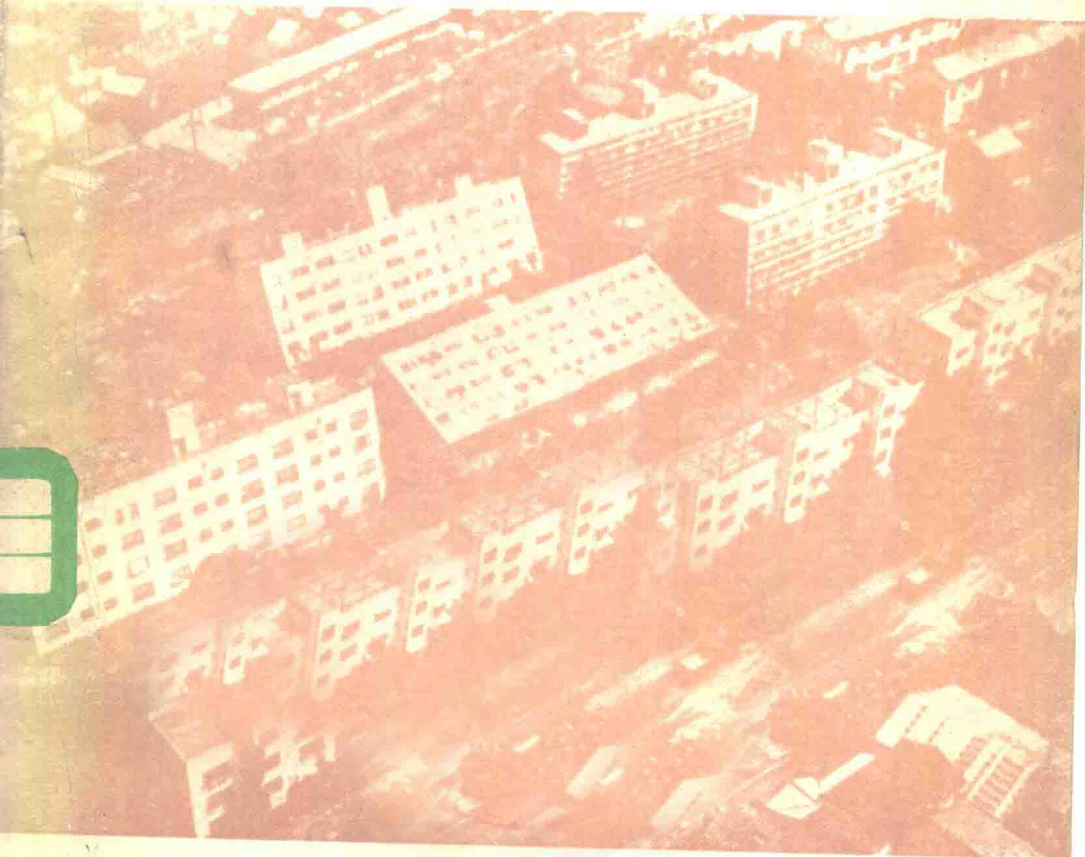


地基与震害

〔日〕田治米辰雄 望月利男 松田磐余 著

张振中 林学文 许国昌 译 宋福堂 校



地震出版社

地 基 与 震 害

〔日〕田治米辰雄 望月利男 松田磐余 著

张振中 林学文 许国昌 译 宋福堂 校

地 震 出 版 社

1 9 8 0

内 容 简 介

本书通过对若干大震的典型震害调查，从地震工程学的理论和观点出发，较全面详细地阐述了地基与震害的关系。

书中介绍了宏观震害调查的原则、方法和内容。从地基振动的理论上分析了不同地基在强震作用下的地面运动特征，并深入研究了砂土地基的液化现象，提出了评定的新方法。在大量地震断层的实际资料基础上，说明了断层对震害的影响。在分析地基的动力特性时考虑了地基与建筑物之间的相互影响，并从波动理论的角度，对不同地基上建筑物的震害进行了分析研究。本书还探讨了地基与震害关系定量化问题和城市防震抗灾的原则性措施。

