

科學譯叢

地震及其研究方法

В. Ф. 包恩其科夫斯基 著

57

科學出版社

• • • • •

地震及其研究方法

田中 正太郎 著

• • • • •

科學譯叢

地震及其研究方法

В.Ф. 包恩其科夫斯基著

劉光鼎譯

科學出版社

1955年9月

В. Ф. Бончковский
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И МЕТОДЫ
ИХ ИЗУЧЕНИЯ
Изд. АН СССР
1949

內 容 提 要

地震給人類帶來了極大的危害,地震和基本建設有極其密切的關係,因此,需要了解它 研究它。

“地震及其研究方法”一書,是蘇聯科學院 В. Ф. 包恩其科夫斯基教授寫的,其中深入淺出地介紹了地震學的各個方面;從感性的認識——地震現象起,談到識別的標準——地震烈度,以及利用儀器研究地震的方法;最後,更敘述了地震學中的幾個最重要的問題,如地震預報和地震防禦等,並指出其進一步發展的方向。

這是一本簡要而全面的書,是一本極好的通俗讀物。

地震及其研究方法

翻譯者	劉	光	鼎
校訂者	傅	承	義
出版者	科	學	出 版 社
北京東四區帽兒胡同 2 號			
北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號			
印刷者	廣	華	印 刷 廠 印 刷
總經售	新	華	書 店

書號: 0294	1955 年 9 月 第 一 版
(譯) 186	1955 年 9 月第一次印刷
(碼) 0001—1,930	開本: 787×1092 1/25
字數: 52,000	印張: 2 16/25 插頁: 2

定價: (8) 0.52 元

目 錄

地震及其影響·····	1
地震烈度與等震綫·····	10
地震的原因·····	14
地震的研究方法·····	23
地震波-地震圖的整理 ·····	28
地震的地理分佈·····	33
地震的數目·····	38
地震發生的機械作用·····	40
地震與其他自然現象的關係·····	47
地震預報·····	52
與地震的破壞影響鬥爭·····	55
參考文獻·····	62

地震及其影響

地震是一種自然界中的最慘酷的現象。

地震的突如其來、地面震動的破壞力量、物質財富的毀滅、許多人的死亡以及全部現象在短短幾秒鐘之內的改變，不僅使這個災難的直接目擊者，而且使聽到這個消息的每一個人產生特別強烈的印象。當電報送來關於在 10—15 秒鐘裏幾千人的死亡，以及整個城市毀滅的消息時，確實很難不令人感到不安的。

然而，人們在狂暴的自然力的面前並沒有茫然失措；受難者獲得救濟，城市恢復起來，並且，生活重新走上自己的常軌。

爲了勝利地向地震災害鬥爭，必須在地震活動的地區進行恢復破壞的城市的時候，或者進行新工程建築的時候，採取防禦的措施。關於這方面，我們在國內做了許多工作：擬訂防震建築的標準，進行個別地區以至於全國地震區域的劃分、由國家掌握着地震建設規程的實施情況。然而，爲了預防地震危險區域建築物的破壞，並保障居民的全部安全，還有許多應該知道的和應該做的事。

爲了更清楚地想像災震的情況，我們引述一些關於它們的描寫。

南美西岸曾遭受到劇烈的地震，其中最大的是在 1835 年 2 月 20 日毀滅了康塞普森城近郊的地震。以下是這個事件的一個目擊者對它的描寫：

“早晨 10 時，城內發現一大羣海鳥，它們越過房屋，飛向大陸的內地。11 時 40 分感覺到震動；起初是輕微的，但很快地強烈起來。在最初半分鐘內，許多人還停在自己的屋子裏，但是，地的震動非常劇烈，以致所有的人都跑到屋外來尋找安全。駭人的震動在增加着，任何人的腳都不能站穩；房屋就好像在波浪裏搖盪着一樣。這樣可怕的、毀滅性的地下震動突然地顛覆了一切，並且破壞了一切。在不到六秒鐘的時間內，城市變成了瓦礫場：倒塌的房屋響聲；時而張

裂，時而疾閉的大地所發出來的可怕的轟隆聲；人們絕望的呼喊與哀號；使不幸的人們眩暈並窒息的灰霧；災禍與驚擾都達到了極點——這些不但是筆墨所難形容，而且也是腦筋所不能相像的。”

“這種致命的痙攣，發生於第一次震動後兩分鐘；而且其全部威力幾乎繼續了兩分鐘。在這段時間內，沒有其他的支持，便不可能用腳站穩，除非互相扶持着，或者扶着樹木……。有些人躺在地上，然而震動非常強烈，他們必須把手放開，才不致在地上翻滾起來。馬和其他被災禍所波及的家畜停下來以後，又開腳，垂下頭，就好像被劇烈的神經質的顫抖嚇住了。禽鳥向四方飛去。經過這次強烈的震動之後，從毀壞了的房屋所升起來的灰霧開始散去。所有的人都比較自由地喘了一口氣，並且開始向四周環視。所有的面孔都蒼白，而且帶着僵死的神氣。蒼白的、蓋滿灰土的、顫抖着的人們拚命地到處亂跑，叫喚着親人和朋友。許多人都好像失去了理性。強烈的震動還在斷續地進行着，繼續增添着破壞和驚擾。

