

日本的地基测定与强震动的研究状况

赵仕万

(广东省地震局)

提要 本文从地基测定及其发展、强震观测及其研究状况、强震观测研究成果的应用、地基强震动的预测等,综述日本的地基测定与强震动的研究状况,指出地基与强震动研究的重要意义。今后以城市为中心进行土地利用越高度化、复杂化,建筑结构物变得更加多样化和高水平化,以及更害怕强震动,就更需要作好地基测定与强震动的研究工作。

关键词: 日本 地基测定 强震观测 现状与成果

自古已知,地震灾害受地基的影响很大,同时受地基的地震动特性和结构物振动特性的支配。日本在这方面的研究早就开始了,而且将研究成果应用到抗震设计法或地震防灾对策上。随着抗震设计法的进步,更加重视向结构物输入的地基的地震动特性资料。

一、地基测定及其发展

1923年关东地震(7.9级)灾害集中发生在低地和谷地。当时日本政府很重视这个问题,在旧东京市区和横滨旧市区,使用钻孔进行地基调查。该次调查是对城市区最早的科学的调查,给以后的城市规划和建设工作起了指导作用。因为日本的主要城市大多是建立在冲积平原上,考虑地基的松软层及其厚度是很重要的。关东地震时,在低地的木结构建筑,在台地的砖石建筑和木框架泥土墙建筑,震害相当严重。故对于地基和地震动特性与结构物振动特性之间的关系,及它们与震害之间的关系,便成为研究的对象,并且取得许多研究成果。

1948年福井地震(7.3级),许多建筑物发生了灾害。当时,正处在战争灾害后城市复兴和重要设施的建设时期,要求建筑物合理的经济的设计。因此,需要参考过去的研究成果制定建筑标准法。随着该项工作的开展,必然要定量地确定各地区的地震危险度及地基良好与否状况。所以,以关东地震灾害为基础,开始了对地基与震害的研究,编制烈度与地基系数分布图,作为建筑标准法确定地基类别的重要依据。

在地基测定工作中,已确立钻孔、电法地下勘探、自然地震观测、常时脉动观测工作方法的标准化,处理测定的记录,可以实际地给出地基的诸特性。

随着地基测定方法的进步,以防灾为目的的城市地基测定应用到建筑标准法上,提高了建筑物设计的可信性。

1957年,科学技术厅资源调查会提出了“推进城市地基测定计划的建议”,

(1) 设立有力的调查机构, 编制明确表示全国各城市区地基组成图和性状图, 及说明书;

(2) 保存好地基各种资料, 研究广泛应用的措施。

1959年, 建设省采纳了这个建议, 进行“城市地质图编制方法的研究”, 确定处理已有资料的方法, 和调查工程标准说明书。1960年开始正规的城市地基调查, 至1967年底, 已进行地基测定的26个地区均是滨海城市及其周围地区, 总面积约8000平方公里, 相当于全国人口5万人以上的301个主要城市的总面积的16%; 收集钻孔资料约31000个, 土质试验资料约24000个, 加上每年新的钻孔资料约1000个。建议设立资料参考中心。

1964年新潟地震(7.5级), 在新潟市低洼地带, 广泛地出现砂基液化, 钢筋混凝土建造的公寓大楼横倒, 许多建筑物倾斜、下沉, 昭和大桥陷落, 许多相连接的各种结构物损坏。1969年十胜近海地震(7.9级), 八户及其周围地区, 由于地基问题也发生许多灾害。从这两次地震中, 人们认识到城市地基测定重要性和现实意义。

如此, 逐步提高了对城市地基调查的认识, 并从城市的扩大, 工业迅速发展等, 认为必须扩大调查范围, 特别是查明填土地基或丘陵地上地基的性状, 是迫切的课题。而且, 随着城市再开发, 工厂大型化, 中高层建筑、超负荷结构物、地下结构物等建筑的盛行, 更加要求精确的地基调查资料。为此, 1968年资源调查会提出“城市地基测定的第二次建议”:

