

地基基础震害调查 与抗震分析

(唐山地震调查报告)

国家建委建筑科学研究院地基基础研究所

中国建筑工程工业出版社

地基基础震害调查与抗震分析

(唐山地震调查报告)

国家建委建筑科学研究所地基基础研究所

·限 国 内 发 行·

中国建筑工业出版社

本书从唐山地震对建筑物地基基础震害实地调查出发，分别对岩石地基、较好的粘性土和密实的砂土地基、松砂和可液化地基、饱和软粘土地基的震害情况以及抗震性能进行了分析，并且针对地震产生的地裂与滑坡、砂土的液化、软弱地基的震沉等现象，提出了建筑物地基抗震措施的一些初步意见。

本书可供土建勘察、设计、施工人员参考。

地基基础震害调查与抗震分析

(唐山地震调查报告)

国家建委建筑科学研究院地基基础研究所

·限国内发行·

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 2 7/16 字数: 55 千字

1978年11月第一版 1978年11月第一次印刷

印数: 1—25 190 册 定价: 0.20元

统一书号: 15040·3492

前 言

我国是一个多地震的国家，历史上曾经发生多次强烈地震。虽然几千年来，我国劳动人民一直在同这种自然灾害进行着顽强的斗争，但是在抗震经验方面遗留下来的文字资料不多。解放以来，在毛主席和党的领导下，有关单位十分关怀和重视地震预测预防事业以及抗地震经验的积累。敬爱的周总理亲自组建了地震工作机构，并曾指示我们：“必须找出规律，总结出经验。”英明领袖华主席多次指示地震战线要认真总结经验，加强科学研究，千方百计地突破临震预报关，攀登地震科学技术高峰。这一切，有力地推动了我国地震预测预防事业的迅速发展。

遵照上述指示，我们对一九七六年唐山、丰南地震对建筑物地基基础震害情况做了实地调查，并进行了分析研究，得出一些初步看法，写了这本小册子。期望它能够起到交流经验、互相启发的作用。但限于水平，书中必有不少缺点和错误，希望广大读者指正。

在地基基础抗震性能的调查和本书编写过程中得到唐山、天津以及各有关单位协助和提供资料，在此一并致谢。

国家建委建筑科学研究院地基基础研究所

一九七七年十一月

目 录

一、地基基础震害情况	(1)
(一) 岩石地基	(1)
(二) 容许承载力在12吨/米 ² 以上的粘性土地基和密实的砂土地基	(4)
(三) 松砂及可液化地基	(14)
(四) 饱和软粘土地基	(22)
(五) 基础的抗震性能	(36)
二、震害分析和建筑物抗震措施的初步看法	(39)
(一) 岩石地基	(39)
(二) 地裂与滑动	(41)
(三) 地基的液化	(47)
(四) 关于软弱地基震沉现象及处理	(57)
(五) 关于基础抗震设计的一些问题	(64)

一、地基基础震害情况

一九七六年七月二十八日晨三时四十二分河北省唐山、丰南一带发生7.8级强烈地震。这是一次构造性的浅源地震，主震的震源深度距地面为12到16公里。主震之后余震延续时间较长，且强度较高，最大余震达到7.1级，故有主震——余震型地震之称。这次地震的主震宏观震中位于唐山市铁路以南的市区，震中烈度高达11度，烈度在7度以上的影响地区面积约为四万余平方公里，是我国解放以后破坏性最大的一次地震。

在这次地震中，处于不同烈度的京、津、唐地区，普遍存在着在同一烈度区内建筑物破坏程度有显著差异的地段，造成这种现象的原因之一，是建筑场地的地质、地貌条件和地基土的不同地震效应。对同一类土，因地形不同，可以出现不同的场地效应，房屋的震害因而不同。但作为地基的震害而言，除了场地效应因素以外，还有土的动力性质因素。在同样的场地条件下，粘性土所反应的动力特性与砂性土有显著不同，饱和的软粘土与非饱和土也不相同。因此，在研究地基的震害时，首先应当考虑土的动力特性，从这一角度出发，将地基土分为：（1）岩石地基；（2）容许承载力在12吨/米²以上的粘性土地基和密实的砂土地基；（3）松砂及可液化地基；（4）饱和软粘土地基等四类。