在這段時間內，以及以後的幾天裏，地並沒有安靜下來，震動雖然弱了一些，然而仍舊延續很久：按從2月20日到4月4日來計算，地震已經超過了300次。”

卓越的學者查理士·達爾文於這次地震後不久，在他的旅行中訪問了康塞普森城。他對破壞的景象很驚訝，他寫道：

“通常在幾百年才能完成的變遷，在這裏只用了一分鐘。這樣巨大場面所引起的驚愕情緒，似乎還勝過對於受災居民的同情心……”

經過一百零四年，即於1939年這裏又發生了毀滅性的地震，康塞普森城又重新遭到破壞。

爲了想像這種破壞的景象，看一看這裏所附的照片便足夠了（圖1與圖2）。

意大利南部西西里島和卡拉布利亞地區常常遭受地震，其中最強烈的發生於1638，1659，1783，1905，1907和1908年。例如，於1783年，傷亡達四萬人，其中兩萬多人是被水淹斃的。1908年12月28日的地震是破壞極端嚴重的。地震期間，西西里島和卡拉布利亞有部分地區遭到毀滅，而美新納和雷利阿城遭到徹底的覆滅。這次

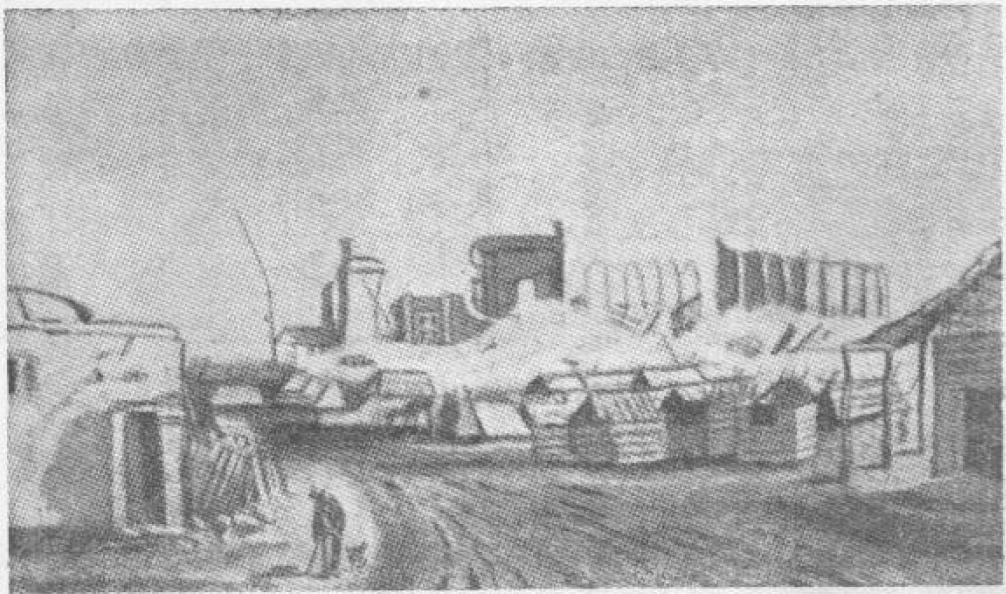


圖 1. 1835 年地震所破壞的康塞普森城中之教堂廢墟。

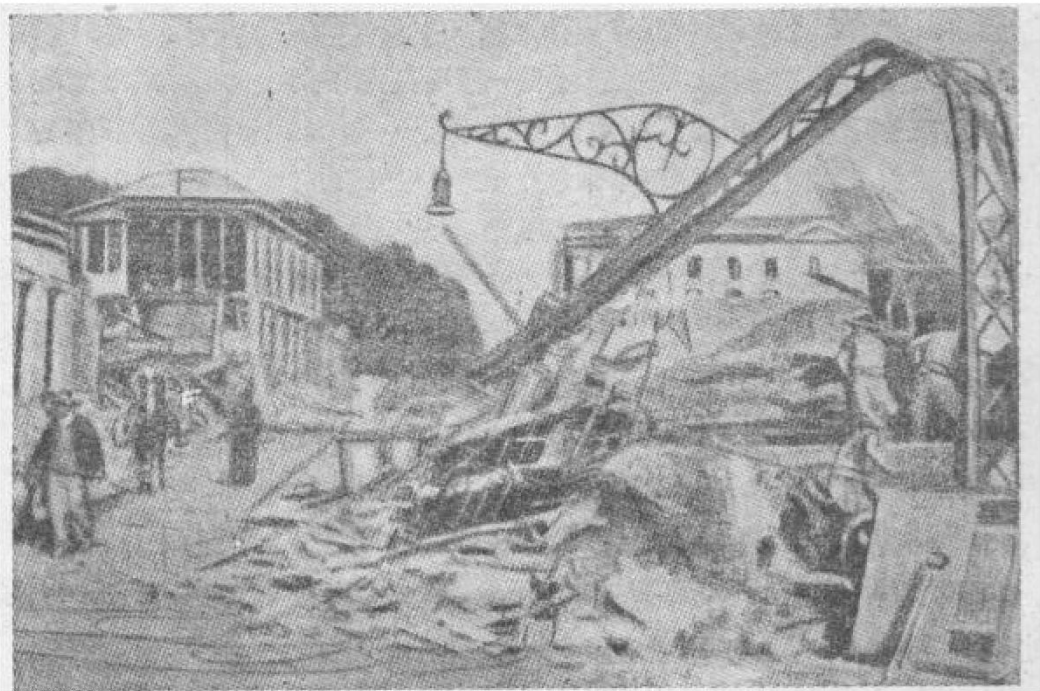


圖 2. 1939 年地震後智利的智利安城的一條街。

地震使用這兩個城中的第一個的名字而記入歷史裏。這次地震期間共死亡五萬人左右。