(1) 在更有力的实施城市地基测定的基础上, 从防止地基灾害的观点, 编制综合地基图, 至少在未调查的城市中, 特别是重要的20个地区, 以五年时间完成调查工作。调查范围扩大到人工填筑地基、台地、丘陵地;

(2) 建立和调整同地基资料相关的组织, 为相互利用地基资料, 设立资料中心。

国立防灾科学技术中心接纳了这个建议, 并开始研究钻孔柱状图的深度、土质名称、颜色、记录等规范化; 研究N值、电阻率值等的测定值或地下水位、位置、标高、实施机关等钻孔资料的情报规范化和记录方式。以国土地理院发行的1/25000地形图上边长分成100格的网格(每格边长约100米)位置来表示地理位置, 在重要的地方, 编制表示一定距离以内的柱状图, 及索引、N值深度分布图, 提供地下水位和砂层厚度等, 检测可能发生液化地区; 研究检索和资料处理方法, 及图的表示。

为调查强震时地基振动特性, 1974年太田裕提出使用更详细调查的调查表。这种调查表于1971年在川崎市试用过, 效果良好, 可详细地分析每个地区的烈度。

二、强震观测及研究状况

震害发生的主要原因, 除海啸引起灾害外, 是由于地基的强烈地震动或由此而产生的次生灾害, 例如火灾。因此, 精确地记录强震时地基或结构物的振动状况, 是进行结构物合理的抗震设计的基础, 也是抗震设计的评价及阐明灾害原因不可少的基本资料。此外, 地基的强震动记录, 是阐明大地震发生过程的必要资料。

关东地震后, 地震研究所末广恭二所长从工程学的角度, 详细地论述了地震的研究, 强调应依据地震动加速度的直接记录作为土木和建筑的抗震设计资料。

因此, 于1951年开始研制强震仪, 1953年完成被命名为SMAC的强震仪。1955年资源调查会提出“关于强震测定计划的建议”;

(1) 用三年时间完善强震测定的仪器;

(2) 建立观测者之间的联络组织, 协调观测工作, 交换情报和观测资料, 开展研究活动;

(3) 申报上述工作的必要的预算措施。

为实现上述的建议, 1958年资源调查会又提出“强震观测计划的报告”, 推进观测工作。由于强震观测工作委员会的努力, 1960年出版了“日本强震记录”第1号。

1964年新潟地震时, 取得设置在因地基液化而倾倒的钢筋混凝土建筑物的强震观测记录, 获得了因地震使砂基振动的状态和建筑物变化过程的宝贵资料。以新潟地震为契机, 日本学术会议提出“强化和扩充地震工程学研究”的建议, 要求“增设工程学的强震仪及使用强震仪记录”。1967年, 防灾中心设立由有关机构及专家组成的强震观测工作推进联络会议, 联络和沟通情报。

1968年十胜近海地震, 八户港港湾技术研究所的强震仪, 记录到长周期波(2—2.5秒)。因为这是对过去没有灾害经历的高层建筑或长大结构物有影响的某种频率带, 所以, 增加了对长周期波的关注。于1969年出版了“全国强震观测地点原始记录”, 并在1972年公布了“全国强震仪的布设计划”, 提出:

(1) 分散在全国布设强震仪, 除东京外, 若干县平均分散布设20个地点;

(2) 在人口20万以上城市中, 或在必要的地区增设强震仪;

(3) 各地点原则上布设2台以上强震仪。

与此同时, 于1971年日本学术会议也提出“促进防止建筑物震害的研究”, 推进强震仪布设和强化管理机能。

1974年行政管理厅根据“在大城市震灾对策的行政监督”的结果, 向有关省厅提出充实配备强震仪等建议。在强震联络会议上, 也根据上述条款, 重新评价强震仪布设的指导方针。提出在没有布设或很少布设强震仪地区的建筑物, 或结构上特殊的建筑物, 在确认强震烈震时有必要的建筑物上安设强震仪。到1976年, 日本设置强震仪台数已超过1000台, 且大部分集中在大城市。