本书适于从事工程地震和建筑、铁路、公路、水电等勘察设计部门工作的科技人员阅读参考，也可供有关专业的大专院校学生作参考书用。

本书第一、四章由张振中翻译，第二、三章由许国昌翻译，第五、六、七章由林学文翻译。全书由宋福堂校对。

地 盤 と 震 害

——地域防災研究からのアプローチ——

田治米辰雄 望月利男 松田磐余 著

槇 書 店

地 基 与 震 害

〔日〕田治米辰雄 望月利男 松田磐余 著

张振中 林学文 许国昌 译 宋福堂 校

地震出版社出版，

北京复兴路83号

北 京 印 刷 三 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

850×1168 1/32 8 1/2印张 200千字

1980年11月第一版 1980年11月第一次印刷

印数：0001—4600

统一书号：13180·100 定价：1.05 元

前 言

最近，为了减轻区域性震害，以日本各地的防灾会议等机构为中心，正在进行调查研究的。这项工作是应各地区社会上的迫切要求而进行的。同时，建筑学会、土木学会、地理学会、地震学会等机构关于区域地震灾害及其预防的研究也在日益开展。

到目前为止，抗震工程学已经具备了完整的学科体系，并且，许多有关抗震的内容也编进了教科书。这一学科，主要是为了保证各个具体结构物的安全，而本书把区域性震害预防为目的的科学称为区域防震学。这是一门边缘学科。譬如，仅就设施而言，如果认为在各种地基上以某种集合体形式存在，而且这种集合体与当地地基有机地结合起来构成一个区域，那末，很显然，有必要对区域防震学以新的观点进行综合性探讨。然而，由于这门科学还处于发展初期，所以，在防灾组织的迫切要求下往往要对震害做出一些一般性结论，而这些结论常常以新闻加以报道，但在实际上，这些结论当中真正有科学根据并被阐明清楚的部分是很少的。本书作者十几年来多次参加了各地区的防灾会议组织的有计划的调查研究工作，同时，作者为区域防震学的发展也正继续进行坚实的基本理论研究。

本书主要是以地震时的地基状态及历次地震的地基与震害的关系为基础，首先对一次震害进行探讨。根据最近提出的着眼于地震危险性的地震小区划这一术语的含义可以明确，本书最基本的是要研究构造地震不同地区的地基与震害危险性的关系。作者认为，这种讨论最有效的方法是以最新的手段和资料为基础，将历次地震震害与地基的关系进行更深入的研究，同时，当破坏性地震发生时，还应当综合地、系统地进行详细的调查和研究。

由上述观点出发，本书集中了作者的经验以及与其相关的调

查研究成果，本书如能对区域防震研究有兴趣的各方面的青年研究者、学生和从事防震组织方面的有关人员多少有些参考价值的话，我们将深感荣幸。另外，本书在编写过程中，曾得到东京大学理学部教授中野尊正和共同工作的宫野道雄先生的宝贵指导以及棋书店编辑部厚美武宏先生始终如一的热情帮助，在这里一并表示深切的谢意！

1973年3月 作者

目 录

第一章 通过历史大地震研究地基与震害的关系	(1)
1-1 东南海地震	(1)
1-2 浓尾地震	(12)
1-3 安政江户地震和关东大地震	(19)
第二章 地基振动	(39)
2-1 地震反应计算方法	(39)
2-2 地基的各种常数	(42)
2-3 用地基反应计算进行小区划——东京的地基 结构及其反应	(59)
第三章 砂土地基的液化和震害	(89)
3-1 1964年新潟地震时地基的液化和钢筋混凝土 建筑物的破坏	(89)
3-2 1964年新潟地震时由于砂基液化而产生的木 结构房屋的震害	(105)
3-3 预测砂基液化的几种方案和存在的问题	(118)
第四章 地震断层及其震害	(124)
4-1 1974年伊豆半岛近海地震	(124)
4-2 1975年大分县中部地震	(153)
4-3 在震害调查中学术界的协作	(172)

第五章 不同地基建筑物的振动特性和地震反应 ...	(176)
5-1 建筑物的反应计算	(176)
5-2 建筑物的脉动及地震观测	(194)
第六章 烈度定量化	(209)
6-1 研究的步骤	(209)
6-2 地基结构和震害关系定量化的重回归分析 方法	(214)
6-3 地基脉动的周期-频度曲线和木结构建筑物 震害的关系	(220)
6-4 根据地震反应计算估计木结构建筑物的震害	(224)
6-5 问题的归纳和讨论	(241)
第七章 区域性防震研究的现状与存在的问题	(246)
7-1 震害的复杂性	(246)
7-2 与震害诱发因素有关的抗灾措施	(255)
7-3 几种抗震措施	(260)