美新納地震於5點21分開始，地的輕微震動延續了10秒鐘，經過兩分鐘後，才發生駭人的、引起了毀滅性的震動。美新納海峽的海面升高起來，同時，高達3米的巨浪湧進了城市，毀壞了港埠的建築，岸上的以及全部城市的低窪部分。退去的浪潮把破壞了的物件和器皿帶到海峽裏去，漂滿了海面。大地的震動破壞了房屋，堵塞了城市的街道，只剩下了一些狹窄的通路。火車的軌道發生彎曲，並且斷裂。地面上形成隆起和陷落。最後，退回去的海浪遺留下厚厚的淤泥，淤泥使人們行走時發生極大的困難。

我們偉大的同胞阿歷克賽·馬克西莫維奇·高爾基經歷過這次地震，因此，他描寫道：

“大地瘡啞地叫着、呻吟着、在腳下僵僵着、焦燥着，做成了深深的裂縫——好像微眠了幾世紀的某種瞎眼的、龐大的軟體動物在深處睡醒，輾轉着。它在那黑暗中爬行着，彎曲起他的筋肉，而且嘔吐到地面上來，往地面上把建築物拋到人和生物的身上……。樓房顫抖着、搖動着、傾斜着，裂縫如電光一樣地劃過它們的白牆。牆壁倒塌了，破壞了窄窄的街道，堵塞街上的行人……。地下的響聲、石頭的轟隆聲、樹木的嘯聲壓倒了求救的哀號、瘋狂的呼喚、受傷者的呻吟……。人們和石頭混做一堆，房屋和教堂越來越劇烈、越來越頻繁地震動着；好像一把看不見的巨大的鐮刀把它們一直切到基腳——誰也不能夠抗拒得住這把巨大的鐮刀的揮動……。大地和海一樣地波動着，用胸膛推翻自己的宮殿、民房、教堂、軍營、牢獄和學校；每次震動都消滅着成百上千的婦女與兒童、富人與窮人、文盲和學者、信徒和無神者……。”