（一）岩石地基

（1）处在微风化状态的整体岩石地基，抗震性能较

好。例如位于烈度10度区的唐山陶瓷厂，由于建筑在完整的石灰岩和薄层残积土上（一般3~4米以下即为完整岩石），震后建筑物全部完好，场地烈度较同一烈度区内的其他地基轻2~3度（见图1）。

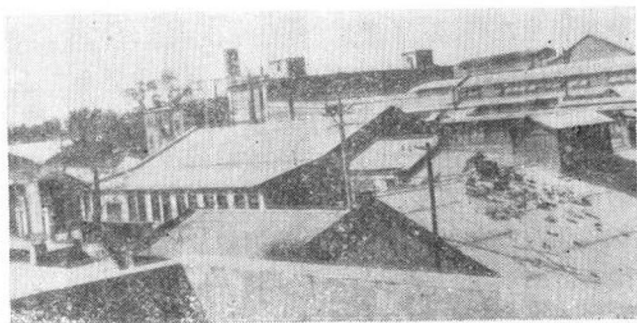


图1 唐山陶瓷厂震后建筑物完好

（2）处在风化程度较强的基岩上则相对较差，沿山坡建筑的房屋又因地势影响而有不同的地震反应。如唐山郊区的徐庄，处在风化程度较强的基岩的坡上建筑物破坏较重（见图2），而处于坡下土层上的建筑物倒塌更是十分严重。

（3）处在孤立的坡顶上的建筑物，震害较重，如唐山凤凰山顶的二层钢筋混凝土凉亭，震后虽未倒塌，但一层柱顶和二层柱根处混凝土严重破碎，钢筋弯曲外露，与唐山陶瓷厂相比，可以看出山顶建筑是处在地震不利的地形上。

（4）处于半挖半填显著不均匀地基上的建筑物，由于地震时地基的不同反应，往往造成建筑物的倾斜和破坏。如位于烈度10度区的唐山面粉厂，地处山脚，该厂的毛麦仓基础一边落于基岩上，一边落在土层上，两边地基性质相差较大，震后建筑物严重倾斜（见图3、图4）。



图 2 徐庄处于风化基岩的坡上建筑物破坏情况

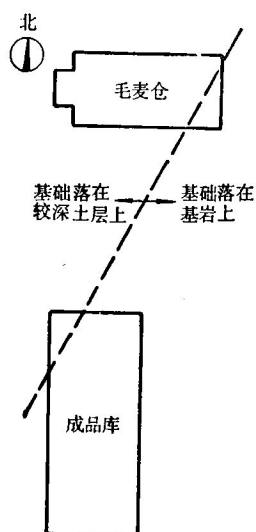


图 3 唐山面粉厂毛麦仓及成品库平面示意

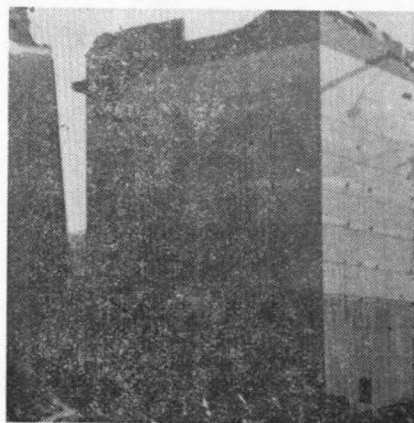


图 4 毛麦仓破坏情况

总之，岩石地基的抗震性能较好，它普遍优越于土地基。但岩石地基又因其风化程度不同而有不同反应，风化程度较强的地基抗震性能相对较差。而处于显著不均匀地基上的建筑物，地震时往往由于地基变形不同造成建筑物的倾斜和破坏。

（二）容许承载力在 $12\text{吨}/\text{米}^2$ 以上的粘性土地基和密实的砂土地基

在一般粘性土地基上，建筑物由于地基造成的震害并不严重。如处于烈度10、11度区的唐山市，建筑物虽然在地震中遭到严重破坏，但多是由于上部结构荷重的惯性力造成的，而地基基础造成的震害现象并不突出。11度区的唐山齿轮厂，震后厂房倒塌严重，钢筋混凝土柱子在柱根部折断，但基础并无偏转或倾斜（见图5）。10度区的唐山水泥机械