在50年代, 作为动力抗震设计基础的地基强震动特性的研究主要是: 主振动持续时间、地震动波形、垂直振动特性、多维振动特性、地基内的传播特性、震源周围的辐射特性等。为谋求应用到地震工程学中, 研究强震仪宽频带及精度高的计时和配置系统。为此, 资源调查会提出“推断地震危险度的必要的强震观测”的建议:

(1) 为掌握各地区的各种地基在强震时地震动特性, 调整和扩充强震观测网, 编制国家公共机关具体协作计划, 制定必要的措施;

(2) 为掌握强震动特性, 提高观测精度, 在提高强震仪性能的同时, 提高维修保养自动化, 开发深层或海底强震仪、及多点高密度台阵观测的综合观测系统;

(3) 调整观测记录的收集处理机能。在强化各机构功能的基础上, 调整观测记录的统一管理和情报、维修系统;

(4) 为有计划的综合的推进强震时地基地震动的综合研究活动, 调整推进系统。

1981年日本内阁总理大臣对“防灾研究开发基本计划”中“应作为重点研究开发领域和目标”的抗震技术项目(强震观测), 作出以下决定:

(1) 为阐明地壳和表层地基内的地震波传播特性, 在关东和东海地区, 以及其他重要

地区,依据人工地震、钻孔资料等,在查明地壳和表层地基的结构、物理性的基础上,调整强震台阵观测网,阐明地震波的传播特性,谋求地震危险区评价技术的高度化;

(2) 阐明强震时地基及结构物的振动性状。在查明各种地基及结构物在强震时动态的基础上,进行强震仪的改良,扩充强震观测网。

1983年,强震联络会议颁布了“在推进强震观测工作联络会议上鉴定的新型强震仪”的主要性能是:

(1) 记录范围: 加速度 $0.1 \sim 2000 \text{Gal}$ (86dB), ($1 \text{Gal} = 10^{-2} \text{m/s}^2$);

(2) 频带率: $0.05 \sim 25 \text{Hz}$;

(3) 计时精度: 1 毫米 (1msec) (标准时), 与地震波形同时记录;

(4) 滞后: 5 秒, 从初动起准确记录;

(5) 数字盒式磁带记录。

此外,建设省为普及强震观测,研制“普及型强震仪”,提供实际使用。防灾中心研制加速度型新式强震仪的同时,开发速度型强震仪。

为促进强震仪的普及,在强震联络会议上发表了“关于全国强震仪配置基本计划报告书”,作出全国以同一密度复盖的基本网格和提高精度的强化网格。基本网格的距离,可记录到 $(M) 6.5$ 级左右地震时烈度 V 度;强化网格距离,可记录到 $(M) 6$ 级地震时烈度 IV 度。观测点间隔分别是 50 和 25 公里,均为方形网格。强化网格选择地震活动高的“建设省综合技术开发计划—“新抗震设计法的开发”的 A 地区、地震预报联络会指定的强化观测地区和特定地区,及人口密度高的城市区。

三、强震观测研究成果的应用

在“关于全国强震仪配置计划报告书”中,略述了日本目前应用强震观测研究成果概况。

(1) 利用日本海中部地震 (1983, 7.7 级)、十胜近海地震、伊豆半岛东部近海地震等,研究震源过程。

(2) 在工程地震学中,①以首都圈作试验,研究地壳地基震动的预测;②在研究强震动性质的预测中,不仅利用作设计输入,而且进行阐明强震动性质的地震动研究;③在特定地区,预测将来可能发生的强震动。

(3) 在土木工程学中,依据震度法、修正烈度法、反应位移法、动力分析法,或其相互组合的方法进行抗震设计。

(4) 在建筑工程学中,强震记录被广泛应用来阐明建筑物的振动形态和动力设计,阐明近年大震时建筑物受害原因,以改进抗震设计。把强震观测与原设计比较,验证设计的合理性,及弹塑性领域的分析方法或假设的稳妥性,助于查明地基和桩基础、建筑物的相互作用。