美新納地震的破壞情況，可參看圖3和圖4的照片。

日本是地震的國家，日本境內平均每天發生四次地震，毀滅性的地震幾乎每8—10年便要重來一次。

日本的文獻裏，於一千五百年內記載了223次毀滅性地震。影響嚴重的有兩次。

其中第一次，於1891年10月28日在向西距離日本首都東京160千米的濃尾平原發生。這次地震中傷亡了一萬七千人；於一萬

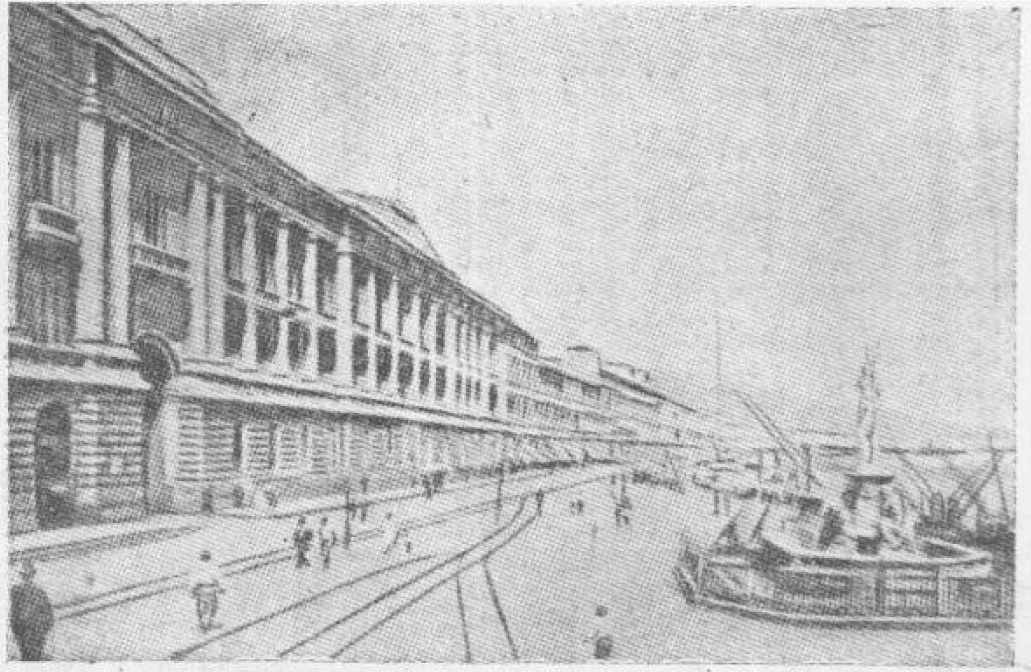


圖 3. 美新納,維多利亞-愛瑪努愛利街,在地震之前的景象。

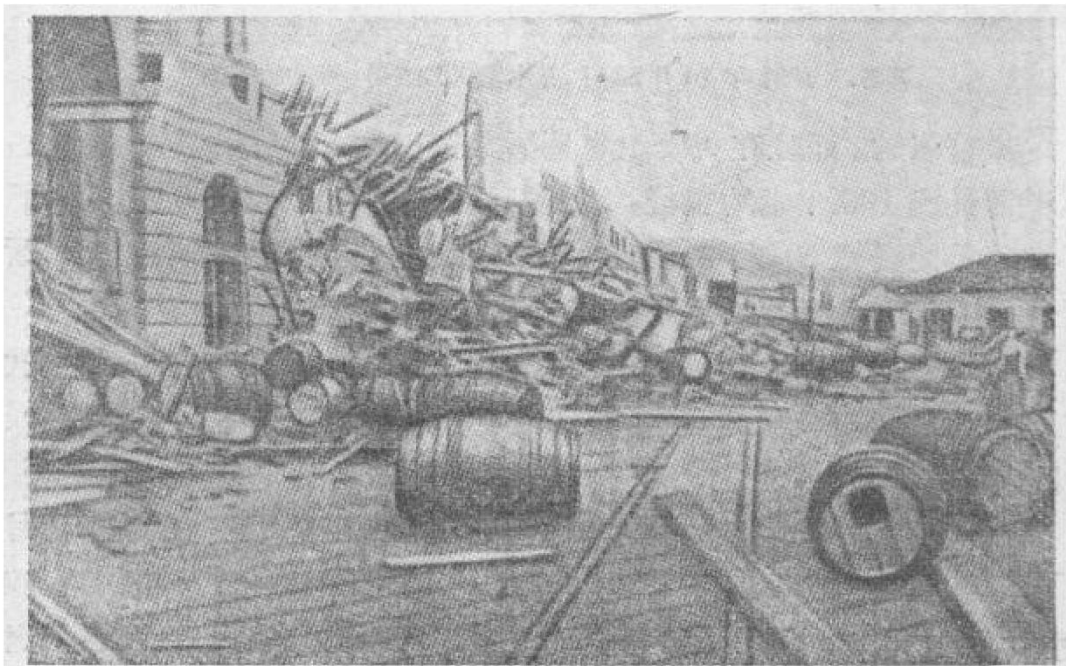


圖 4. 美新納,同一街道在地震後的景象。

一千平方千米的面積中,有廿萬間房屋被毀壞了。地面上出現了無數的裂縫,土壤與樹木一起從山上滾下來。地面的某些部分因為受

着壓擠，以致它們的面積很明顯地縮小了。有些房屋的牆壁距離變近了，很大一段距離的火車軌道發生了彎曲（如圖 5）。

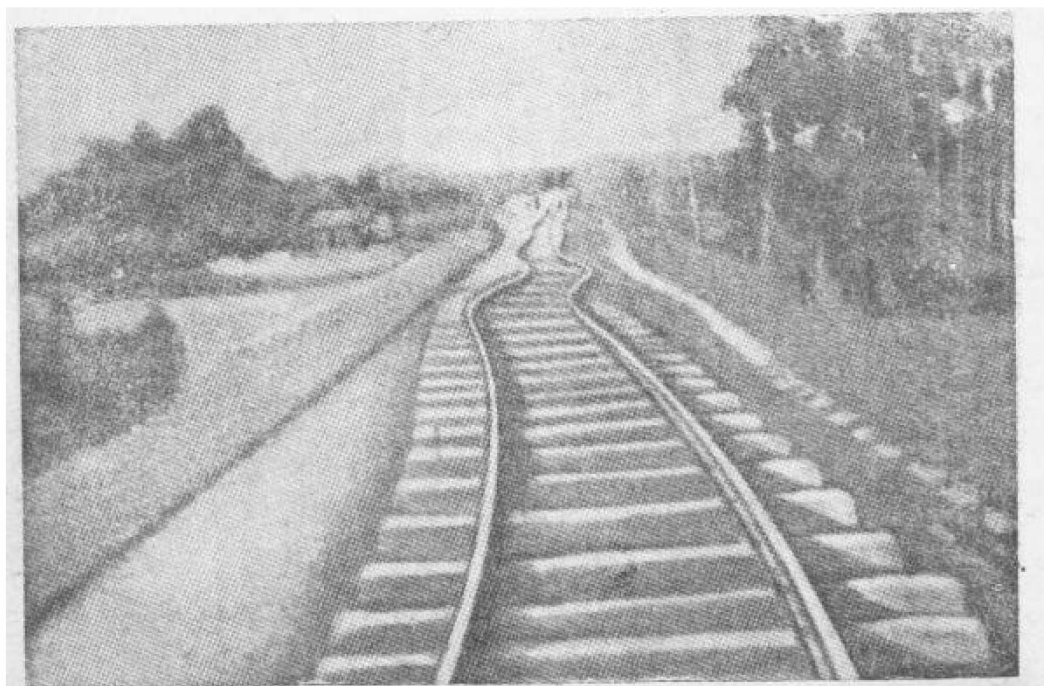


圖 5. 1891 年 10 月 28 日，日本濃尾地震時，鐵道的彎曲，