第一章 通过历史大地震研究

地基与震害的关系

1-1 东南海地震

(1) 地震概况

在日本群岛的太平洋沿岸近海中，震级为8级的特大地震是经常发生的，像北海道东近海的十胜近海地震（1952年，8.2级——根据1976年理科年表的震级）、三陆近海沿岸的三陆近海地震（1933年，8.5级）、东海道—南海道近海的东南海地震（1944年，8.3级）和南海地震（1946年，8.1级）等。因这些大震发生的年代较晚，所以人们对地震的情况是记得很清楚的。其他像元禄地震（1703年，8.2级，房总近海）、宝永地震（1707年，8.4级，东海道近海）、安政地震（1854年，12月23日东海道近海和24日南海道近海分别在两天内相继发生地震，两次地震的震级都是8.4级）等也是经常被引用的一些大震。还有，关东大地震（1923年，7.9级）和昭和43年的十胜近海地震（1968年，7.9级）等等，虽然震级稍小一点，但地震引起的破坏却很严重。这些地震发生的区域统称为外侧地震带。往往把震中在海洋上（包括外侧地震带）的地震称为海洋型地震。

1944年12月7日发生的东南海地震是在外侧地震带发生的大地震，其震中在熊野滩。地震有感半径约达620公里，烈度为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ度（系指日本气象厅烈度表的烈度——校者注）的地区，半径分别约为500公里、320公里、190公里。在静冈县西部，房屋的破坏最重，而其他地方，如爱知、三重、岐阜、奈良、滋贺各县也很普遍。另外，因地震引起的海啸，袭击了从桃子至土佐清水的沿海地带。特别是在熊野滩沿岸，最大浪高达10

米，引起了很大的破坏。整个灾区死亡达998人，重伤2,135人，住房倒塌26,130户，部分倒塌46,950户，冲走3,059户，烧毁11户（理科年表1976年）。

(2) 静冈县低地木结构建筑物的破坏与地基的关系

震害的分布特征

东南海地震时，木结构建筑物的震害分布，非常清楚地反映了地基的性质。宫村（1946）把木结构建筑物的震害指数P定义为

$$P = 100 \times (\text{倒塌户数} + \text{严重破坏户数} \times 1/2) \div \text{总户数}$$

这个P值在本书中称为震害率。宫村用这样的方法求得了P值分布，并解释了P值与震中距及地基的关系。实际上，当震中距很大时，P值与震中距相关性不大，例如，在震中距超过200公里时，P值都为零，建筑物没有产生什么破坏。另外，P值大的地方全都是在冲积平原而不是在山区。也就是说，P值随着震中距和地基的土质条件的差异而有所不同。

但是，关东大地震时，在下町低地*，木结构建筑物的破坏明显加重，而在台地地区轻。横滨也一样，台地上破坏轻，而破坏重的地区则分布在海岸低地和切割台地的谷底低地。另外，在东南海地震和宝永地震（1707年）这两次地震的同一个受灾地区的东部，不论是骏河地区还是骏东地区，破坏都很重。很明显，在安政地震（1854年12月23日）时，记录到的显著震害都是在冲积平原上。一般，对于震级为8级的特大地震，离震中100公里左右的地区木结构建筑物的破坏，大多明显地反映地基土质条件的差异。

东南海地震时，震害集中在静冈县西部地区，距震中约90—150公里。同时，这个地区的地基条件变化很大，地基组成由密实的砂砾石层至极软弱的有机土，从软的到硬的都有。而且，软

* 下町低地是指东京地区的低洼地区，为工商业者居住区，在东京系指浅草、下谷、神田、京桥、深川、本所等区——校者注。

弱层的厚度变化也很显著（图1-1）。另一方面，从木结构建筑物的破坏率的分布来看，破坏重的则集中在太田河低地和菊河低地的泥质地基厚的地方，而在磐田原和三方原等地的砂砾质地基上几乎没有什么破坏（图1-2）。

