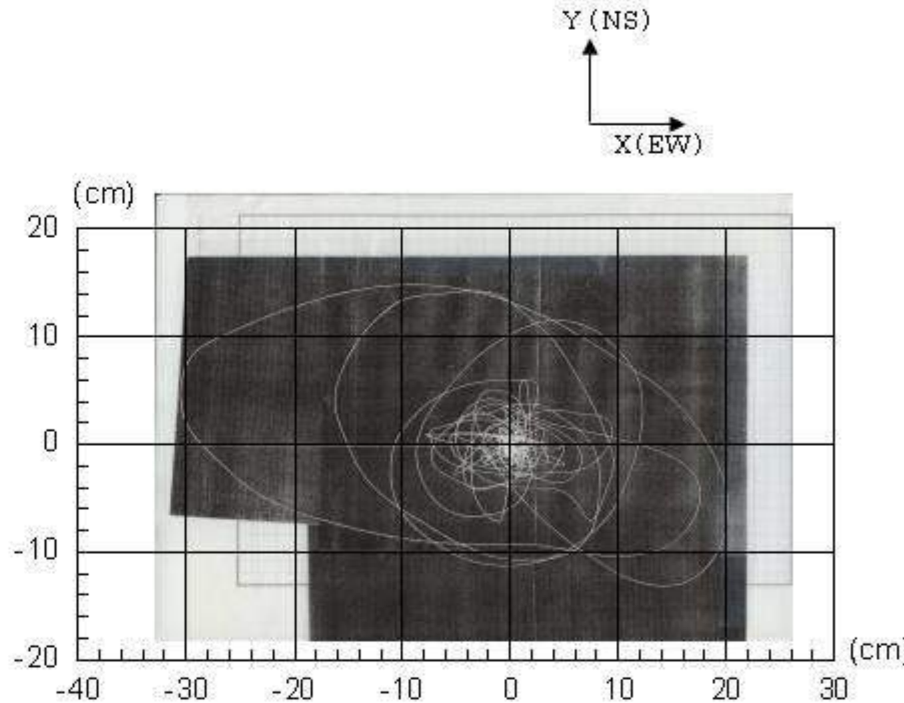
Distribution of max. acceleration response





	X(EW)	Y(NS)	UD
RFL	228	141	—
1FL	229	129	—
Basement Input	286	274	114

Orbit of displacement



[3] Hospital building

RC structure

3-story building with penthouse

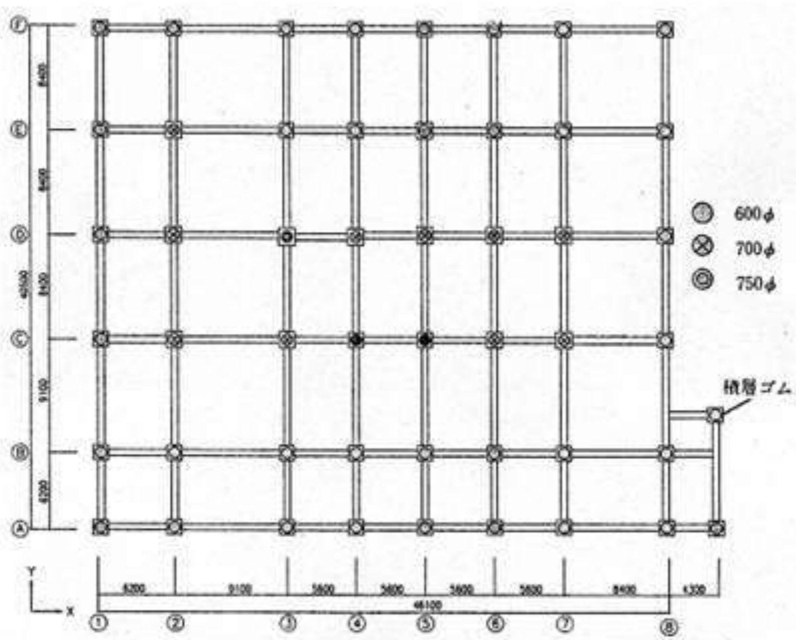
Fist base isolation hospital in Japan

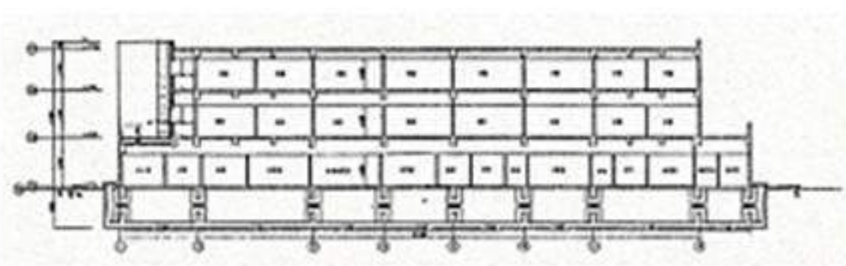
Reference:

S.Sakai, Y.Ito, T.Iida,

“Earthquake respnse of base isolation hospital”, Mensin Journal, pp. 41-43, N0.43, 2004.2

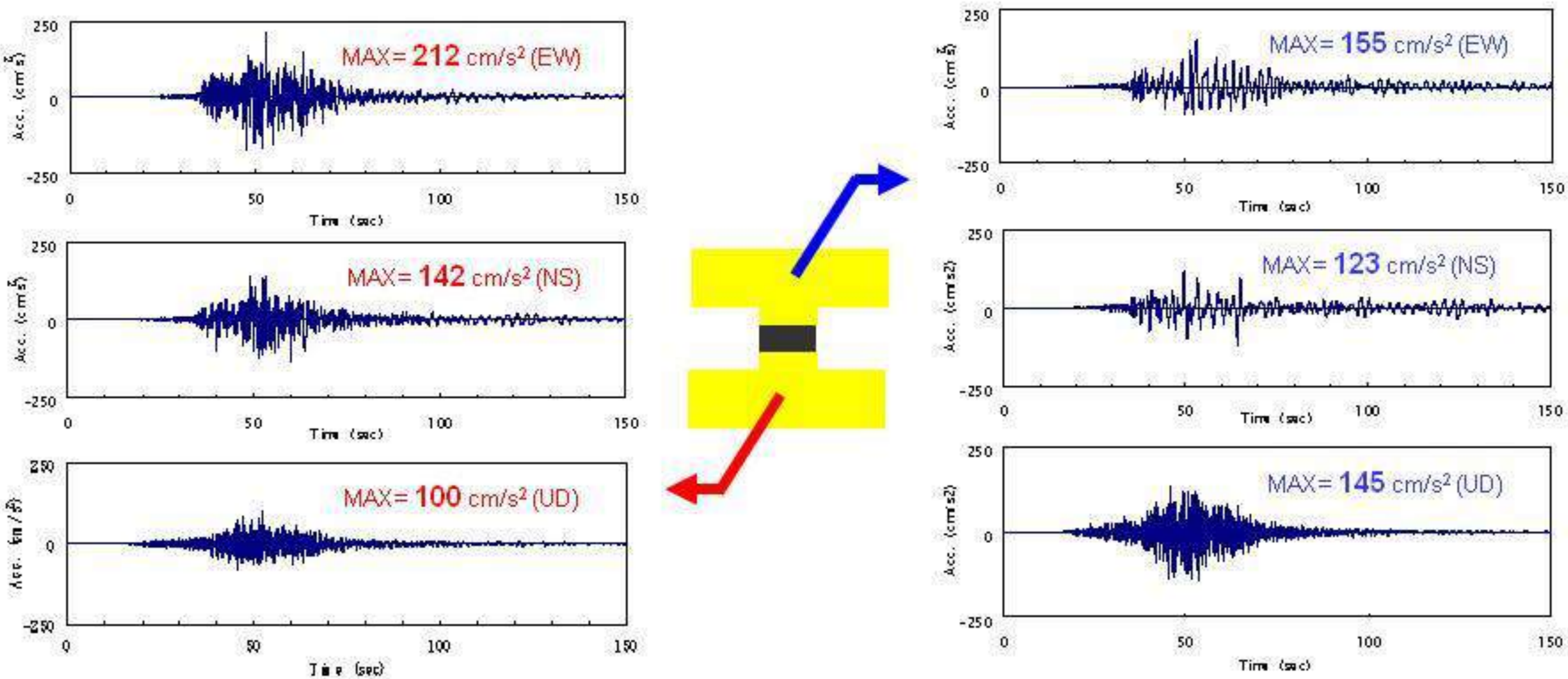
Allocation of base isolation devices



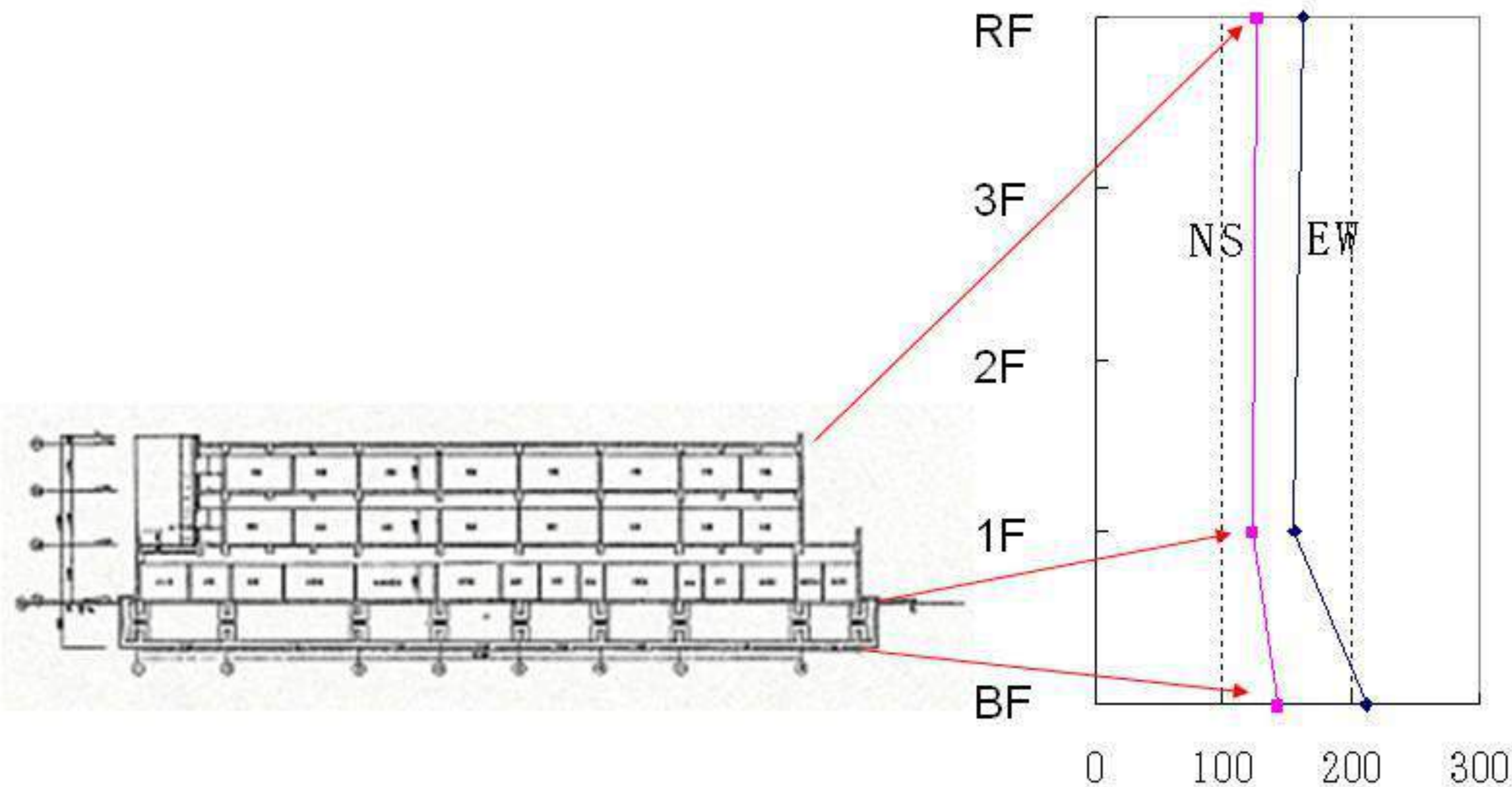


50 High damping rubber bearings

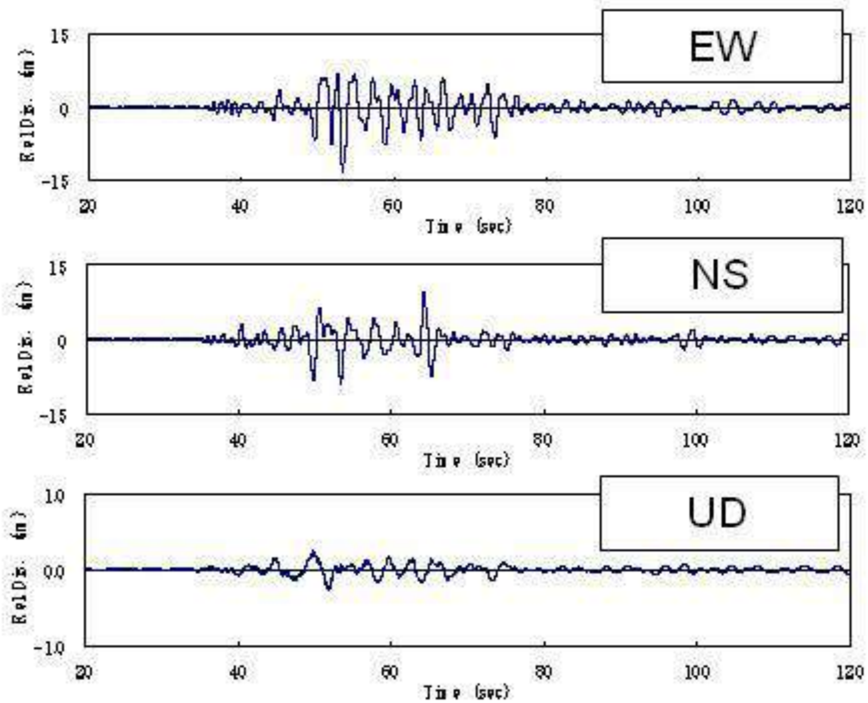
Observed records

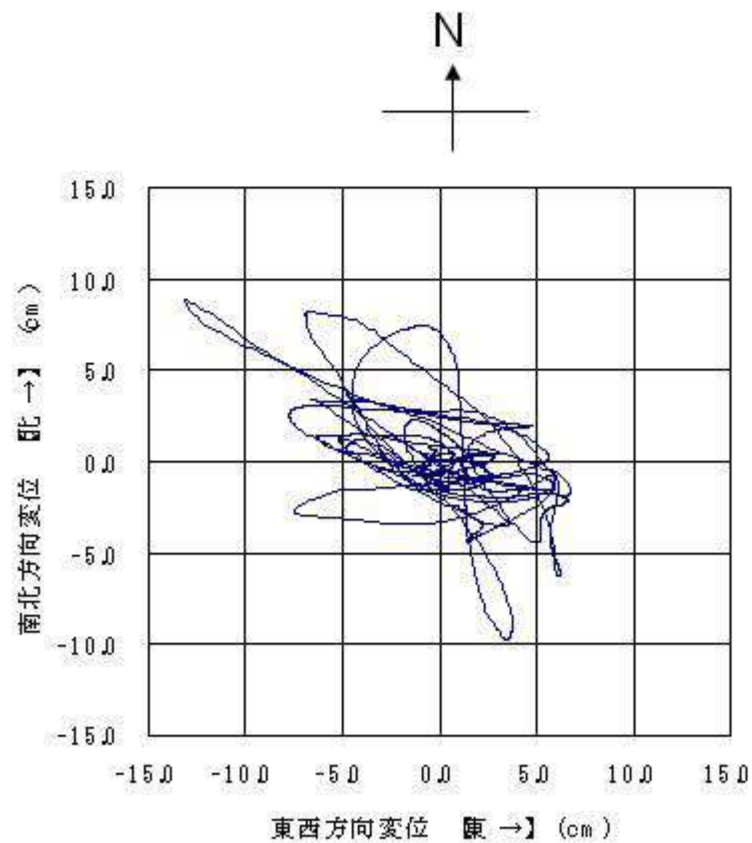


Distribution of max. acceleration response

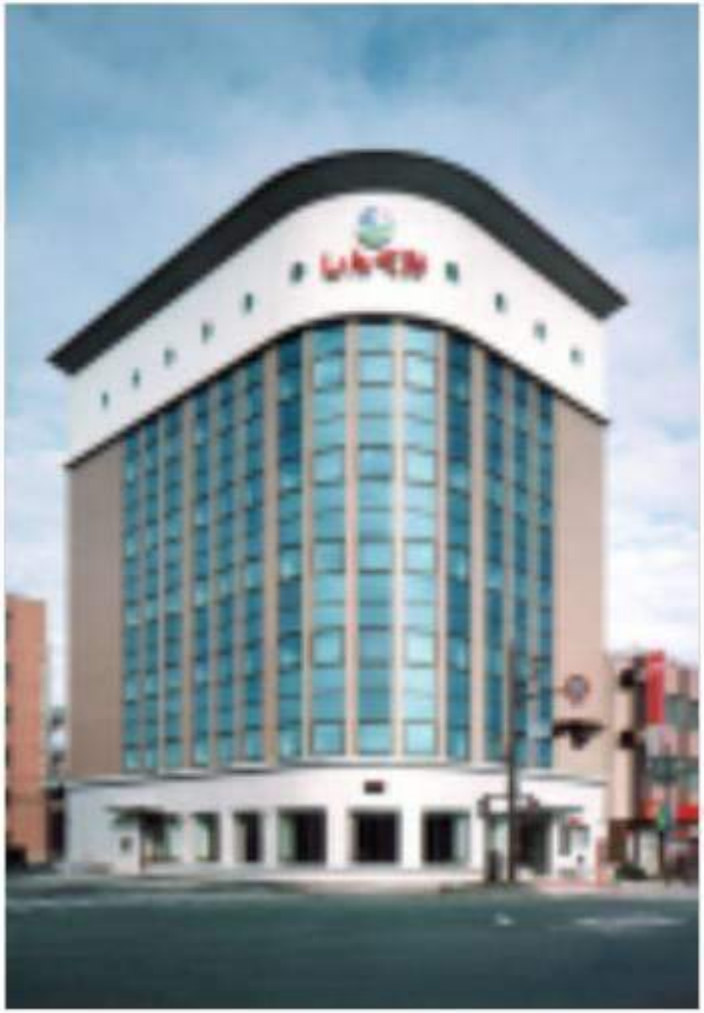


Orbit of displacement





[1] Banking facility



SRC structure

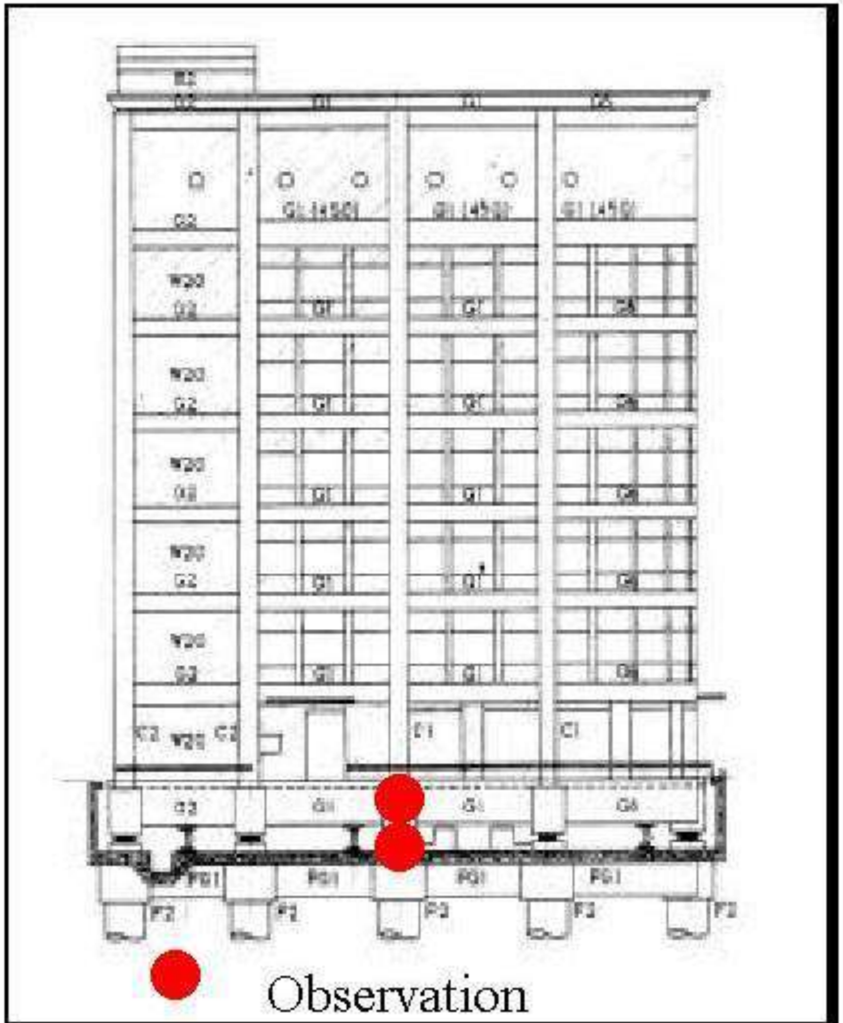
7-story building with 1-story basement and penthouse

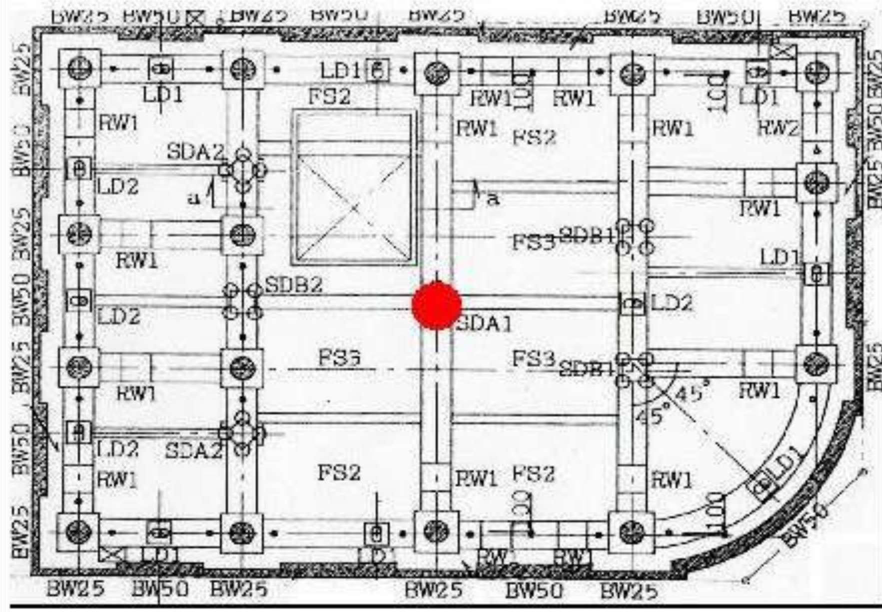
Reference:

M.Todo, H.Seki,

"Earthquake record of 2003 Off Kushiro Earthquake at Kushiro-bank headquarter", Mensin Journal, pp. 39-40, N0.43, 2004.2