最著名的，而且在規模上也是極其突出的，就是在這次地震中，出現了長達 160 千米的裂縫，地面沿裂縫的一邊下陷達 6 米。差不多沿着整個裂縫造成了一個巨大的台階。同時沿着這個台階或斷層，產生了 1—2 米寬的水平位移。這個裂縫的樣子可參看圖 6。

可以引人注意的是，於這次地震以前的幾年裏，在破壞綫兩旁就已經可以感覺出輕微的震動，而在震災發生的前三天之內，發生過強烈的前震。

前邊提到的毀滅性的日本地震中的第二個，發生在 1923 年 9 月 1 日。按它帶給人民的不幸與影響來說，這次地震是這樣的駭人聽聞，以致於全世界的輿論都不同程度地反映了這個事件，並且表示出對受難者的同情。

這次地震期間，日本首都東京被毀滅了。全部房屋中有三分之二被全部毀壞，所剩下的也遭受到巨大的破壞。地震在 11 點 58 分

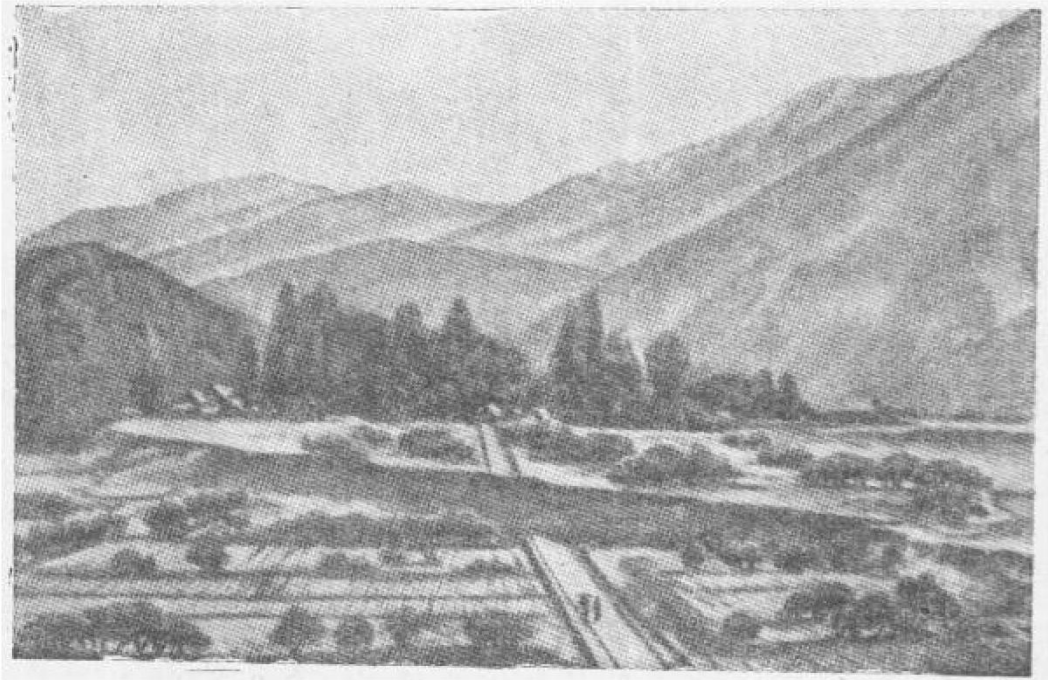


圖 6. 1891 年 10 月 28 日地震時，在濃尾平原上所造成的斷層。

開始強烈的震動，這個震動引起部分的破壞。更有 76 處同時爆發火災。在第一次震動之後 20 分鐘，便發生了更強烈的第二次震動，這次震動就完全毀滅了城市。自來水管被毀壞了，街道被破壞的房屋堵塞着，以致於什麼也沒有，而且也想不起有什麼可以去救火。城市燃燒了差不多三晝夜。許多人被燒死，或者在沸水塘中被燙死。