各地地基与震害的关系

泥质低地地基：在静冈县西部，新第三系的丘陵地和洪积台地为几条中小河流流域，其谷底低地为泥质堆积物和由泥炭构成的软弱地基区域，这种软弱地基以太田河低地、菊河低地为代表，其他还有滨名湖沿岸的埋藏溺谷低地和把牧之原台地分割开的谷底低地等。

太田河及其支流是中等规模的河流，其主要流域在新第三系的丘陵地带。在这条河流的中下游地带，地基由泥质堆积物构成，在东名高速公路附近其厚度最大为30米，而在东海道新干线附近则超过40—50米。图1-3是太田河中游部分低地的地形分类图。因砂和砾石的搬运量少，所以自然堤防不太完整，低地大体为泥质的湿地。村庄分散建立在自然堤防上以及台地和丘陵地下边的微高地上。

图1-4是东名高速公路附近的地质剖面。冲积层大体上为粘性土，它的N值，在上部为3—5，在下部是10—15。另外，砂质土和砂砾层仅仅呈透镜状夹层。这些物质可能是很早以前沿故河道搬运而来的。

在太田河低地，有183个村庄，10,800户住房。地震时，所有的村庄中除3个外都遭到破坏，破坏率超过80%的村庄有22个。还有，倒塌的建筑物计有2,740户，严重破坏的建筑物计有1,980户，整个建筑物的倒塌率接近25%，因此，太田河低地在整个地震区是受破坏最重的地方（大庭，1957）。并且，在盘田原台地一侧至台地的斜坡地带分布着严重破坏的建筑物。然而，在台地上即使是同样的村庄，连部分倒塌的建筑物也没有，因而，在台地上和在低地上存在明显的震害差异。

