

萬有文庫

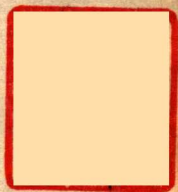
第一集一千種

王雲五主編

地震

翁文灝著

商務印書館發行





地 震

翁文灝著

百 科 小 叢 書

編主五雲王

種千一集一第

震 地

著灝文翁

路山寶海上
館書印務商 者刷印兼行發

埠各及海上
館書印務商 所 行 發

版初月十年八十國民華中

究必印翻權作著有書此

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

EARTHQUAKES

By

WENG WEN KAO

THE COMMERCIAL PRESS, LTD

Shanghai, China

1929

All Rights Reserved

地震

目錄

第一章	地震現象	一
第二章	地震研究	一五
第三章	地震原因	三三
第四章	地震分佈	四五
第五章	中國地震	五六
第六章	地震豫防	七三

地震

第一章 地震現象

自然現象之進行，大抵悠久而徐緩，雖積之既久，結果或甚偉大。而行之以漸，常人恆疏注意。惟地震之來，能於數秒鐘間，頓成鉅劫。莊嚴建築，毀爲瓦礫之場，陵谷滄桑，變於剎那之頃。自然現象中，驚心動魄，莫逾於是。故自古以來，無分中外，對於地震，不僅以爲專門之研究，亦多爲普通所常道。惟對於地震現象之傳述，以其事出倉卒，觀察難周，傳聞難免異辭，怪異每多失當。茲先就各國震動最強，記載較悉之地震，依其時代撮述概要，庶於地震現象，能得明確之概念焉。

一 葡萄牙大地震

一七五五年十一月一日，葡萄牙地震，爲歷史上最大地震之一，葡京立士本 (Lisbon) 適當

其衝。先聞鳴聲如雷，旋即大震。六分鐘之內，全城建築，傾毀殆盡，加以火災蔓延，秩序擾亂，死者共六萬人。震時塵霧大起，天日爲暗，葡京地處塔古斯（Tagus）河口，濱臨海洋，沖積地層，陡生裂縫，開而復合，葬身其中者，數以千計。大震初起，海水退而旋進，巨浪滔天，高逾五丈，奔騰所及，岸石爲摧，海中小船，更多沈沒。塔古斯谷中，則大塊巖石紛紛崩墜，見者且謂有火光煙霧，由是迸出，影響所及，範圍極廣，波羅的海附近，亦能覺察。蘇格蘭之羅蒙河水，突高二尺，旋即退落，反低於常時。大西洋津浪，遠及美洲，西印度羣島海水湧高二丈，雖在美洲湖地之遠，亦覺震動。非洲北部亦受動搖。統計受震面積，殆四倍全歐，亦云廣矣。附近各地影響自亦較鉅。西班牙沿海浪高六丈，非洲北岸海水起落至十八次，近海之地，率苦水災。

二 意大利大地震

一七八三年二月五日，意大利國卡拉李里亞半島（Calabria Peninsula）地震。王國政府特派陸軍大臣等親自調查，拿坡里學士院更撰爲詳細報告，殆爲歐洲科學的實地研究地震之始。大地震發生二分鐘內，亞卑尼山脈（Appennines）以西，及西治里島（Sicily）之梅西那（Messina）

一帶，城村房宇，大半受毀，死三萬人。四月八日，大震復作，半島中部花崗巖山脈地方，第一次受震較輕者，至是亦大動搖。震後石山似稍升高，山麓浮土則崩積平原。山原之間，形成澗谷，平原地質多係第三紀巖石疏鬆之層，震時上下波動。有見樹枝下垂觸地者。又有見路石躍起翻轉者。St. Bruna 教寺前有石柱一對，各以數石疊成，震後則上部之石皆向右旋。足見震動結果，地向左旋，旋轉角大至二三十度，地生裂縫，數以千計。裂縫左右，有時顯成斷層，上下斷距，有達一丈者。梅西那海岸陷下二尺二寸，海底凹凸不平，TERRANOVA 地方，斷層甚多，鄰近房屋震後或高或低，參差不一。圓磚裂為兩半，一高一低。高者基礎顯露地上，然城仍未倒，此項裂縫，大抵開而旋合。Otranto 地方，震動最烈。多數房屋，沒入裂縫，不能復見，亦有裂縫，合而復開者。則原被吞沒之人畜，有時復隨泥水噴出，然裂縫合時，往往擠壓甚緊。故震後掘出房屋，見有壓扁與裂縫面平行者。裂縫有長達一英里，深達二百尺者。地震對於河流之影響，大抵震動初生，河水驟淺，或竟乾竭，但旋即復滿，且向二岸漲溢。河岸兩旁，石崩落極多，往往堵塞河流，使上流之水，湧積成湖。震後新生此類沿澤，多至二百十有五處，此類淤水停滯，甚妨衛生。地震之後，因食料不足，以及因傳染病致死者，計二萬人。平原上則震後忽有

多數圓形窪地，大如車輪，掘而視之，則見下有倒置圓錐形之空隙，或滿儲泥砂。蓋地震時，潛水所由衝出者，湧出泥砂，有時積或小邱，有時成爲泥流，往往流勢甚急，挾房屋林木以俱去。有一處泥流之巨，幾如火山巖流，寬二百餘尺，深十五尺。此皆因其地地質疏鬆，故易浸潤而流走也。石質之地如梅西那海峽，則巨塊巖石懸空崩下。海水飛騰高逾二丈，沿岸人居，以及海中舟楫，多受捲沒。有 *Syria* 親王者，督率人民，乘舟避震，千五百人，皆以此葬身魚腹，慘矣！大抵卡拉李里亞半島尖角與昔西里島，相隔僅一衣帶水，其接壤分裂之地實爲地震發生之源。故一九〇八年十二月二十八日梅西那海峽又遭巨震。災情之重，號爲空前，死者七萬八千人，傷者無數。中國政府，亦嘗特頒賑款。是地地震，雖其影響範圍之廣，較之里斯本之震不無遜色。然其成災之鉅，觀察之詳，皆足爲言地震者重要參考焉。

三 智利大地震

南美洲智利地震極多。一八二二年十一月十九日，沿太平洋海岸均大震，南北延長達千二百英里。Valparaiso, Santiago 等處皆損失極大，且海岸升高三四尺，原在海底之貝殼魚類露出水

面受震面積廣至二十五萬餘平方公里，震災損害平地較山地爲多。嗣後地震每日或間日一作，至次年九月始止。十二年後至一八三五年二月二十日復有大震，中心在 *Valparaiso* 之南 *Concepcion* 河口。晨十時，有大羣海鳥向內地飛行，十一時四十分，地震始作，土質之地。受損較石山尤大，海水驟退，吃水二公尺之船，頓爲擱淺。珊瑚礁之原在水底者，皆歷歷可見。惟半小時後，津浪旋起，較之平時大潮，尤高三丈。且奔騰向岸，聲勢極盛。如是者再接再厲，凡三次。海陸均震，人民被捲入海者甚衆。是時博物學大家 *達爾文氏* 適在 *南美*，多所觀察。 *Quiriquina* 島地多裂縫，南北走向，緊中板巖粉碎，如受爆炸，巨塊巖石堆積海岸。 *達爾文氏* 謂是島因此大地震所受侵蝕減削之程度，當與一世紀間海潮侵蝕之結果相等。大震之後海面驟低，嗣後雖漸恢復，然各地實測猶相差至二尺至十尺之多。 *太平洋* 中津浪傳播遠及 *夏威夷島*，相距蓋六千英里。 *安達斯山脈* 延長千三百英里，沿山火山於地震前後特別活動。是年十一月間 *Concepcion* 海灣中又起大震，相依四百英里之 *Osorno* 同時噴發。閱二年，一八三七年十一月七日 *Concepcion* 之南 *Valdivia* 沿海地方，又被震災。附近海底，高起八尺有餘。以上所記地盤隆起之觀察，地質學家如 *雷俠兒* (*Ch. Lyell*) 等，皆以證明

地震與造山作用之關係。而修士 (Stress) 等則又以爲不足爲憑，辯之甚詳，至今尙無定論。至一九〇六年 Valparaiso 復有大震，死數千人，損害甚巨，且餘震歷時頗久。

四 新西蘭大地震

大洋洲中之新西蘭 (New Zealand) 大島，分爲北南二島，中隔科克 (Cook) 海峽。二島中之點，卽爲地震最多之區。尤烈者，爲一八五五年一月二十三日之震。受震範圍，水陸共計二百餘萬平方公里。北島惠靈吞附近，震後發見地層中斷，西升東降，上下相距，自一尺至九尺，斷層線延長約略可認者達九十英里，此爲地震發生斷層之實例。

五 日本大地震

日本爲世界有名之地震國，自一八八五年特設機關，調查地震以來，地動計所記每年平均計有大小地震一千四百四十七次，卽每日平均四次。就破壞大震不過偶一見之。著名之震如一八五五年（安政二年）十一月十一日江戶之震，發於夜十時，繼以火災，江戶市內死七千人。東京灣津浪甚猛。一八九一年（明治二十四年）十月二十八日，濃尾地震，受震面積四十餘萬平方公里，約

佔日本全國面積五分之三以上。但自濃尾平原，美濃西北部，至越前國福井一帶受損較重。該處地居平原，陌隴相接，地震中區域，一長帶，死七千人，傷萬七千餘人，毀房屋二萬餘間。震後火災爲害尤烈。地生裂縫甚多，涌出泥水。又發見根尾谷斷層，大致西北東南方向，東北側下陷，西南側上升。上下斷距，最高達十八尺者然，平均約僅二尺。且有水平移動，東側向北而西南側向南。平真移距三至六尺，然最多能至十二尺，又有二村陷下成地，積水頗深，面積二平方公里。又有一蓄水池，爲一斷層裂爲兩半，大震之後，繼以餘震。地動計所記二十九日有三百十八次，三十日一百七十三次，三十一日一百二十六次，十一月一日九十九次，烈度與次數均以次遞減。總計大震後之餘震，五個月間，共得二千五百八十八次。閱五年，至一八九六年（明治二十九年）八月三十一日，陸羽復有激震。惟其震前約六小時先有小震，一若預爲警報者，故人有戒備，死者較少，僅一千人。三十三小時前，磁力大變。亦爲預兆。震後發生二大斷層，一長六十公里，一長十五公里，皆東北西南走向，上下斷距六至十尺。

六 印度大地震

一八九七年六月十二日印度北部亞桑 (Assam) 地震，一二秒鐘前先聞地鳴如雷，旋即大震。十五秒鐘之間，頓成鉅劫。災區之廣，約四十萬平方公里。受震區域之總面積，則為四百五十萬平方公里。自有記載以來，所未有也。經印度地質調查所調查甚詳。震時地面起伏如浪濤向前進展，人覺眩暈欲嘔如病船者，且有旋轉運動。地生裂縫極多，大致與山向平行。泥水涌出，有時激射頗高。間有泥炭腐水，隨而噴出。有一種黑泥為前所未見，噴出之物，往往積成扁平圓錐形小邱。新發生斷層中之最大者，為 Oledrang 斷層，長十二英里以上，上下斷距有高至三十三尺者。斷層線約與一河流平行，而與其屈曲相交，故上升之部成為急湍，下降之部瀦為沼澤。地盤升降更有明顯者，有數處小山，為他山屏蔽，遠望難見者，震後忽可望見。測量標點，震後重加測定，其高度及地位均有與原測相差至十餘尺者。大震之後，建築物殆全數盡毀，且一星期內數有餘震，烈度亦殊不弱。嗣後雖漸平靜，然猶鳴聲時作，如聞遠雷。

七 美國大地震

一九〇六年四月十八日，美國桑港 (San Francisco) 地震，為北美洲震動最劇研究最詳之

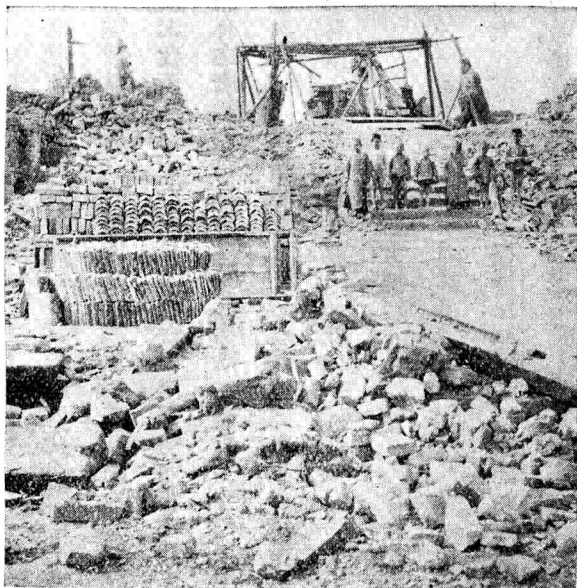
震。晨五時，激震驟起，繼續約一分鐘始漸輕落。復有餘震，數日始已。地震發生於沿岸斷層，此斷層西北東南走向，平行於加利福尼亞海岸，延長約四百英里。此蓋先有斷層，後生地震，與前紀各地先有地震後見斷層者有不同也。地震原因即在斷層各部繼續移動，有形迹可以證明者計長百八十英里。大致西南部上升，而東北下落。西南部向西北移進，而東北部向東南移動，蓋上下動與水平動兼而有之者。然震災最烈之地則另成二直線：一，平行於上述大斷層而在其東北；二，作東北西南走向，經過桑港，殆為新發生之斷層。震時微聞鳴聲，建築物多受傾毀破裂，且以水管破壞，火災蔓延，灌救未易，損失尤大。統計受震範圍，計有一百萬平方公里。