和東京同時被毀的城市還有橫濱。退去的浪潮把一些沿海的城市裏幾百所房屋帶到海裏去。地震後研究的結果，發現了海底地面的巨大移動，這移動使海底裂成相鄰的凸出與凹下部分，它們高低之差達 270 米。

1923 年 9 月 1 日地震在東京破壞情況的一般介紹可參看圖 7。

在蘇聯境內，有時也發生毀滅性的地震。它們多半在靠近我們國家南方和東方邊界分佈着的山區內出現。

我們介紹兩個地震的簡短情況。一個於 1887 年 5 月 28 日在魏爾內(Верный)(現在是阿拉木圖)發生，另外一個發生於 1948 年 10 月 6 日在阿什哈巴德城，即土庫曼共和國的首都。

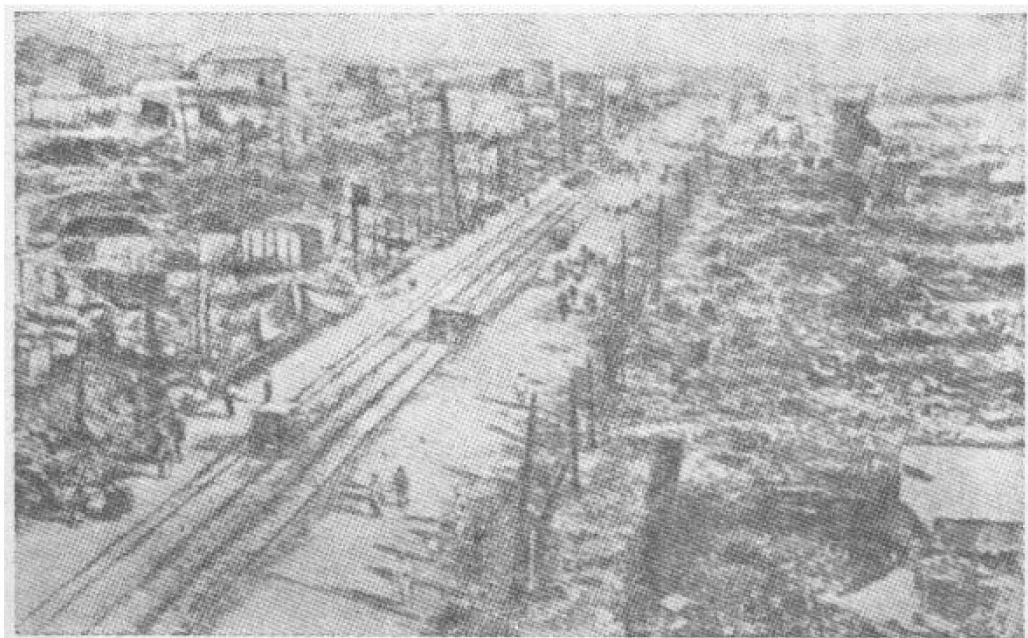


圖 7. 1923 年 9 月 1 日地震時東京的毀壞。

著名的俄國學者，地質學家 И.В. 牟士凱道夫研究過，並描寫過 1887 年魏爾內城的地震。根據他的描寫，我們可以想像所發生事件的景象。

魏爾內靠近阿爾泰山的北坡，發生地震的前一天裏，家畜表現出明顯的不安，儘量想離開自己習慣的地方。這種感覺就是說，牠們已經感覺到這種雖然還是很弱的前震了，第一次劇烈的震動發生在 4 點 35 分，當時驚醒了所有睡着的人們；那時候聽到劇烈的轟隆聲，以及來自阿爾泰山方面的轟隆聲。以後幾分鐘內，發生了一系列的劇烈震動，並毀壞了房屋。震動從山的那方面，即從南方過來，而牆壁破壞最厲害的也正在這個方向。山上峭壁部分都坍塌了，個別重達三千普特的岩石掉下來，並扔出了很遠的距離。被雨水浸軟的泥土，從斜坡滾下來，或者和草木一起從斜坡上倒下去。這些泥土和河水混合起來，變成了泥污的急流，其中一個寬達 500 米的泥流，延長到 10 千米。蒙難的人數是相當多的。破壞波及長 100 千米，寬 50 千米左右的地區。

阿什哈巴德於 1948 年 10 月 6 日的地震是蘇聯境內地震的第二

個例子。這次地震是極端強烈的，因之對於它的印象，很長時期內都不能從我們的記憶中消失。

按阿什哈巴德時間，在 10 月 6 日 1 點 12 分，並沒有預先的震動，只在剎那間便發生了垂直震動；隨後有更強烈的水平震動。這個水平的震動使土庫曼共和國首都的許多建築遭到破壞，並且引起人數巨大的傷亡。地震延續了 8—10 秒鐘。許多住宅建築被毀，或達到嚴重破壞。然而，採取防震措施的建築，却完整地存在着，甚至於完全可以適於長期使用。城市的一些木架的建築也依然如故。