Allocation of base isolation devices





15 Natural rubber bearings,
11 lead dampers, and
6 steel dampers

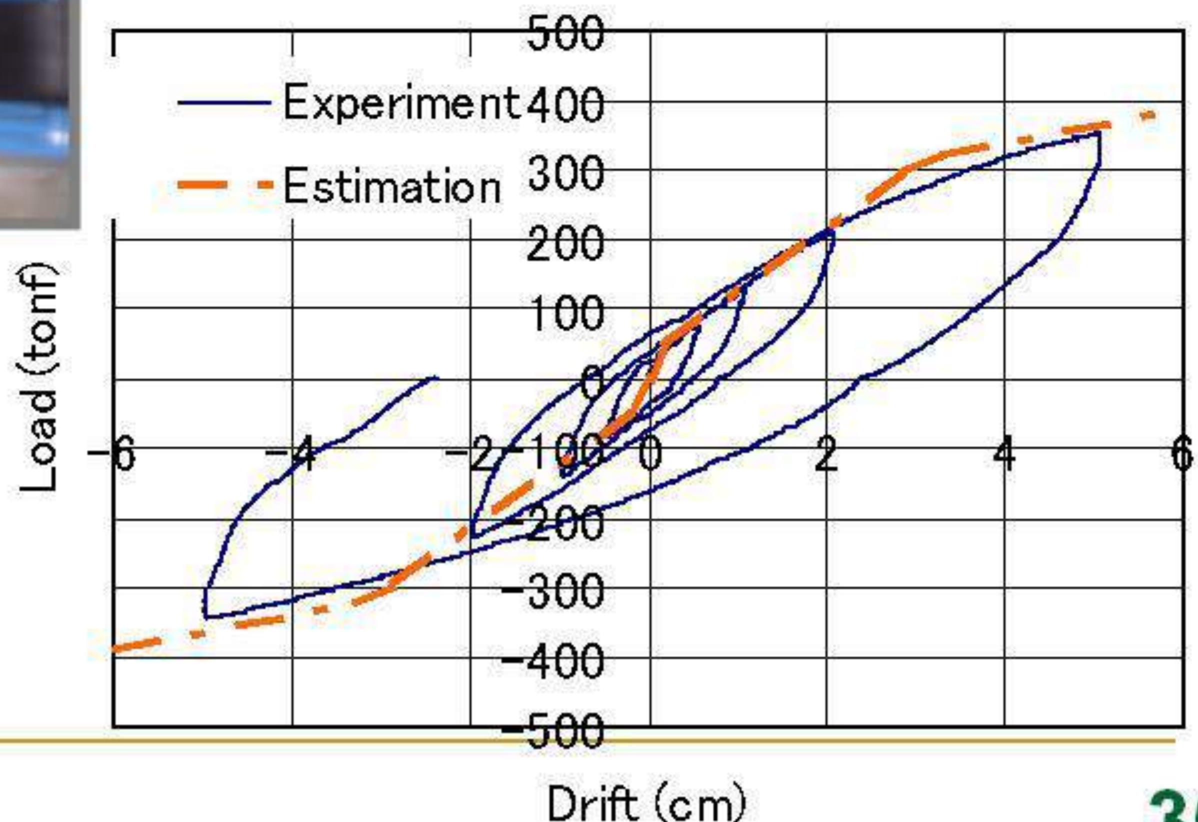
Base isolation devices

natural rubber bearing

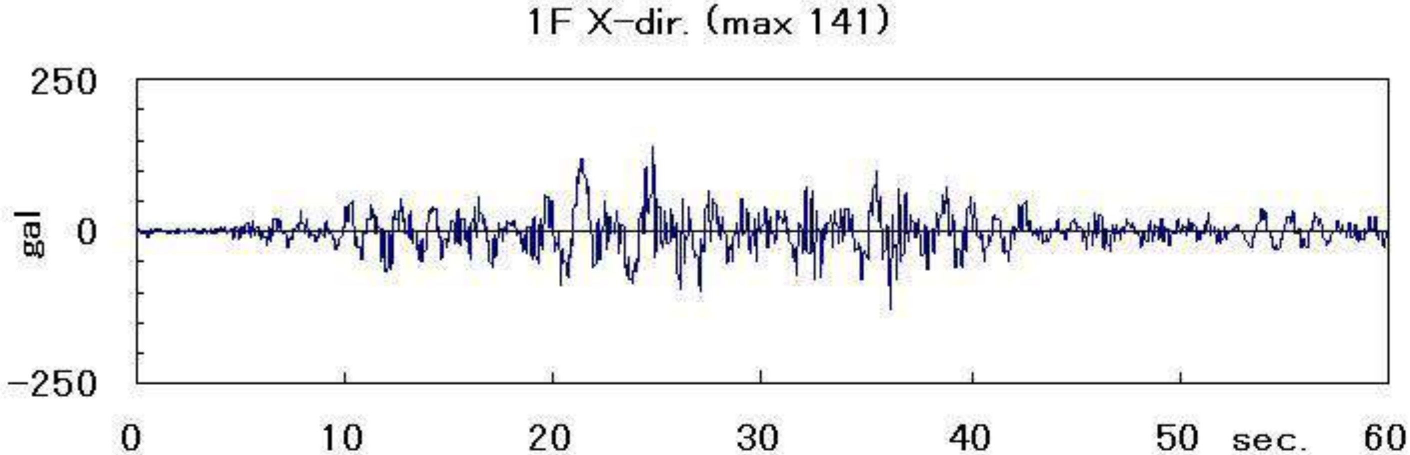
steel damper

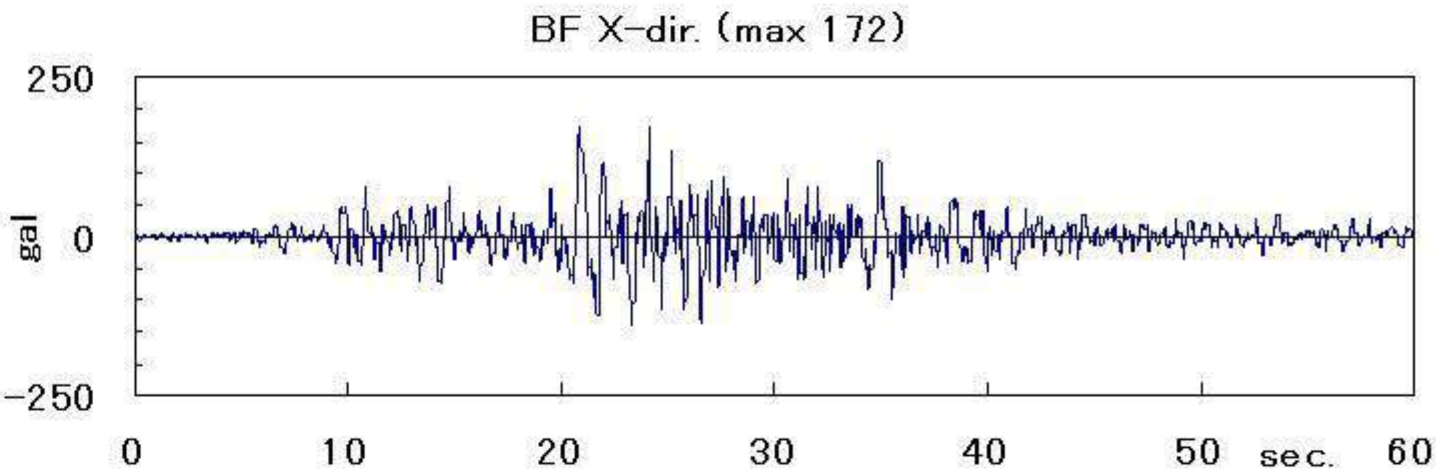
lead damper

Characteristics of base isolation devices

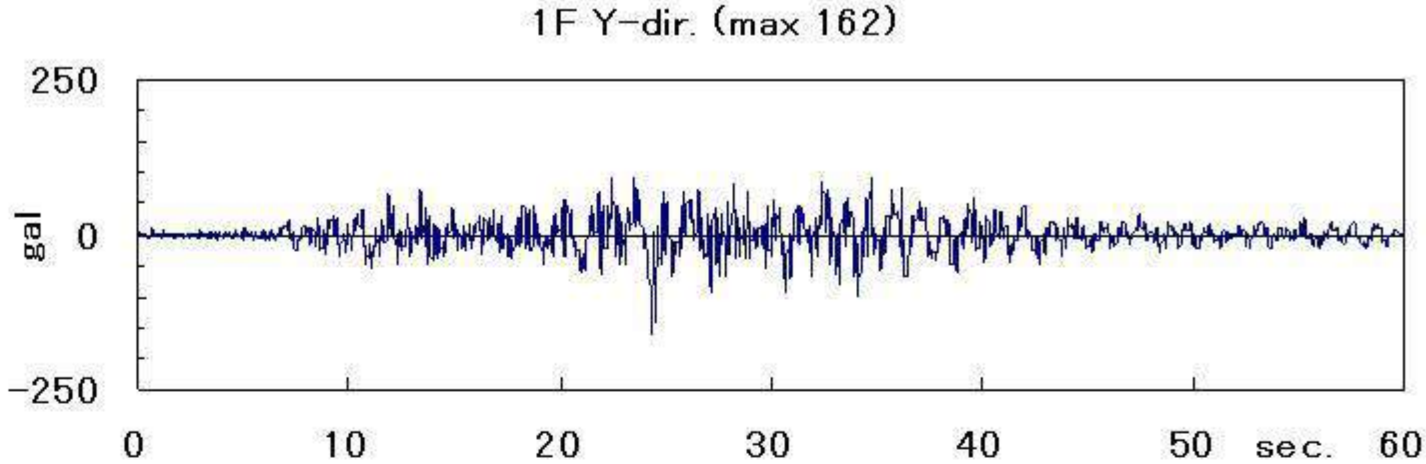


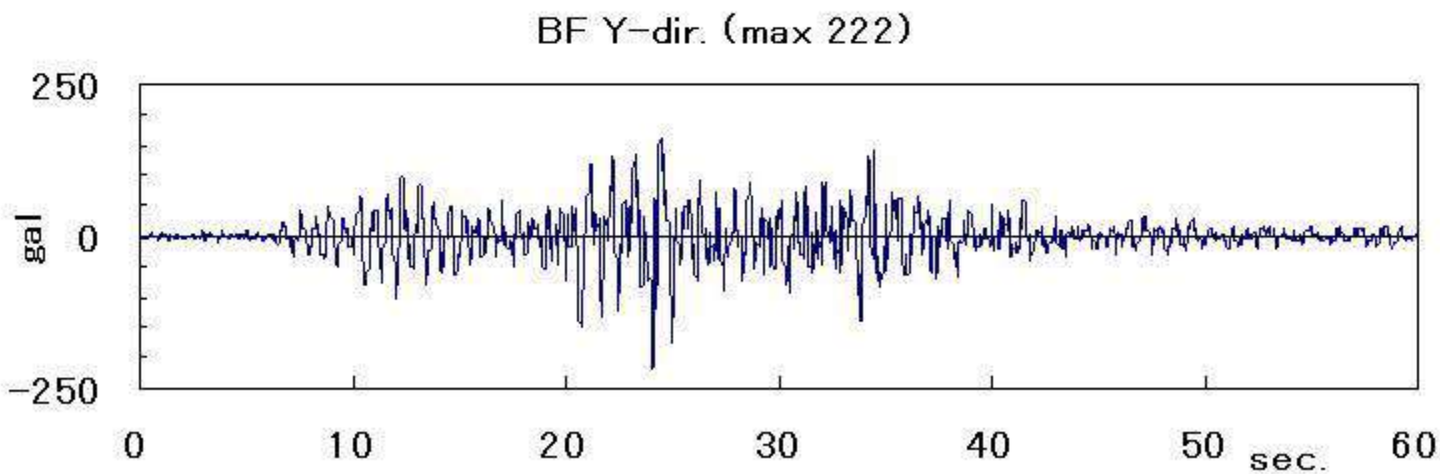
Acceleration response (X-direction)



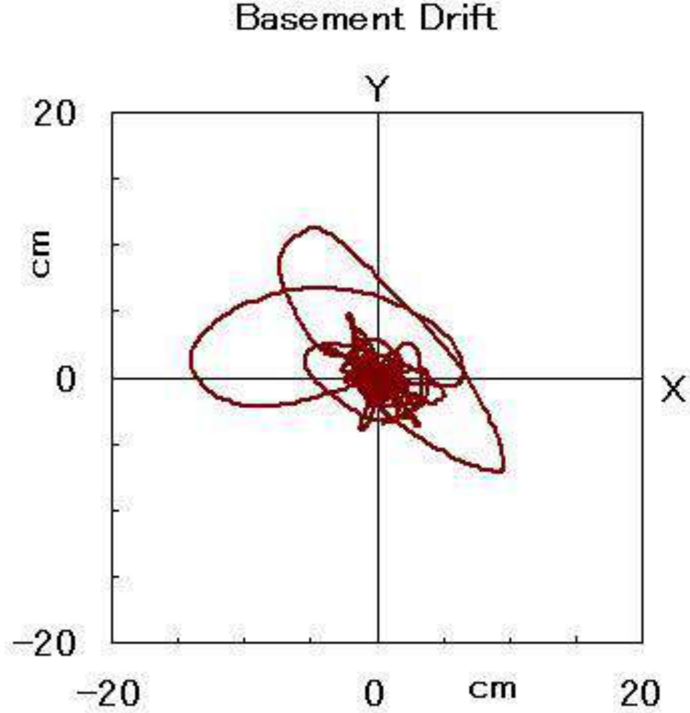


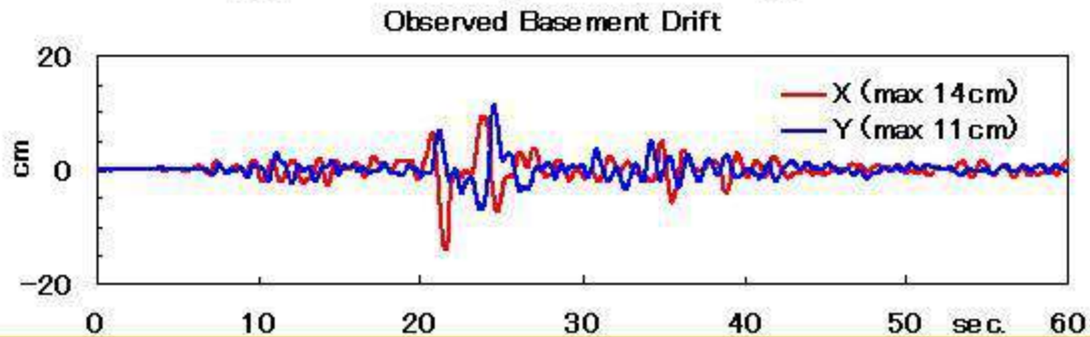
Acceleration response (Y-direction)



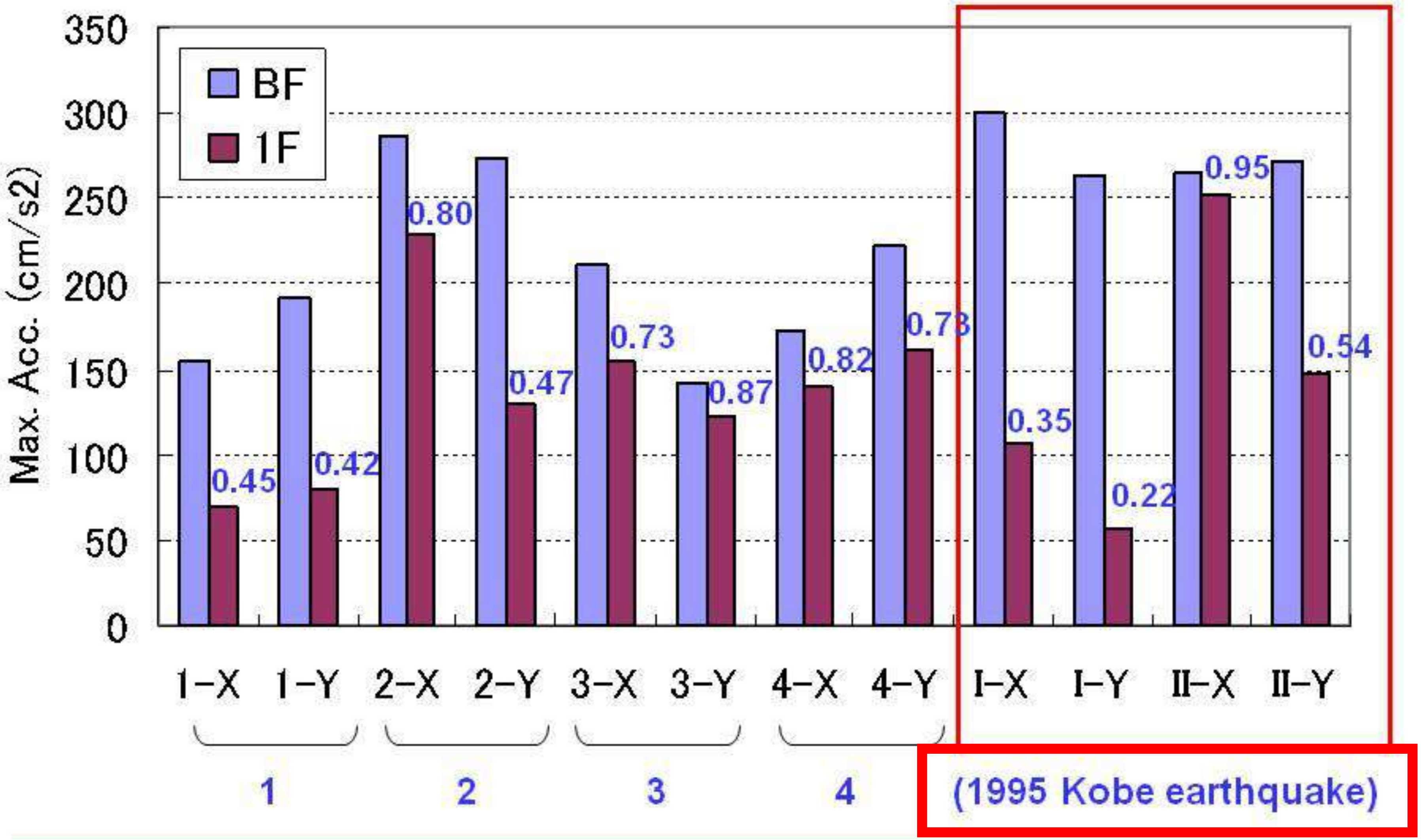


Orbit of displacement



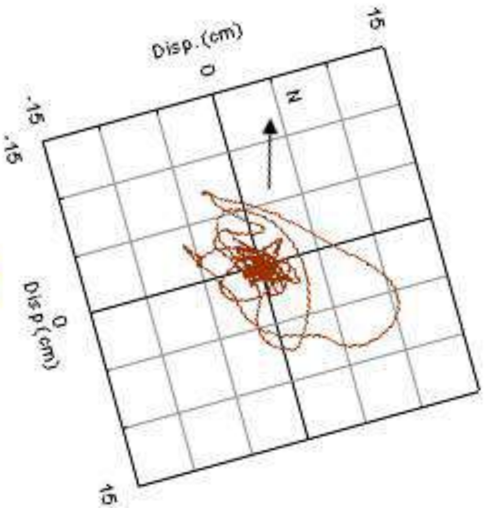


Summary of base isolation effect

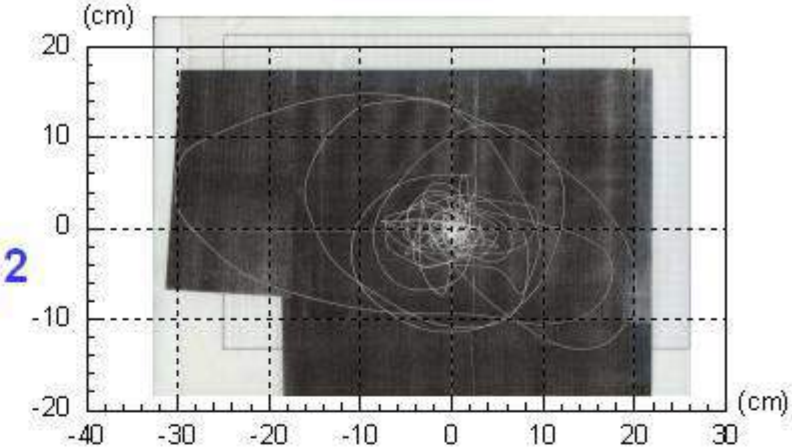


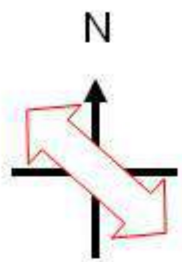
Summary of displacement

Building 1

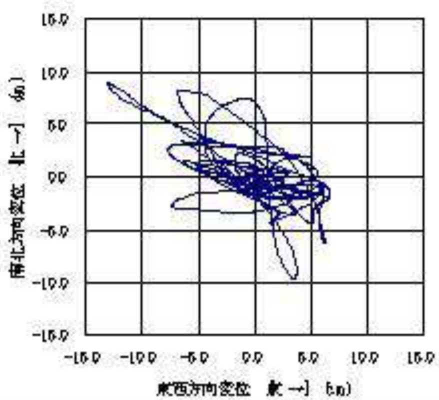


Building 2

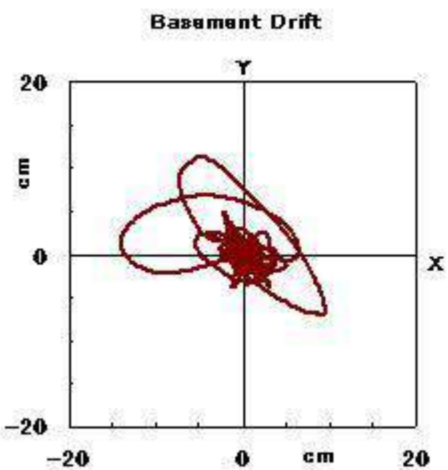




Building 3



Building 4



2011-311E.Q.

隔震建築調查

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM)

Building Research Institute (BRI)

日本建築學會

Summary of the Field Survey and Research on "The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake" (the Great East Japan Earthquake)

Chap.9 Response of Seismically Isolated Buildings

September, 2011

http://www.kenken.go.jp/english/contents/topics/20110311/0311summaryreport.html

9. Response of Seismically Isolated Buildings

9.1 Outline of Surveyed Buildi

宮城縣

Miyagi prefecture and nea

frequently, thus there are many se

SI buildings) constructed in those

and 2nd June, 2011 to observe pe

ask persons in charge of the buil

Miyagi prefecture and one SI bu

9.1-1 shows the list of SI building

Table 9.1-1 List of SI buildings surveyed on 1st and 2nd June, 2011

	Usage	Year of Con-struction	Super-Structure		Isolation Device*2	Existence of Record		JMA Seismic Intensity at the nearest observatory
			Type*1	# of Floors		Displace-ment (scratch)	Accel-eration	
A	Office	2009*3	SRC	9	HRB	○	○	6 lower
B	Warehouse	1996	S	1	HRB	○		6 lower
C	Condominium	2007	RC	14	NRB, LD, USD			6 lower
D	Condominium	2011	RC	12	LRB, USD			6 lower
E	Condominium	2009	RC	15	LRB, ESB	○		6 lower
F	Condominium	2009	RC	10	HRB, ESB			6 lower
G	Hospital	2001	RC	6	LRB, ESB			6 lower
H	Office	1999	RC	18	NRB, ESB	○	○	6 lower
I	Hotel	1998	RC	12	NRB, LD, LSD			6 upper
J	Fire station	2006	S	3	LRB, SB, OD			6 upper
K	Hospital	2002	RC	5	LRB, NRB, OD			6 upper
L	Fire station	2008	RC	3	LRB, ESB, USD	○		6 lower to 6 upper
M	Hospital	2006	S	6	NRB, NRB+USD, USD, ESB	○		5 upper
N	Fire station	2007	RC	3	NRB, ESB, OD	○		5 upper to 6 lower
O	Hospital	2003	RC	4	NRB, LRB, ESB, LSD			6 lower
P	Hospital	2000	RC	10	NRB, LD, LSD		○	4
Q	Hospital	2002	SRC	4	LRB, SB, OD	○		5 upper

*1 SRC: Steel Reinforced Concrete, RC: Reinforced Concrete, S: Steel

*2 NRB: Natural Rubber Bearing, LRB: Lead Rubber Bearing, HRB: High-damping Rubber Bearing, ESB: Elastic Sliding Bearing, SB: Sliding Bearing, LD: Lead Damper, USD: U-Shaped Steel Damper, LSD: Loop-Shaped Steel Damper, OD: Oil Damper (Hereinafter referred to as above abbreviations)

*3 Newly constructed in 1982 and retrofitted by seismic isolation in 2009.