八 中國甘肅大地震

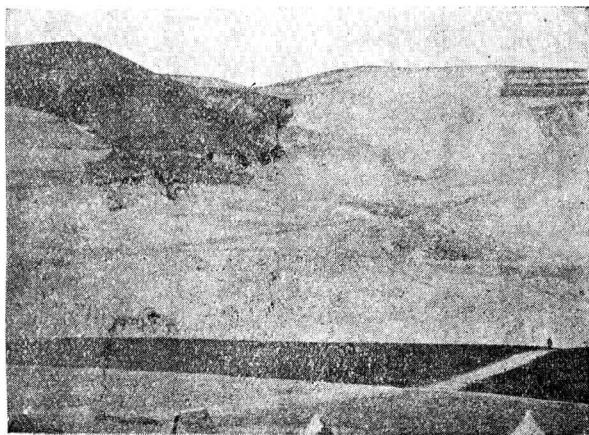
一九二〇年，即民國九年十二月十六日，甘肅地震為中國自行實地調查之始，亦即中國近代最大之震災最重者。在海原，原固，靖遠，隆德，靜寧，通渭之間，而尤以海原固原間為最烈。鳴聲如雷如礮，復有大風塵霧。是地一帶黃土最厚，地震之後罅裂遍地，崩塌極多。崩塌之土有長三四千尺，闊一二千尺，高四五百尺者多處。崩下處傾覆房窰，掩埋人畜，衝瀉所至，又復積聚於數里之外，壅成邱

地震

第一圖 甘肅震後之打拉池東嶽廟



第二圖 甘肅震後會寧靜寧間之山崩地裂



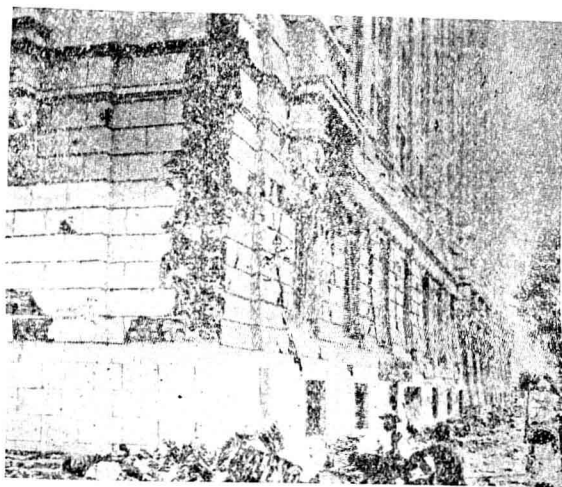
陵。所過之地，河流壅塞，道路衝毀。公私團體僱工濬修，幾及一年。震中區域內，土房窰洞一律塌平，即磚築牆垣及建築較固之衙署祠墓等，亦受重大損壞。據官書報告，甘肅各縣共死二十餘萬人，陝西亦死二千數百人。其中因地震之後，救濟遲緩，壓埋或饑寒而死者，當不在少數。震動範圍延及甘、陝、蜀、鄂、皖、豫、晉、燕、魯、察、綏、青海等十二省區，面積約一百七十萬平方公里。十六日後，震中區域內日有數震，或數日一震。間或有聲隆隆。習聞不鮮。迄十年十一月末，固原餘震人所覺察者，共三百零九次。其中物搖人驚較大之震二百零四次。十一年八月，又有較烈之震，最近（十二年）九月三日晚九時，又以鉅震見告，蓋餘震猶未已也。

九 日本東京大地震

最近（一九二三年九月一日）日本東京橫濱一帶之震，爲時未久，調查報告尙須有待，大略可以預記者。是日午前，卽有狂風濃霧，將及正午，地震驟起。同時電線漏火，水管洩水，五六小時內，日本最繁盛最重要之東京橫濱橫須賀三處，頓遭浩劫。橫濱震勢聞尤激烈，益以海嘯，災情尤鉅。就今所知，東京死亡者，達八萬四千餘人，（人口總數二百八十餘萬）橫濱死傷四萬左右。地震中心約



道軌車電後震地濱橫本日 圖三第



狀景後震社會船郵京東本日 圖四第

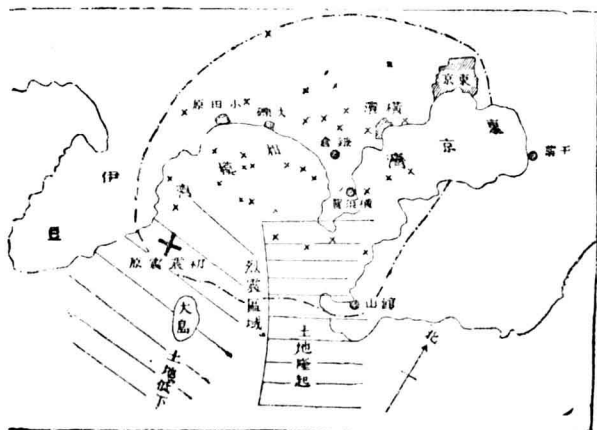
在相模灣外，大島附近之海底，居於館山及伊豆半島之間。館山附近海底隆起，而大島附近海底下降。其間似有一斷層焉，餘震漸少漸小。地動計所記，一二兩日共三百五十餘次，三日二百八十九次，四日一百七十三次，五日一百四十八次。

本章所述於世界重要地震，具體之事實可見一斑，下章則將更進而述系統的研究焉。

參考書

(1) Charles Lyell's Principle of Geology Vol. II, 1987.

(11) Ed. Suess: La Force de la Terre Vol. II, 1987.



圖五第 最近日本地震區圖

(三) 大森房吉『本邦大地震概表』震災豫防調查會報告。

(四) R. D. Oldham: Report on the Great Earthquake of June 12, 1897, Mem. Geol. Surv. India, 1899.

(五) A. C. Lawson: The California Earthquake of April 18, 1906-1908.

(六) 翁文灝民國九年十二月十六日的『甘肅地震』科學及謝家榮民國九年十二月『甘肅及其他各省地震情形』

地學雜誌。

(七) 順天時報十二年九月二十三日臨時增刊。

第二章 地震研究

科學研究之目的，在推究事物之真相，及其發生之原因。然現象錯綜，原因複雜，有非直觀可得一覽無餘者，則必先詳細觀察，精密測驗。多所比較，得其規律，而後真相與原因乃可得而言。若不從眼前事物，實在觀察，而遽遠探原因，或於繁賾現象，不加剖別，不加比較，而籠統歸納，則所得結論，必無一當。吾國人之對於地震，雖記載之古冠於環球，而研究之者，除漢張衡外，無一能從實際觀察入手。但知附會陰陽五行之說，假爲天人感應之言，荒謬空虛，殆越常理。時至今日，猶少專門研究之人，絕無自設測驗之器。謠言宣傳，舉國驚駭，斯可慨矣！

歐西地震學萌芽於文藝復興之時，發達於十九世紀之季，至今文明各國，莫不各有專任機關，常期研究。每遇大震，尤必實地調查，詳悉紀錄。雖目前地震學之程度，猶未能事先確報使人知趨避，或臨事防止使地勿動搖，一若少裨實用。然此皆原因繁複，研究尙多未盡之故，更應急起直追，期有

進步，固未可諉爲無用，遂廢研究也。研究之方法及結果，非專籍不能盡。茲儘篇幅所容，述其要點：

一 地震之烈度

地震烈度 (intensity) 有強弱之不同，欲爲比較，須有標準，最通行者爲一八八三年意大利羅西 (Di Rossi) 及福來 (Forel) 二人所定，卽名爲羅西福來氏地震表，其詳如下。

- 一、不覺。
- 二、少數靜臥者微覺之。
- 三、多數靜臥或靜坐者覺之，時間方向約略可辨。
- 四、行動者亦覺之，懸物動搖，門窗自開，地板窗格鳴響。
- 五、人人皆覺，家具及牀搖動，懸鈴有自鳴者。
- 六、睡者驚醒，燈光搖動，掛鐘有停者，樹木有搖動可見者，居人有驚恐外逸者。
- 七、桌上物件有傾覆者，牆上石灰有墜落者，公用大鐘自停，無論何人均受震驚。
- 八、煙突有傾覆者，牆壁有裂縫者。
- 九、房屋有傾倒者。
- 十、損失鉅大，地翻石裂，山谷應聲。

此項標準自非完全精密，卽如四五二級，往往難別。七八九級亦視各地建築物之構造及材料爲轉移，未易概論。然其所用標徵，均爲常人易見易知之事實，故調查不必專材，探訪易於周遍。用者之多，殆卽以此。然是表之缺點，尤在於地震微弱之地分別甚詳，而於震動劇烈之地則級次太少。用

之於鉅大地震輒見窒礙，故一八九七年意人梅卡里（Mercalli）更創一表如下：

一、微震人不能覺。二、甚輕震，甚少數靜坐者覺之，樓上較易。三、輕震，少數人覺之，不恐慌，經他處報告，始確信地震。四、中震，屋內覺者多數，屋外少數，器物微動，板地或響，懸物稍動。五、重震，屋內人皆覺之，屋外多覺之，睡者驚醒，少數人驚逸，搖鈴鳴，時鐘停，懸物搖。六、甚重震，人人皆覺，恐慌爭出，器物墜落，不堅固之房屋稍有損傷。七、極重震，鐘鳴，煙突倒，屋瓦落，多數房屋稍有損傷。八、破壞震，少數房屋毀壞，多數重損，少數人受傷，無死者。九、災震，少數房屋全毀，多數重損不能復居，人煙稠密之處，死人頗多。十、大災震，多數房屋毀壞，人口多數死亡，地裂山崩。

上二表互相比較，則以羅表之第四五級并爲梅表之中震，梅表之災震大災震二級係自羅表之第十級分出，此外大致相同。而梅表分配自較均勻，故現時用者漸多，惟各地情形，極難一致。就中國情形而論，黃土高厚之地，裂縫甚易，梅表第六七級之地已能有之，不必皆爲大災震之特徵。又吾國所謂山崩者，未必盡屬全山崩塌。凡巨石墜落，山崖傾頽，以及沙土倒瀉，皆得謂之山崩。天然風化作用，往往足以致此，不必盡爲地震影響。卽爲地震所發生者，亦不必盡在烈度最高之地。又房屋建

築，各地不同，中國房屋頗少耐震，土窰泥壁，傾覆尤易。至如人口死亡之多少，既在於原來人口之稀密，又在乎房屋構造之良否，且亦視地震發生時間之早晚，預兆之有無，逃避之難易，震後火災水患之有無等種種情形而異。此皆當分別觀之者。要在斟酌情形，折中分畫，庶足以資比較耳。

羅梅二表尤有共同之缺點，即其所用標準均從實驗選定，并無力學根據。烈度級次之高低，與動力之大小，並無一定比例。一九〇二年日本大森房吉氏，始本力學原理，證以實際觀察，列為標準，特適於日本情形，茲不具列。一九〇三年，意人康卡尼（Cagnani）又就梅卡里表稍為修正，復加十一、十二二級，以表示烈度最高之震。

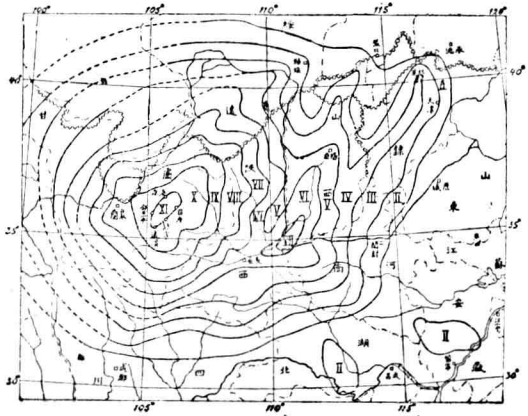
各地地震現象，按一定之標準，取一適當地圖，就其烈度相等之各點，界以一線，名為等震線（*isoseismal*）。二線之間，名為等震區。等震線大抵近於同心圓形，其中心點即為震中（*epicentrum*）。烈度最高之處，亦即震動發生之地也。若震中限於一點，而地殼構造各點相同，則等震線全為同心圓形。實則震中面積，有時不止一點，往往成一帶形。而地質構造尤隨在而異，故等震線亦往往極屈曲變化之致。然其間自有原因，可以解釋，迥非偶焉而致也。例如第六圖係根據三百數十縣之報告，