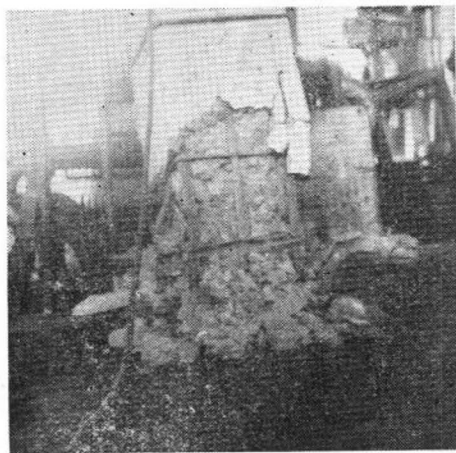


图5 唐山齿轮厂齿轮车间钢筋混凝土柱根部破坏情况

厂，地震时厂房倒塌，经实地测量，单独柱基无倾斜，条形基础也无明显的差异沉降（见图6）。10度区的古冶机务段单身宿舍楼，震时外纵墙倒塌，但整个建筑物基础并无不均匀沉降或倾斜（见图7）。再如，唐山陡河电厂，地基为一般亚粘土与砂土的交互层，地面下8米处系水下粉细砂层，但因粉细砂的相对密度达97%，震后并无喷砂冒水现象，主厂房二期工程的钢筋混凝土单独柱基，系采用25×25厘米截面，5~6米长的钢筋混凝土预制桩打入粉细砂层，地震后虽在个别柱根处有混凝土被压碎、钢筋外露的现象，但基础并无倾斜。3号、4号汽轮机基础为31.2×12.0米的整体基础，下设207根预制桩，震后实测亦



图6 唐山水泥机械厂厂房倒塌后柱基和条基的变形情况

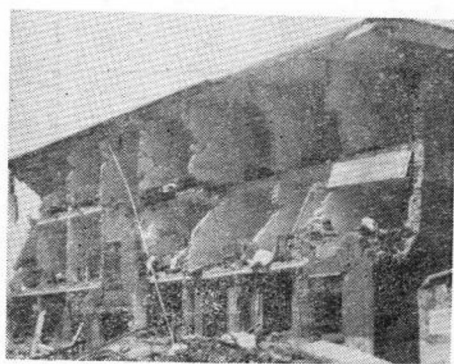


图7 古冶机务段单身宿舍楼破坏情况

未发现倾斜。180 米钢筋混凝土烟囱，于七月二十八日晨被震开裂，当天傍晚发生7.1级余震时，上部 47.4 米一段震落，事后对烟囱基础进行测量亦未发现倾斜现象(见图 8)。此外，

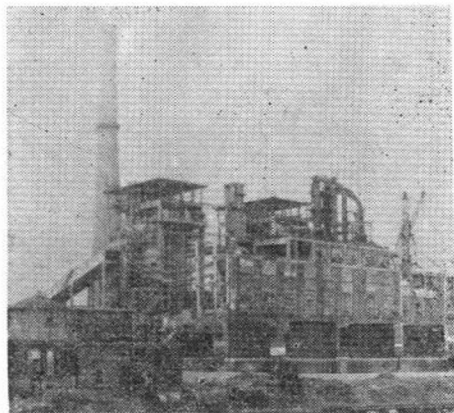


图 8 唐山陡河电厂主厂房及烟囱震害情况

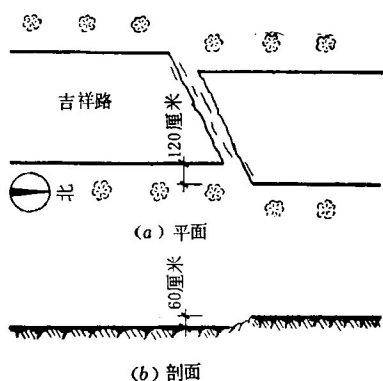


图 9 吉祥路路面开裂错落示意

在烈度 8 度区的天津市，凡属一般粘性土的地基，地震时，由于地基基础产生的震害也是非常少的。

但是在此类地基的下述地区或地段，地震震害却有明显的增加：

1. 发震断裂附近地震震害加重 这次地震时，在唐山市路南区的吉祥路和岳格庄路一带发现构造性的地面开裂和错动，最大裂缝宽度在 1.0 米以上，吉祥路和岳格庄路的路面被裂缝切断后呈顺时针方向错动达 1.2~1.8 米(见图 9)，路边树行错开明显(见图10)，南部下陷 60 余厘米(见图11)。