Table 9.1-1 List of SI buildings surveyed on 1st and 2nd June, 2011

	Usage	Year of Con-struction	Super-Structure		Isolation Device*2	Existence of Record		JMA Seismic Intensity at the nearest observatory
			Type*1	# of Floors		Displace-ment (scratch)	Accel-eration	
A	Office	2009*3	SRC	9	HRB	○	○	6 lower
B	Warehouse	1996	S	1	HRB	○		6 lower
C	Condominium	2007	RC	14	NRB, LD, USD			6 lower
D	Condominium	2011	RC	12	LRB, USD			6 lower
E	Condominium	2009	RC	15	LRB, ESB	○		6 lower
F	Condominium	2009	RC	10	HRB, ESB			6 lower
G	Hospital	2001	RC	6	LRB, ESB			6 lower

*1 SRC: Steel Reinforced Concrete, RC: Reinforced Concrete, S: Steel

*2 NRB: Natural Rubber Bearing, LRB: Lead Rubber Bearing, HRB: High-damping Rubber Bearing, ESB: Elastic Sliding Bearing, SB: Sliding Bearing, LD: Lead Damper, USD: U-Shaped Steel Damper, LSD: Loop-Shaped Steel Damper, OD: Oil Damper (Hereinafter referred to as above abbreviations)

*3 Newly constructed in 1982 and retrofitted by seismic isolation in 2009.

H	Office	1999	RC	18	NRB, ESB	○	○	6 lower
I	Hotel	1998	RC	12	NRB, LD, LSD			6 upper
J	Fire station	2006	S	3	LRB, SB, OD			6 upper
K	Hospital	2002	RC	5	LRB, NRB, OD			6 upper
L	Fire station	2008	RC	3	LRB, ESB, USD	○		6 lower to 6 upper
M	Hospital	2006	S	6	NRB, NRB+USD, USD, ESB	○		5 upper
N	Fire station	2007	RC	3	NRB, ESB, OD	○		5 upper to 6 lower
O	Hospital	2003	RC	4	NRB, LRB, ESB, LSD			6 lower
P	Hospital	2000	RC	10	NRB, LD, LSD		○	4
Q	Hospital	2002	SRC	4	LRB, SB, OD	○		5 upper

*1 SRC: Steel Reinforced Concrete, RC: Reinforced Concrete, S: Steel

*2 NRB: Natural Rubber Bearing, LRB: Lead Rubber Bearing, HRB: High-damping Rubber Bearing, ESB: Elastic Sliding Bearing, SB: Sliding Bearing, LD: Lead Damper, USD: U-Shaped Steel Damper, LSD: Loop-Shaped Steel Damper, OD: Oil Damper (Hereinafter referred to as above abbreviations)

*3 Newly constructed in 1982 and retrofitted by seismic isolation in 2009.

9.2 Behavior of Seismically Isolated Buildings

In this section, 5 SI buildings (A, B, C, L and M in Table 9.1-1) are picked up to describe typical damages and situations under the 2011 Tohoku earthquake (mainly at mainshock).

9.2.1 SI building (A)

(1) Building information

The SI building (A) is a steel reinforced concrete office building with 9-story super-structure and 2-story basement, located in Miyagino ward in Sendai city (Photo 9.2-1). The building was retrofitted by using base isolation technique putting isolation devices on the top of columns in B1F. The floor plan has the 26.4 m × 54 m rectangular shape and 44 HRBs are installed.

(a) Overview of the building (b) Sign board to warn about seismic gap

Photo 9.2-1 SI building (A) – SRC office building –

(2) Building performance during the earthquake

Observation results are summarized as follows:

a) According to the person in charge of the building, no furniture was turned over and no structural damage was observed.
b) However, some damage was observed at the cover-panels of fire protection and the expansion joints near the boundary between isolated and non-isolated floors (Photo 9.2-2). It seems that parts of expansion joints were not well operated due to the large displacement of SI floor during the earthquake.
c) The ground surrounding the building partially subsided around 10 cm.

(a) Damage to the panel

(b) Damage to the expansion joint

Photo 9.2-2 Damage near the boundary between isolated and non-isolated floors

(3) Earthquake motion records

Accelerometers were installed in this building at B2F, 1F and 9F (top floor). A scratch board was also installed in B1F to record the displacement of isolation interface. Furthermore, there is an accelerometer installed by JMA in the basement of an adjacent building. The maximum acceleration values of these accelerometers at the mainshock are listed in Table 9.2-1.

Table 9.2-1 Maximum acceleration values

Location	Direction		
	NS [gal]	EW [gal]	Vertical Z [gal]
Basement of adjacent building	409.9	317.9	251.4
B2F (below SI)	289.0	250.8	234.9
1F (above SI)	120.5	143.7	373.7
9F	141.7	169.9	523.9

From the trace on the scratch board installed on the SI floor (Photo 9.2-3), the maximum displacement was estimated as around 18 cm at the mainshock on 11 March, 2011 and around 10 cm at an aftershock on 7 April, 2011 (Photo 9.2-4).

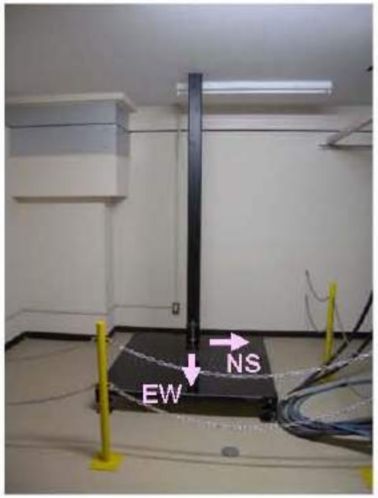
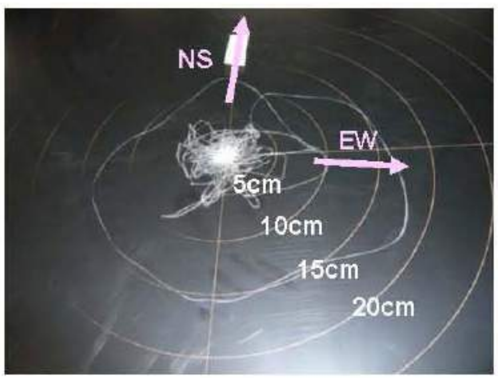
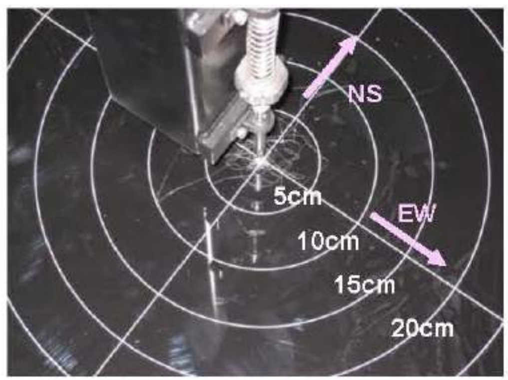


Photo 9.2-3 Scratch board installed on the SI floor





(a) Trace at the mainshock on 11 Mar. (b) Trace at an aftershock on 7 Apr.

Photo 9.2-4 Trace of displacement of SI floor during earthquake

9.2.2 SI building (B)

(1) Building information

The SI building (B) is a one-story steel warehouse constructed in 1996, located in Miyagino ward in Sendai city (Photo 9.2-5). The building height is 30 m. There are 20 HRBs with diameter 850 mm and 4 HRBs with diameter 800 mm arranged in the basement with 51.6 m × 31.7 m rectangular shape.

Photo 9.2-5 SI building (B) – Steel warehouse -

(2) Building performance during the earthquake

Since the building is located near the Sendai-Shiogama bay, tsunami reached the building and the SI floor was submerged under water. The building also suffered the damage to outer walls by the collision of floating debris (Photo 9.2-6). Observation results are summarized as follows:

a) According to the person in charge of the building, other warehouses nearby had trouble of cargo-shift or collapse of stuff by the earthquake. On the contrary, this SI warehouse had no such trouble at all. Since this warehouse is a freezer, tsunami water entered in the freezer space was frozen. It took 16 days to remove the water from the SI floor.

b) Tsunami height was estimated ~4.0 m from the trace of water on the wall (Photo 9.2-7) and damage situation of surrounding buildings (Photo 9.2-8). There is no information about the direction and impact force of tsunami.

c) The ground was excavated in northeast corner of the building around 1.0 m depth, probably because of the water flow from the building at the moment of tsunami (Photo 9.2-9).

d) From visual inspection, there was no harmful scratch or inflation of the rubber of HRB, however, severe rust was observed at the steel plates and bolts (Photo 9.2-10).

Photo 9.2-6 Damage due to debris

Photo 9.2-7 Trace of tsunami water

Photo 9.2-8 Tsunami damage to surrounding buildings

Photo 9.2-9 Excavation of ground

Photo 9.2-10 Rust of High-damping rubber bearing

(3) Earthquake motion records

From the trace on the scratch board in the SI floor, the maximum displacement was estimated as around 21 cm at the mainshock (Photo 9.2-11).

Photo 9.2-11 Trace of displacement of the SI floor on the scratch board

9.2.3 SI building (C)

(1) Building information

The SI building (C) is a 14-story reinforced concrete building used for condominium, located in Miyagino ward in Sendai city (Photo 9.2-12). The building has U-shaped plan and corners of the building are separated by expansion joints. There are 24 NRBs, 8 LDs and 13 USDs installed in the SI floor.

(a) Overview of the building (b) Sign board to warn about seismic gap

Photo 9.2-12 SI building (C) – RC condominium building –

(2) Building performance during the earthquake

Observation results are summarized as follows:

a) According to the person in charge of the building, no furniture was turned over and no structural damage was observed inside of rooms. However, the damage to the expansion joint was observed.
b) Drop of the ceramic tiles on outer wall (Photo 9.2-13) and shear crack on the wall in

the first floor parking space (Photo 9.2-14) were observed. The subsidence of ground ~10 cm was observed around the building.

c) No damage was found to RBs by visual inspection (Photo 9.2-15), however, paint of USDs was peeled off (Photo 9.2-16) and many cracks were found on LDs (Photo 9.2-17).

Photo 9.2-13 Drop of ceramic tiles

Photo 9.2-14 Shear crack on the wall

Photo 9.2-15 Natural rubber bearing

Photo 9.2-16 U-shaped steel damper

Photo 9.2-17 Lead damper and cracks on the surface

9.2.4 SI building (L)

(1) Building information

The SI building (L) is a 3-story reinforced concrete building used for fire station, located in Tome city (Photo 9.2-18). The following SI devices are installed in the basement with L-shaped plan; 61 m in the east-west direction and 58 m in the north-south direction:

- 34 LRBs (6 with diameter 650 mm and 28 with diameter 700 mm)
- 11 ESBs (6 with diameter 500 mm and 5 with diameter 600 mm)
- 8 USDs

(a) Overview of the building

(b) Sign board to warn about seismic gap

Photo 9.2-18 SI building (L) – RC fire station building –

(2) Building performance during the earthquake

Observation results are summarized as follows:

a) According to the person in charge of the building, no furniture was turned over and no structural damage was observed.

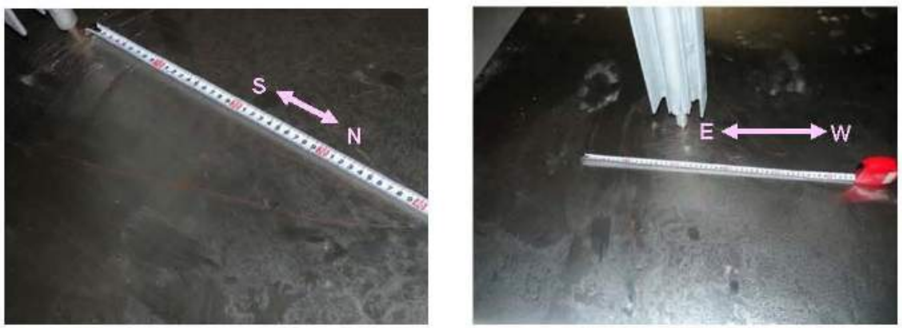
b) Because of the movement of the SI floor during the earthquake, the bolts of steel dampers became loose and the paint on the dampers was peeled off widely. Furthermore, a large amount of residual deformation of steel was remained (Photo 9.2-19).

(3) Earthquake motion records

According to the scratch board in the SI floor, the maximum displacement was estimated as around 40 cm northward (Photo 9.2-20). The displacement was also confirmed from the trace of scratch found at the expansion joint outside of the building.

(a) Peeling off of paint (2) Deformation of steel

Photo 9.2-19 Deformation of U-shaped steel damper



(a) Around 40 cm northward (b) Around 15 cm eastward and 22 cm westward

Photo 9.2-20 Trace of displacement of the SI floor on the scratch board

9.2.5 SI building (M)

(1) Building information

The SI building (M) is a 6-story steel building with one story basement used fo hospital, located in Ishinomaki city (Photo 9.2-21). Lower part of the building up t second story has the 100 m × 100 m square plan and higher part has 100 m × 25 m plan The following SI devices are installed in the basement:

- 6 NRBs with diameter 1000 mm
- 16 NRBs with diameter 1000 mm with USD
- 74 ESBs (30 with 400 mm diameter, 25 with 600 mm diameter, 11 with 800 mn diameter and 8 with 900 mm diameter)

(2) Building performance during the earthquake

Observation results are summarized as follows:

a) According to the person in charge of the building, up-down shaking happened together with horizontal shaking during the earthquake. On the 6th floor, contents inside of the rooms such as refrigerators and shelves are moved or turned over, and the fire protection steel door moved to open and hit against the ceiling by vertical shaking causing the damage to the lamp covers. Above the 4th floor, PC monitors turned over.

b) In the penthouse, anti-vibration rubber of a power generator was moved and the bottom part of a water tank was broken.

c) Because of the movement of the SI floor during the earthquake, the bolts of the steel dampers became loose and the paint on the dampers was peeled off (Photo 9.2-22).

d) The ground around the building subsided ~20 cm.

(a) Overview of the building

(b) Sign board to warn about seismic gap

Photo 9.2-21 SI building (M) – Steel hospital building –

(3) Earthquake motion records

From the trace on the scratch board in the SI floor, the maximum displacement was estimated as around 25 cm westward (Photo 9.2-23). The displacement was also confirmed from the trace of displacement of the ESB (Photo 9.2-24).

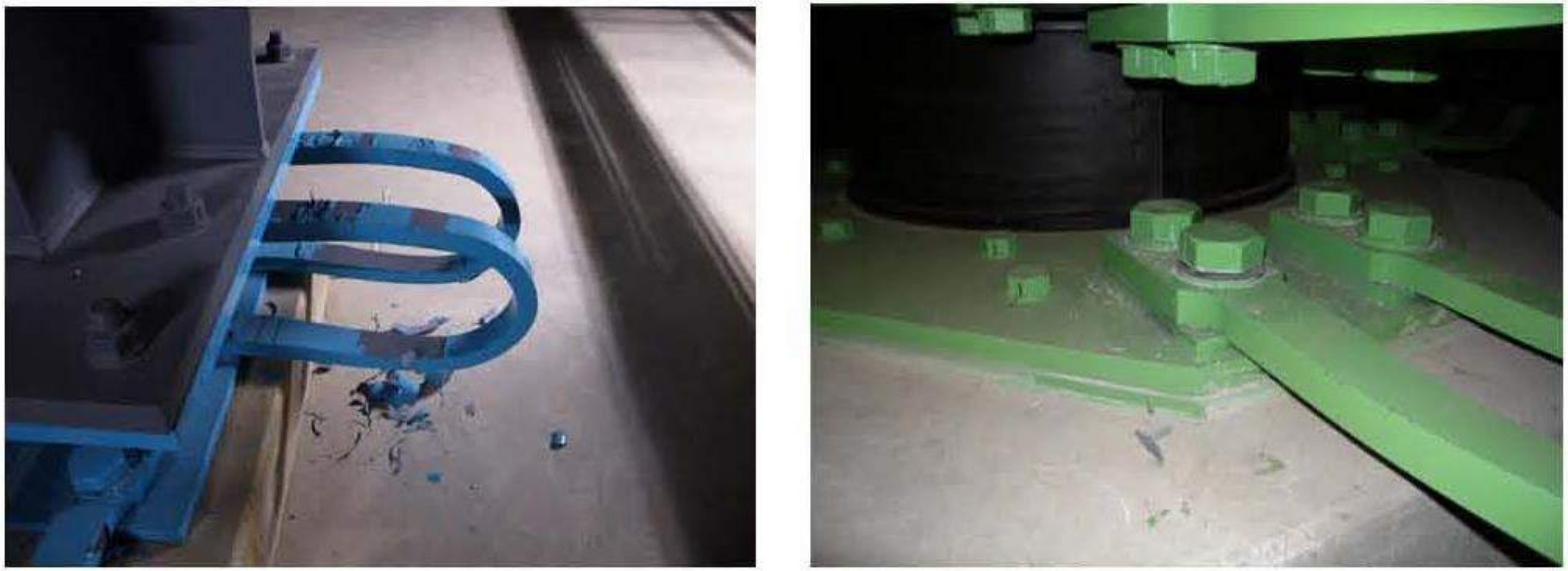


Photo 9.2-22 Peeling off of paint and loose of the bolts of U-shaped steel dampers

Photo 9.2-23 Trace of displacement of the SI floor on the scratch board

Photo 9.2-24 Trace of displacement of elastic sliding bearing

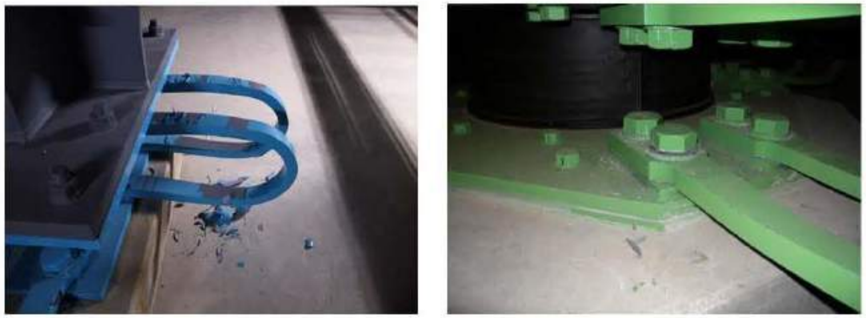


Photo 9.2-22 Peeling off of paint and loose of the bolts of U-shaped steel dampers

Photo 9.2-23 Trace of displacement of the SI floor on the scratch board

Photo 9.2-24 Trace of displacement of elastic sliding bearing

.3 Results of Survey

Investigation results of 16 SI buildings in Miyagi prefecture and one SI building n Yamagata prefecture are summarized as follows:

) Super-structures of the SI buildings suffered almost no damage even under strong shaking with JMA intensity 6 upper. It verifies the performance of the SI buildings.

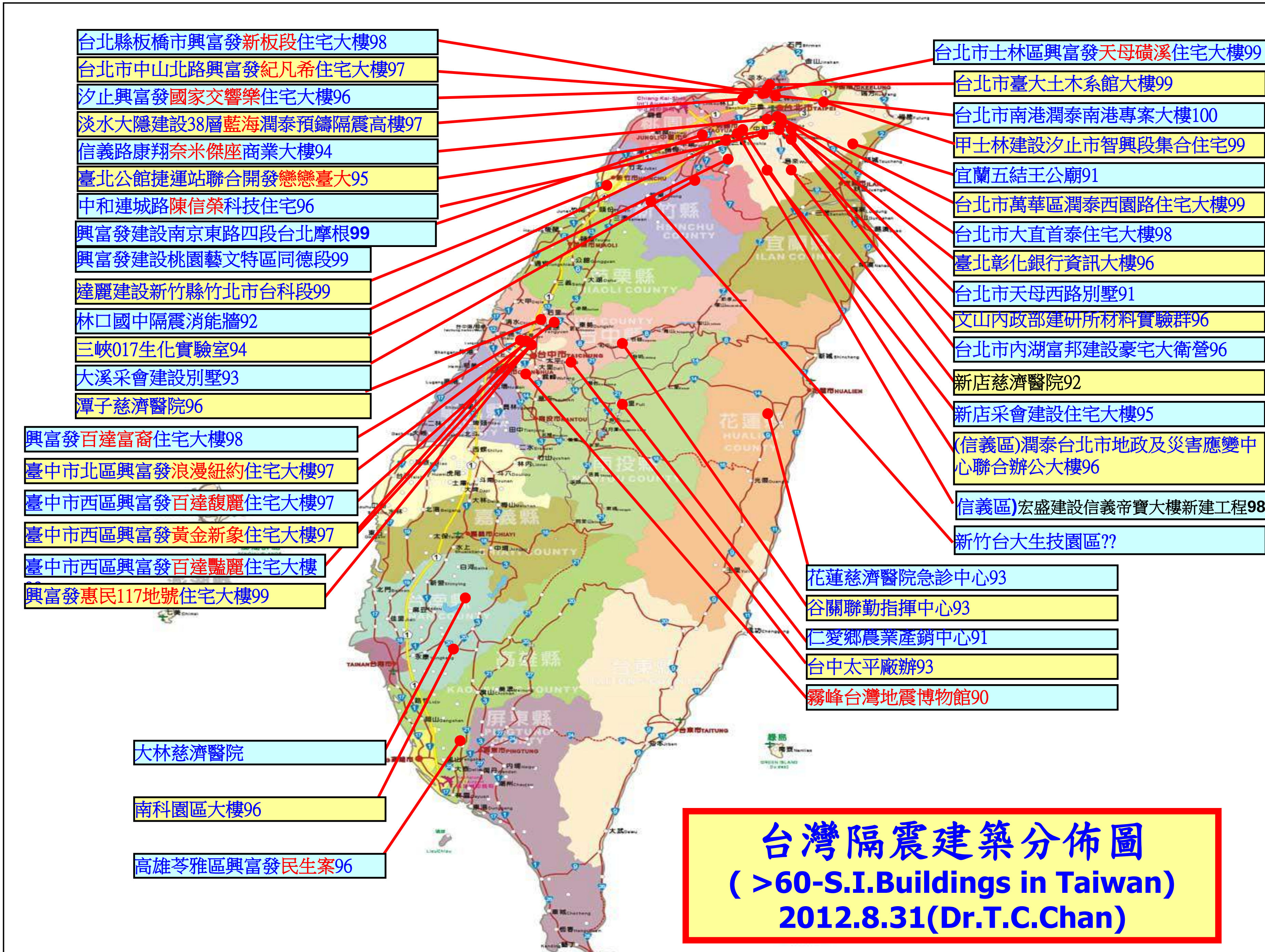
) There are 8 buildings with scratch boards to measure displacement of the SI floor.

cement has been estimated as around 20 cm.
displacement estimated over 40 cm.
ved at the expansion joints. It seems that parts
erated due to the large displacement of the SI

ding was observed in some buildings.
npers. A number of cracks might be increased

lely for U-shaped steel dampers. In some cases,
ained.