證以實地考察，依羅西，福來之烈度表，分畫等震線，復於烈度最高之區仿康卡里氏之意，添列第十一級。閱圖可知震中在於固原，海原，會寧，靜寧之間，其地自有歷史以來，原多地震。等震線之形狀有可注意者，汾河，渭河之間，以及沿太行，山東麓，烈度比較加重。蓋其地皆有地質上原因，向為發生地震之區故也。

二 地震之頻度

在一定地方一定時期內計其地震次數，是謂頻度 (frequency)，根據頻度而為統計的研究，一可以知各地地震之多少，二可以推地震發生之週期。總而言之，欲以此進求地震時與地之分布而已。而地震與他種現象之關係，亦往往不期而獲，故

圖震地肅甘年九國民 圖六第



有名地震學家如 Perry, Mallet Milne, Davidson, De Montessus de Ballore 及 大森房吉 諸氏，皆於此特爲注意。

欲爲此項研究，歷史記載實爲至可珍貴之材料。蓋科學的地震觀察，不過始自十八世紀之中，而此類推論實非有極長之觀察時間不足徵信。故研究取材，不得不注意於以前非科學研究的歷史記載。此類記載，中國始於三千六百九十年以前（夏桀五十二年）；印度始於二千八百十七年以前；日本始於一千四百零七年以前（允恭天皇五年）；泰西基督教聖經屢紀地震，希臘羅馬古 著者亦多所論述，法人罷羅（De Montessus de Ballore）氏搜集研究世界各國古今地震，多至十七萬次。其世界地震分布之學說，卽以此爲根據焉。

地震在時間上之分布，有無一定週期，理想上尙未證明有此必要，然學者研究則輒傾向於寧信其有之態度。先就比較的長時言之，例如 Tolar 及 Gauthier 氏嘗計算中國地震分爲三期。第一期自西歷紀元一年至六三三年，得四百十三例。第二期自六三四年至一二六六年，僅得三百七十五例。第三期自一二六七年至一八九九年，共得二九三五例。第三期地震最多，固由去今未

遠，記載較詳。而第一期反較第二期爲多，則頗似由盛而衰，出於自然。質言之，或誠有六百餘年盛衰更迭之週期，現時則已入於較爲平靜之時代矣。復就各省分別計算，則衡以此律，十九省中驗者十_一，殆非盡出偶然乎。日本地震據震災豫防會研究，就東京論，自九世紀至十三世紀爲比較平靜時代，十四至十六世紀震動突然加多，十七至十九世紀又復大減，二十世紀始又入頻繁時期矣。

各地地震頻度至不一律，列之於圖，可以表示地盤動靜之分布。參觀後附第十二圖表示自一八八五至一八九〇共六年間日本各地地震頻度。於焉見東京一帶適近頻度最高之區，本年九月一日之大震，不可謂非久在意計中矣。

大震之後，往往餘勢未盡，小震時作，是謂餘震 (after shocks) 測以儀器，每日往往以數十至數百次計。日本大森氏對於餘震研究最詳。嘗證明 (一) 地震頻度隨氣壓爲升降，(二) 每遇日月經過子午線時地震頻度較大，(三) 每月日月與地球成一直線或日月成九十度時，地震頻度較大。但在海底發生之地震，則惟日月地成直線時，頻度最大。以上亦卽爲地震與潮汐之關係。

大震後之餘震逐漸減少，其間似有一定規律。試以時間及餘震頻度爲二標軸，橫爲時間，縱爲

頻度，則所得圖形適爲雙曲線，而可以下列公式表之。

$$y = \frac{k}{1+x}$$

公式中 y 爲頻度， t 爲時間， k 爲常數，每次大震分別測定。據此計算，則每次大震後雖數年後之餘震皆可推定。大森氏以此方法研究一八五四年（安政元年）伊勢地震，一八九一年濃尾地震，一八九〇年（明治二十七年）根室釧路地震之餘震，計算結果與實測頻度皆大致符合。例如濃尾餘震，據大震後首五日之測定，以推算第七八年之頻度，所得爲八五及七五，其和爲一六〇。實測結果爲一〇一及六二，其和爲一六三。雖不中要亦不遠。然則大震之豫告，雖尙難能，而餘震之豫測亦既已有其途徑矣。此固近代科學研究之成效也。更進而求之，夫安知大震豫告之必不可能乎？

三 地動計之應用及震波之研究

欲精觀察必有儀器。研究地震之儀器，總分二類。僅能於地震時受動報告，以助人身感覺所不

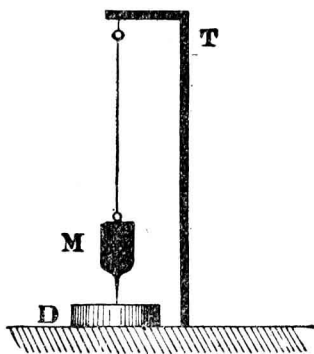
及者，曰地震儀 (seismoscope)。中國東漢順帝（永和元年）張衡所造之地動儀，殆為世界此類製作之最古者。不但能感震動，且能分別方向。嘗一龍機發，而人不覺震，京師學者怪其無徵。數日驛至，果震隴西，於是皆服其妙，此類是也。近代科學則更進而求為震波徐疾大小，以及震動方向遠近之研究，其所用為 seismograph，或曰 seismometer，姑從日名譯之曰地動計。地動計之製法，其式不一，現代所用者有米爾納 Ewing，大森，Wiechert, Galitzin 諸式。詳細構造，非



第七圖 張衡地動儀

茲所有事。其報本原則，在利用物質惰性。蓋欲量地之動作，必須有一不隨地動之物以爲比較。此不隨地動之物，既不易求之於地球之外，而不得不求之於地面之上，惟有利用物質之惰性。例如第六圖T爲鐵架，固裝於地，M爲一百公斤重之鐵錘，懸於T架，M下繫一小葦，輕觸於P板之上，地震時，P T皆動，而M則僅有一絲之繫，因其惰性，仍留原位。其比較的關係，宛如P T不動而M獨動。所有動狀悉記於P板之上。此地震計之根本原則也。然如是所記，將使時間上繼續之複雜動作，悉記於P板一偶，所得結果，必難清晰。改良之法，一在將受記之P板改爲圓軸，以一定之速率，自行旋轉。則M下小葦之所畫，隨畫隨捲，逐漸展開，不至重疊。且可由圓軸旋轉之速率，測定其震動之徐疾，及其繼續之久暫。

二在將儀器之動作限定於一定方向，然後於同一地方，設置三器，一記南北移動，二記東西移動，三記上下移動，或於同一器上，能設有記此三種移動之裝置。則無論如何複雜之震動，皆被分爲三種

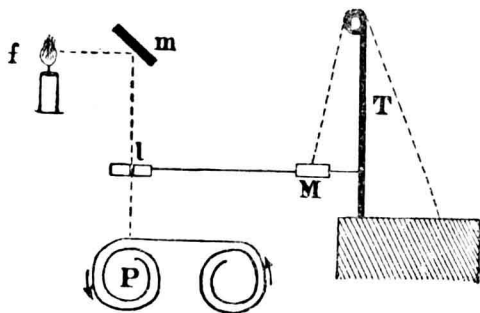


計動地之單簡最 圖八第

互相直交簡單之震波。而既知此三種直交震波；則依力學方法，即不難推想原來複雜之震動。三震波之震幅大抵甚小，故宜設法放大，例如第七圖，T 架固裝於地。M 鐵塊輕懸於 T 架，復繫一水平槓杆，杆端有板 l，中有小孔，m 爲鏡，f 爲燈，P 爲自行車轉之照相紙，f m P 皆與 T 架共同固築。地動時全架均動，惟 M 因惰性而遲留。動度爲槓杆放大，而留影於 P，諸式地動計原理，大抵如此。不過就機械的裝置，以及如何而使震波紀錄格外明顯，如何而使儀器動作格外精密，力求精善，而製造方法有所不同而已。

如上地動計所記之圖，名曰震波圖 (seismogram)，如

第八圖。研究震波有二要點：一曰震幅 (amplitude)，即每一震動往返最遠之距離也；二曰週期 (period)，即每一震動往返之時間也。震幅以公釐計，震幅愈大震動愈強，週期以秒數計，週期愈小



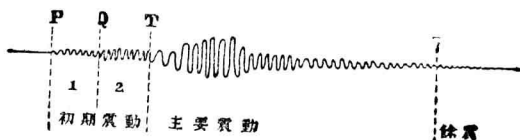
種一之計動地 圖九第

震動愈速。

震波圖之形狀，雖每次地震或一次地震之各地所記各不相同，要而言之可分三部。由靜止狀態而開始震動者，曰初期微動 (preliminary tremors)，如第八圖之 P T 一段。其間又分爲二段（如圖 P Q 爲第一段，Q T 爲第二段），此二段性質頗有不同，說明見後。二曰主要動 (main waves)，如第八圖之 T S 一段，震幅大抵較大。如在大震，人所覺察者，即在此部。三曰尾震（與餘震不盡同）(end, tails)，主要動後漸次微弱緩慢之震也。

雖在表面上烈度甚強之地震，而地殼分子之移動，實並不甚大。震幅在一二公釐以上者，已人人皆覺。在十公釐以上者，已能有破壞作用。在二十以上，則必成災震矣。一八九二年日本濃尾大震，其水平震幅，亦不可十五公釐也。然破壞作用不僅在震幅之大小，而亦在震波週期之長短。週期愈短者，破壞力亦愈

大，惟初期微動第一段大抵在半秒以下，震幅極微不出一公釐，故其影響不顯。主要動則日本東京



第十圖 地震波之圖形

中央氣象臺統計三百三十二次地震之最大水平震幅爲二至二十公釐，其相當之週期則自零至二分。

地動計之製作既日益精密，其覺察之範圍亦日益推廣。一地震動，全球之地動計莫不各有感應，誠有牽一髮而動全身之概。不特此也，遇有大震，其影響遠及於通過地球直徑之對蹠點，且更由對蹠點之震，復還以影響於原出發點焉。

震波圖之研究尙有一重要效用，卽由此計算地震中心距地動計所在地之遠近是也。計算之法不一，較爲通用者係大森氏之法，根據於初期微動時間之長短，與震中與觀察點之距離有一定關係。距離愈遠，則初期微動之時間愈長，計算公式如下：

$$x = 7.27 y + 38$$

x 爲距離之公里數， y 爲初期微動第一段延長之秒數。此公式僅能適用於較短距離，如距離在二公里以上時，則改用下式：

$$x = 6.54 y + 720$$

距離既已測定，則但循震動所起之方向，計其遠近，即可推定震中所在。即使方向或難確定，但有二以上之觀察點，亦可各就所知遠近，用測量術中之交切法以切得之。此地震學者所以能不出戶而知天下地震之所由起也。

四 地震之震源及震波之傳布

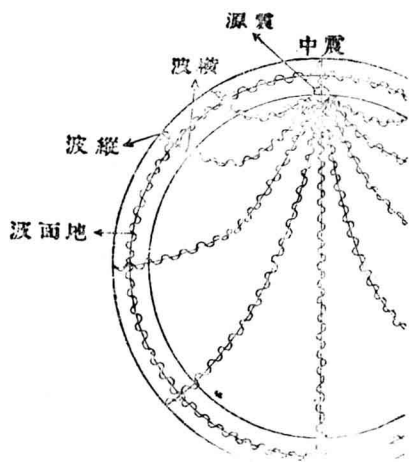
所謂震中 (epicentrum) 者，但指地震區域之中心而言。然震動之發生不在地面，而在地下，此地下發震之點名震源 (focus 或 hypocentrum)，震源之深淺測定頗為不易。英人麥來氏嘗有從牆壁裂縫之方向，以測定震源之法，結果甚少把握。自地動計發明以來，計算漸趨精密，但仍各有缺點，未能完全一致。如 Dutton, Seebeck Schmidt 及大森諸氏，均各有公式。其詳細理論，非茲短冊所能盡述。論其結果，如一八八六年八月三十一日美國嘉爾斯格 (Charleston) 之震源深度，Tanosy 氏得一百零二公里，Dutton 氏得二十九公里，同一地震而得數深淺相去之遠如此，其難可見。然就大多數測定結果，震源深過一百公里者，殊極少見。即六十公里以上，亦大抵以為可疑。普通結果，多在五百公尺至三十公里之間。方法愈精密，則得數愈不出此範圍。此結果頗有重