图 10 吉祥路路边树行错位情况



图 11 吉祥路裂缝南部下沉情况

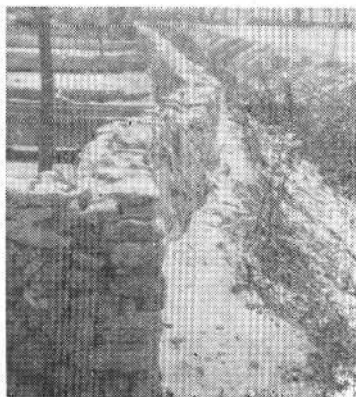


图 12 围墙错位情况

吉祥路与岳格庄路之间的一仓库围墙墙基和院内成行的树木等亦呈现顺时针方向错动（见图12）。初步测量这条裂缝呈北东 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 向东北延伸通过唐山市区的小山一带，根据航测资料查明裂缝断续漫延长达10公里，而裂缝两旁次级裂缝发育，一般长达十几米到几十米，致使马路路面破坏，建筑物倒塌十分严重，形成唐山路南区烈度高达11度的极震区。

2. 陡坡与河岸的滑坡 土质陡坡与现代河流的岸边，由于一面临空，在强烈地震力作用下，往往会使在正常情况下处于稳定状态的斜坡产生滑动。位于烈度11度的唐山市陡河胜利桥附近，地震时，河流两岸产生滑坡（见图13、14）。



图 13 胜利桥附近河岸滑坡断面示意

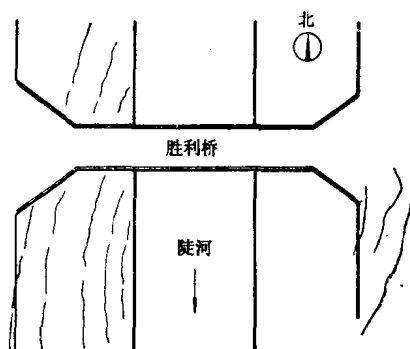


图 14 胜利桥附近河岸滑坡平面示意

在这里，西河岸的破坏甚于东河岸，在西河岸距河身31米的土堤处形成滑坡的后缘陡坎，高为1.0~1.5米（见图15）。在坡高6米的情况下，水平距离31米的范围内，发生多道滑裂缝和错落土台，滑裂区内树木歪斜倾倒（见图16）。横跨陡河的胜利桥，为五跨66米长的钢筋混凝土桥，由于河岸滑坡使西端第一排桩柱折断，两跨桥身下塌，残留桩柱一致向西倾斜（见图17、18）。位于滑坡边缘的桥头建筑物受到严重破坏（见图19）。