國內
隔震建築研究

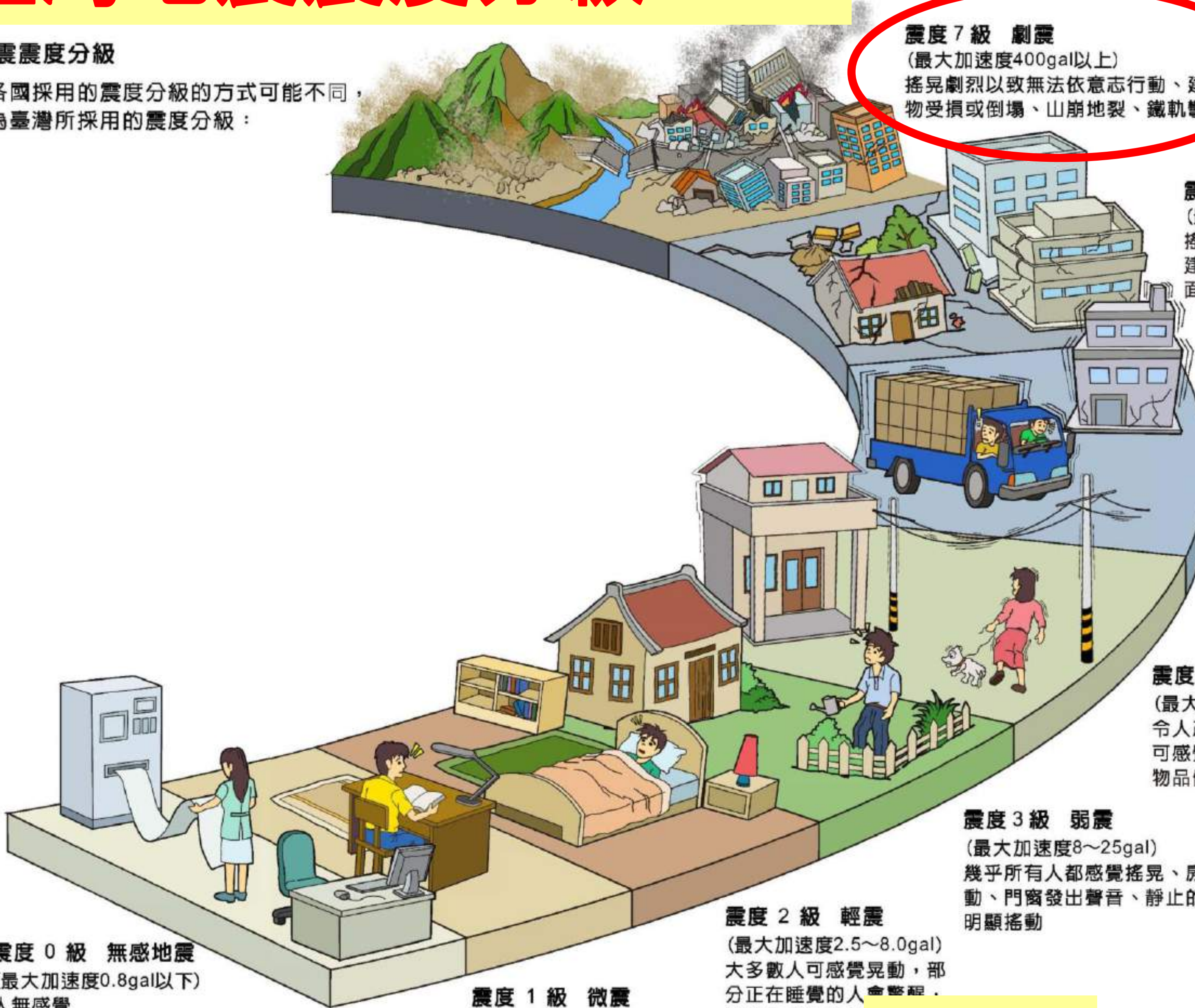

台北縣板橋市興富發新板段住宅大樓98
台北市中山北路興富發紀凡希住宅大樓97
汐止興富發國家交響樂住宅大樓96
淡水大隱建設38層藍海潤泰預鑄隔震高樓97
信義路康翔奈米傑座商業大樓94
臺北公館捷運站聯合開發戀戀臺大95
中和連城路陳信榮科技住宅96
興富發建設南京東路四段台北摩根99
興富發建設桃園藝文特區同德段99
達麗建設新竹縣竹北市台科段99
林口國中隔震消能牆92
三峽017生化實驗室94
大溪采會建設別墅93
潭子慈濟醫院96
興富發百達富裔住宅大樓98
臺中市北區興富發浪漫紐約住宅大樓97
臺中市西區興富發百達馥麗住宅大樓97
臺中市西區興富發黃金新象住宅大樓97
臺中市西區興富發百達豔麗住宅大樓
興富發惠民117地號住宅大樓99
大林慈濟醫院
南科園區大樓96
高雄苓雅區興富發民生案96
台北市士林區興富發天母磺溪住宅大樓99
台北市臺大土木系館大樓99
台北市南港潤泰南港專案大樓100
甲士林建設汐止市智興段集合住宅99
宜蘭五結王公廟91
台北市萬華區潤泰西園路住宅大樓99
台北大直首泰住宅大樓98
臺北彰化銀行資訊大樓96
台北市天母西路別墅91
文山內政部建研所材料實驗群96
台北市內湖富邦建設豪宅大衛營96
新店慈濟醫院92
新店采會建設住宅大樓95
(信義區)潤泰台北市地政及災害應變中心聯合辦公大樓96
信義區)宏盛建設信義帝寶大樓新建工程98
新竹台大生技園區??
花蓮慈濟醫院急診中心93
谷關聯勤指揮中心93
仁愛鄉農業產銷中心91
台中太平廠辦93
霧峰台灣地震博物館90
台灣隔震建築分佈圖
(>60-S.I.Buildings in Taiwan)
2012.8.31(Dr.T.C.Chan)

2005.04.30 花蓮慈濟急診中心大樓隔震加速度反應 (張國鎮)

臺灣地震震度分級0～7

■ 地震震度分級

各國採用的震度分級的方式可能不同，本頁為臺灣所採用的震度分級：



震度 7 級　劇震
(最大加速度400gal以上)
搖晃劇烈以致無法依意志行動、建築物受損或倒塌、山崩地裂、鐵軌彎曲

震度 6 級　烈震
(最大加速度250～400gal)
搖晃劇烈以致站立及開車困難，建築物受損、門窗扭曲變形，地面有噴砂現象

震度 5 級　強震
(最大加速度80～250gal)
汽車駕駛人明顯感覺地震、牆壁產生裂痕、牌坊傾倒、重傢俱翻

95.69gal.

震度 4 級　中震
(最大加速度25～80gal)
令人產生恐懼感、步行中的人可感覺搖晃、房屋搖晃甚烈、物品傾倒、電線明顯搖晃

震度 3 級　弱震
(最大加速度8～25gal)
幾乎所有人都感覺搖晃、房屋震動、門窗發出聲音、靜止的汽車明顯搖動

震度 2 級　輕震
(最大加速度2.5～8.0gal)
大多數人可感覺晃動，部分正在睡覺的人會警醒，懸掛物略為搖晃

2.72gal.

震度 1 級　微震
(最大加速度0.8～2.5gal)
靜止時可感覺微小晃動

震度 0 級　無感地震
(最大加速度0.8gal以下)
人無感覺

參考資料來源：中央氣象局

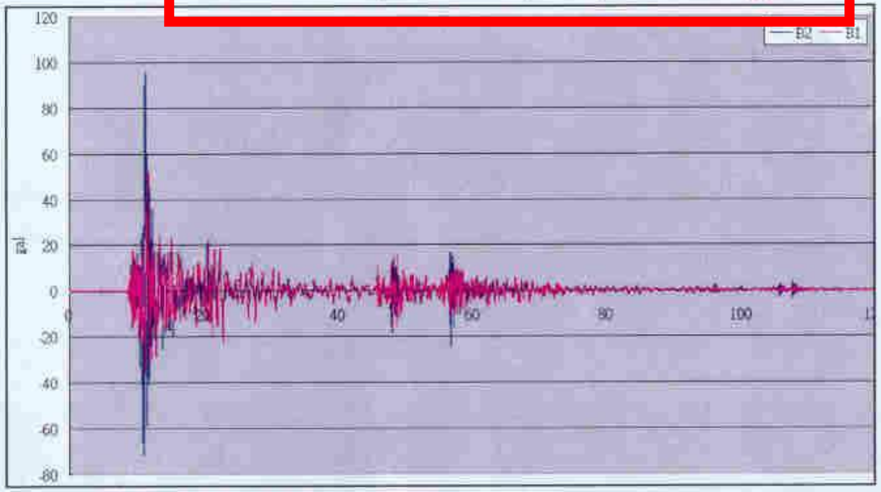
2005 花蓮慈濟急診中心大樓(張國鎮)

隔震實例

震度五級強震80～250gal.

- 慈濟花蓮急診大樓回饋分析
- Trigger Time 2005/04/30 14:47:37.00

Max. Amplitude(B2):95.69gal



- 各樓層絕對最大加速度相對地表絕對最大加速度之比值(%)

	B1/B2 (隔震層上下層)	F5/B2	Roof/B2
X向	54.731 ↓	66.529	103.612
Y向	37.179 ↓	53.985	76.072

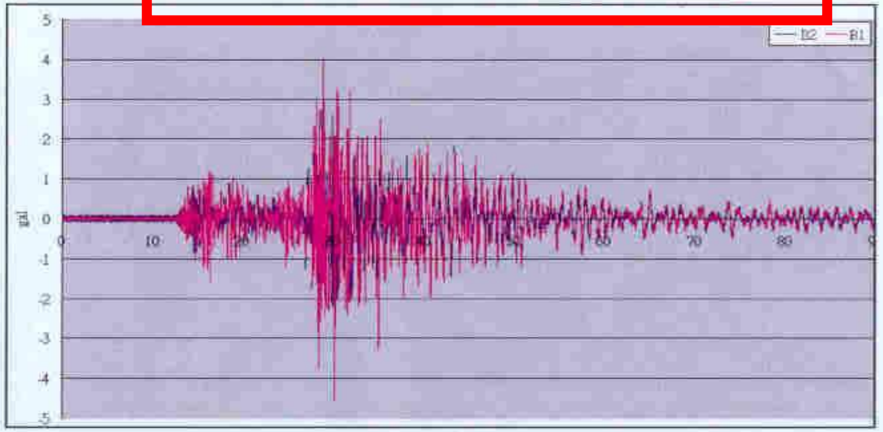
2005 花蓮慈濟急診中心大樓(張國鎮)

隔震實例

震度二級輕震2.5～8gal.

- 慈濟花蓮急診大樓回饋分析
- Trigger Time 2005/01/21 22:28

Max. Amplitude(B2):2.72gal



❖ 各樓層絕對最大加速度相對地表絕對最大加速度之比值(%)

	B1/B2 (隔震層上下層)	F5/B2	Roof/B2
X向	166.715 ↑	253.106	439.569
Y向	114.141 ↑	177.917	257.123

20091219 花蓮慈濟合心樓隔震加速度反應(林敏朝、張國鎮等)

20091219 花蓮慈濟合心樓(林敏朝、張國鎮等)

結構工程 第二十五卷 第三期
民國九十九年 九月，第 25-36 頁
Structural Engineering
Vol. 25, No3, September 2010 pp.25-36

隔震結構承受實際地震反應之探討
—— 以慈濟醫院花蓮合心樓為例

林敏朝* 柯鎮洋**
張國鎮*** 曾惠斌***

一、前言

2000 年的 921 集集大地震造成台灣中部地區建築物重大災害，其中發生部份醫院因建築物或設備損壞，導致醫院必須停止運作一段時期，甚至病患不得不暫時被安置於路邊的情事，讓人觸目心痛與不捨；原本應負起救護病患的場所，反而成為被救災的對象。基於尊重生命，以病人為中心的使命，慈濟基金會營建單位透過專家學者的寶貴意見，參酌美國洛杉磯箭頭醫院(Arrow hospital)的隔震設施於大地震襲擊期間所發揮救人功能，進行一連串美日等國隔震建築的參觀與學習，並承蒙台大國家地震中心及台大土木系諸多專家學者的指導與協助，及委請建築師與結構技師的用心參與，開啟國內醫院建築較大規模隔震系統的規劃與設計。

花蓮慈濟醫院合心樓是一棟採用隔震結構系統的建築物，該醫院建築係提供急診及外科部門使用，建築的規劃設計目標係考量在緊急情況下，建築物本身必須可以自成為一所完整的醫院而獨立運作，兼負起緊急期間的醫療服務。

又，花蓮是台灣地區發生地震最頻繁的區域，基於驗證裝設隔震墊功效，且為觀察與記錄隔震建築物於地震襲擊時的結構行為等，經國家地震中心的協助，獲得氣象局的經費輔助，分別於基礎地層、隔震層、四層、五層、屋頂層之建築物形心中心和角隅等位置設置地震觀測儀，並於隔震層設置可目測建築物與大地之間相對位移計。

於 2009 年 12 月 19 日花蓮市發生震度五級的地震，該棟隔震結構物地震觀測儀自動啟動，經由系統識別，顯示地震儀實測錄得的地震數據，對於建築物遭受地震襲擊時的行為模擬解析，發揮了當初設置規劃所預期隔震目標

* 台灣大學土木系營管組博士候選人、慈濟基金會營建處主任
** 台聯工程顧問股份有限公司結構技師
*** 台灣大學土木系教授

的價值性。

經由系統識別結果顯示，確認本隔震結構系統發揮了隔震設置的功效；惟地震後記錄資料亦顯示一些未預期的特徵行為，需要進行進一步探討及改善部份外在設施；其中外在設施部份，經地震後現場勘查，部分景觀設施及水溝蓋板阻礙隔震結構自由移動，減小隔震效果，應予以適當處理，以確保隔震結構於承受地震振動時可以自由移動。

本文謹整理相關的資料與結構系統識別結果，提供結構及本醫院建築管理部門的參考與指導。

二、結構概述

2.1 建築結構系統

本結構物座落於花蓮市中央路和中山路的西南角，為地下二層，地上十層，屋突一層的醫院用途建築物；地面以上之建築物總高度為 47.5 公尺，採取基礎底層設置隔震層的方式，結構體則為鋼骨鋼筋混凝土韌性抗彎矩構架系統。

隔震層共設置 88 個隔震墊，分別為 18 個直徑 800mm LRB 隔震墊、8 個直徑 900mm LRB 隔震墊、11 個直徑 1000mm LRB 隔震墊、11 個直徑 1100mm LRB 隔震墊、26 個直徑 1200mm LRB 隔震墊及 14 個直徑 400mm SL 滑動支承墊。

建築物的樓層於一樓和五樓有較大的退縮，經由本建築物裝置之地震儀實測數據顯示，該退縮對於結構動態行為有明顯的影響；各樓層高度和樓層主要用途整理如下表 1：

表 1　樓層高度和樓層用途資料表

樓層	層高(m)	面積(m^2)	用途
R2F	4.1	473.65	水箱
R1F(Roof)	3.8	1722.68	屋頂平台、鍋爐間、冷卻水塔及機械室
6~10F	3.8	1722.68	病房層
5F	3.8	1906.00	病房層
4F	4.5	3068.10	加護病房、空調設備層
3F	4.5	3068.10	加護病房、燙傷中心
2F	5.0	3266.50	開刀房、加護病房
1F	4.5	4449.50	大廳、急診、掛號
B1F	4.5	4449.50	供應中心、空調主機房、送風機房、供應中心、緊急發電機室、停車場
B2F(隔震層)	2.7	4449.50	隔震層

本建築隔震規劃係採用保守的基礎隔震系統，即隔震層佈置在地下一層之下方型式，連接隔震建築之停車空間車區域，並不規劃為隔震結構，兩結構體之間設置隔震間縫，使隔震區域和非隔震區域分開，但是空間使用上具有可連貫性及使用之整體性。

2.2 地層設計參數

由鑽探資料歸納整理之地層簡化設計土壤參數詳如下表 2，雖然長期地下水位約於地表下比較深(7-8m)之處，但根據颱風期間地下水位的觀察，地下水位經常快速上升之情況，進行設計分析之地下水位經討論後訂定於地表面下 1.0m。

2.3 結構隔震設計

本隔震結構係依據內政部民國 91 年 4 月 1 日頒布之「建築物隔震設計規範」進行建築物隔震結構設計，相關設計數據整理如下，並將設計計算資料彙整如表 3。

地盤種類：第一類地盤

起始降伏地震力放大係數 α_y=1.2 (極限強度設計法)

隔震層(含)以上建築物總重(W)：43,206.36tf

隔震層有效勁度(K_{eff})：22,759tf/m

有效振動週期 $T_e = 2\pi\sqrt{\dfrac{W}{K_{eff}g}}$=2.764$sec$

(1) 設計位移

$D = 0.25ZCC_DT_e^2$

其中，

Z(震區係數)：0.33(地震甲區)

C(加速度反應譜係數)：0.6093

C_D(阻尼比修正係數)：0.621

隔震系統設計位移 $D = 0.25ZCC_DT_e^2$

=0.2384m

設計總位移

$$D_T = D\left[1 + y\frac{12e}{b^2+d^2}\right] =$$

$$0.2385\left[1 + 44.35\frac{12\times 4.3}{86^2+52^2}\right] = 0.293\text{m}$$

最大總位移 $D_{TM} = 1.5D_T$

=1.5×0.293=0.44m

(2) 最小設計水平總橫力

A. 位於隔震系統下方之結構 $V_b = \dfrac{K_{eff}D}{0.8\alpha_y}$

=5653.71tf = 0.131W

B. 位於隔震系統上方之結構 $V_b = \dfrac{K_{eff}D}{\alpha_y}$

=4522.97tf = 0.105W

C. 本案實際設計水平總橫力 $V_b = 0.15W$

=6480.95tf

$V_S = 0.15W$ =6480.95tf

(3) 地震力之豎向分配

$$F_x = V_s\frac{W_xu_x}{\sum_{i=1}^{n}W_iu_i}$$

表 3　隔震設計數據資料彙整表

樓層	層高 (m)	Ui(m)	Wi(tf)	Fi-x	Fi-y	Qx	Qy	Coeff.
R2F	4.1	0.3486	941.34	160.13	160.13	160.13	160.13	0.170W
R1F	4.1	0.3456	2569.53	433.33	433.33	593.46	593.46	0.169W
10F	3.8	0.3443	2124.33	356.90	356.90	950.36	950.36	0.169W
9F	3.8	0.3420	2124.33	354.52	354.52	1304.88	1304.88	0.168W
8F	3.8	0.3389	2124.33	351.30	351.30	1656.18	1656.18	0.168W
7F	3.8	0.3351	2123.34	347.20	347.20	2003.38	2003.38	0.167W
6F	3.8	0.3305	2123.34	342.44	342.44	2345.82	2345.82	0.166W
5F	4.5	0.3219	2529.47	397.32	397.32	2743.14	2743.14	0.165W
4F	4.5	0.3074	4576.29	686.45	686.45	3429.59	3429.59	0.161W
3F	5.0	0.2999	3341.64	489.02	489.02	3918.61	3918.61	0.159W
2F	4.5	0.2886	4024.58	566.77	566.77	4485.38	4485.38	0.157W
1F	4.5	0.2807	6504.91	890.99	890.99	5376.37	5376.37	0.153W
B1F	2.7	0.2759	8098.93	1104.59	1104.59	6480.95	6480.95	0.150W

三、地震儀配置概述

3.1 地震儀配置位置

為瞭解及記錄本隔震結構物在地震時的動態反應行為，本結構物計裝置 10 個地震儀和 2 組位移計，地震儀 No.1(CH1、CH2、CH3)和 No.2(CH4、CH5、CH6)安置於 B2FL，量測地層之加速度；No.3(CH7、CH8、CH9)和 No.4(CH10、CH11、CH12)安置於 B1FL，No.5(CH13、CH14)和 No.6(CH15、CH16) 安置於 4FL，No.7(CH17、CH18)和 No.8(CH19、CH20) 安置於 5FL，No.9(CH21、CH22、CH23)和 No.10(CH24、CH25、CH26)安置於 R1FL，量測建築結構樓層之加速度；位移計 No.DA(CH27、CH28)和 No.DB(CH29、CH30)安置於 B2FL，量測 B2FL 和 B1FL 之相對位移。各地震儀之配置位置整理如下表 4。

表 4　地震儀之裝設位置表

	Center		Corner	
	Transverse	Longitudinal	Transverse	Longitudinal
Roof	CH21	CH22	CH24	CH25
5F	CH17	CH18	CH19	CH20
4F	CH13	CH14	CH15	CH16
B1F	CH07	CH08	CH10	CH11
B2F	CH01	CH02	CH04	CH05
B1F~B2F	CH27	CH28	CH29	CH30

地震儀和位移計之裝置位置標示於東向立面圖、南向立面圖和平面圖，詳如圖 3.1-1、3.1-2、3.1-3 所示。

配置位移計可直接記錄建築物受地震時的位移量，經由地震儀的加速度歷時記錄數理積分後所求的之位移，具有實務上的精準度外，也具有快速得知建物變位，而且震後可觀察建築物的回復情況。