這次劇烈地震的特點是這樣的：土地的震動有着彈性震動的性質，並沒有同時發生街道斷裂及樹木與電綫桿子傾倒的現象，甚至於連自來水都完整而沒有出毛病。在阿什哈巴德東南 30 千米，破壞最嚴重的地方發現土地斷裂與裂縫，以及山崩與地滑。該處的震動達到最強烈的程度。

圖 8 給出關於裂縫的情況。這些裂縫寬達 1 米，而垂直位移達

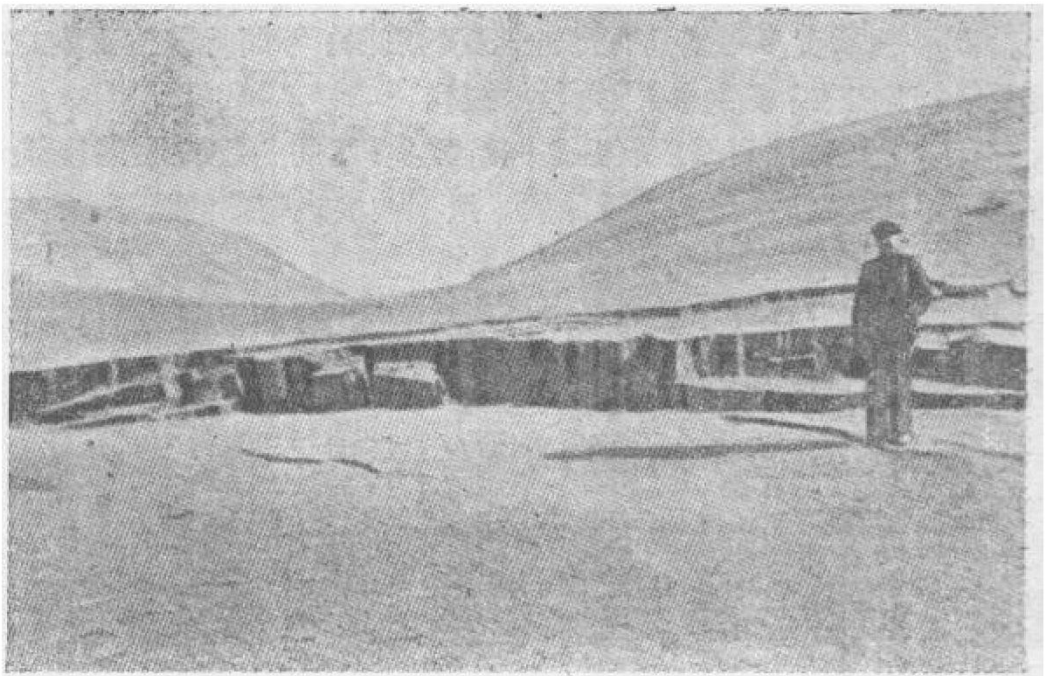


圖 8. 1948 年 10 月 6 日阿什哈巴德地震中區域的裂縫。

1.5 米。破壞地帶從西北向東南延長着，長度在 80 千米左右，寬度在 10 千米左右，對阿什哈巴德各個方向上破壞情況的研究，能確定地震強度的分佈，並繪製出等震圖，即地震強度相等的綫，這次地震與大量連續的震動同時發生。總結地震記錄的分析，推測出在不很深的 20—40 千米的地方，存在着這個地震的震源，它的震中位在阿什哈巴德周圍半徑為 30—40 千米的範圍內。

蘇聯政府和其他蘇維埃共和國勞動人民給與阿什哈巴德地震受難人民迅速的及各方面的幫助，表現了偉大蘇聯各族人民相互團結的兄弟般友誼的力量。

在近幾年內，土庫曼蘇維埃社會主義共和國首都阿什哈巴德就將恢復起來，同時建築的房屋都將採用防震的措施。

前面所舉的毀滅性地震的例子，在各國內有極其不同的表現。在一些情況下，地震的主震到達之先有比較弱的震動，另一種情況主震是短暫的。在主震前時常聽見響聲或轟隆聲，這種聲音證明着有跑在主震前邊的極短週期的震動的存在。

一種情況是地震伴隨着在地面上顯現的地層斷裂和位移同時發生。另一種情況多半是具有彈性性質的震動，不同時發生土地的斷裂現象，即不同時發生永久形變的震動。

有時地震與地面波浪狀凸起同時發生，這種凸起於地震後遺留下來的形狀，是作波浪式的彎曲的。這種波浪式彎曲的樣子，在火車軌道上表現得特別明顯。

此處只引了比較少數的毀滅性地震的例子，而較弱的地震却發生得很頻繁，但是，對居民來說，其中絕大多數是完全不可怕的。

地震烈度與等震綫

研究地震時首先必須了解下列幾個物理名詞的特徵：

(1) 不同點的地震烈度，以及根據它們作成的所謂等震綫圖，即用綫把地震烈度相等的各點連接起來的圖；

(2) 震中位置，或震中區，即地面上地震強度最大的地區，可以

作為根據來假想震中區域(也叫做極震區),直接位於震源上邊;