图 15 陡河胜利桥附近的滑坡后缘陡坎

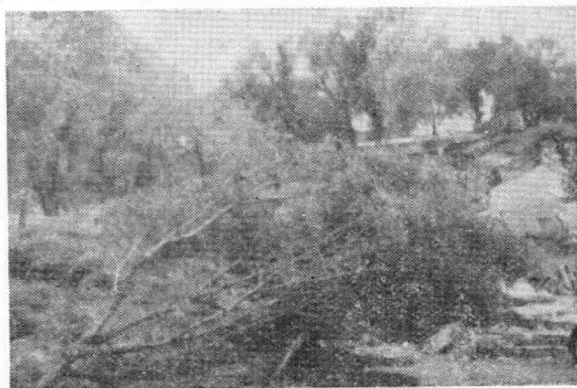


图 16 滑裂区内树木歪斜倾倒情况

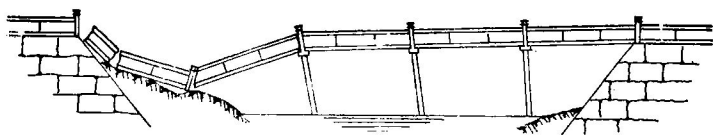


图 17 胜利桥破坏情况示意

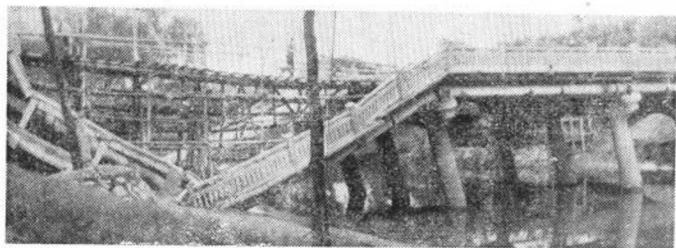


图 18 胜利桥桩柱折断情况

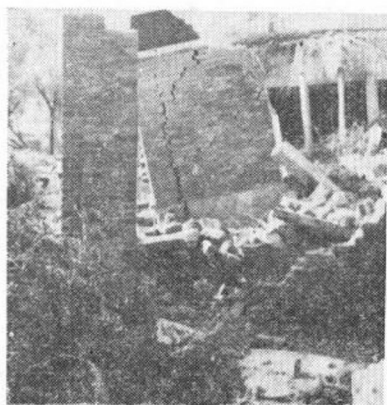


图 19 桥头建筑破坏情况

位于烈度10度区的唐山以东冶里村附近的陡河西岸，坡高8米，地震时，岸坡发生滑坡，在距河身水平距离40米的

范围内，形成多道滑裂缝和错落土台（见图20）。滑坡区内取水泵房基础向河心滑移，上部倾倒在岸坡上，跨河拱桥全部塌落（见图21）。但与之相邻而处于滑坡区外的另一拱桥，因岸坡低缓，地震时未能发生滑坡，则桥身基本完好（见图22）。

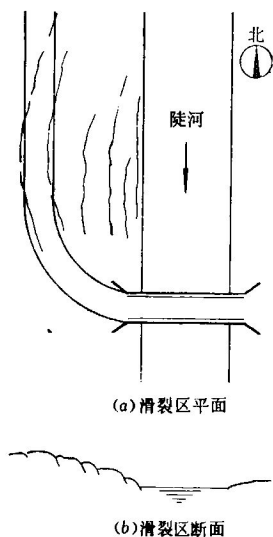


图 20 冶里村附近
陡河岸边滑坡示意

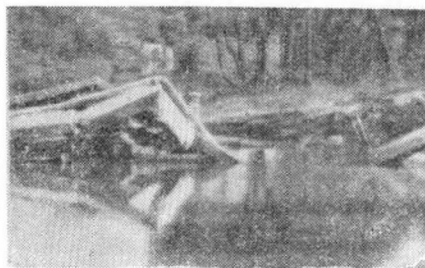


图 21 拱桥塌落情况



图 22 滑坡区外的拱桥

位于烈度10度区的古冶机务段，地处起伏地形上，这次地震时，位于马路西坡坡顶的俱乐部，因斜坡滑动受到严重破坏，以至圈梁折断、砖柱开裂（如图23中箭头所示）。室内地坪顺坡开裂，墙体产生斜向裂缝，在图24中可以看出有向舞台方向滑动的现象。在其以南的制管车间东外墙，亦因

地基土的滑动而墙身受到破坏（见图25）。同时，马路以东的职工食堂和配电所，都因东坡向西滑移而遭到破坏（见图26、27）。

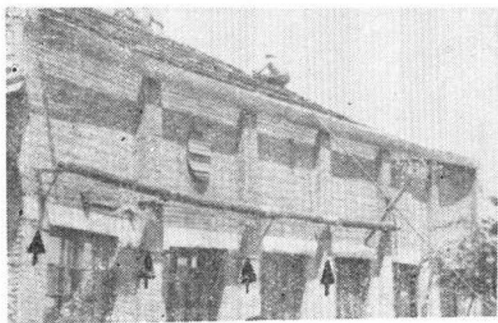


图 23 俱乐部窗顶圈梁折断、砖柱开裂



图 24 俱乐部室内破坏情况