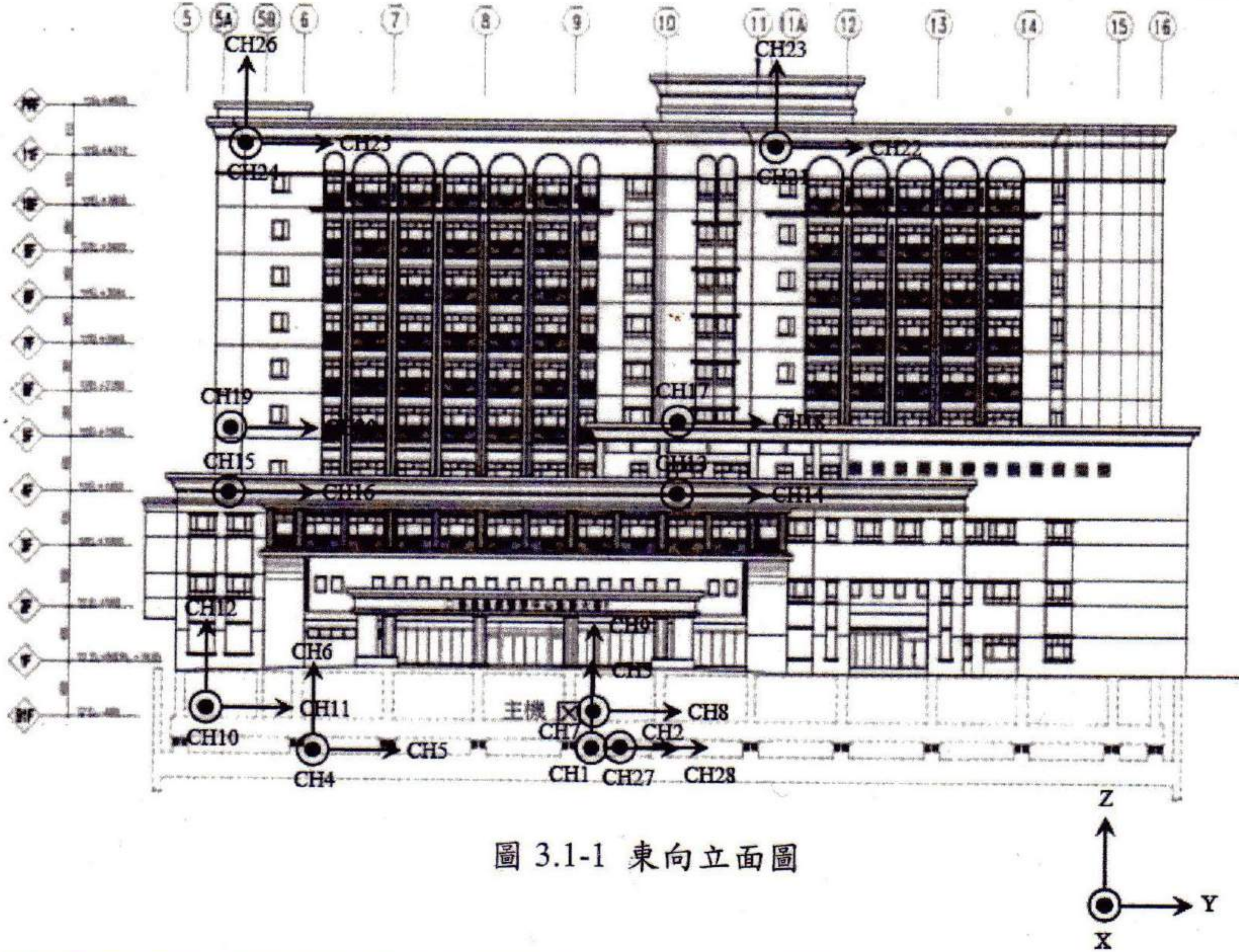
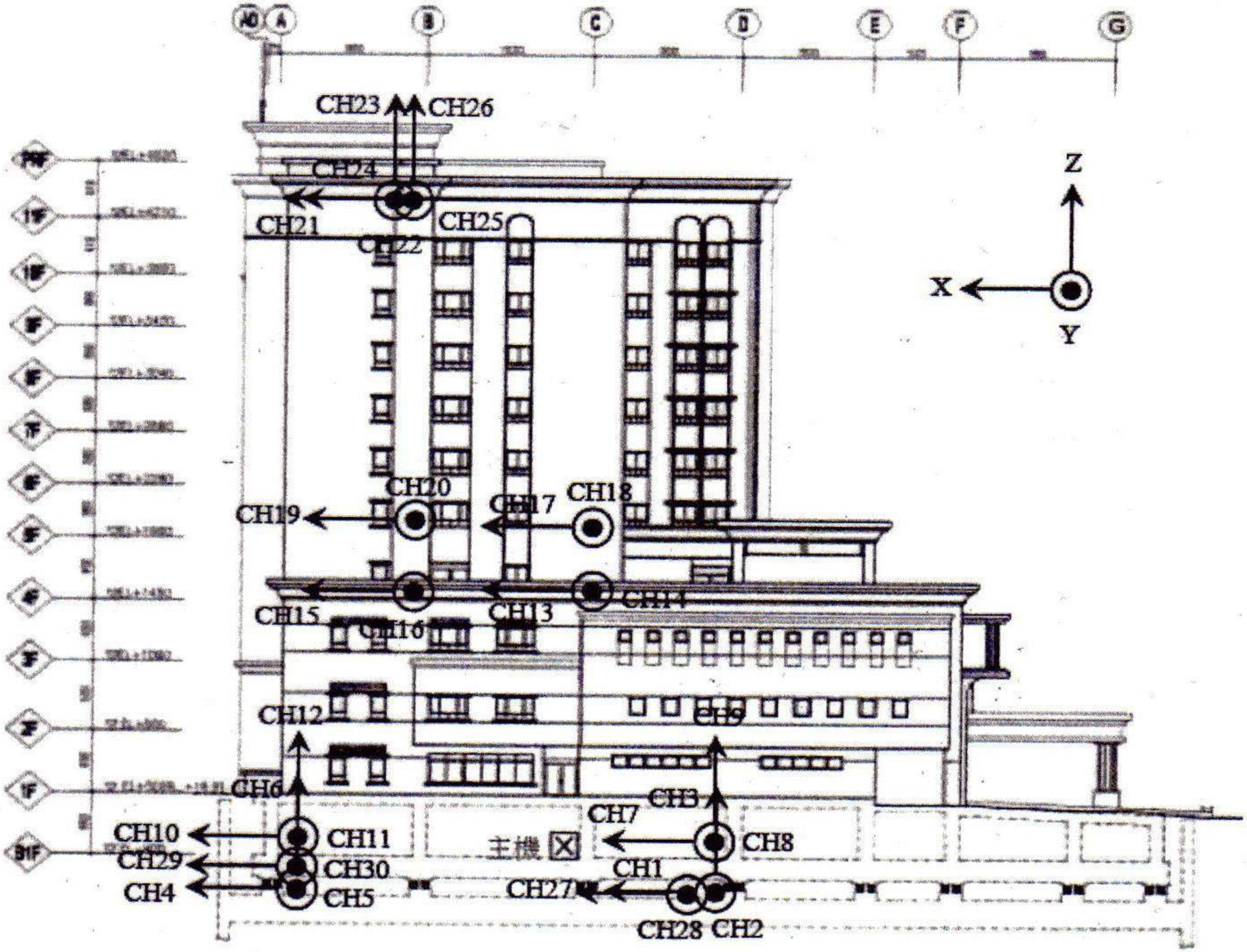

CH26
CH23
CH25
CH22
CH24
CH21
CH19
CH17
CH15
CH16
CH14
CH12
CH9
CH6
CH11
CH8
主機
CH7
CH2
CH10
CH5
CH4
CH1
CH27
CH28
Z
Y
X

圖 3.1-1 東向立面圖



CH23
CH26
CH24
CH21
CH22
CH25
Z
X
Y
CH20
CH18
CH19
CH17
CH15
CH16
CH13
CH14
CH12
CH9
CH6
CH3
CH7
CH10
CH11
主機
CH8
CH29
CH30
CH1
CH4
CH5
CH27
CH28
CH2

圖 3.1-2 南向立面圖

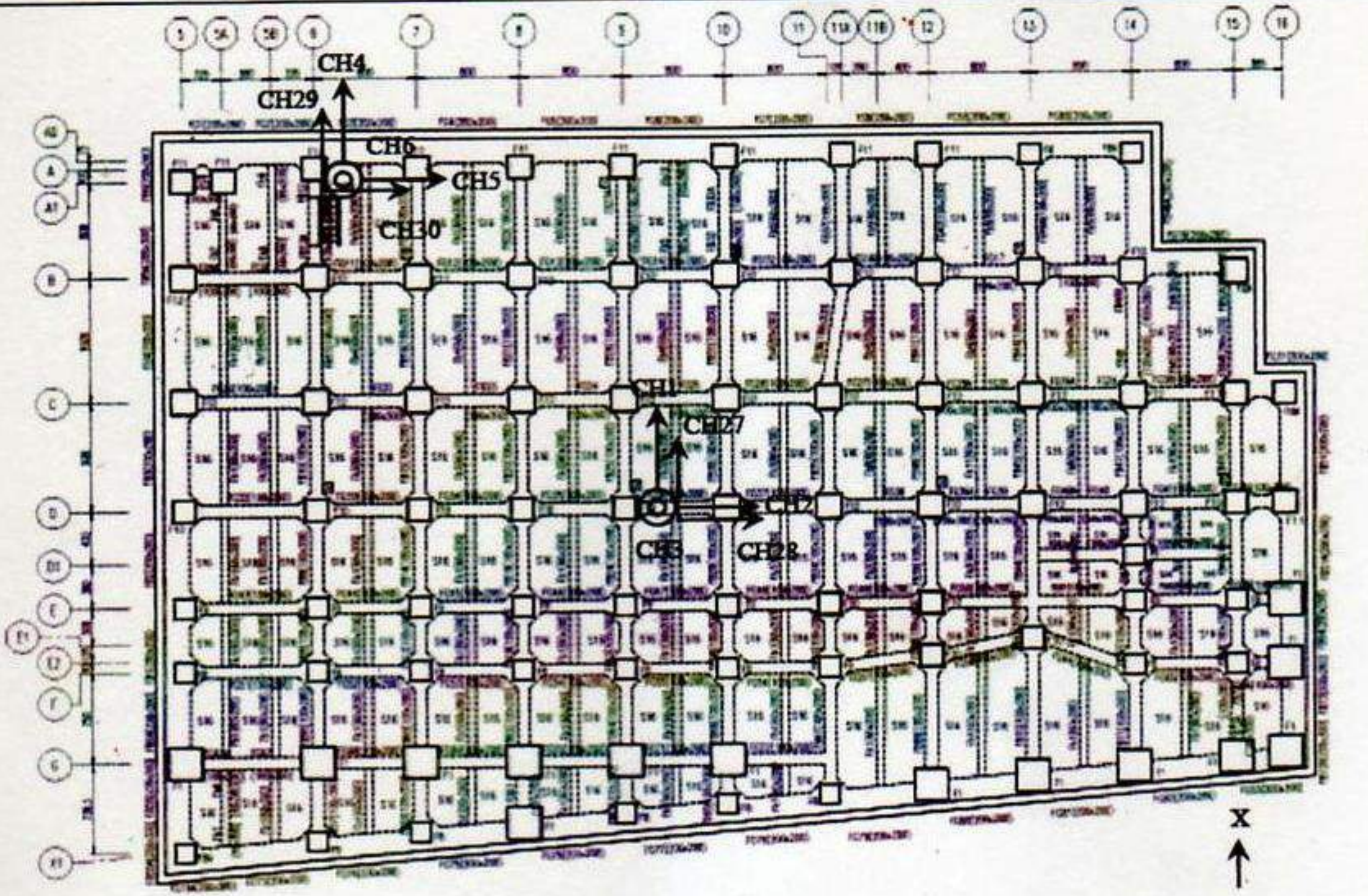


圖 3.1-3 平面圖

四、結構地震反應行為探討

4.1 地震儀記錄

由於花蓮地區地震頻率多，使建築物產生動態行為地震發生率也比較高。本建築物的地震儀自 2005 年以來記錄了 5 筆最大震度 3 以上的地震，如表 5 所顯示。為瞭解本隔震結構於實際地震時的結構物動態反應行為，進行結構物動態反應行為之案例分析與研究。

表 5　2005 年以後震度 3 以上的記錄資料

地震發生時間	地震規模(芮氏規模)	花蓮市最大震度	震央位置	地震深度
2005/03/06	5.9	3	宜蘭蘇澳地震站北偏西方 5.5 公里	6.4 公里
2005/04/30	5.6	5	花蓮秀林地震站南偏東方 5.5 公里	8.5 公里
2009/8/11	4.5	3	花蓮市地震站東南方 30.3 公里	35.4 公里
2009/11/5	5.7	3	南投名間地震站南偏東方 13.6 公里	24 公里
2009/12/19	**6.9**	**5**	**花蓮市地震站南偏東方 21.4 公里**	**43.8 公里**

前述 5 筆地震記錄正規化到 1G 時，其南北向和東西向的加速度反應譜和位移反應譜分別繪圖如下圖 4：

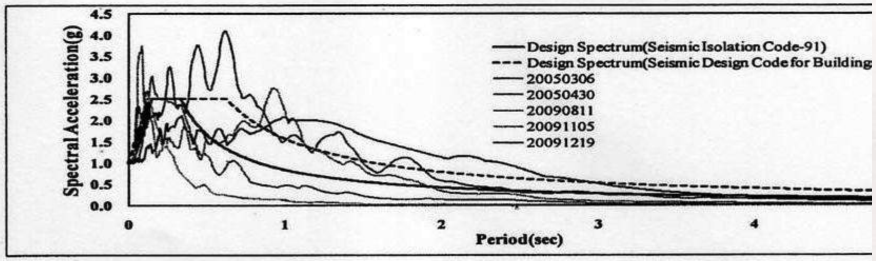


圖 4-1 南北向(Longitudinal Direction)加速度反應譜，資料來源：張國鎮

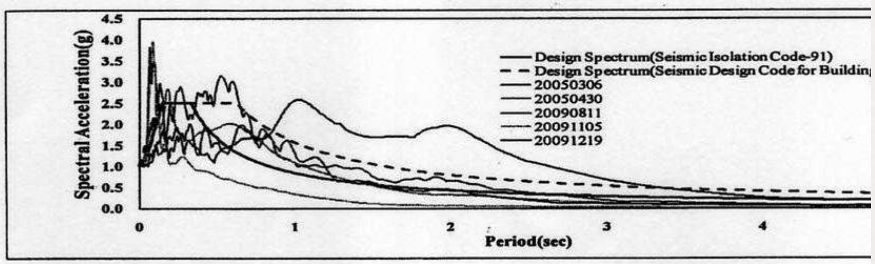


圖 4-2 東西向(Transverse Direction)加速度反應譜，資料來源：張國鎮教

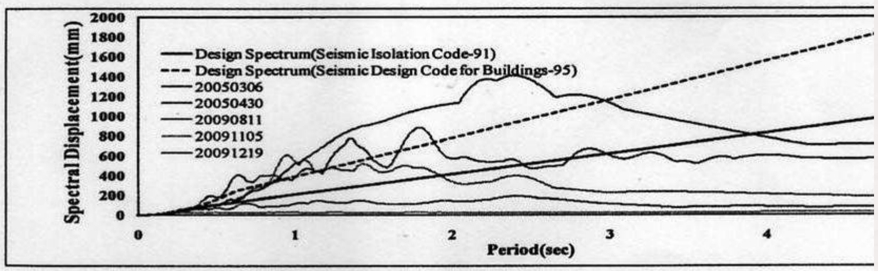


圖 4-3 南北向(Longitudinal Direction)位移反應譜，資料來源：張國鎮教

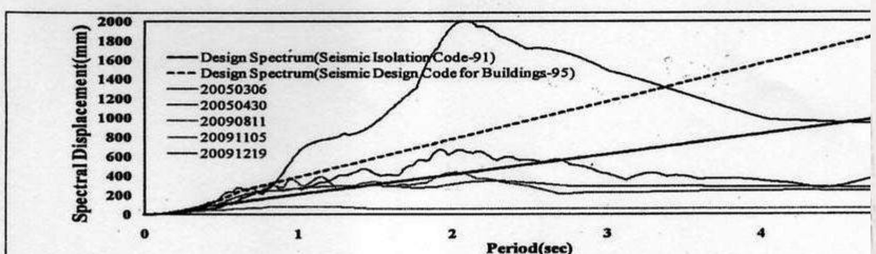


圖 4-4 東西向(Transverse Direction)位移反應譜，資料來源：張國鎮教

2009 年 12 月 19 日花蓮市最大震度達 5 之地震，本建築物之地層(Base)，地下一層(B1FL)和屋頂層(ROOF)之量測南北向(Longitudinal Direction)和東西向(Transverse Direction)加速度反應譜繪製如下圖 5。

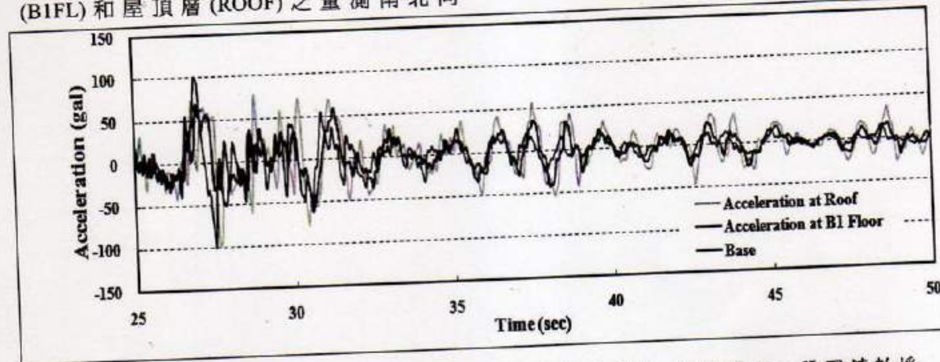


圖 5-1 量測南北向(Longitudinal Direction)加速度反應譜，資料來源：張國鎮教授

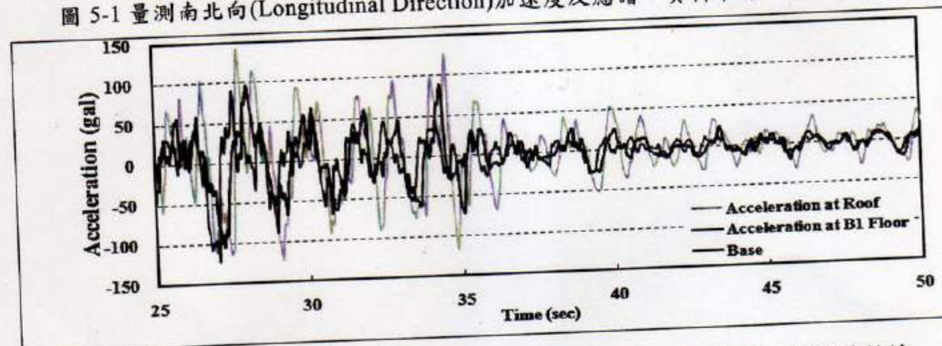


圖 5-2 量測東西向(Transverse Direction)加速度反應譜，資料來源：張國鎮教授

4.2 系統識別分析

相關地震儀錄得之資料，以進行系統識別解析，解析架構示如下圖 6：

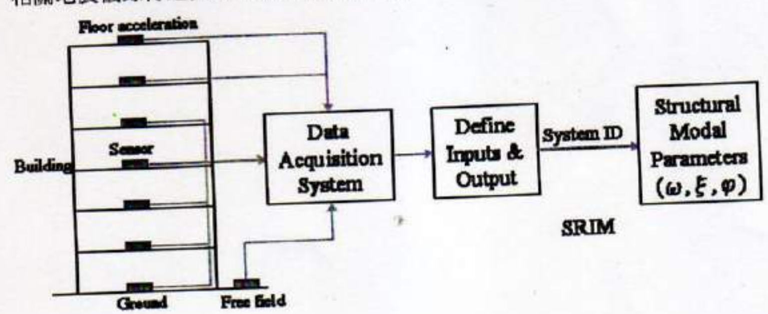


圖 6 系統識別解析架構示意圖

採用 2009 年 12 月 19 日錄得之數據，經由前述系統識別分析，本隔震結構物之前三個振動週期整理如下表 6：

表 6　隔震結構物前三個振動週期資料表

長向		模態分析		系統識別
		週期(Sec)	模態參與因子(%)	週期(Sec)
模態	1	2.11	99.91	1.75
	2	0.35	0.09	0.36
	3	0.17	0.002	0.16

短向		模態分析		系統識別
		週期(Sec)	模態參與因子(%)	週期(Sec)
模態	1	2.21	99.99	1.62
	2	0.21	0.01	0.46
	3	0.10	0.0003	0.14

模態分析之隔震墊等效勁度係由歷次地震作用下之鉛心橡膠隔震墊(LRB)之最大變形決定。第一模態之振動週期，顯示模態分析週期皆比系統識別週期大。

有關本隔震墊等效阻尼解析結果整理如下表 7：

表 7　隔震墊等效阻尼解析結果彙整表

		隔震墊種類	長向	短向
有效阻尼比 (%)	雙線性遲滯迴圈模式	LRB1	32.74	31.71
		LRB2	32.75	31.74
		LRB3	32.75	31.73
		LRB4	32.75	31.73
		LRB5	32.75	31.74
	系統識別		30.94	23.17

本隔震結構物之前三個振動模態整理如下表 8，系統識別之模態係基於 B1F ~ 4F 及 5F ~ RF 之位移反應為垂直線性分佈的假設下繪製而成。

表 9 各樓層最大加速度與地表最大加速度比值（實際為隔震建築物）

地震紀錄	2009.12.19	
方向	長向	短向
RF	100.5	143.4
5F	61.2	107.5
4F	57.7	105.1
B1F	69.1	104.5
基礎	103.8	119.0

與長地表加速度反應比值		
方向	長向	短向
RF/基礎	0.97 (0.968)	1.21
5F/基礎	0.59	0.9
4F/基礎	0.56	0.88
B1F/基礎	0.67	0.88

模擬本隔震結構物為非隔震之傳統結構物時，2009 年 12 月 19 日地震紀錄之結構物各樓層加速度反應值整理如下表 10：

表 10 結構物各樓層加速度反應值（模擬為非隔震）

地震紀錄	2009.12.19	
方向	長向	短向
RF	301.9	298.5
5F	226.2	192.7
4F	186.2	177.9
B1F	103.8	119.0
基礎	Fixed Base	

與長地表加速度反應比值		
方向	長向	短向
RF/基礎	2.91	2.51
5F/基礎	2.22	1.62
4F/基礎	1.79	1.5
B1F/基礎	Fixed Base	

比較隔震結構與傳統結構之屋頂層樓版之加速度值放大效應，長向之放大效應由 2.91 折減至 0.97，亦即隔震效果為折減至約 1/3；短向之放大效應由 2.51 折減至 1.21，綜合整體隔震效果將建築物承受地震力或能量折減近約 50%的效益。

五、結論與建議

本隔震結構物，以 2009 年 12 月 19 日錄得之地震加速度數據，經由系統識別，分別求得結構物動力特性，包括振動週期、有效阻尼比、前三個振動模態，顯示地震儀數據對於研析結構物承受實際地震反應，提供有效的資訊。