要意義。蓋地球石殼之厚，不過數十公里。石殼之下內熱增高，物質鎔融，今震源之深。既尙未超過石殼之厚，可見地震，原因實在石殼之內。爲地質學研究直接所能及。

法國地質學家 von Lasaulx 氏嘗有估計震源深度之簡單規則曰：地震之烈甚度大而範圍甚小者，則其震源淺。反之其烈度不大而範圍甚廣者，則其震源深。此雖未能精密測定，而大略之比較標準，固無以易矣。

震波發動於震源，而傳播於四面。震中者，不過地面上接此傳播最先，而受震最烈之點而已，環震中之地面各點，自莫不依次而受影響。

震波可依其波動之性質而分爲二種：（見第九圖）一曰縱波 (longitudinal waves)，卽由震源與觀測點連絡之方向而震動者，換言之，卽波動與傳布同一之方向者；二曰橫波 (trans-



布傳之波震 圖一十第

verse waves), 即波動之方向與傳布之方向互相直交者。此二種震波皆循同一方向而傳布。如觀測點距離較遠, 則震波傳達必須經由石殼以下之地球內部。其傳達於震中之對蹠點者, 且必須循地球直徑而進行焉。此外又有第三種震波, 曰地面波 (surface waves) 者, 則沿重力之方向而震動, 直交於此而傳布焉。

以上三種波動, 其傳布之速率 (即每秒鐘進行之公尺數) 各不相同。縱波最速, 橫波次之, 地面波最緩。地面波之傳布速率為每秒二千八百至三千八百公尺, 視其經過之地殼巖石而稍有上下, 但與觀測點至震中間之距離無關。縱波及橫波則觀測點至震中間距離愈遠者, 其速率亦愈大。縱波速率自七千至一萬四千, 或且至一萬六千公尺 (平均每秒十公里)。橫波速率自四千至八千公尺 (平均每秒五公里)。地動計所得之震波圖, 初期微動之第一二段, 為即縱波與橫波影響之所致, 主要動則為地面波之所致。觀察點距震中甚近者 (例如在二百公尺以下), 則縱橫二波幾同時傳達, 初期微動殆無段落可分; 觀測點距震中愈遠者, 縱橫二波速率大小相差愈多, 則初期微動之延續時間亦愈長。若觀測點在震中之對蹠點, 則震源發動後縱波約歷十五分鐘而始至, 橫

波約歷二十六分而始至，地面波則約歷三十五分乃至五十分而始至焉。

按力學公理，波動傳布之速率與傳布此波動之媒介物質之彈性有關。媒介物質之彈性愈強者，其傳布波動也愈速。彈性愈弱者，其傳布波動亦愈緩。地震震波（縱橫二波）之傳布，在觀測點距震中愈遠者，震波之經過地球內部也愈深。而實驗結果，既知震波之經過地球內部愈深者，其傳布之速率愈大。由是可見地球內部之彈性。在一定限度以內愈深愈大；且縱波之傳導速率，既較地面波大至三倍乃至四倍以上，更可見地球內部之彈性，較之地殼巖石，實相去頗遠。其成分或其物理狀態，必當迥有不同。試以吾人經驗所及之物質，假為比例，則地內彈性至少當如上等鋼鐵。故由地震之研究，而使吾人得以推想及於直接觀察萬不能及之地內狀態。科學理論之意外創獲，大率類是。關於地球內部之推測，除震波速率外，尚有地球比重及內熱各問題，須互相參證，稍出茲編範圍，皆不備述。

參考書

(1) Daijoku Kikuchi: Recent Seismological Investigations in Japan, 1904.

(11) De Montessus de Ballore: *La Science Sismologique, — Les Tremblements de la Terre, 1907.*

(12) W. H. Hobbes: *Earthquake, 1907.*

(13) J. Milne: *Earthquakes and Other Earth Movements, 1913.*

第三章 地震原因

地震何由而起，此問題雖屬專門研究之事，而亦爲人人所欲知。惟其爲人人所欲知，遂發生多數穿鑿附會之解說。其中有明明謬妄，而深入人心，猶多信之者。又有視若可信，而尙無確證者，又有確有證明，而尙待繼續研究者。茲分別述之。

一 古代之地震解說

地震原因各國古代皆有迷信的解說。蓋人類思想之進步，殆有其必經途徑。神話思想，各民族皆未能免也。中國俗說以爲有鯢魚戴地而伏，魚身稍動，卽生地震。日本或以爲蜘蛛，或亦以爲巨魚。印度以爲鼠類動物。南美有稱爲鯨魚者。北美土人以爲大龜。小亞細亞之西部，海岸古時名海神爲 Poseidon，亦卽以爲地震之神。基督教舊約書，屢言地震，且多歸之神怒。巴比倫及希伯來人以爲天覆於地，而天上地下皆爲水所包圍。地震時地裂水涌，若足爲其證明。希臘哲學家猶有持此說者。

紀元前四世紀希臘大哲亞里士多德氏觀察地震，以爲山洞較多之地，地震亦較多。地震之前，空氣每覺有異。地震作聲時，往往聲先於震。因主張地爲震地下空隙所儲之氣，噴洩外出之所致。此殆爲火山學說之始祖。至十八十九世紀之間德國地質學家洪波德（von Humboldt）等研究各處地震，知火山噴發之前，大抵先有地震。然火山區域之地震雖多而較弱，無火山區域之地震則往往雖少而特強。因以爲火山噴發，地氣已洩，故震動弱。未有火山之地，內力壓積，故震動強。此其實實觀察，固不甚謬。而其理解則猶不免遠襲亞里士多德之影響，而強併地震火山爲一事。雖至今日，普通觀念猶每遇地震必問火山，其中於人心者不可謂不遠矣。至火山與地震之分別，當於第三節中詳述之。

吾國對於地震原因之解說，多不求之事實觀察，而爲哲理論斷，綜加類別，可分二說。一曰人事論，其導源甚古。周幽王二年，地震，三川竭。伯陽甫曰：『周將亡矣。天地之氣不過其序，若過其序，民亂之也。陽伏而不能出，陰迫而不能升，於是乎有地震。』此言殆爲人事感應之所祖。以後論地震者，屢爲引徵。歷代史志且往往附會事實，列舉其感應之端。時而謂宦寺擅權，時而謂女謁用事，時而謂政

教不明，時而謂盜賊將作。自相矛盾，習焉不察。更有斷定季候之關係者，如京房言：『地動以冬十一月者，邑大喪及饑亡。地冬動有音以十二月者，其遇有行兵。地以春動歲不昌。』此真所謂信口妄言，毫無一顧之價值者矣。一日存疑論。唐史五行志序有云：『蓋王者之有天下，順天地自然以治人，而取材於萬物以足用。萬政得其道而取不過度，則天地順成，萬物茂盛，而民以安樂，謂之至治。若政失其道，用物傷禾，民被其災而愁苦，則天地之氣慘，三光錯行，陰陽寒暑失節，以爲水旱，蝗螟，風雹，雷火，山崩，水溢，泉竭，雪霜不時，雨非其物。……此天地災異之大者，皆生於亂政。而考其所發，驗其人事，往往近其所失而以類至。然有時推之而不驗者，豈非天地之大固有不可知者耶！……夫所謂災者被於物而可知者也。……異者不可知其所以然也。……而後世猶爲曲說以妄意天，此其所以爲不可傳也。』明史五行志序有曰：『天道遠，人道邇。逐事而比之，必有驗有不驗。至有不驗，則見以爲無徵而怠焉。』此皆明知附會事應之無當，然猶不敢明棄之者。夫天下事理，不真卽妄。理如果真，必無不驗。旣知不驗，卽不可信。而猥曰不可知，曰天道遠，是其對自然現象，非明知其妄，故爲曲說以惑世。卽委爲難知，姑從流俗以阿世。若其積極的誠心的而求有以瞭解其真相者，蓋未之有焉。此吾國自然

科學之所以不振也。雖然古代天然現象之記載如地震星隕日月食等，皆爲近代科學研究極可珍貴之材料。而於地震研究爲尤甚。蓋地震之來數年數十年或數百年乃一見之。欲爲時地分布之研究，必須有長時代之統計。中國地震記載，雖主觀動機，頗涉虛妄。而客觀事實，則十九可信。善爲利用，卽大有價值。而此材料之所以能保存至今者，則五行祥異迷行之功也。自明清以來，不但著之國史，且省府州縣各有專志。數百年來天然現象記載之完備，實爲世界各國之所無。文化貽留，良足自矜。今者新學漸行，迷信漸祛。吾知必有謂此等事實之無關學問者，必有以五行災祥之完全可刪者。則大誤矣。竊以爲吾國史志事業，必須繼續。然時勢所趨，觀念頓異，則記載方法自可改良。如五行祥異可改爲天然現象，而尤應利用近代方法以爲精密觀察。不特以資掌故之談助，實大足以助科學之發達。吾國古代之有史志，殆猶近世各國之設所謂某某觀測所，某某調查所也。不知各採所長，而彼此互相輕蔑，以圖破壞焉，斯害也矣。

二 地震以外之地震解說

地震明爲地質現象，而究其原因者乃往往遠求之地殼以外。此固學者好奇，而新理亦往往藉

以發明。茲述數端，以示其例。

地震與緯度變遷之關係 地球南北軸線，並非絕對固定，而實稍有變移。因之各地緯度，亦隨之而變。米爾納氏最先發見柏林緯度增高，即日本緯度減低最速之時，日本大地震亦最多。其後地震學者屢有研究，皆證明破壞震之發生，大抵與緯度之劇變同時。說者謂因地球內部物質有所移動之故。

地震與地磁之關係 地球磁力各處不同。以各地磁針扁斜及傾斜角度之同價值者，各聯以線，而繪之於圖，則各地磁力之分布可以一目瞭然。地震前後磁力之分布，往往有異。意大利印度皆數經研究，然至今猶未得確定規律。

地震與電氣現象之關係 米爾納氏研究日本東京地震，發見空氣中電象驟變時，往往發生地震。然確定關係至今不明。

地震與天文現象之關係 日中黑子北極微光等或以爲與地震火山均有關係，有時亦有若暗合者。如中國地震似有六百餘年之週期，似與日中黑子之週期同。然 Tobar 與 Gauthier 11

氏亦未敢以爲確已證明，地震學家中有謂月球吸力，發生地震者。其意以爲地殼之下，包藏高熱液體。月球吸力使此項液體發生一種地內潮汐。地殼受其打擊，故生震動。然現在已由數方面證明地內溫度雖高，仍爲固體，且極堅實。則內潮之說已失根據。就實際觀察言之，如印度日本研究餘震頻度與月期之關係，所得規律，雖似若有定，亦復有驗有不驗。故皆尙難成立。

地震與季候之關係 歐洲古時有一種普通思想，以爲地震以夏時爲最多。故紀元六十三年二月五日 Campania 之震羅馬哲學家 Sénèque 驚爲異事。然 Pliny 則又以爲地震在春秋二季爲多。至十九世紀地震學家如 Perry 者則又以冬季最多，夏季最少。 Davidson 等根據六十二國二萬餘次地震之統計，所得結論，爲緯度四十五度以上地方，冬月（十至三月）震多，夏月（四至九月）震少。緯度四十五度以下地方，則其律不著。然此結論亦未有正當說明。試求其故，或因緯度較高之地，冬季較冷，人多室處，覺震較易。此乃紀錄有詳略，非地震與季候果有實在關係也。

地震與氣壓之關係 此項關係，研究極多。地震學家自始即孜孜於此，若先深信其必有關係者。 大森房吉氏嘗以統計方法，欲證明氣壓加重，則地震較多。然大震前後，往往大風，則亦可謂爲氣

壓減低，能生地震。蓋地外之壓力較輕，則地內之震力發動較易，理亦可通也。既屬兩可，其不能成爲定律也可知。又有謂大風暴能生地震者，狂飈所過，屋宇爲搖。地生微震，事誠有之。然此非真所謂地震也。震波圖中甚易分別。

地震解說之所以如此紛歧錯出者，推原其故。蓋由於地震研究多爲氣象學家所兼事，而以爲氣象觀察之一端。故推究所及，亦輒與天空現象相比附。比附方法，不外以多數統計，彼此相參。在此等萬變不窮之現象，挾有成心者，往往易見暗合。此類結論，誠亦有一時一地，確已證明者。然欲推之全球，懸爲定律，則恐尙無常。何也，蓋地震之真原因，固不在此也。