(3) 震源深度。

儘管在這方面採用了許多聰明的意見,但是到現在還沒有用儀器來準確的測定地震烈度的方法。每一個所建議的儀器都有着某些失去科學客觀性的缺點。無疑地,製造一種適用於幾百個觀測點的簡單而又準確的儀器,是地震學上最重要的一個問題。雖然這個問題好像很簡單,但是,實際上却是極複雜的。

現在測定地震烈度用的是一種特殊的標度表。這種表是以建築的破壞程度,以及地震時直接觀測到的地面情況,與各種物體和人們在地震時的表現為基礎而製訂的。

這個表分為十二級。茲將它們的特徵簡述如後。每一位細心的觀察者——任何地震的見證人——都能夠利用這個標準,並將他的記錄寄到蘇聯科學院地球物理研究所[莫斯科 17, 彼熱夫斯基大街 3 號 (Москва 17, Пыжевский пер., 3)],這裏將對所有地震作出詳細的統計並處理地震的儀器記錄。

地震烈度表

一級——僅儀器感覺到。

二級——極弱。少數靜止的人感覺到。

三級——弱。部分人感覺到震動,如同馬車從旁駛過,有時能決定震動的持續時間及方向。

四級——中度。物體顫動,並輕微搖擺;放得很牢的器皿發出響聲,窗戶上的玻璃吃吃有聲,門、樑、地板軋軋作響,天花板發生裂紋;未閉合的器皿中的液體搖動,有個別睡着的人驚醒。

五級——相當強。室內所有的東西都搖動。植物和樹枝好像在微風中搖動。自由懸掛着的物體如簾子、吊燈、多枝掛燈架等擺動。時鐘停擺,停着的鐘擺可以擺動,鐘的發條發出響聲。畫片移動位置,液體自器皿中部分盪出。傢俱軋軋作聲,窗戶上的玻璃出現裂縫。睡者驚醒,一些人跑到街上。

六級——強。人人感覺到,引起驚呼。液體強烈地動蕩,畫片從壁上落下,書從書架上掉下,器皿損壞,物體移動位置或翻倒,小鐘鳴響。甚至在

有些堅固的建築上的灰泥牆上出現裂縫，有些地方的灰泥脫落。結構不良的房屋損壞比較厲害，但還沒有危險性。

七級——很強。室內傢俱遭受相當毀壞。大鐘鳴響。河水及池塘裏發生波浪，水因泥污而混濁。發生地滑現象。井水水位改變。牆壁形成裂縫，大塊灰泥、塑造的裝飾品、磚頭有脫落。房瓦掉下，煙囪毀壞，有的倒到房頂上。結構不良的建築嚴重毀壞。

八級——破壞。樹木搖動，有時折斷。笨重傢俱移動，部分傢俱翻倒。雕像與紀念碑在基座上扭轉或倒塌。結構堅固的房屋遭到強烈的破壞，牆壁上有大裂縫，甚至於部分毀壞。煙囪毀壞。陡坡與濕地裂出小縫。有些地方水從土壤中冒出。

九級——毀壞。結構堅固的磚石房屋劇烈破壞，許多已經不能居住。木架屋牆壁上的灰泥出現裂縫和裂紋，有些木房歪斜，土地上出現裂縫。

十級——強烈毀壞。大多數磚石建築與地基一起破壞。堅固的磚牆出現危險的裂縫。建築良好的木房，以及橋樑嚴重破壞。路基與堤壩顯著破壞。火車軌道彎曲。地下導管破裂，並且有時有堵塞現象。石頭路與柏油路出現裂縫和波浪狀皺紋。鬆軟與特別平的土地形成深達幾十厘米的裂縫。鬆軟泥土發生地滑，部分的岩石從峭壁的斜坡上崩落下來。

十一級——毀滅。磚石建築崩塌，甚至於大的堅固的橋樑破壞，金屬樑架彎曲。路基與堤壩毀壞。鐵路鋼軌彎曲而且拱起。地下導管毀壞而失效。地面發生巨大的變形。在水平和垂直的方向上形成巨大裂縫，發現許多地滑與山崩。地下冒出帶泥沙的水。

十二級——強烈毀滅。全部建築毀壞。地形變動極大。地面上出現位移、斷層和斷裂等現象。有許多地滑與山崩。河岸崩塌。在湖河中形成瀑布，氾濫成災，河流改道等。

根據這個表，地質學家與地震學家可以在當地直接確定地震烈度。然後在遭到地震破壞區域的地圖上，即每個測點記錄下相對應的地震級數，用連續的線把同級的點連接起來，即等震線。這種線通常多是閉合的，並且環繞着震中區，每條等震線都代表自己的一種烈度級。地震的這種特性是非常重要的和有意義的，因為能以它劃出震中區，研究震中區的形狀，並可以確定受震區的範圍。這種等震線