表 8-1 長向振動模態：

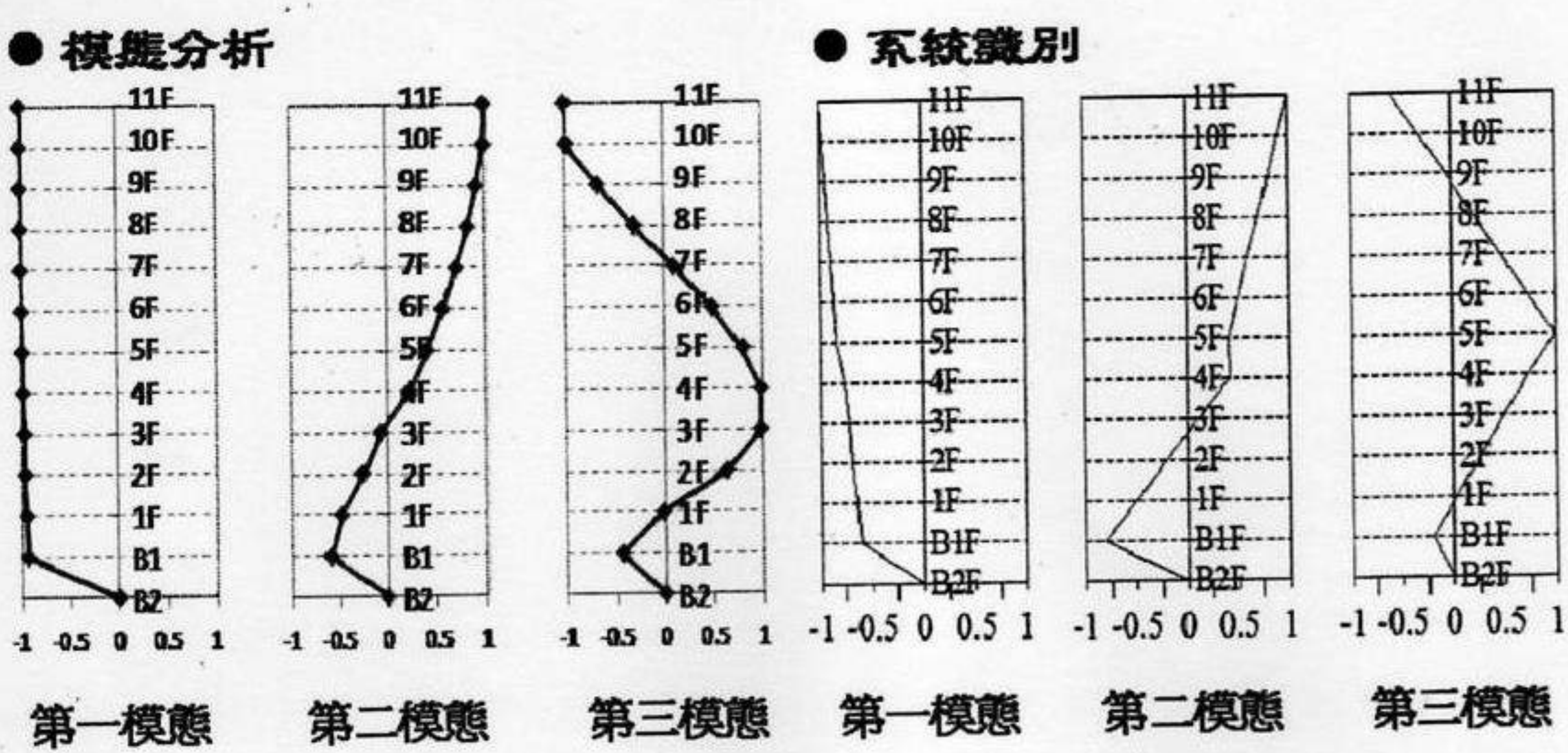
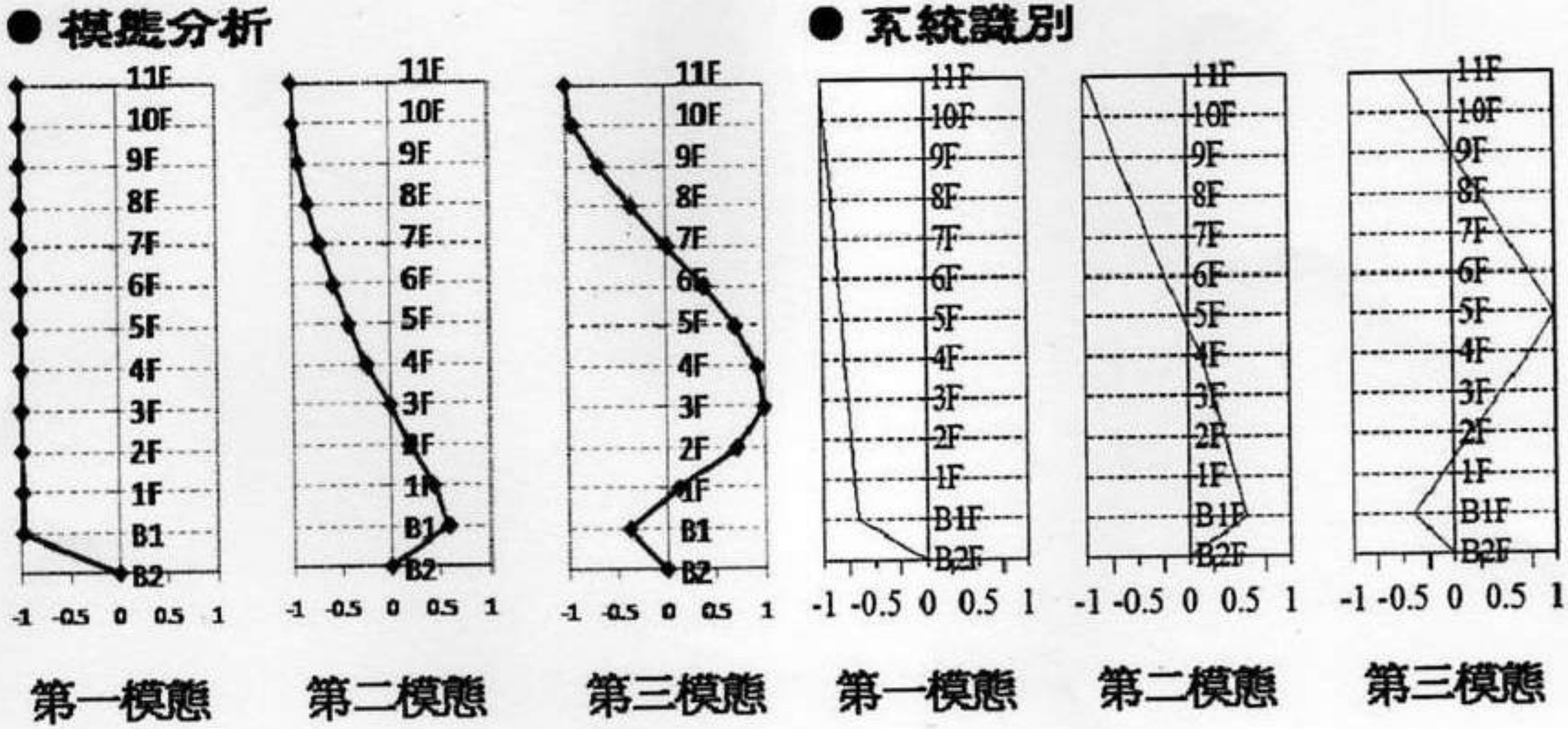

● 模態分析
● 系統識別
11F
10F
9F
8F
7F
6F
5F
4F
3F
2F
1F
B1
B2
B1F
B2F
-1
-0.5
0
0.5
1
第一模態
第二模態
第三模態
第一模態
第二模態
第三模態

表 8-2 短向振動模態：



本隔震結構物之長向樓層最大加速度反應，地表為 103.8cm/sec^2，隔震層上方地下一層樓版 (B1F) 為 69.1cm/sec^2，四樓版 (4F) 為 57.7cm/sec^2，五樓版(5F)為 61.2cm/sec^2，屋頂版(RF)為 100.5cm/sec^2，顯示具有良好的隔震效果。

短向樓層最大加速度反應，地表為 119.0cm/sec^2，隔震層上方地下一層樓版(B1F)為 104.5cm/sec^2，四樓版(4F)為 105.1cm/sec^2，五樓版(5F)為 107.5cm/sec^2，屋頂版(RF)為 143.4cm/sec^2，顯示其隔震效果比長向差。

各樓層最大加速度與地表最大加速度比值，計算如下表 9，顯示建築物長向具有良好的隔震效果，短向的隔震效果則較不佳。

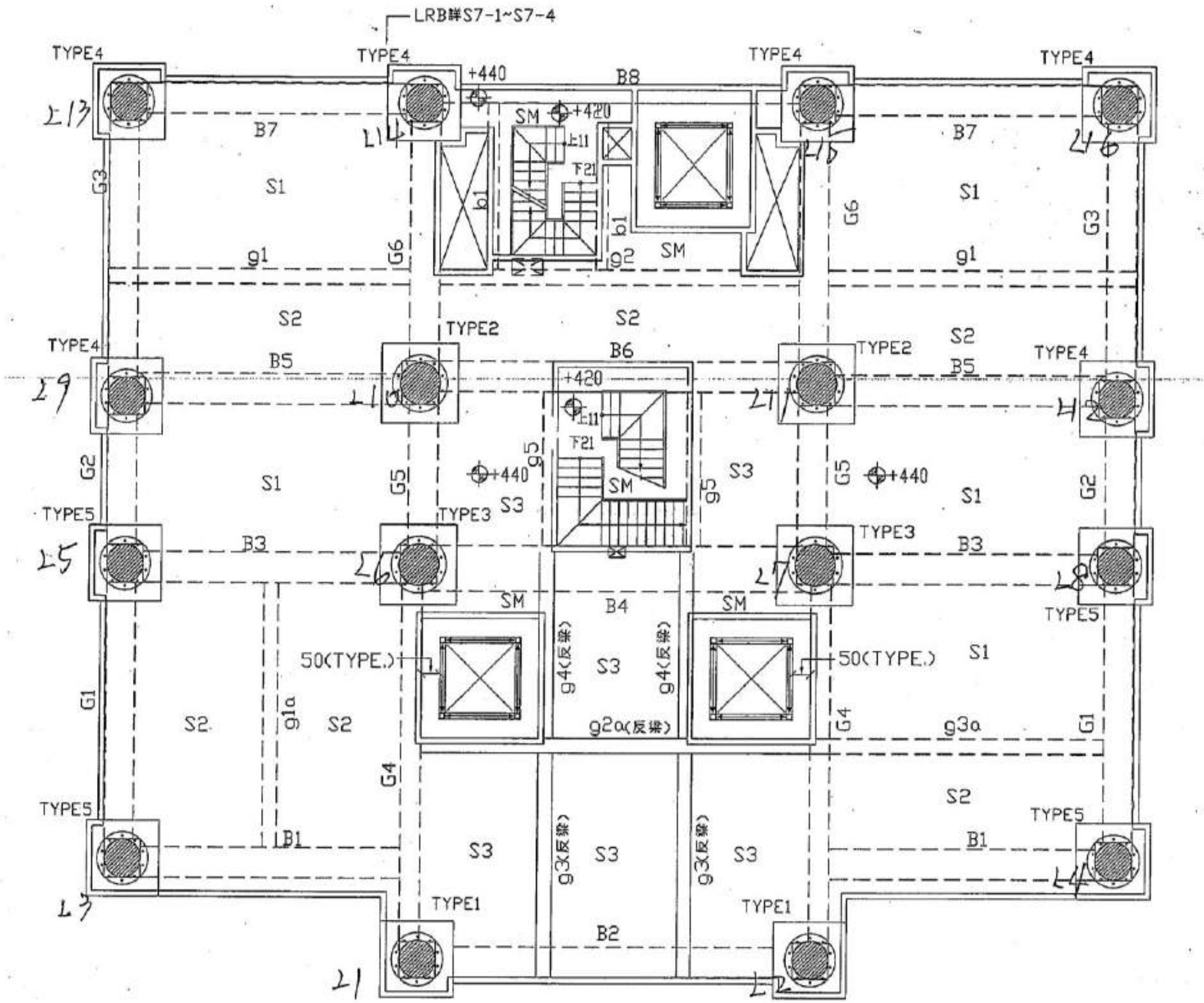
地震後，經由現場勘查，沿長向之隔震縫因為景觀設施及水溝蓋等輕型設施阻礙隔震結構物之自由位移，減小短向隔震效果，示如下圖 7。為確保隔震設計效果，阻礙隔震結構物自由位移之景觀設施及水溝蓋，需要適當改善處理。

圖 7　阻礙隔震結構物自由位移之水溝蓋板與景觀設施

致謝：謹向慈濟基金會及國家地震中心提供分析資料與指導表示誠摯謝意。

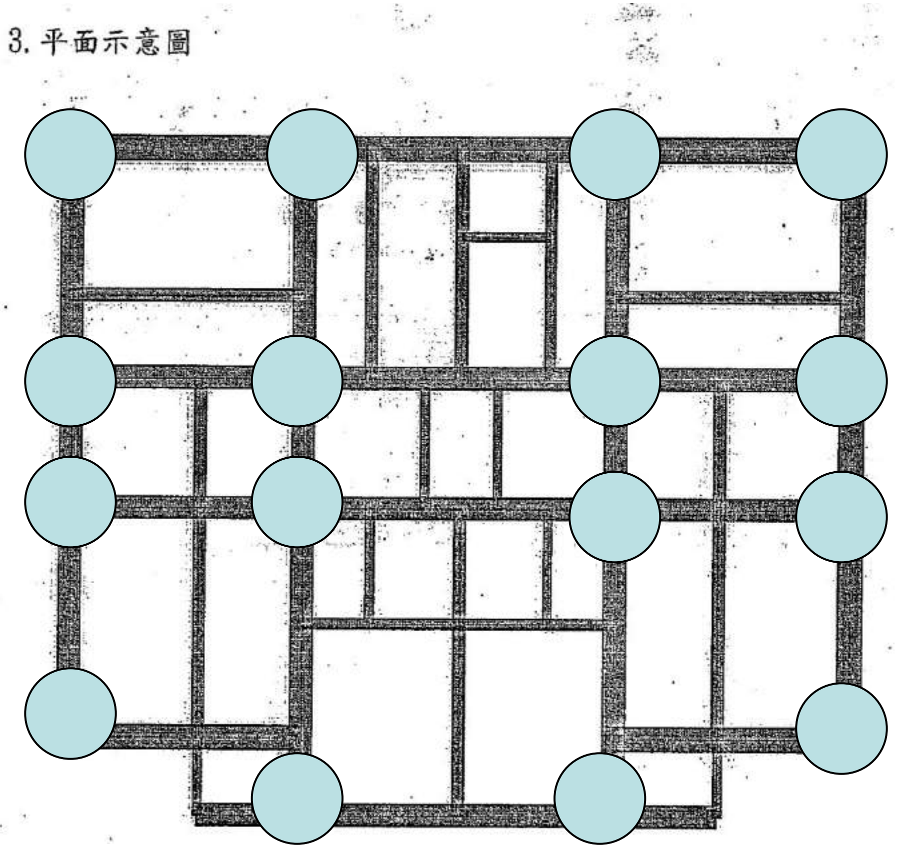
20091219 ○泰地○泰大樓隔震加速度反應（臺灣隔震）

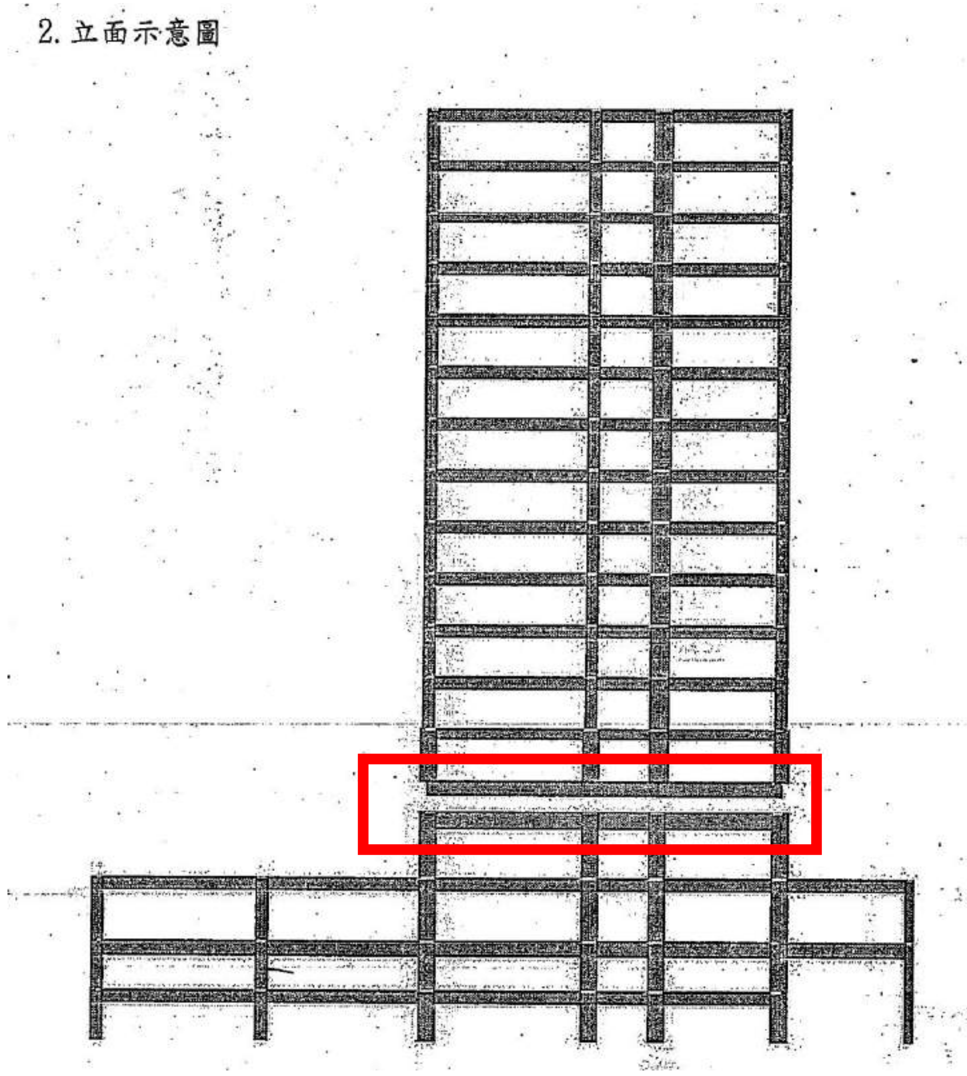
20091219 ○泰地○泰大樓(臺灣隔震)



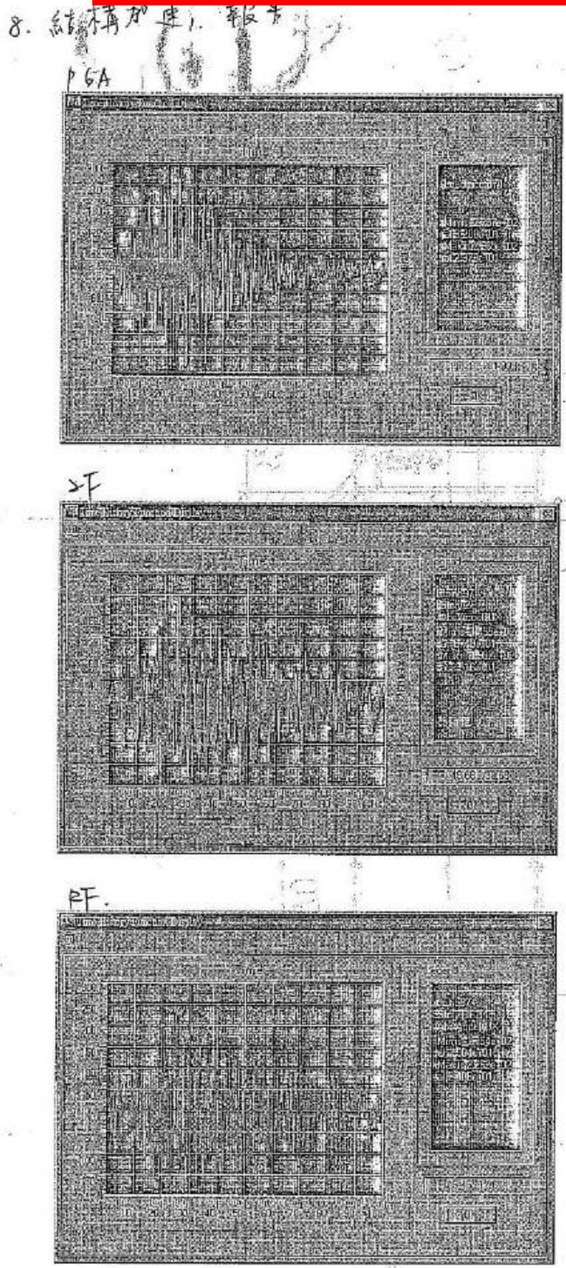
隔震層結構平面圖(一至二層間) S=1/200

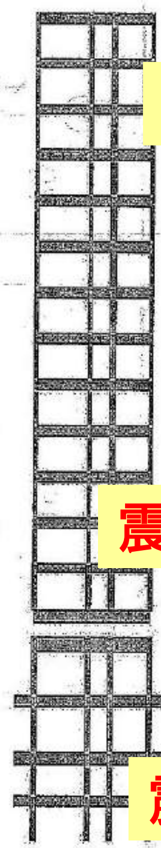
20091219 ○泰地○泰大樓(張耀南)





20091219 ○泰地○泰大樓(張耀南)





原設計加速度反應	20091219實測反應
RF 226gal. 震度五級強震80～250gal.	RFX 37.17gal. RFY 24.63gal. 震度四級中震25～80gal.
震度五級強震80～250gal. 2F 199gal.	震度四級中震25～80gal. 2FX 48.51gal. 2FY 38.66gal.
1F 296gal. 震度六級烈震250～400gal.	1FX 14.1gal. 1FY 14.18gal. 震度三級弱震8～25gal.

主　旨	2009 年 12 月 19 日 21:02 地震計測結果說明。

說　明:

一、　　　　工地為隔震建築並分別於隔震層底部、隔震層頂部、屋頂電梯機房共裝設三台地震加速度記錄儀，於 2009 年 12 月 19 日 21:02 花蓮 6.8 級地震已產生觀測記錄。

二、本公司已派員現場取得數據，並將計測結果圖檢附于后，隔震層底部震動時間小於 100secs 產生一組數據與圖形，隔震層頂部與屋頂震動時間皆大於 100secs，各產生二組數據與圖形。

三、本次地震測得工址所在地隔震層底部為震度三(JMA Intensity)，真實計測震度(Seismic Intensity 3.1)，最大加速度 X 軸 14.1gal，Y 軸 14.18gal。

四、隔震層頂部測得為震度四(JMA Intensity)，真實計測震度(Seismic Intensity 3.9)，最大加速度 X 軸 48.51gal，Y 軸 38.66gal。

五、屋頂測得為震度四(JMA Intensity)，真實計測震度(Seismic Intensity 3.5)，最大加速度 X 軸 37.17gal，Y 軸 24.63gal。

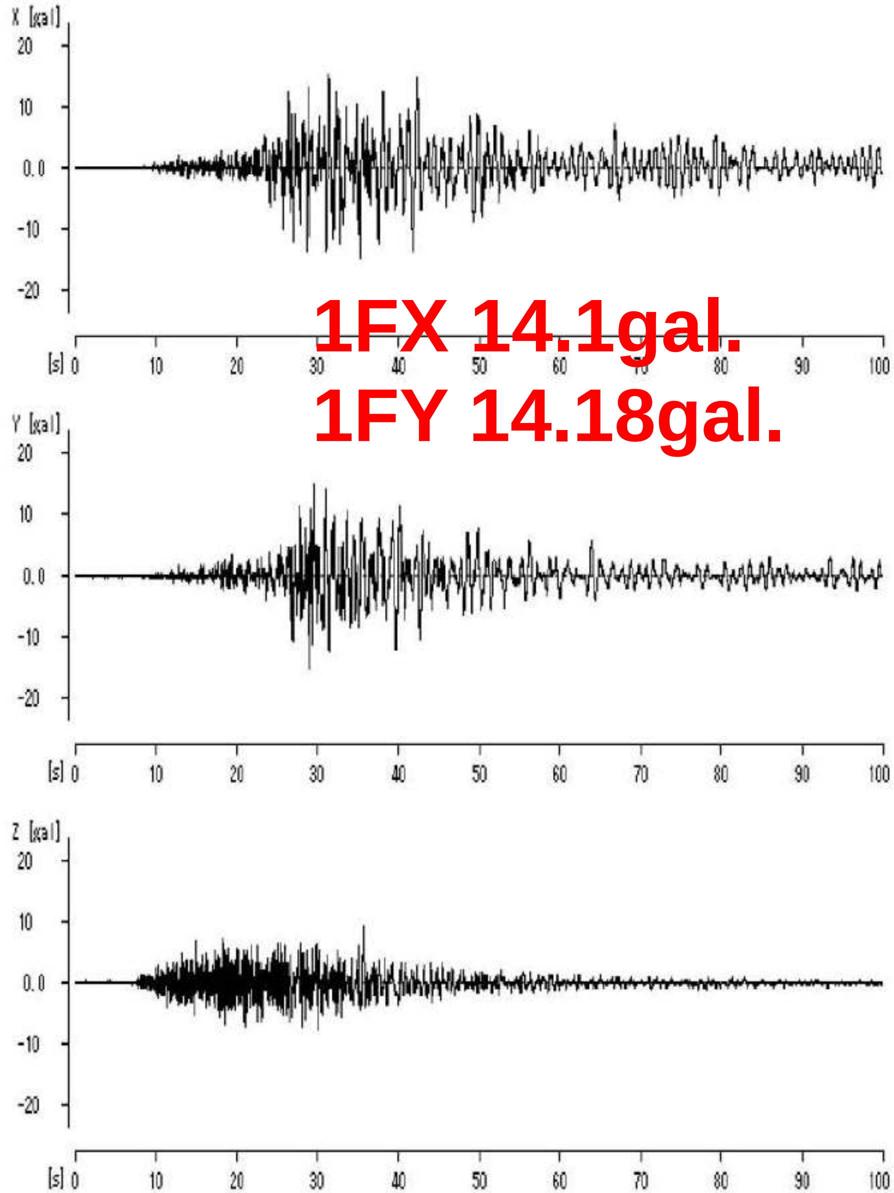
六、隔震層位移記錄器測得隔震層位移量為 4mm。

七、本案隔震建築之隔震器鉛心消能行為約在 25gal 產生，因此鉛心尚未產生屈服，建築物之震動尚為建築物韌性行為，一般耐震結構計算時通常以屋頂之加速度放大倍率為地表之三倍計算，實際地震時測得也常有四倍以上情形。