三 地質學之地震解說

前已言之，求地震原因於地球本體，則首促注意者卽爲地震與火山之關係。然火山噴發不必地震，地震地方更不常有火山。一九〇一年 *Mont Pelée* 火山之噴發，其猛烈爲世所稀有，而並無地震發生。大地震如中國之甘肅，印度之亞桑，美國之桑港，又並無火山。卽地震與火山並多之國，如日本與意大利者，其重大地震如意大利卡拉李里亞之震，日本江戶濃尾，以及最近東京橫濱一帶之

震，亦明明並非因火山噴發。其因火山噴發而震動者，則皆動搖不烈，而傳播不廣。由是觀之，火山誠能發生一隅之地震，而地震決非盡爲火山所發生。地震之大者，尤更與火山無關。故地震與火山決爲獨立現象，此爲無量事實所已證明，毫無疑義，而可大膽的介紹於一般社會以爲常識所必備者也。

歐洲東南小地震頗多地質觀察不難確見其爲洞穴傾塌所致。例如捷克一帶（舊奧屬）石巖分布極廣，成爲所謂 *Karst region* 者。石灰巖之成分，爲灰酸鈣。潛水浸潤，漸被溶解。細微裂縫漸成洞穴。行之既久，下部空虛，不能支持，則頂部忽而崩塌，地面即受震動。然洞穴深度極有限制，最深不能在潛水面之下。故震源勢必極淺，離地面最多不過數百公尺，淺者或僅數公尺。震源既淺，則震動之傳播不遠，故雖震中附近震或甚烈，而相距稍遠即無影響。且不特洞穴塌陷而已，有時因風化作用之結果，山巖崩墜，土塊傾倒，亦往往使地盤稍有動搖。若此者皆謂之崩場地震。要皆導源浮淺，傳布偏隘，不足以概地震現象之全體，則明甚。

確定真正地震之原因者，殆奧國地質學大家修士 (*Ed. Suess*) 乎？修士先從詳研奧匈意三

國之地震人手，而其注意所在，獨重於地質構造之關係。自一八七三年以後迭有重要著作發表，而研究地震者遂於儀器觀測歷史統計之外，新闢一燦爛光明之途徑。海納斯 (Hoernes) 從其說，乃分地震爲下列三大類，至今無以易焉。

三類惟何？一曰崩場地震，二曰火山地震，三曰構造地震。前二類向既言之，在地中現象中僅爲一部份之特例。而第三類則普通注意之大地震（如第一章所舉諸實例）皆屬之。在地震研究中，當居最重要之位置，蓋無疑焉。

何謂地質構造 (geological structure, tectonic) 欲明其義，須略涉地質之門徑。高山巖石，內藏螺蚌之殼，因是可悟『此石卽舊日之土，螺蚌卽水中之物，下者都變而爲高，柔者都變而爲剛』。由化石而推想及於古今水陸之變遷，唐顏真卿，宋朱熹，均已早經見及。近代科學則更近而細別化石之種類，以推定其生活之狀態。詳研其演化之程序，以分別其時代之先後。於是地層與地層間時代之先後，既以大明。而各時代間海陸深淺之狀態，亦瞭然可數。從一地最下之層，以迄其最高之層，而各詳其變遷之歷史，是曰其地之地史。綜合各地之地史，而比較而貫通之，則爲世界之地史。地史

時代由其動植物之有無及其族類之演化，分爲太古代，元古代，古生代，中生代，新生代等。人類之發生幾五十萬年，而不過居新生代最後之小部，則全史時代之長，可以概見。

顧前代之地層沉澱在下，必爲後代之地層覆掩，而何以研究之者能深及其底。水下沉澱之泥沙，就今所見皆成平層，而何以山上巖石乃多傾斜？且既已沉於海底矣，而又湧爲高山，滄桑變遷之原因，又果安在？凡此問題，其關鍵皆因地層沉澱之後，別有一種勢力以使之變更位置，或受掀起，或受陷落。卽此或起或落之結果，而水平者因之傾斜，掩沒者因之顯露，原爲海底者因之湧爲高山，原爲山陸者因之沉爲海底，而受動特烈之地層，甚且原相連屬者被裂斷，而原相距離者乃相接而觸。其所以致此之勢力，或謂爲地體冷縮所發生，或謂由地殼物質分布維持均勢所自起。究從何說，爲另一問題，而地史時期中地殼巖石確曾屢受此類變動，則由果溯因，事實上確已認明。此等變動所生之結果，卽爲地質構造。

上節所言地殼變動，果由漸而致乎？抑突然驟起乎？如果突然驟起，則地面上陵谷滄桑，變於朝夕，其可驚駭當超逾於現代之所謂地震者何啻萬萬。今試設想太平洋深淵突起而爲喜馬拉耶高

山，蒙古西伯利亞之廣原，忽降而淪沒於北冰洋，此其現象之偉大爲何如。而地質史中，實屢見不鮮。不過近代研究已證明此類現象之發生，以漸而不以驟。大抵每一變動時期閱數十萬或百餘萬年始竟其業。迨滄桑既變，力洩垂盡，則變動延緩，或竟停止。惟餘地面上之侵蝕作用，就此新發生之地形，削高填低，漸致於平，以待下一期變動之復起。如是現象，往復循環，確可考證者至少已經四五次。尤爲明顯者，一在古生代之初，次在古生中生二代之間，又次在新生代之中期。試就最後一期之歷史考之，凡今之所謂大山脈如亞洲之喜馬拉耶，歐洲之阿爾卑斯，美洲之安達斯，在中生代皆爲深海。至新生界中期乃漸湧起，成爲高山。方今之世，則造山之力業已垂盡，在地質史中當爲比較的平和寧靜時代。惟以前變動時代所發生之摺斷罅裂，猶留弱點於地殼，而時一見其動搖。所謂地震者，殆卽此也。火山之起，因亦相類似。當地殼大受變動時，殼下巖漿，較爲活動，乘隙而出，卽爲噴火。去大變動之時期愈遠，則火山之勢亦漸衰竭。由是觀之，地震與火山殆同出於一因，故其時地分布間相暗合。然其間要並無互相生剋，或互爲因果之關係，如前人所想像者，則明甚也。

言地質構造者，大抵於地殼變動力區爲二種。一爲水平力，亦曰橫壓力，使地層摺曲，成向斜背

斜，或竟橫擠之以致斷裂，且使之爲水平移動者是也。一爲垂直力，使地盤或升或降，或竟掀之場之使地層斷裂，而爲上下移動者是也。現代大多數地質學家之理想，皆以爲地層之劇烈摺曲及大山脈之造成，以出於水平力爲多。謂之造山作用 (orogeny)。亦有地層並無劇烈摺曲，而廣大區域竟由海底或湖底平湧而成高原者，則以直垂力爲多，謂之造陸作用 (epeirogeny)。前者所生之構造，如喜馬拉耶山是。後者所生之構造，如中國秦嶺山脈以北是。此二類構造迥殊之地方，其分布頗有定律，而與各期大變動之歷史有密切關係，其對於地震之影響究以何種構造爲最重要，則近代地質學家之意見似尙未悉衷。一是蓋就地理分布言，則多信地震區域不出最後造山作用活動之地帶。而垂直力所生構造，對於地震關係明顯，固又無可致疑。欲知其詳，閱後二章所述之事實，讀者當不難自爲剖別焉。

參考書同前章

第四章 地震分佈

地震之多少強弱，世界各國分配極不一致。地震之多而烈者，有若日本。地震之少而弱者，有若俄國本部及東美。即一國之中，亦復各地互異，如日本地震中心皆集中於沿太平洋海岸。其西部則殊較平穩。必先詳究其分布之規則，而後其原因所在，乃可得而言焉。就實用方面論，吾人於地震發生之時間，今猶無術以精確豫報於事先，但何地多險，何地較少，則不難於經驗及學理中，得其大略規律，此震中分布之規律，即爲生息於是者安危之所寄，而爲人人所應知，非啻爲專門研究而已也。

一 世界地震區之分布

十九世紀中葉英國麥來 (Mallet) 氏始搜羅各國地震報告，而作世界地震分布圖。惟麥氏當時猶認定地震與火山爲同一現象，故凡有火山區域，亦即以爲地震區域。然在近代觀念，地震與火山截然二事，不可混淆。故麥氏之圖，亦大失其研究之價值。二十世紀初英國米爾納 (Milne) 氏

圖布分震地界世圖二十第

又根據一八九九至一九〇三年五年間，各處地動計之觀察，而計算其重要地震震中之所在。其結果共得橢圓形之地震區域十三。以A至M字母記之。如第十二圖。字母旁之數字，即示此五年內發生大地震之次數。據此圖觀之，已見太平洋兩岸沿海一帶A B D E F諸地震區域延續不斷。大西



(一)



(二)

洋則兩岸頗少，而海中爲多。如 I J H 等是。與赤道線平行者，有南北兩美洲間之 C 區。與歐亞兩洲南部之 K 區。由以上諸區之分布，可以證明二事。一爲地震與火山之關係。地震與火山雖屬二事，而關係極爲密切。B C D E F J H K 諸區中皆有著名火山。惟 A L M 諸區中，則現代未聞有火山噴發者。二爲地震與山脈之關係。例如南北美之西岸，皆爲安達斯山脈延長之地，山最高而沿岸之海亦較深。沿亞洲東岸之 E 區，如日本諸島以及琉球臺灣在地質歷史上，亦爲新生界造山作用重要活動之地，與安達斯山脈相遙應，而其沿岸之海底尤包有世界最大之深度。以上諸區之震中，似出於海底者爲多。惟 K 區幾全在大陸，但其地位及方向均表示與歐洲阿爾卑斯及亞洲之喜馬拉耶山脈有明顯之關係。

米氏之圖，在近時已頗有譏其缺漏及浮泛者，蓋其所根據僅五年中之儀器觀察，且從地動計所算得之震中，有時間有不能盡確者。法國罷羅 (Montessus de Ballore) 氏乃收集古今各國所記載十七萬餘次之地震，而研究其分布之規律。其結果則世界地震區域當如第十圖中黑色所表示。此圖比之米氏之圖，自較精密。由此而求地震區之分布規律，可得簡單公式如下：

世界地震區皆在地球上之二大圓（球體幾何之所謂大圓。）互交成六十七度之角。一環太平洋四周（地震之發於此者佔全數百分之四十一有奇。）一沿地中海，阿爾卑斯，高加索，喜馬拉耶諸山（地震百分之五十四有奇。）此二大圓之地位，與世界大山脈相暗合。

欲知此規則之意義，罷羅氏求之於世界地史。當中生代之時，陸地面積甚廣，爬行動物繁殖。惟大陸之間，隔有深海，海中泥沙，逐漸沉積，而海底亦逐漸下降。故沉積之厚，達數萬尺。若是之地，名曰地溝（*geosyncline*）。至第三紀（新生代之大部）之後半期，則中生代之地溝先後猛受摺曲擠裂而湧起成爲山脈。此項在中生代爲地溝，而在第三紀成山脈之地帶，其分布乃適在上述環太平洋及沿地中海之二大圓。故由上述地震區分布之規律，即可結論地震原因，當與此第三紀之造山作用有關。考之地質歷史，自太古代以至第三紀，滄桑屢變。初爲地溝，旋成大山者，後先相揆，如出一轍。然各時代之山脈，其位置時有變遷。以前時代之山脈，閱時已久，侵蝕已平者，其地震影響亦不甚著。惟去今未久第三紀（去今約一百至三百萬年）湧起之山脈，乃特與地震區域密切相關。於是罷羅氏又爲之結論曰：山脈之地（即由中生代之地溝摺曲擁起者），地震多而強，大陸之地（即

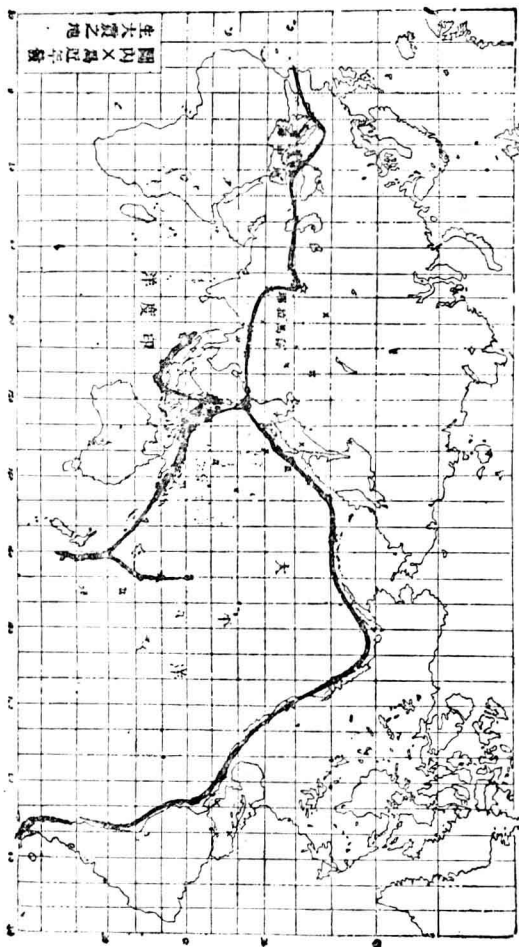
未經摺曲成山或成山較古久已削平者，地震少而弱。執此分別，以統計世界地震。所得有如下表。