(5) 在机械工程学中,实施原子能发电设备的精确的动力分析,使用的“设计用最强地震”、“设计用临界地震”基本上是以强震动研究为基础的“大崎波谱”。充分运用向机械系统输入的房屋内设置的强震记录,注意三维输入的三维结构的反应特性;遭受强震输入的免震结构物的超精密机械结构系统的反应;柔性结构物在强震时长周期波的反应,利用强震记录评价地震时机械系统的可信性。

四、地基强震动的预测

不仅为了结构物的合理设计,也为推断城市区的地震灾害,须更精确地推断设定的地震时地基的地震动特性。在此,略述日本首都圈的研究。

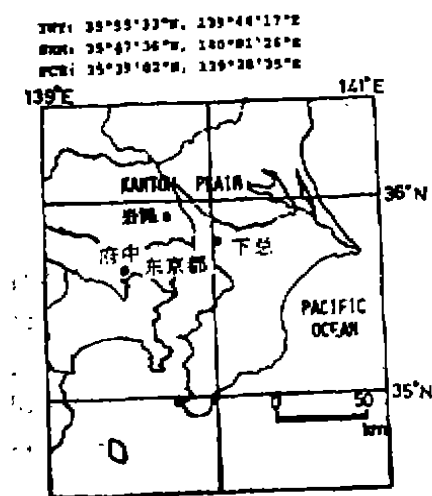


图1 防灾中心的3个(岩手、下总、府中)深层地壳活动观测井位置图

Fig. 1 Location of 3 surveillance wells at the crustal activity of deep layer

日本首都圈是松软层最深、分布最广的地区,不仅在相模槽发生过8级大地震,而且发生过多次7~6级直下型地震。为研究直下型地震预报实用化,集中在东京布设地壳活动深层观测井,以最高倍率地震仪日夜进行观测。设在井底的观测装置包括有速度地震仪、倾斜仪、加速度地震仪。在深度100米~500米的副观测井中,也包括有加速度地震仪。在府中的观测井,建立四面3~6公里的水平观测网,在江东三角洲,布设20个点的台阵观测网;从关东到骏河湾沿岸,分别建立广域地区观测网,观测点约50个。还有,深井是进行多项物理测定,特别是进行世界上还没有的同类型的井底测定S波速度。根据包括基岩在内的三维强度观测网的观测,查明首都圈的地震波、地基及其表层之间的多次反射的传播特性,根据震源区和规模与假设的震源距离,推断各地点的平均地震动。利用地基钻孔资料,以加速度表示100米网格的各地点地震动的强度,同使用太田裕的调查表调查事先设定的各地点地震动强度很一致。据此,被认为用该方法进行地震小区划是有效的。

结 语

地基测定与强震动的研究,今后会是更加重要。因为将来必定越发利用所有的地基,而结构物会更变得多样化和复杂化,更多建造高、长、大、重的结构物,其内部装备也更为复杂和高水平化,且害怕强震动。以城市为中心的土地利用渐趋高度化和立体化。因此,为了建筑结构物的安全和合理的土地利用,必须做好地基测定与强震动研究工作。

主要参考文献

1. 高桥 博, 地盘と地震动の特集に当つて, 地学杂志, Vol. 97, No. 5, 1988.
2. 镜味洋史, 微动观测とせむ工学的利用, 地学杂志, Vol. 97, No. 5, 1988.
3. 星野 努等, 东京低地におから强震观测, 地学杂志, Vol. 97, No. 5, 1988.

THE STUDY ON GROUND MEASUREMENT AND STRONG MOTION IN JAPAN

Zhao Shiwan

(Seismological Bureau of Cuangdong Province)

[Abstract] This paper which consists of four parts synthesizes the study ing tendency on ground measurement and strong motion in Japan, with an aim of pointing out the importance of this study. These four parts include, I, survey of ground measurement and its development. II, survey of strong motion and its general situation. III, application of strong motion research. IV, prediction of ground strong motion. Nowadays, the land use of cities and their neighbourhood is much more and more complicated, besides, the structure of buildings becomes much higher and much more different, which is afraid of strong motion. As a result, the study of ground and strong motion needs to be done well.

Key words: Japan, Ground measurement, Observation of strong motion;
Situation and achievement