八、由圖形與數據可映證，建築物加速度反應仍為建築物韌性行為，頂層放大倍率為地表 2.63 倍，振動時間略延長，但振動週期拉長，擺動減緩，對建築物與住戶仍產生保護作用。

九、本次計測為地震加速度計裝設完成後初次採集之記錄，特此提供記錄說明

隔震層底部記錄

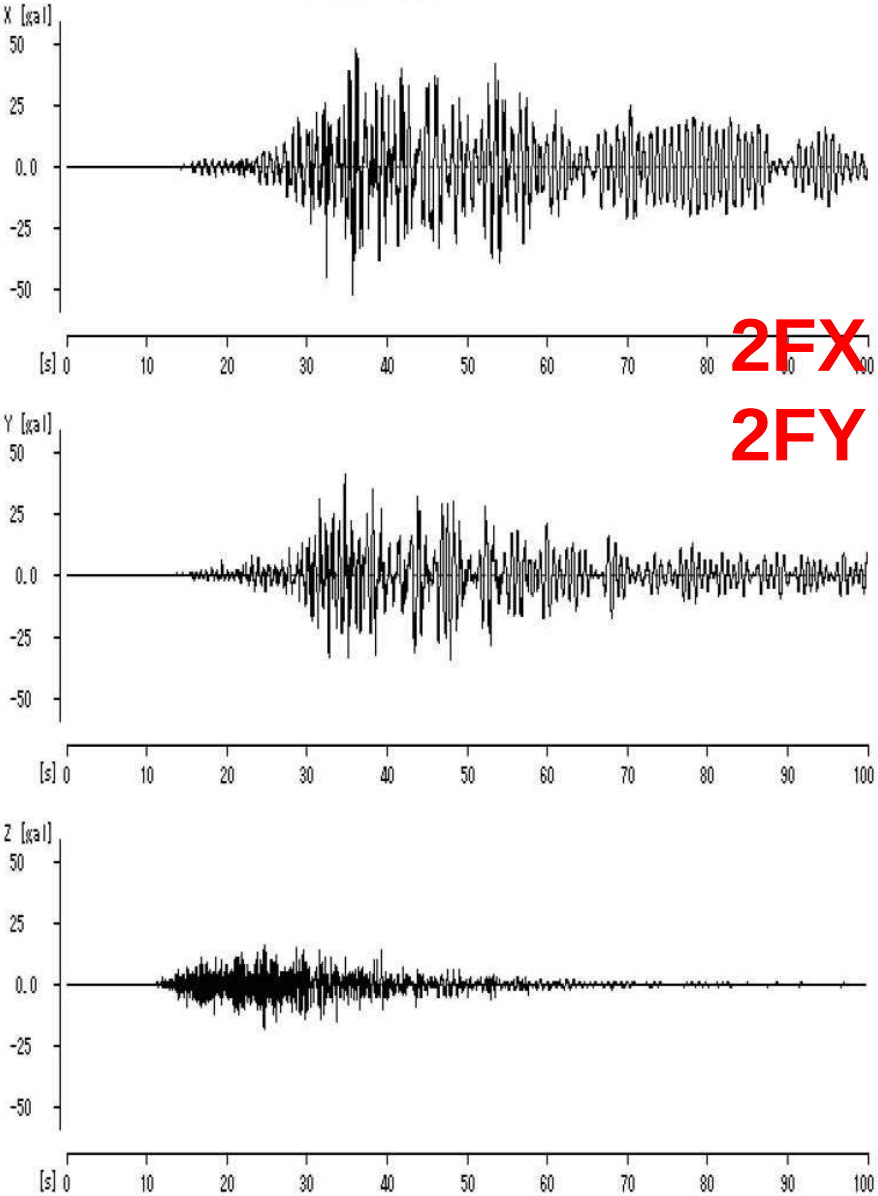


D:¥20091219210254_20091219210239_200444_ts0201

Serial No. 200444
Date of Manufacture, 2009/01/28
Start G (gal) .005
Station ID. ts0201
Station Lat. 25.0827
Station Long. 121.5533
Sampling Freq (Hz), 100HZ
Scale Factor X Y 4892(gal)/65536 Z 4892(gal)/65536
Trigger Time, 2009/12/19 21:02:54
Record Start Time, 2009/12/19 21:02:39
JMA Intesity 3
Seismic Intensity, 3.1
Spectrum Intensity, 2.6
X-Max Acc(gal), 14.10
Y-Max Acc(gal), 14.18
Z-Max Acc(gal), 8.73
SV, 0.0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.7, 0.9, 1.4, 1.9, 2.4, 2.8, 3.2, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 3.3, 3.2, 3.0, 3.2, 3.2, 3.2, 3.1, 3.0
Station Comment. soti 01 base

平均值X: 0.27 平均值Y: -0.03 平均值Z: -0.03 標準偏差X: 2.92 標準偏差Y: 2.43 標準偏差Z: 1.46

隔震層頂部記錄(前段)



2FX 48.51gal.

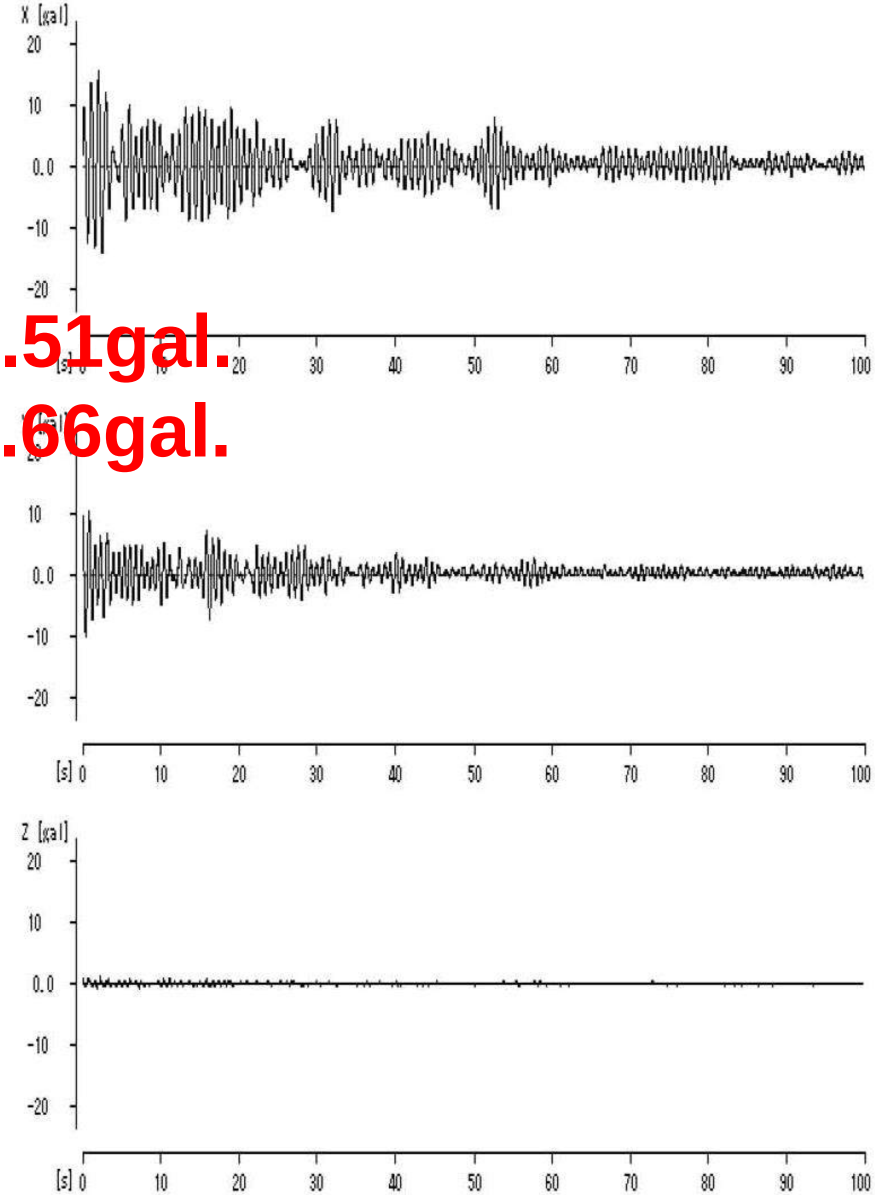
2FY 38.66gal.

D:¥200442_ts0203¥20091219210252_20091219210237_200442_ts0203

Serial No.,200442
Date of Manufacture,2009/01/26
Start G (gal),005
Station ID,ts0203
Station Lat.,25.0827
Station Long.,121.5533
Sampling Freq(Hz),100HZ
Scale Factor,X.Y:4892(gal)/65536 Z:4892(gal)/65536
Trigger Time,2009/12/19 21:02:52
Record Start Time,2009/12/19 21:02:37
JMA Intensity,4
Seismic Intensity,3.9
Spectrum Intensity,6.6
X-Max.Acc(gal),48.51
Y-Max.Acc(gal),38.66
Z-Max.Acc(gal),17.01
SV,0.1,0.6,1.3,2.4,2.8,3.1,4.1,5.5,6.8,8.0,8.8,8.9,8.5,8.1,7.8,7.9,8.3,8.6,8.7,8.6,8.2,8.2,8.3,8.4
Station Comment,soti 03 RF

平均値X: 0.05 平均値Y: 0.13 平均値Z: -0.01 標準偏差X: 10.58 標準偏差Y: 7.42 標準偏差Z: 2.75

隔震層頂部記錄(後段)



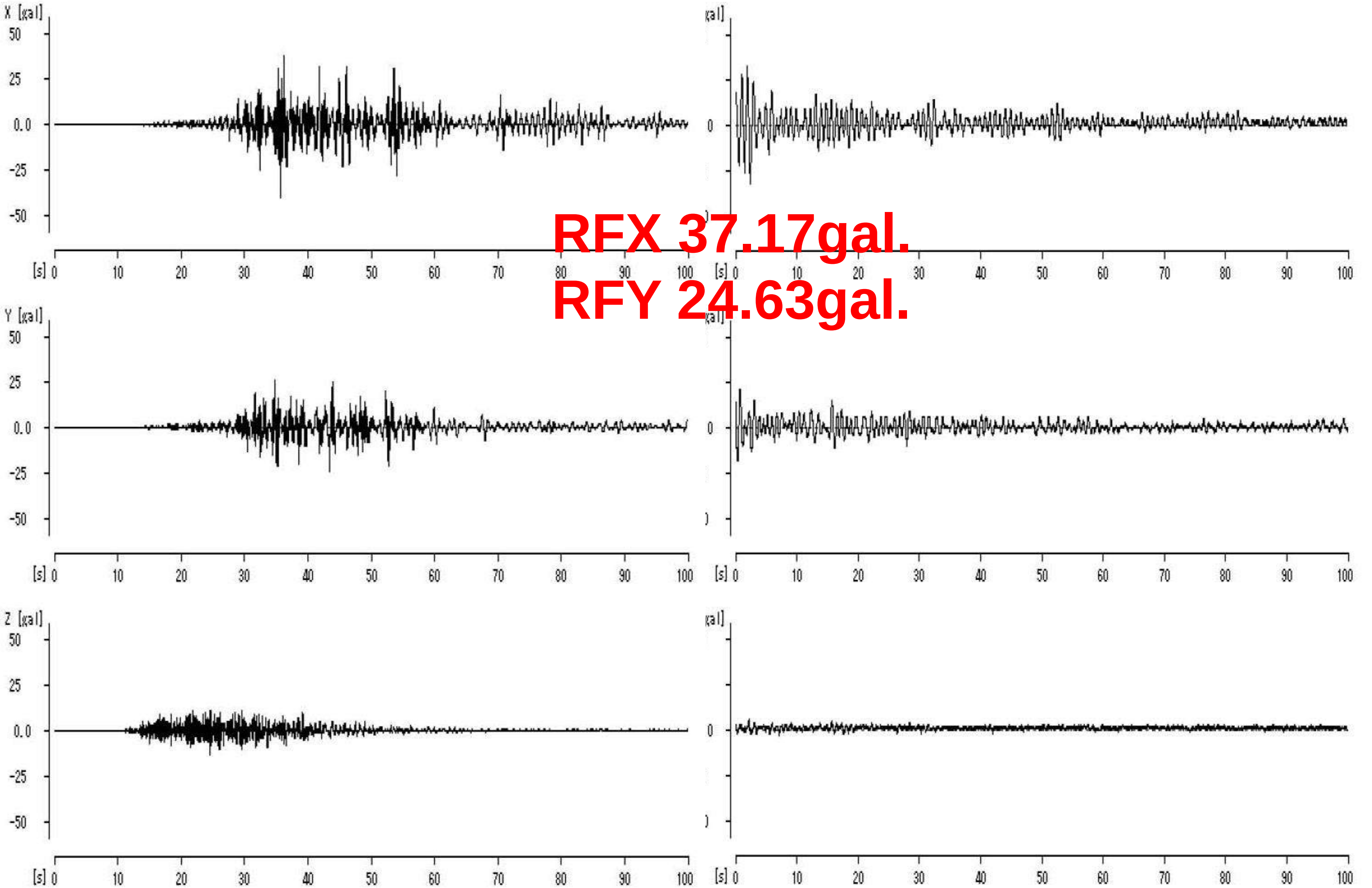
D:¥200442_ts0203¥20091219210252_20091219210417_200442_ts0203

Serial No.,200442
Date of Manufacture,2009/01/26
Start G (gal),005
Station ID,ts0203
Station Lat.,25.0827
Station Long.,121.5533
Sampling Freq(Hz),100HZ
Scale Factor,X.Y:4892(gal)/65536 Z:4892(gal)/65536
Trigger Time,2009/12/19 21:02:52
Record Start Time,2009/12/19 21:04:17
JMA Intensity,3
Seismic Intensity,3.1
Spectrum Intensity,2.9
X-Max.Acc(gal),14.70
Y-Max.Acc(gal),9.85
Z-Max.Acc(gal),1.11
SV,0.0,0.1,0.2,0.4,0.8,1.3,2.0,2.7,3.3,3.5,3.5,3.4,3.4,3.4,3.4,3.5,3.7,3.7,3.6,3.5,3.4,3.2,3.0,2.8
Station Comment,soti 03 RF

平均値X: 0.41 平均値Y: 0.37 平均値Z: -0.05 標準偏差X: 3.15 標準偏差Y: 1.73 標準偏差Z: 0.18

屋頂機房記錄(前段)

屋頂機房記錄(後段)



D:¥SOTAI_091219¥20091219210250_20091219210235_200443_ts0202

Serial No.,200443 Station Lat.,25.0827 Trigger Time,2009/12/19 21:02:50 Spectrum Intensity,3.4
Date of Manufacture,2009/01/27 Station Long.,121.5533 Record Start Time,2009/12/19 21:02:35 X-Max.Acc(gal),37.17
Start G (gal),005 Sampling Freq(Hz),100HZ JMA Intensity,4 Y-Max.Acc(gal),24.63
Station ID,ts0202 Scale Factor,X.Y:4892(gal)/65536 Z:4892(gal)/65536 Seismic Intensity,3.5 Z-Max.Acc(gal),12.39
SV,0.0,0.4,1.1,1.9,1.7,2.0,2.3,2.7,2.9,3.3,4.3,4.8,5.0,5.1,5.0,5.0,5.1,5.1,5.1,5.0,4.7,4.5,4.3,4.2
Station Comment,soti iso up 02

平均值X: 0.23 平均值Y: 0.26 平均值Z: 0.32 標準偏差X: 5.15 標準偏差Y: 3.74 標準偏差Z: 2.10

9¥20091219210250_20091219210415_200443_ts0202

443 Station Lat.,25.0827 Trigger Time,2009/12/19 21:02:50 Spectrum Intensity,0.4
cture,2009/01/27 Station Long.,121.5533 Record Start Time,2009/12/19 21:04:15 X-Max.Acc(gal),6.12
005 Sampling Freq(Hz),100HZ JMA Intensity,2 Y-Max.Acc(gal),3.95
202 Scale Factor,X.Y:4892(gal)/65536 Z:4892(gal)/65536 Seismic Intensity,2.2 Z-Max.Acc(gal),1.11
,0.2,0.3,0.5,0.7,1.0,1.2,1.3,1.3,1.3,1.4,1.4,1.3,1.3,1.3,1.3,1.2,1.2,1.2,1.2,1.1,1.1
t,soti iso up 02

平均值Y: 0.12 平均值Z: 0.30 標準偏差X: 0.99 標準偏差Y: 0.65 標準偏差Z: 0.16

4.

建構

無震災城市

永續都市

無災、智慧、健康

各階段目標年期及主要觀念

願景	循環有機生態城市		
階段	Conservation Phase	Renewable Green Phase	The Restorative Organic Phase
	資源維護階段	綠色生態階段	循環有機階段
目標年期	2010	2020	2030/2050
主要觀念	■Eco-efficiency 生態效率 (有效率使用各種資源)	■Eco- effectiveness 生態效益 (發揮各資源效益)	■Earth restoration 城市=自然 (城市完全發揮生態的效能，不管是生產過程或最後的成果)
	■減少對生態系統及公共健康的破壞	■改善生態系統及公共健康	■重新恢復生態系統及公共健康
	■做破壞性比較少的事	■隨著時間把事情越做越好	■做確實可以改正過去破壞的事

丁育群,2011

主要議題擬定

- 六個主要議題擬定

丁育群,2011

綱要及行動計畫說明

GREEN in T.A.I.P.E.I. 綠茵台北

Tree · **A**qua · **I**nfrastructure · **P**eople · **E**nergy · **I**ntelligent

綠意 · 親水 · 綠色公設 · 綠生活圈 · 節能減碳 · 智慧生態城

Tree
綠意
See the green
- 提高都市綠意
- 發展都市農業

Intelligent
智慧生態城
Intelligent eco-city
- 提高數位化應用
- 與國際接軌

Aqua
親水
Touch the water
- 改善水質
- 有效管理洪患/暴雨
- 落實親水規劃

Energy
節能減碳
Save energy and reduce greenhouse gas emission
- 溫室氣體排放減量
- 提升空氣品質

Infrastructure
綠色公設
Green infrastructure
- 提高大眾運輸使用率
- 改善人行道及自行車道
- 改善街道照明燈具

People
綠生活圈
Lifestyle
- 建構20分鐘生活型態
- 推廣環保教育

丁育群,2011

一個城市並不是全由建築物組成的，市民才是城市的核心！

無災

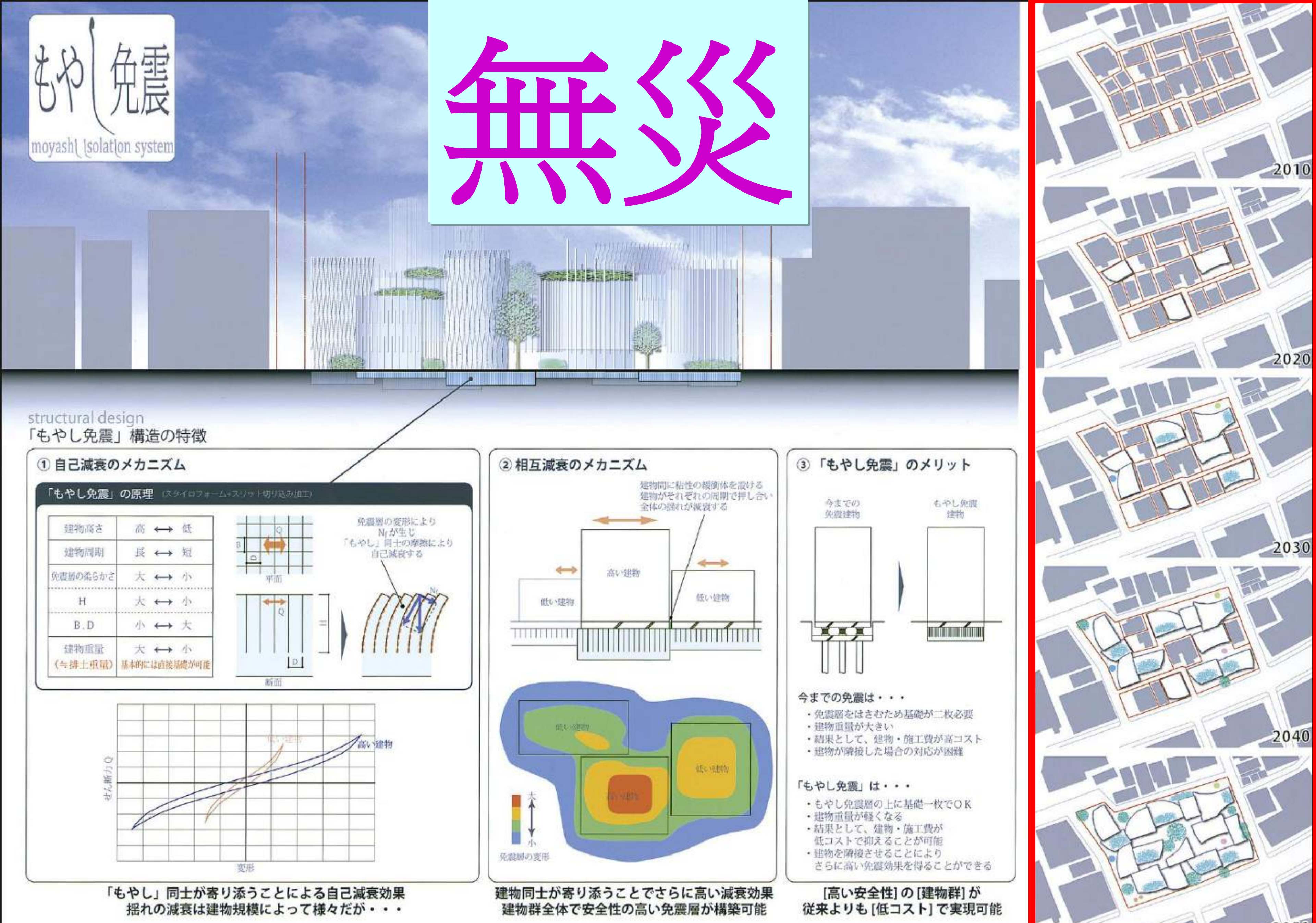
14.推動無災城市為永續都市之基礎

- 2008年中國大陸四川發生規模M=8.0強震，受災嚴重地區超過12萬平方公里，如今三年過去了，重建之路已大為進展，就實質面而言，以大規模大量體之隔震建築方式重建震災災區建築物，以打造未來永續都市觀念之機場(雲南昆明機場)、學校建築(由廣州援建之汶川縣第一幼兒園和汶川第二小學共８幢教學樓、綿竹市遵道場鎮遵道學校、德陽市袁家小學等)、辦公大樓(都江堰向峨鄉政務服務中心、彭州市白鹿鎮政務服務中心)、住宅社區(汶川縣威州鎮20多棟3萬多戶的居民住宅)之數量不勝枚舉，值得世界刮目相看，大陸採用隔震技術係由廣州大學周福霖教授擔任召集人，自從1993年於廣州市建造全國首幢隔震樓，目前在北京、新疆、甘肅等地的300多棟建築物中推廣應用。甘肅隴南武都三棟6層民用住宅使用了90年代的第一代隔震技術，在此次512大地震中完好無損，連一條裂縫都沒有，房中人無強烈震動感覺。而該技術應用在新疆的中國第一座鐵路防震大橋也經受了2003年的伽師大地震，當時在道路中斷的情況下，該大橋保證了救災物資源源不斷運進災區，及時發揮了救災效率與功能。