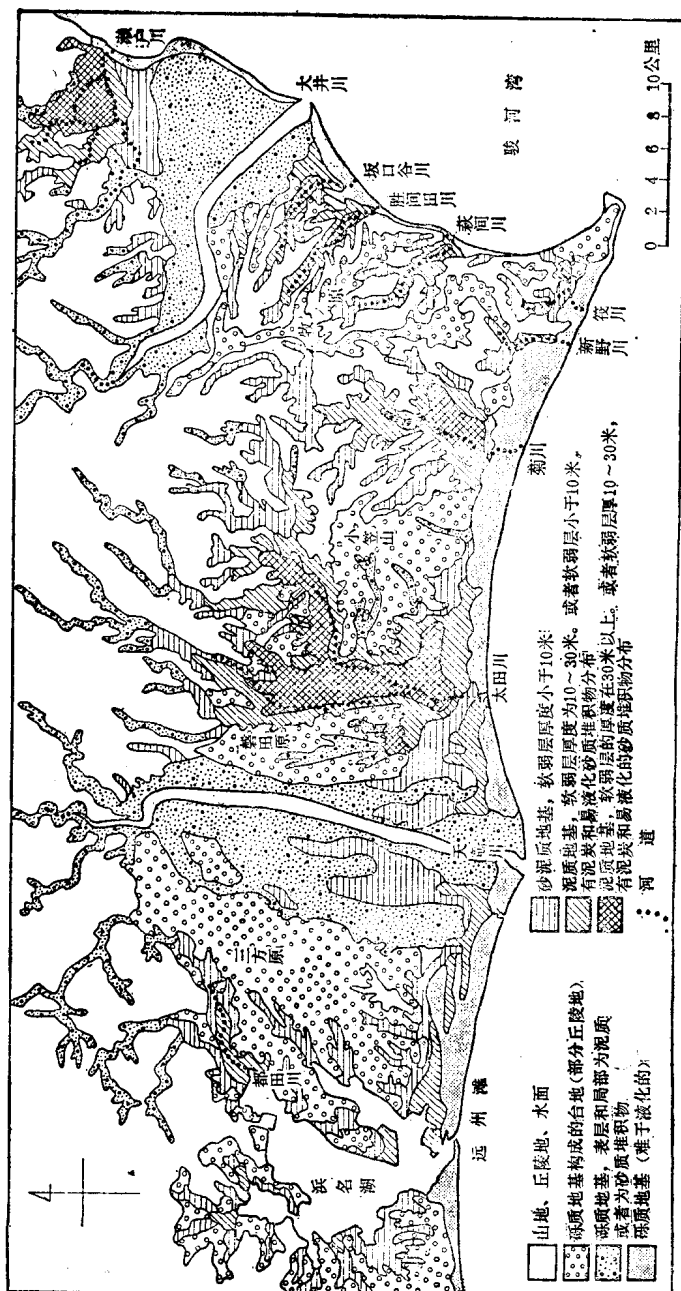


图1-1 远江地区的地基划分

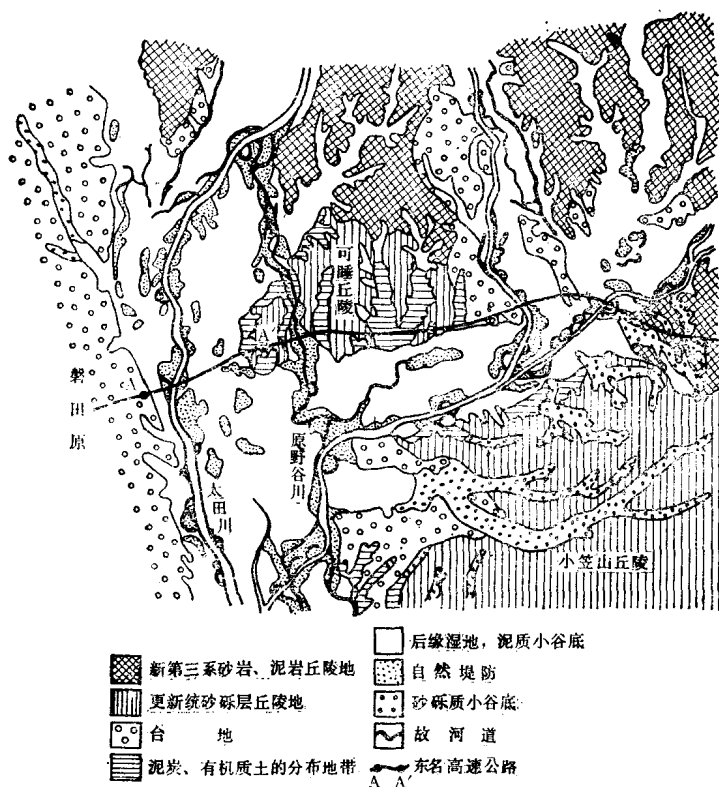


图1-3 东名高速公路两侧太田河、袋井地区地形分类图
(据东京大学, 1976年修改)

菊河的大部分流域也是由新第三系的丘陵地构成的。菊河低地和太田河低地一样为泥质地基。泥质堆积物的厚度, 在北部为10米, 而在南部则超过30米。在菊河低地上有44个村庄, 计有1,740户住房。其中, 671户倒塌, 400户严重破坏, 破坏率平均为38.6%。

多田(1951)的考察结果列于表1-1中, 表1-1表示菊河低地及周围的两级破坏率(倒塌率+严重破坏率)与地形、地基的关系。由表1-1可见, 作为基底的丘陵地几乎没有受到破坏, 在砂