地 別	大西洋北 古陸	中華西伯 利古陸	澳印馬古 陸	非洲巴西 古陸	太平洋古 陸	地中海古 地溝	環太平洋 古地溝	共 計
地震次數	八·九三九	三·四七九	三·七四	四·五七	二·〇三三	九·一三六	六·〇三六	一七·四三四
百分率	五·三	二·〇三	〇·三	〇·二七	一·九	五·二七	三·五	一〇〇

觀此則上述結論，似可謂已得百分之九十以上之證明。故世界學者，亦已靡然風從，認為定律。各教科書中，輾轉沿襲，深信不疑。雖然，為學重在理證，不貴盲從。罷羅氏所謂二大圓之地帶，適為交通便利之邦，地震記載，存傳較易。所謂古陸諸地，地震記載，是否與古地溝諸地同等完全。按之罷羅氏未盡利用之記載，及其未及聞知之新事實，是否皆與上述學說若合符節。著者無似，竊尙期期不無懷疑。願世之學者，更加研究，不挾成心，庶有獲焉。

二 太平洋地震區之分布

日本大森房吉氏於太平洋地震研究獨詳。其最近所得（一九二三年三月印行）如第十三圖。圖中黑線地位，沿地中海喜馬拉耶，及環太平洋部分，與第十二圖大致從同。所異者，惟（一）連貫



圖三十一 太平洋及地中海地震分布圖

太平洋西南羣島之線，為大森氏之自創。自係根據實際經驗，足以補罷羅氏之圖之所缺。(二)喜

馬拉耶地震線及太平洋西南地震線之間，不從馬喇甲半島沿岸相連，而於中國南部別畫一線，以東聯臺灣，西連印度。此亦大森氏所創作，且曾藉以豫言民國七年汕頭之地震者。惟按之地質學理，實頗難解。蓋太平洋周圍及喜馬拉耶山脈，皆嘗爲中生代之地溝，而受摺曲湧起於第三紀之世者。中國南部閩、粵、桂、黔，以及雲南之一部，則歷史迥異，萬難強同。且雲南以西，山脈河流以及地層摺曲，明作南北方向，而強以東西方向之地震線連之，誠不解其何所據而云然。勿亦以爲福建雲南數有地震，天然與東印度之地震區遙相呼應，故爲此以遷就事實耶？信然則罷羅氏地溝之說有未足以盡概者更明矣。況據大森氏之圖，黑線之外固尙有×記諸地，爲近年大地震之自發或在所謂中華西伯利古陸，或在所謂太平洋古陸，罷羅氏於此又將何以爲說耶？

大森氏於地震分布，更進一步而爲發生次序之研究。其意以爲大地震大抵在一地震帶內之各中心點先後發生。在同一地點，則一次大震之後，有若不平之氣已洩，必有若干時之靜息，以讓他點之繼起。最著之例，如美洲沿岸成一極明顯之地震帶。此帶自北至南，包有多數震中。其發生之次第，（一）一八九九年亞拉斯加（Alaska）西岸震後，而有（二）一九〇一年及一九〇二年墨

西哥及中美之震。復有(三)一九〇六年二月一日巴拿馬 (Panama) 哥崙比亞 (Columbia) 厄爪多 (Equator) 之震。照上理論，同帶地震次第發動，則次期地震之中心當在(一)及(二)(三)之間，即當在美國加尼福尼亞沿海。果也，一九〇六年四月十八日即有桑港之劫。桑港劫後，大森氏實地調查後於歸途舟中發表意見，謂桑港之震既在此帶北部，則下次地震當在赤道之南，南美沿海。此言方電達美洲，即有同年八月十六日南美智利國 Valparaiso 地方之震。豫言之名，轟傳一時焉。尤異者，Valparaiso 震後半小時內，而白令海峽附近之海中又有鉅震，足證南北沿海確成一地震帶，而其間地震之循環起伏，有首尾呼應之致焉。

同一震帶而首尾呼應者，於印度亦有其例。一八九八年亞桑 (Assam) 之震在東，一九〇五年康格拉 (Kangra, Bengal) 之震在西，兩者適居喜馬拉耶山脈之兩端。事實如此，誠有足異者。惟其以中國南部隸與印度隸於同一震帶，則就地質構造言之，竊未見其當耳。

三 日本地震區之分布

日本向爲世界有名之地震國。本年東京橫濱之浩劫，若猶恐其名之不顯，而更爲之實證焉，良

可駭矣。

日本地震研究素詳。其震中所在，自其歷史記載中最大之震二百二十三次中，求其分布，有如下表。可見太平洋方面地震之特多。

發源於太平洋者

四十七次

發源於日本海者

十七次

發源於日本內海者

二次

發源於日本內地者

一百十四次

震中不明者

四十三次

復就常遇之小地震研究之，中央氣象臺嘗就一八八五至一八九〇年六年間所測地震，而求其分布範圍。其所得有如第十二圖。此六年間，無特大地震，故此圖所據皆爲平常小震，然其結果，亦證明太平洋沿岸地震之特多。可見無論以烈度或頻度爲標準，皆足證明日本不穩地帶之偏在太平洋一面，蓋日本諸島之地位，自東北巨西南，而成一大弧形。弧之凸面對向大洋，此凸面之中部，即

地震最多而烈處也。

第十四圖復示日本地震

區與火山之關係，火山線分爲

三線：(一)日本海火山線，(二)

九州火山線，延長之可連及琉

球，(三)富士火山線。尋此火山

線及弧形島之意義，殆當有橫

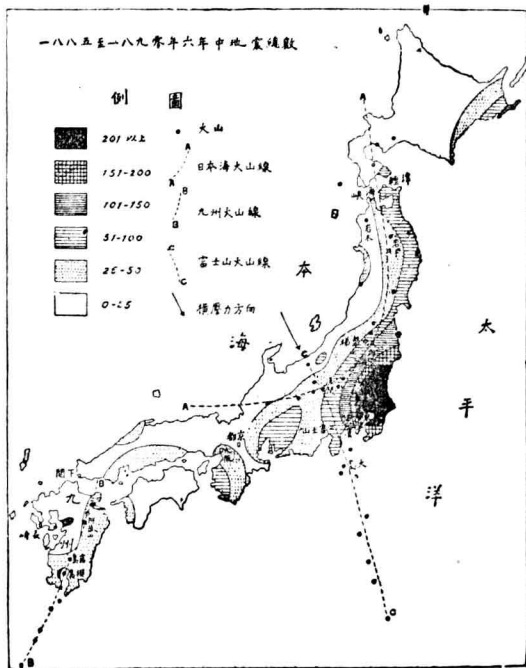
壓力焉，自西北推向東南。島之

東南即弧之凸面，地殼有外向

旁裂之勢，故富士線火山因是

而生，地震亦因是特多而特烈焉。

中國地震之分布，擬較之較詳，故特立一章。



圖布分震地本日本 圖四十第

參考書

- (I) De Montessus de Ballore: Les Tremblements de Terre; Géographie Seismologique, 1906.
- (II) D. Kikuchi: Recent Zeismological Investigation in Japan, 1904.
- (III) F. Omori: Earthquake Zones in and Around the Pacific, 1923.
- (IV) F. Omori: Successive Occurrences of Destructive Earthquake, 1923.

第五章 中國地震

外國學者有深信罷羅氏之分布學說者，以爲地震區域當不出新生界造山作用之地帶。世界有名地震之國，若日本，若意大利，若智利等，固皆處此地帶內者。若中國則疆域雖廣，實與沿地中海與環太平洋之二大圓無關，故名之爲無震區域。而謂棲息其間者，可以安坐無憂。吾國人聞之亦曰，吾國無震國也，雖有宗教大同會之謠言，劉伯溫救劫碑之怪語，吾不難以科學論闢之。嗚呼，謠言誠不足信，彼闢謠者之所謂科學論者，又詎足信乎！非科學之不足信，乃執一偏以概其全，知信仰而不求理解者之過也。

據搜羅最完全之統計，自夏桀五十二年至今三千五百餘年間，中國地震有記載可考者，共達三千五百餘次。（凡同時數處震動者均合計作一次）幾達平均每年一次，其間遠古三代以及邊遠荒僻之震，爲紀錄所遺漏者，當猶不可勝數。是就頻度言之，中國地震固未嘗少矣，更就烈度言之，

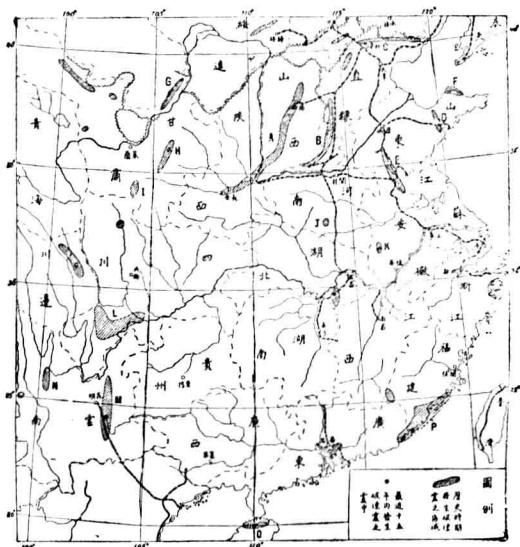
山崩水湧，毀房舍傷人畜者，史不絕書。其中死人數千或數萬，範圍及數省者亦數數見之，而如明嘉靖三十四年之震，陳晉豫三省壓死官吏軍民八十三萬有奇，尤爲古今中外所未有。此猶可謂史家傳述，過甚其辭，如罷羅氏即嘗以此懷疑者。則就民國以來吾人親見之經驗證之，如六年一月二十四日安徽湖北間之震，七年二月十三日福建廣東間沿海之震，九年十二月十六日甘肅涇原之震，十二年三月二十四日川邊鎭霍之震，其破壞作用又何嘗多讓於人。或猶謂吾國建築不固，救濟不速，傷亡之多大抵因此，殆不足以爲比較之標準。則試就覺察動搖之範圍言之。六七兩年之震各五六十萬平方公里，甘肅之震則愈一百七十萬平方公里，世界最大之震不過爾爾。況如甘肅之震全世界地動計皆有紀錄，而公認爲稀見大震。日本東京地動計所紀錄者，繞世界一週而復回之震波，猶極清晰。事實如此而顧可人云亦云，信吾國爲無震區域，而不思有以研究之耶？

地震之地有因他處震動被動而震者，有因本處自爲震中以播及於他處者，吾人所欲研究自屬於後者而前者不與焉。惟欲確定震中必須同時有數地報告，而知其烈度最大之所在。若其僅書地動或地震之計載，則自動被動無由分別，混而計之反致錯誤。以此標準而詳考中國地震，則三千

數百次中僅有二百五十餘次可以約知其震中。凡此震中，其位置皆不期而集中於一定地帶。在此帶中，震中密聚。除此帶外，則震中殆絕無。若是者名之地震帶。地震帶之地質構造，皆有其共同之點。此共同之地質構造，實爲發生地震之原因。共同之點唯何？一曰，地震帶皆有重大斷裂，二曰，發生大地震之斷裂，皆時代較新者，即在第三紀或第四紀之初，三曰，水平動斷層與上下動斷層皆能發生地震。惟地震分布似與摺曲山脈無關。此數律是否能適用於全球，吾不敢知。在吾中國，則似歷歷可徵焉。茲依地理次序述中國之重要地震帶。（參閱第十五圖）

A 汾渭地塹帶 陝西渭河谷，山西汾河谷，及其延長地帶，其地質構造皆爲地塹，德文所謂 *Graben* 者是也。其地勢二岸高峙，一谷中陷。所以然者，厥以斷層。山西霍山斷層，上下斷距達萬餘尺。西南延長至於華山，斷裂之鉅約亦稱此。北自太原以上，西自西安以上，同類構造，綿延尙遠。斷層時代，古不過始新統，新或至洪積統。（美地質家維理士氏謂黃土以後猶爲動作之迹）迄於今代，餘動未熄。故地震之象數見不鮮。周漢二代已有記載。自唐貞觀三年（六二九年）至清道光十年一千一百八十一年間，計有破壞地震卽傾毀建築傷亡人畜者三十二次，平均三十七年一次。爲災