無災

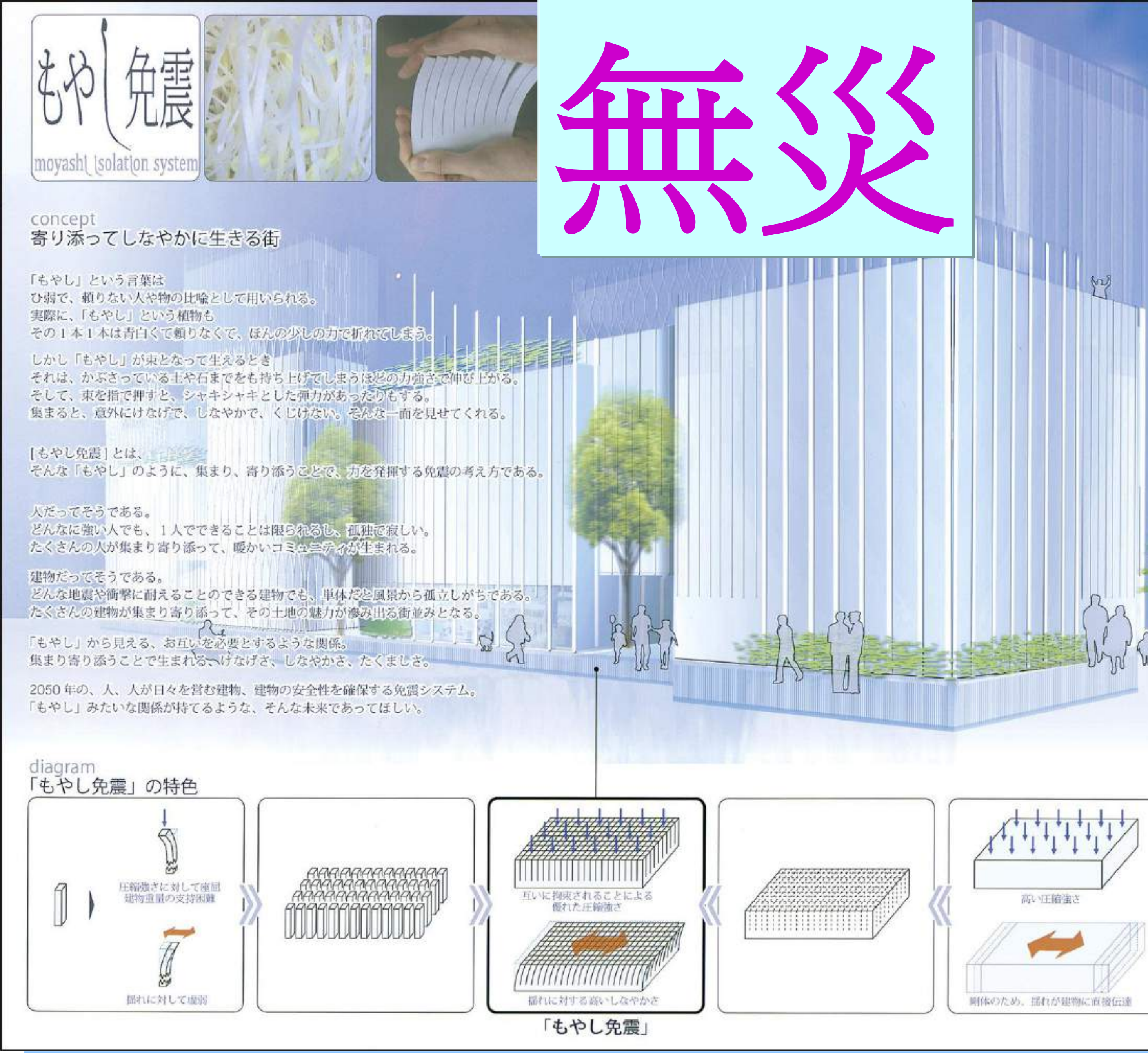
- 如果地震是臺灣同胞的宿命，打造隔震房屋，應該是自921地震以來，政府可以努力加強的方向與目標。雖然我們起步較晚，但是由於國內首棟隔震建築霧峰光復國中地震博物館與消能建築101大樓採用質量調諧阻尼器(TMD)的成功，世人已經瞭解臺灣已經從921地震中站起來，雖然八八水災驗收921經驗不是很理想，誰知道再過十年八八水災回顧，或再過五十年921地震60周年回顧，同時八七水災100周年回顧，你我大部分人雖然都已不在，但是相信我們的經驗可以留傳給他們!。圖六與圖七為日本免震構造協會為2050年打造的永續無災隔震城市構想圖，本件作品為大林組的濁川拓也與丹羽俊介兩位先生創作，獲得日本免震構造協會2009年隔震創意的最優等賞，值得吾人打造無災城市的參考。

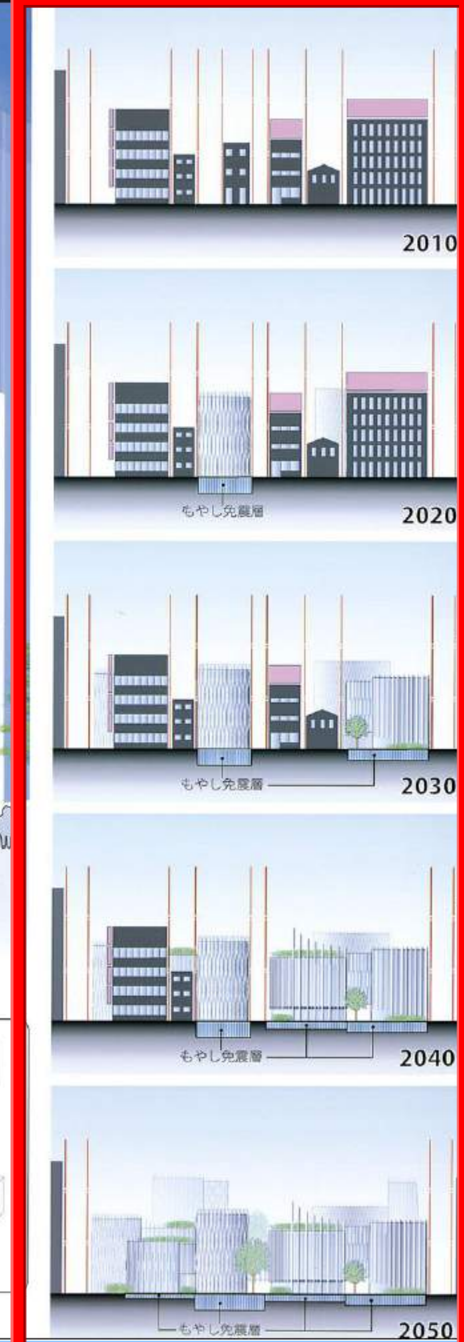
無災



圖六、大林組的濁川拓也與丹羽俊介創作之免震永續城市之一[6]

無災





圖七、大林組的濁川拓也與丹羽俊介創作之免震永續城市之二[6]

智慧生態城－策略說明(一)

智慧

■策略一：智慧技術在防災之運用

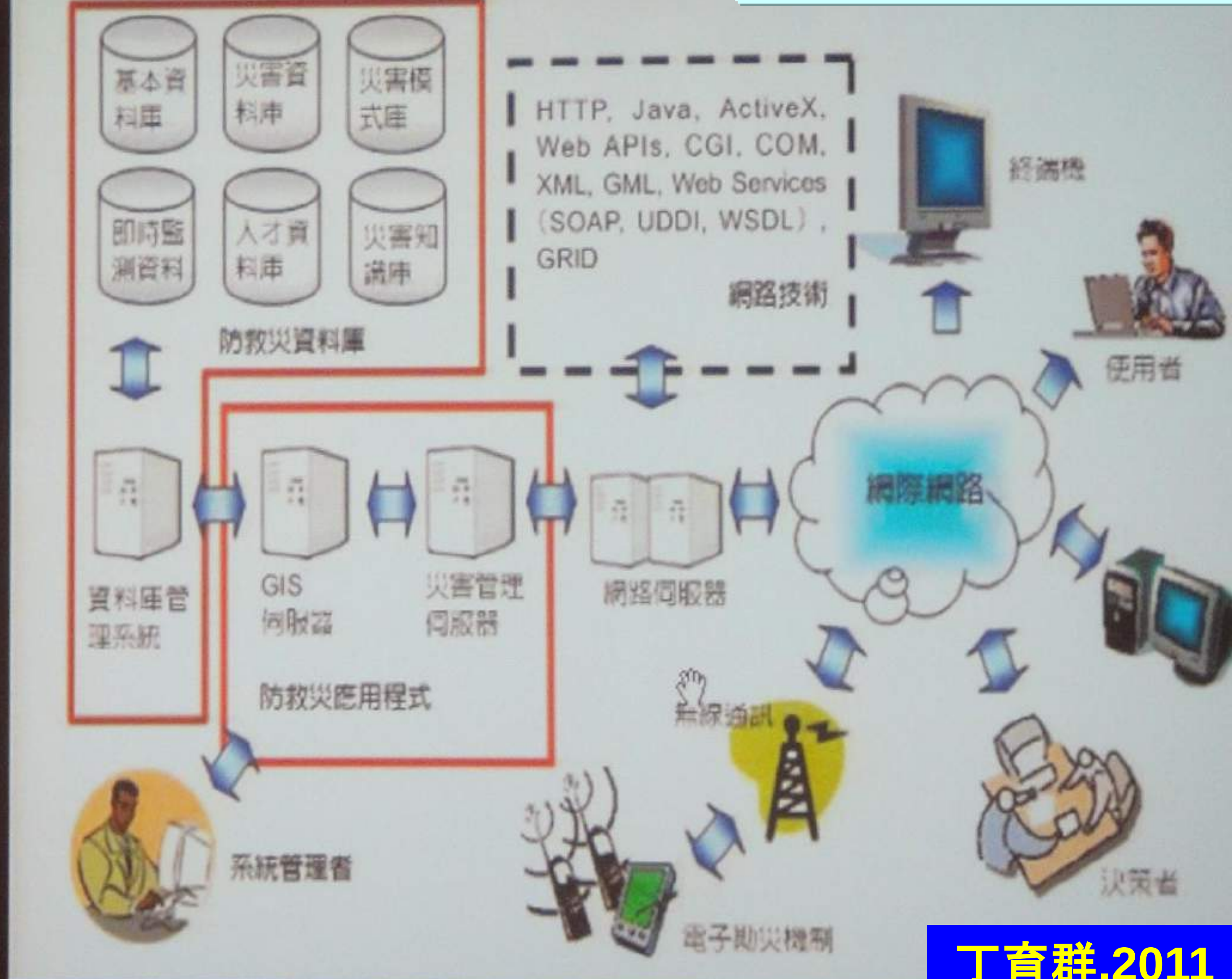
- 防救災資料庫之建立
- 即時監測系統之建立
- 4S防救災應用技術

GIS（地理資訊系統）

GPS(全球衛星定位系統)

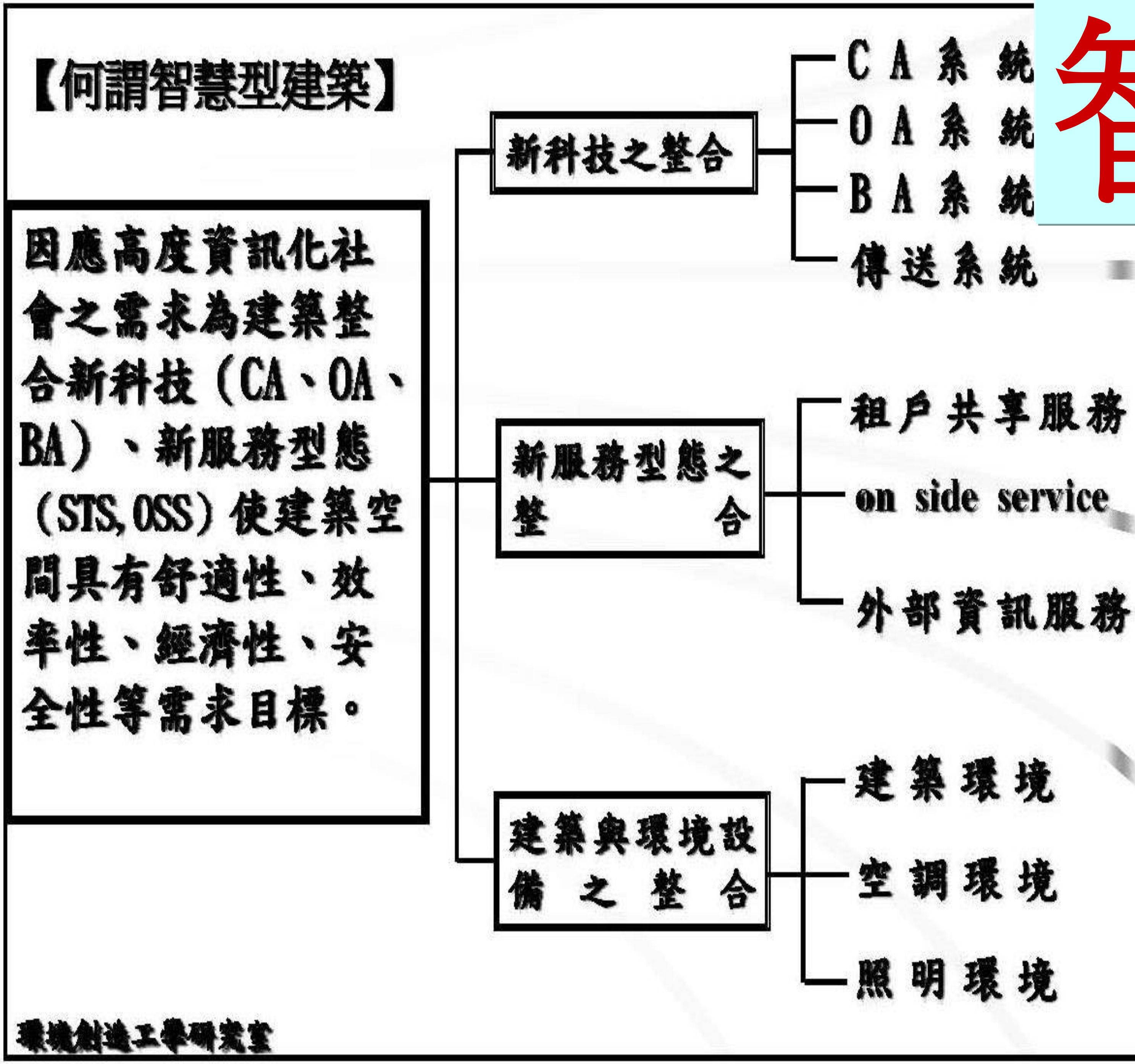
RS(衛星遙測技術)

MIS(管理資訊系統)



丁育群,2011

智慧



【何謂智慧型建築】
因應高度資訊化社會之需求為建築整合新科技（CA、OA、BA）、新服務型態（STS, OSS）使建築空間具有舒適性、效率性、經濟性、安全性等需求目標。
新科技之整合
C A 系 統
O A 系 統
B A 系 統
傳送系統
新服務型態之整合
租戶共享服務
on side service
外部資訊服務
建築與環境設備之整合
建築環境
空調環境
照明環境
環境創造工學研究室

溫琇玲,2011

智慧

真的被震怕了！日本發明「地震防護椅」數秒變頭盔逃生

▲日本設計師打造地震防護椅「**Mamoris**」。（圖／取自**psfk.com**）

國際中心／綜合報導

日本長久以來飽受地震威脅，兩年多前的**311**大地震核釀成福島核災事件，也讓當地居民留下揮之不去的陰影。為了減少民眾在地震受到的傷害，當地知名工業設計師根津孝太（**Kota Nezu**）設計了一款取名為「**Mamoris**」（マモリス）的保護椅，它可以透過頭盔來保護使用者，不讓人受到任何跌落碎片的傷害。這款椅子也在東京設計周上展出。

根據日本《**IT Media**》報導，這款保護椅雖然看起來有些笨重，但實際上只有**4**磅的重量。當中有一個可翻轉**90**度的轉盤能把座位和靠背分拆，並且連接著頭盔，因此若使用者若感受到地震，能很快速的做好防護措施來逃生。

▲保護椅側面圖。（圖／取自**IT Media)**

▲地震發生時就帶著椅背頭盔跑囉！這款椅子由該設計師屬的**Znug Design**公司和**Poplife**設計公司共同打造，未來是否能商品化還有待確認，目前已進入申請專利階段。

原文網址**:** 真的被震怕了！日本發明「地震防護椅」數秒變頭盔逃生 **|** **ETtoday**國際新聞 **|** **ETtoday** 新聞雲 **http://www.ettoday.net/news/20131102/290162.htm#ixzz2jXsW0X5W** Facebook

智慧

っていれば、災害時にすぐ身を守れそうです。

と。あごヒモのような固定器具も取り付ける予定です。

かぶってみた。背後のガード感が頼もしい

避海嘯屋(石巻市漁獲冷藏中心)

智慧

底層挑高至海嘯高度以上

預鑄牆面均已鉸支承扣住海嘯壓力可衝開

海嘯壓力小以擋牆支撐
海嘯壓力大可衝開牆面

健康

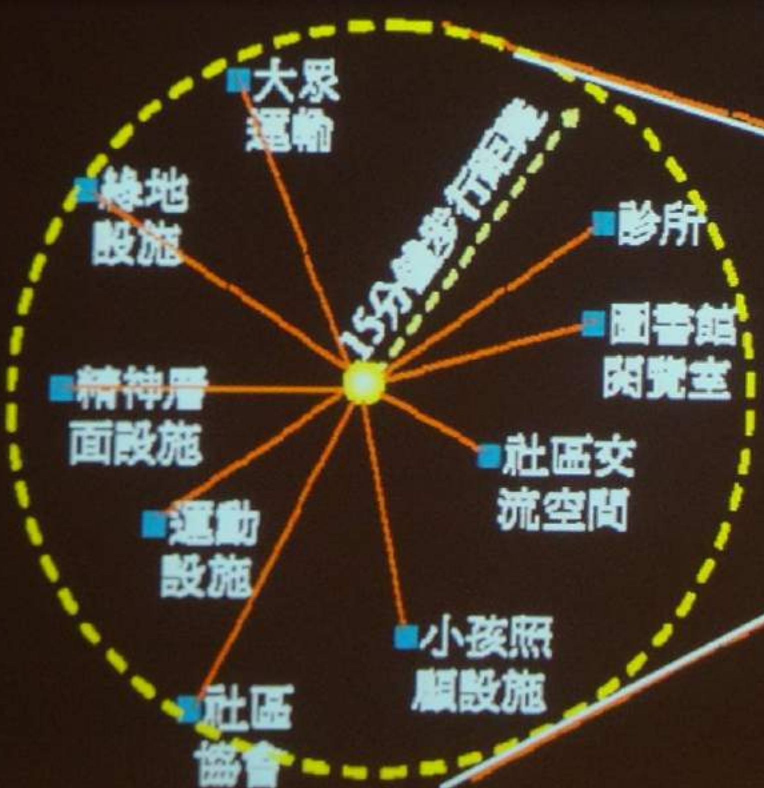
沿岸帶狀生態淨水公
瑠公圳生態復育計畫
中山公園
新生公園
松山機場
小巨蛋
雙子星計劃
酒廠
松山菸廠
國父紀念館
四獸山
中正紀念堂
中強公園
大安公園
綠街道
青年公園
新店溪
都市雨水公園
蟾蜍山
寶藏巖
跨堤設施

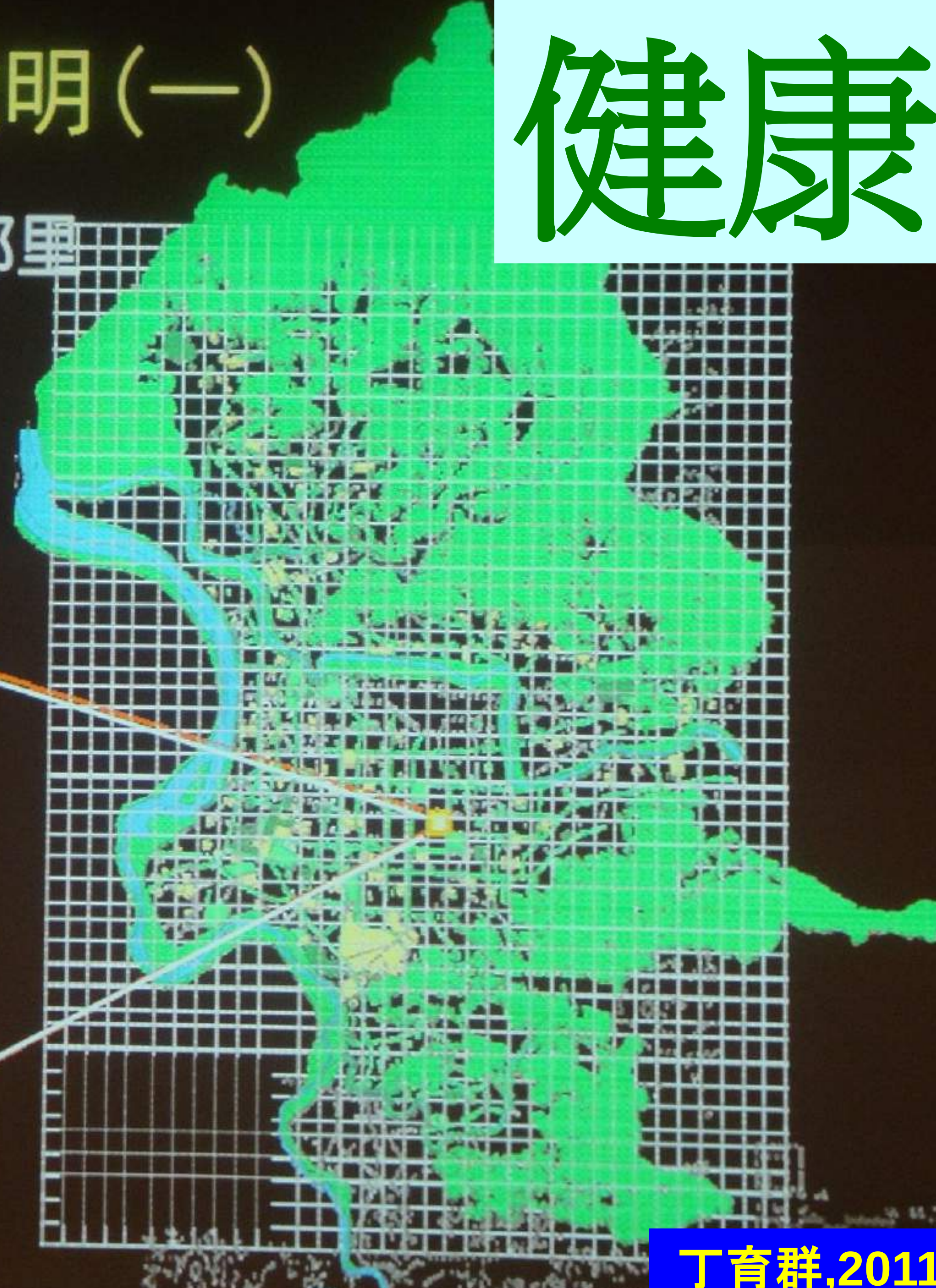
丁育群,2011

綠生活圈-策略說明(一)

健康

- 策略一：建構15分鐘鄰里
  - 在15分鐘步行距離範圍內，提供臺北市民基本生活所需 → 在油價高漲或能源不足時，人們仍可以步行維持基本需求
  - 調查分析→找出不足設施與地區 → 利用政策、獎勵補足





丁育群,2011

5、 結論

祝福無震災城市

早日實現!!!

感謝聆聽!!

敬請指教!!