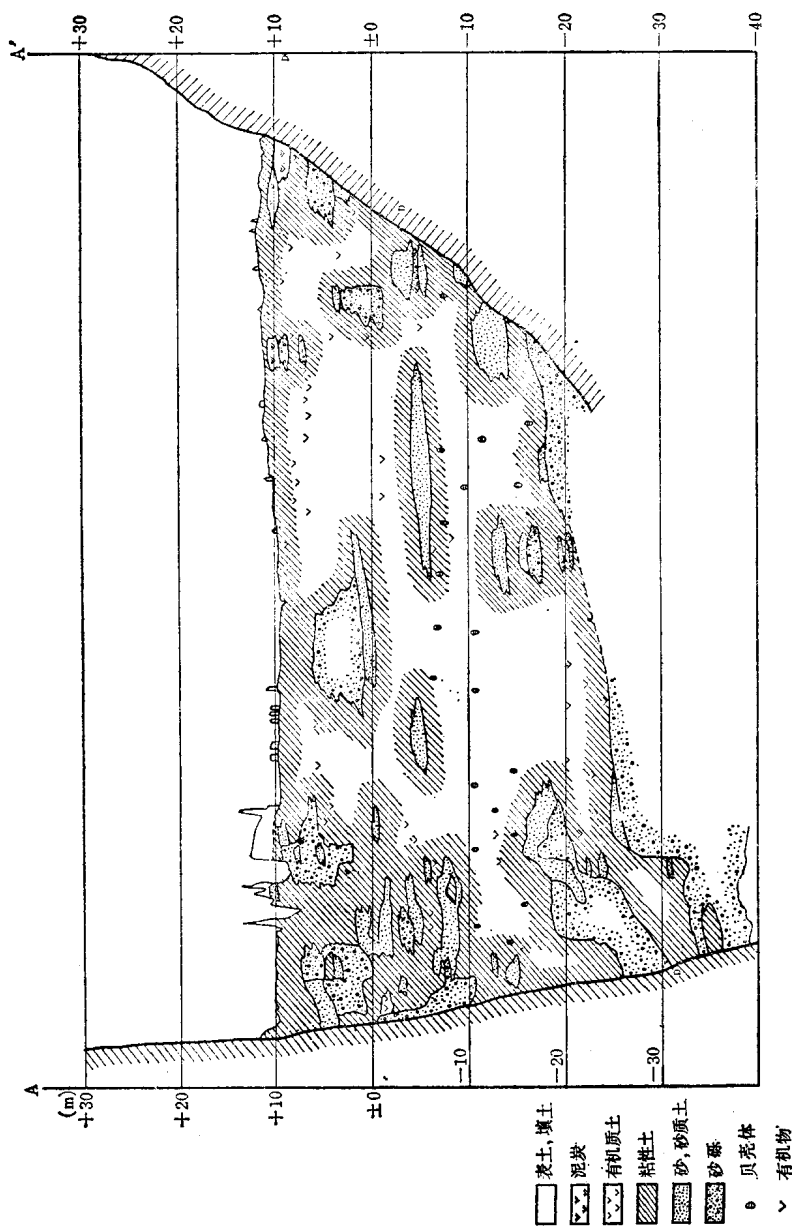


表 1-1

不同地形在与各个破坏率的关系

(括弧内的数字为平均破坏比) (据多田等, 1951)

微 地 形 破坏率	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		
	基底丘陵地	砂砾冲积扇	基岩丘陵地与砂砾冲积地交迭地带	下阶地	上阶地	砂地	a) 基岩埋深在地表以下35米左右的地区	b) 基岩埋深在地表以下10米左右的地区	c) 基岩埋深在2—3米的地区
0.0%	76	7	3	1		3			3
0.1—10.0	11 (81.9)	8 (85.8)	43 (72.8)	3 (86.4)	1 (50)	6 (77.0)			6 (73.7)
10.1—20.0	3 (100)		20 (83.1)	2 (92.2)					4 (86.6)
20.1—30.0	1 (100)	1 (100)	2 (87.5)			4 (62.7)		2 (91.7)	8 (82.9)
30.1—40.0				1 (11.0)		1 (83.5)		3 (69.4)	
40.1—50.0					2 (31.6)	2 (100)		2 (60.5)	
50.1—60.0					1 (96.5)	1 (89.0)		4 (56.5)	
60.1—70.0						3 (65.8)	2 (22.0)	2 (97.0)	
70.1—80.0							3 (48.7)	1 (85.0)	
80.1—90.0							5 (45.0)		
90.1—100							15 (26.5)	3 (92.4)	

砾质地基构成的冲积扇和阶地上破坏轻, 而在泥质低地上, 破坏率高, 也就是说, 总的趋势是泥质堆积物越厚破坏越重。在砂质地基上的破坏率是各种各样的。出现上述破坏情况估计可能是由于砂的密实程度和地下水位等差别大而造成的。

切割牧之原台地的小河流, 其谷口为砂洲堆积物所堵塞, 而砂洲堆积物的后缘谷底, 埋藏着泥质堆积物和有机质土。新野河、筏河、萩间河、胜间田河的谷底低地等也是这种情况。还有, 坂口谷河的谷口, 不仅被砂洲堆积物所堵塞, 同时也为大井河的河流堆积物所堵塞。软弱地基的厚度在胜间田河低地最大为40