尤烈者如宋仁宗景祐四年（一〇三七
 年）忻州死二萬人，傷五千餘人，代州死
 七百餘人，并州（今太原）死千八百餘
 人。元成宗大德七年（一三〇三年）八
 月辛卯夕地震，太原平陽尤甚，壞官民廬
 舍十萬，計平陽趙城花宣義郇堡縱十餘
 里，太原徐溝祁縣及汾州平遙介休西河，
 孝義等縣地震成渠，泉涌黑河，汾州東北
 城皆陷，因是改平陽路爲晉寧路以祈寧
 靜。明嘉靖三十四年（一五五五年）十
 二月，晉陝豫地震，聲大如雷，明史載稱死
 亡人十三萬有奇（數目或稍夸大但其重可知。）其震中似在華縣，朝邑，蒲州之間。地裂泉涌，或城



圖布分區中震地國中 圖五第十

郭房屋陷入泥中，或平地突成山阜。他如明崇禎十一年（一六三八年）西安白水之震，清康熙三十四年平陽之震，皆毀及城垣房屋，傷人甚衆。清季以來未聞大震。民國九年，因受甘肅大震之影響，此帶感應亦較附近各地爲烈。自動而震，或不遠乎。

B 太行山拗褶斷裂帶 燕晉之間平原東限，太行西峙，其間地層東傾爲多。灰巖遍於山嶺，煤系埋於平原。一昇一降，是曰拗褶。褶之較烈，又生斷層。昇降之形迹迄今未泯，卽褶斷之發生爲時猶新。是帶地震之多，不及前帶。爲災之烈，亦較次之。然自唐大歷十二年（七七七年）至清道光十年間，平均每九十六年間猶有破壞大震一次。其間最烈者爲元世祖至元二十六年（一二八九年）保定附近地裂泉涌，貧富房舍多毀，死數萬人。元仁宗延祐元年武安涉縣毀官民廬舍，涉縣死三百餘人。清道光十年（一八三〇年）內邱一帶城垣房舍盡毀無遺，喪人數萬餘。震歷一年。可見是帶地震，雖不甚多，間亦頗烈焉。太行山以西地質構造甚爲簡單，惟澤潞之間，亦有斷層。偶有地震尙不甚重。此帶地震，北平亦受影響，但已不甚烈耳。

C 燕山拗褶斷裂帶 北平之北，山嶺陡起，李希霍芬氏所稱爲南口山脈者是也。實則稱爲燕

山，似較適當。沿平原一帶，拗褶甚烈，遂生斷裂。溫泉接踵，是其明證。較北似尚多斷層，如延慶涿鹿之間，殆有一地塹，較之汾渭地塹，雖大小懸殊，而此類構造與地震最有關係。此帶地震與北平最為密邇。然記載反不甚完全。最古者惟知有晉元康四年涿鹿地震，死人百餘。嗣後自宋嘉祐二年至清雍正八年六百七十三年間，共有較重之地震九次。即平均約每七十五年一次。然其中殊少重大災情，足與上列二帶比者。不過稍有破壞作用，建築未固，傾圮較易，未必盡由於震動之特甚也。最近一次較大之震，似在光緒八年張佩綸至據以奏參軍機。

(D) 山東 濰河斷裂帶 山東地層平鋪而斷層縱橫交割，其中較為重要者，多作西北東南或近於南北走向。其斷移常東北上昇，西南下降。濰河谷約與此類斷層之一相合。山東半島與山東西部即以此為分界。其構造上意義之重要，李希霍芬氏已言之。其為地震中心罷羅 Gauthier 等亦已注意。考之史乘，漢宣帝本始四年（紀元前七十年）北海（昌樂）瑯琊（諸城）之震，壤宗廟城郭，殺六千餘人。黃河東南震動者四十九郡。清聖祖康熙七年（一六六八年）莒縣諸城之震，死五萬餘人。震區之廣，遠及燕，魯，蘇，皖諸省，府州縣志記此地震者一百四十三處，故其分布狀態，中心所

在，至今歷歷可攷。除此二震以外，其餘震動多不甚重。故此帶地震特少而特烈。推原其故，始以斷層發生，爲時已較古歟。

(E) 山東西南斷裂帶 山東西南山地與平原之界線，亦原於上述西北東南走向斷層之一。兗州南北一帶山地，多爲太古界片麻巖所成。而隱約出沒於沖積平原之低山，反爲時代較新之寒武奧紀之石灰巖。其間斷裂不問可知。此斷裂帶向南延長，達於蘇皖北部。地震始見記載者爲漢文帝元年（紀元前一七九年）山崩二十九處。自宋神宗熙寧元年（一〇六八年）以後，記載漸全。迄於宣統三年，八百四十二年中，有破壞震九次。卽約平均九十四年一次。較重者如宋熙寧元年須城、東河二縣地震終日，滄州、清池、莫州亦震，壞官私廬舍城壁。是時河北復大震，或數刻不止，有聲如雷，樓櫓民居多摧覆，死者甚衆。

(F) 山東登萊海岸陷落帶 山東登州與遼東半島相隔一衣帶水，寬僅百公里。且中有廟列島以相連屬。其爲陷落中斷形勢上甚爲顯然。山東沿海地震，亦以登萊一帶爲最烈。自宋仁宗慶歷七年（一〇四六年）至清光緒三十四年，八百六十四年間計有較重之地震九次。卽約每九十六

年一次。其間較重者如明世宗嘉靖二十七年（一五四八年）登州之震，毀城垣房屋多處，較久者如明神宗萬曆三十七年（一六〇九年）榮城之震，雖烈度不大，而時歷數年。最近者為清光緒三十四年煙臺至黃縣間，曾有輕震。

(G) 甘肅賀蘭山斷裂帶 自賀蘭山高峙於寧夏以西，有一自西向東之逆掩斷層，(over-thrust)使震旦紀地層倒置於石炭紀地層以上。此水平力所生之斷層也。此斷層延長，北自平羅，南至中衛，長至一百公里以上。其間地震自唐宣宗大中三年（八四九年）起至清光緒十五年（一八八九年）止，共有大震十二次。平均每八十六年一次。其中如明熹宗天啓七年之震，（一六二七年）寧夏各衛營屯堡自正月己巳至二月己亥凡百餘震。大如雷，小如鼓。公署城垣房屋邊牆墩臺毀圮。清聖祖康熙四十八年（一七〇九年）寧夏等處地震，中衛尤甚，壓死二千餘口，清遠衛城場，自是屢震，年餘始定。而最烈者似莫過於清高宗乾隆三年（一七三八年）之震。新渠寶豐二縣全部毀滅，至今未復。寧夏府城向為西夏首都，城郭完固，亦幾全毀，次年重修，即現在所存者，範圍大縮。他如中衛等城，現在所見者亦多乾隆四年重修。一時地如鼠躍，土皆墳起，斥裂盈丈，村堡城垣隄壩

屋舍莊窳盡倒，壓斃五萬餘人。成災之烈，概可見矣。

(H) 甘肅涇原斷裂帶 民國九年十二月十六日之大震，即源於此。其震中區域，當在海原，固原，清遠，靜寧，隆德，會寧，通渭諸縣之間。其他黃土極厚，土下地質迄今不甚明瞭。度其地勢適在隴山西麓，或亦為斷層所致。古來所稱隴西地震，多出於此。除漢代所記者外，自隋文帝開皇十三年（五九三年）至民國九年，一千三百二十七年間，計得大地震二十二次，即平均每六十五年一次。最烈者如南宋寧宗嘉定十二年（一二一九年）固原，隆德，平涼，鎮戎，有聲如雷，旋大震，死萬人。元成宗大德十一年（一三〇七年）固原官署民舍盡毀，死五千餘人。明熹宗天啓二年（一六二二年）平涼，隆德，鎮戎，固原地震如翻，城垣屋宇多毀，死萬二千餘口。清世祖順治十一年（一六五四年）秦州地震一年餘，聲如雷，官署民房均毀，死萬餘人。民國九年十二月震災之重，尤為空前浩劫。死者之多，受震面積之廣，皆為世所稀見。（參閱第六圖）至今猶震動頻作，未歸靜息云。

(I) 甘肅武都折斷帶 秦嶺山脈，為吾國中部褶曲山脈。其褶曲時代當在古生代與中生代之間。其位置則平分南北，橫貫中原。在河南陝西者，原作東西走向。乃至甘肅南部，則山脈方向，驟成

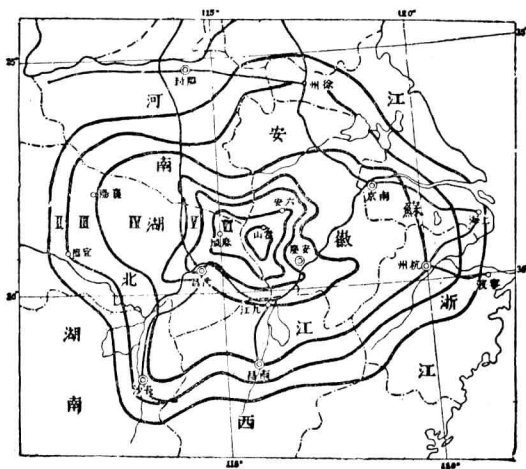
西北，與祁連山脈遙相呼應。轉折最烈之處，武都、西和、成縣、文縣一帶，卽爲震中區域。地震記載之最古者，爲漢高后二年（紀元前一八六年）武都之震，時歷數日，山崩，死七百六十人。又晉武帝太康七年（二八六年）成縣之震，山崩屋毀。嗣後記載較詳者，自明崇禎六年（一六三三年）至光緒七年（一八八一年）二百四十八年間，共有破壞震五次。卽約每五十年大震一次。其中最重者爲光緒五年之震，階州文縣皆山崩地裂，階州死九千八百餘人，文縣死一萬餘人。嗣後屢有餘震，至光緒十五年始已。

(J) 河南南陽折斷帶 秦嶺東延而爲熊耳伏牛，伏牛山脈至方城南陽一帶，忽馬終止，向南推移而爲桐柏山脈（外人又稱淮陽山脈）。此二山脈移離之處，似應爲地震發生之區。乃考之於史，殊少左證。惟清順治十七年（一六六〇年）南陽地震，毀屋甚多，似卽導源於此。

(K) 安徽霍山折斷層 桐柏山脈之在豫鄂二省間者，原作西北至東南走向，乃走入皖境，至霍山潛山之間，突變方向，而成爲西南至東北走向，折轉角度，幾逾九十，其間地震，發生甚頻，記載較詳者，自明神宗萬曆十三年（一六一五年）至民國六年（一九一七年）三百零二年中，地震五

次，平均每六十年一次。是地地震破壞作用尙不特烈，且震中偏在山地，不當城市，成災自亦較小。惟一經震動，往往餘震頗多。如清乾隆三十四年震後，七八年間，時見小震。民國六年一月二十四日大震，霍山死數十人，受震面積六十萬平方公里。（第十六圖）餘震時作，至二月二十二日復有大震，至四五月間，猶未盡息云。

(L) 四川南部斷裂帶 蜀滇二省之間，金沙江曲成弧形，凹側向北。約略沿此弧形有一極大逆掩斷層，使江北川南之高原移向西南。與此逆掩斷層相關係者，或更有其他斷層。其地地震自昔著名。最古者爲漢成帝河平三年（紀



圖震地徽安年六國民 圖六十第

元前二十六年）犍爲之震，山崩塞江，江水逆流，淹沒城郭。唐貞觀十二年（六三八年）之震，震中似在西昌及松潘。唐憲宗元和九年（八一四年）蕪州（今西昌）晝夜震八十次，地陷者三十里，自明憲宗成化十四年（一四七八年）至萬曆三十八年（一六一〇年），一百三十二年間大震五次。卽在此區域內平均每二十六年一次。此爲四川最重要之震源矣。

（M）雲南東部湖地斷裂帶 雲南東部大斷層甚多，發生之時代甚新，故此區域地震特別。斷層結果大抵旁昇中陷，形成地塹。水流所滯，遂成湖地。大致言之，重要斷層可分二系。第一系南北走向，第二系西北至東南走向。第一系之重要斷層產生撫星楊宗等湖。自東川以迄通海，南北延長逾三百公里。稍東又一斷層，經過路南，延長亦二百四十公里。復東又有彌勒斷層。第二系之斷層，在建水蒙自一帶見之，亦多陷成湖地。自明孝宗宏治七年（一四九四年）至清宣統三年（一九一一年）間四百十九年間，此區域內共有破壞震共二十四次。卽約平均每十七年一次。其間尤可注意者，如明宏治十二年，宜良之震，房屋盡毀，死數萬人。震歷四年。萬曆三十四年（一五九六年）臨安（今健水）之震，毀房宇祠廟死千人，震歷六月。清道光十三年（一八三三年）路南澂江間之震，