米，在坂口谷河低地则超过30米。

地震时，这些谷底低地上的所有建筑物无一例外地遭到破坏，其中，破坏最重的是在胜间田河低地。在砂洲与其后缘的谷底低地交界处，最大破坏率达35.2%。在小型自然堤防和砂洲后缘的谷底低地交界附近，同样也是容易发生破坏的地方。

流入滨名湖小河流（除都田河外）的谷底低地，规模都较小。还有，因沉积不十分发育，所以残留着溺谷式的小海湾。因为这种小海湾并未形成厚层软弱地基低地，而是人工填土地。在滨名湖低地，可以看到震害均集中在人工填土地带。而且谷底低地的震害也比人工填土地带轻微。

砂质海岸低地：远州滩海岸，是日本为数不多的砂丘地带之一。也是砂洲连片发育的地方。在骏河湾西岸和三方原台地之间，也分布着带有几排砂洲的海岸低地。这些海岸低地是由砂洲和砂丘等砂质堆积物形成的。另外，这些地方也有主要以砾石构成的砂洲。

根据门村等人（1970）的计算，在这些砂质地基上的破坏率为3.5%。由于震害的原因不同，所以在砂洲后缘的台地上和丘陵地上几乎没有震害。在这些地方，侵蚀基岩形成的海蚀台地上直接覆盖着砂洲堆积物，它的厚度比较薄。震害重的地方均分布在堵塞中小河流谷口的砂洲上。这种震害较重的地带，通过堵塞中小河流河道的砂洲之间的凹地，再穿过砂洲一直延伸入海。沿这样的河道有泥质堆积分布，同时，越是临近河道，砂洲堆积物中的含水量也越大。而且，在地下深处埋藏有干涸了的河谷，其中还填充着厚层的海成软弱泥层，在它上面发育着砂洲堆积物。存在上述地基条件的菊河河道沿线，破坏率达30.2%。

砂砾质的冲积平原：大井河、天龙河所形成的冲积平原与前述中小河流的谷底低地不同，这种冲积平原主要是由砂砾质冲积物构成的。

大井河的冲积平原，一直伸展至海岸附近，是砂砾质的冲积

扇，而且这种冲积平原地基条件非常良好。即使在距震中 150 公里处，建筑物的震害也是轻微的，至多达到墙皮剥落的程度。

与此相反，天龙河的冲积平原是震害相当重的地方。平均破坏率虽不过 1.8%，而东名高速公路的南侧有几个村庄的破坏率超过 20%。天龙河的河谷平原，在东名高速公路的北侧和大井河的冲积平原同样是砂砾质的冲积扇式的平原。然而，东名高速公路的南侧部分，反映了冲积扇边缘部分的性质，沿冲积扇的轴向被几条砂砾质的微高地分割。微高地之间是由泥质的堆积物组成的低湿地。微高地的位置随着冲积平原的形成而产生种种变化，表层的泥质堆积物最厚为 4 米，在泥质堆积物之下埋藏有砾石层，而且，在微高地的砂砾层之下，还有泥质堆积物。破坏率高的地方是在泥质堆积物组成的浅洼地的边缘部位。在这种地方，地震时见有喷砂冒水，估计很可能是因砂土地基液化而引起的。

台地地区：牧之原台地、三方原台地、磐田原台地等均为洪积台地。这些台地由厚的河相或海相的砂砾层组成。在这些台地上，破坏率很低，不到百分之几，所以破坏是轻微的。而且，产生破坏的地方都是在古老的村庄，那里的建筑物可能老旧了（大庭，1957）。

山地、丘陵地区：山地、丘陵地是由第三纪地层及洪积层构成的。村庄分布在山麓的缓坡、阶地、平坦的谷底低地等处。因而，在山地和丘陵地地区，建筑场地是由河相的砂砾层和崩积性的堆积物构成的。总之在这一类地基上破坏率低，如果没有伴随山崩之类的崩塌而产生的次生灾害，破坏是轻微的。

地基与震害的一般关系：表 1-2 表示不同地基上各地区木结构建筑物破坏程度的统计结果，它是以大庭（1975）的资料为基础，由门村（据门村等，1970）作了一些修正之后作成的。尽管烈度为 6 度，平均破坏率为 3.5% 也是一个很小的数值，但仍能解释由于地基性质而产生的明显差异。

河角（1943）将震中距 100 公里的气象厅震级 (M_L) 与震中距