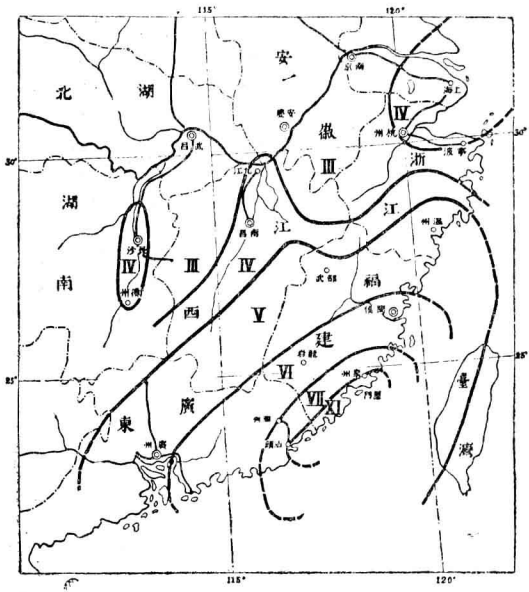
毀房八萬數千間，死六千七百餘人，震歷三月。光緒十三年石屏之震，城垣傾圮，死二千餘人，類此者史不絕書，誠一大震區也。

(N) 雲南西部湖地斷裂帶 大理麗江一帶多狹長形湖地，如劍湖洱海等，與雲南東部相似。雖地質調查，尙未遍及，而大致構造仍多斷層則可斷言。自明成化十年（一四七四年）至清宣統末年正，共有破壞震十九次。即平均每二十一年一次，亦云數矣。其中尤烈者，如明宏治十二年，大理之震，房宇盡毀，死數萬人，歷時四年。清順治九年蒙化之震，輔以鉅聲，屋宇盡毀，地裂泉竭，死三千人，歷一年餘。

(O) 廣東瓊雷斷陷帶 雷州半島與瓊州之間，相距不逾三十公里。頗似斷層陷落，因而分開。即不然，瓊島附近亦必不乏重要斷裂，重要地震如明嘉靖五年儋縣之震。萬歷三十三年瓊州房居盡傾，地如雷鳴，死者千計。清雍正二年崖州全城盡毀，震動之烈可見一斑。然雷州地質尙未調查，實在原因，實難懸定。

(P) 福建泉州沿海陷落帶 福建泉州至廣東汕頭之間，海岸曲折，多經崩落。自古以來，地震

數見（日本大森博士謂民國七年大震以前向無地震記載者，似未深攷。）有破壞作用者，如宋英宗治平四年（一〇六七年）福建南部各郡縣地震，潮州尤甚，地裂泉涌，壓覆州郭及兩縣屋宇，士民軍兵死者甚衆。元世祖至元二十七年（一二九〇年）武平泉州官民死者七千餘人。明英宗正統十年（一四四五年）漳州龍巖震百餘日，鳥獸驚走，山石崩墜，屋舍盡毀。萬歷三十二年泉州海陸搖動，城中尤甚等，皆是其例。民國七年二月十三日之震，震中帶在泉州之間，作狹長形，與海岸相平行，其間關係更爲明瞭。受震面積達五十餘萬平方公里（第十七圖。）



圖震地建福年七國民 圖七十第

以上所記各區域從地質構造上分別之，則主要各類爲（一）發生地塹之垂直斷層，如汾渭地塹，雲南湖地等是。地震最多而烈，甘肅涇原或亦近此。（二）秦嶺山脈之折斷處，如甘肅武都及安徽霍山是。（三）水平移動之大斷層，其地或更有較新之垂直斷層，如賀蘭山及川南是。（四）沿海陷落地，山東登州閩粵沿海屬之。

新疆亦有震中區域，二十年來已二見大震。川邊地震屢作，民國十二年三月十四日，鑑霍道孚二縣震尤烈，死二千餘人，二百里內炊煙爲絕。其地質原因，或以已在喜馬拉耶山脈由東西走向折向南趨之處。騰越附近亦有地震，或以火山關係，此外如南京揚州之間，屢有輕震。（惟明萬歷四十四年揚州狼山寺殿壞塔傾）湖南湘水上流，及洞庭東側，或有重要斷層。福建長汀一帶甘肅西寧涼州附近及甘州肅州一帶似有震源，原因尙難確指。浙江東南海岸小震頗多，殆亦不外沿海陷落。又如陰山南麓，興安嶺東南，以理論之，應可有震，而於史無徵者，記載有未詳，或地質未甚明，蓋難言之。

抑更有言者，地震現象爲中國所常有，歷史證明，地質推論，以及近代觀察，三者結論若合符節，

殆無疑義。則國人詳細記錄精密研究之責，實已無可旁貸。蓋不特對於民生，希望達豫防災禍之目的。且對於世界，亦有貢獻研究之義務也。世界各國如日本設置地動計多以百數，而返觀吾國則規模完具者，惟有上海徐家匯天主教所設之一臺。此外惟俄人於新疆，日人於滿洲，意教士於西安，略有設置，亦尚未見有報告刊行。而國人於此則閱其無聞焉，亦可歎矣。

參考書

(一) 上海徐家匯觀象臺地震報告。

(11) P. Hoang, Tobar & Gauthier: Catalogue des Tremblements de Terre Signalés en Chine d'Après les Sources Chinoises, 1913.

(三) 姚士鰲『地震之研究』 地學雜誌。

(四) 翁文灝『甘肅地震考』 地質彙報及科學。

又 Influence Seismogenique de Certaines Structures Geologiques en Chine C. R. du Congrès Geol. Int. Bruxelles, 1922.

(五)關於地質構造者可閱 Richthofen, Loozy, Willis 及地質調查所出版諸書。

第六章 地震豫防

地震之爲災，既若是其可怖，故研究地震者，莫不苦思所以豫防之術。雖所得結果，猶去期望甚遠，然此固研究地震重要目的之一，不可忘也。

一 地震豫報

地震之來，今果有術以先知之乎？此固人人所切望，而惜乎猶未能耳。日本專任研究地震之機關，曰震災豫防調查會，以預報震災懸爲目的之一。其會員如大森博士，爲近代地震學泰斗，尤嘗以豫言地震聞於世。然於今次東京之震，則固未聞其有所預知也。法人罷羅氏爲近世有數之地震學家，智利政府以國多地震，聘爲地震研究所所長。乃歷年以來，竟未能先知。智利人士爲之失望。罷羅氏在職病故，猶以人不我諒，引爲遺憾（見法國地理年報）。夫極科學研究之能事，猶有所未能，而謂憑藉陰陽五行之說，假借鬼神虛無之言，可以預知某時有震，如今年之謠言者，此其自欺欺人，萬

萬無當，誠不及識者之一笑矣。

誠使地震之發生，與天文氣象有確定明顯之關係，則凡遇天文氣象之驟變，或其他應有特徵之發見，即可據以爲地震之豫報，若今氣象學者之豫報颶風者然。無如此類關係，雖經地震學者窮搜博攷，而所得結果，竟皆依稀縹緲，絕少把握。其希望之少，第三章已略述之矣。

地動計之觀察，誠至精密，然亦必震至而後知。雖初期微動先主要動而至，然亦不過數秒鐘之差。且地震之能成災者，要離震中不遠，而地動計愈近震中者，則初期微動亦愈短。換言之，即震中地方，雖數秒鐘之先知，亦不可能也。地動計之所能者，惟於離震中較遠之地，人不覺震，信尙未至，而地動計能先報告震之所由起。漢書述張衡地動儀，謂嘗一龍機發，而地不覺震，既而驛至，果震隴西。蓋當長安預告之時，固已在隴西震發之後。雖遷張衡與隴西，仍無救於其地之震災。古今儀器精粗雖殊，而效用相去，固未遠也。

有人謂人身感覺，有時能預覺地震者。米爾納氏自謂在日本時，往往於地震未至之先，若有所感。甚且如一八八〇年二月二十二日大震，尙未發生之前數小時，即經電告橫濱友人，整理儀器。然

又自謂此類感覺，亦往往不驗，故亦終不可盡信。此外古代記述，視爲地震先兆者，事類甚多，言近迷信，可不瑣述。又有謂動物中有感覺特靈，於地震前預現不安者，如犬貓蛙等。野雞於震前驚鳴，且經大森氏多次試驗，謂平均能預覺於九秒鐘以前。此類預覺，除觀察者成見迷信者外，要亦不過能於初期微動，卽受感覺。則其實際上豫報效用，自亦無以過此。又有謂地震之前，見井水低降，或變味者，理或有之，要亦未易一概論也。

以統計的方法，而謂某區域內每若干年有震一次者，以此爲暫時比較之標準，或尙可用，以比爲震期之預言，則難盡信。蓋地震發生並無確定週期之必要也。大森氏破壞震次第繼續之說，頗有所驗，已見前章。甘肅地震，依稀亦有南北震區更迭起伏之概（見拙著甘肅地震考）。然時間之距離，既極不一致，而烈度之強弱又未能一律，故事後比附或不免譏爲牽強。無論如何，要不能如天氣之預報。至大震後之餘震，則雙曲線定律誠可驚歎。然理由未明，經驗尙少，欲求如日月食之確定預知，固尙遠也。

日月食等天文觀象雖甚遼遠，然其原因甚明，情形甚簡，故易得定律，憑以計算。地震則真實原

因猶未精悉，發生狀況尤極雜複，故一切預言皆難精當。如果能將何種地質構造能生地震，每種發震須積儲動力若干，每處地殼能抵抗動力若干，詳密測定，則地震預報亦非不可能。欲達此目的，自非世界各國共起研究不爲功，正未可因其尙少近效，而遂忽之也。

二 震災救濟

地震之來既尙無法預報，則惟有設法以減輕震災。而欲減輕震災，尤必先研究其成災之原因，而後乃能講求救濟之方法。

地震之爲災自首在房屋倒塌，就著者視察民國九年甘肅地震之結果，可以斷言（一）土牆最爲危險。震中區域內，雖厚至數尺乃至丈餘之城垣，亦多傾倒。民居土牆，更不必論。（二）磚牆亦較木柱爲易倒。故往往木製梁柱依然未動，或僅稍傾斜，而四壁牆垣，則全數塌壞。（三）愈高聳之建築愈易坍塌。故城垣之雉堞及鐘鼓樓等，最易受損。他如鐵旗杆神道碑等有截爲二段者，力大可知。（四）孤立之房屋較易傾塌，若鱗次櫛比之街房則彼此維持較少全塌。（五）山涯水濱之房屋受災較易，其在重要斷層線上者尤更危險。（六）沖積層或其他原質疏鬆之地，震害較大。石山

則震害較輕。此皆就吾國經驗言之。若耐震房屋之構造，則歐美日本研究甚詳。然與中國建築不能盡適。且限於篇幅不及悉述。

房屋傾倒，壓斃者固所不免，而傷而不死者尤屬甚多。嘗聞有震後覆壓數日救出猶未死者。若救濟不速，則將活埋而死矣。嘗觀中外地震死傷統計，外國常死者少而傷者多，中國則死者多而傷者少。交通不便，救濟不速，生者不能辭其咎矣。

因地震而發生之附帶現象，其成災往往尤烈。在中國北方甘陝晉豫等省，黃土廣而且厚，故一遇地震即苦山崩。有黃土小山全山崩倒，衝走至三四里之遠，而後推積者。又有谷之二旁土山相向而崩，壅塞溝壑者。詩所謂高岸爲谷，深谷爲陵，殆指此類現象而言，而爲當時已見大震之明證。此等地方生活簡陋，穴居窰洞者所在皆是，一遇山崩，豈有倖理。嘗謂中國地震死人之多往往駭聽，而歷觀往事北方尤甚於南方，理由在此夫復何疑。

濱海之地則因地震而生津浪，且往往有震中在海底，岸上震不甚大，而獨苦海嘯者。日本沿海此恙獨烈。中國汕頭等處亦所不免。波濤所至，其成災往往較地震爲尤烈焉。

土地陷落亦偶有之。然要不甚廣，有時裂縫極多。或且涌出泥水，至使農田不堪耕種，亦足以加重災情。

外國地震其成災之最大原因尤在震後之火災。繁華愈盛，災情愈重。如葡京立士本，美國桑港，及最近日本東京橫濱之震，皆例之最顯者。人口之死傷，建築之毀壞，原於震動者二三，而原於火災者乃七八。中國則向來此恙較少，將來市街建築趨仿洋式，電燈煤氣汽油等之應用推而愈廣，則亦未能免乎！

地震之後屍骸堆積，交通梗阻，水流淤積，糧食不足，發生疫癘，有一於此皆爲後恙。故善後事業，極爲繁重，不僅復興建築而已也。

總而言之，地震頻多而烈之地，於建築之位置及方法必須預爲講求。震災既成之後，則必須趕速救人，止火，接濟糧食，修潔地方，開通水道，修整交通，此爲吾人對此不可抵抗之天災，所應盡之人事，誠能力盡人事，則天災亦未始不可減至最低之程度也。