

情况 1：费用增加30%	1ERR=15 (%)
情况 2：农产物的增产利益减少10%	17 (%)
情况 3：新第 2 引水机场的建筑时间延长 1 年	19 (%)
情况 4：情况 1 和 2 重复发生	14 (%)

分析结果可理解如下：本事业的经济效果，如增加费用或减少农产物增长利润时，受相应的影响，但新第 2 引水机场的建筑时间延长 1 年时，却几乎没有影响。另外，无论任何情况下，也经济内部利润率高于资本的机会费用，由此可预测事业实施时经济上不受任何影响。

财务评价

从典型的受益农户的财务方面，估计本事业实施所产生的农业收入的增加和费用的负担能力。进行分析作业时，受益农户负担的水利费用及电力费用设定为如下：

- 水利费 without 情况：接近年实际，水田每ha180 元（国家规定额）
- with 情况：按without 情况，水田每ha180 元
- 电力费 without 情况：接近年的实际，水田每ha120 元
- with 情况：按经费估计，水田每ha65元

分析结果，可预料种稻·种旱农户、养鱼农户分别增加5,550~6,160元、2,580元的收入，另外还能缩小事业实施地区的农户收入差距问题。

事业实施后，种稻·种旱农户的水利费·电力费占增加农业收入的比率为 8~11%，由此可判断为十分有费用负担能力。还加上，合作经营的无投鱼饵养鱼和芦生产事业，如正式投入，每农户就会得到 170元的收入。

3.15 环境评价

调查了该地区的居住区环境、渔场环境及油井环境等的结果表明，在周围没有污染水系统的工厂群，不存在损害环境的因素。

引松导水道、新庙泡、查干湖、该地区内的养鱼池等的水质，也没有问题。另外，生息于此的水栖生物和动物能进行平衡的繁殖活动，现有的环境状况是良好的。

可是，随着新的水田的开发，肥料和农药的使用量也必然增加，这将会带来对环境的影响，尤其是渔场的富营养化和污染，但通过加强普及机构对农民的技术指导，上述不利影响能够得到抑制，所以，作为对环境的综合评价，可判断为不存在大的问题。

关于中国灌溉排水工程 设计中的几个问题

王 恒 祥

关于中国灌溉排水工程 设计中的几个问题

王恒祥

吉林省水利厅前郭灌区开发办公室

提 要 本文就灌溉排水工程设计中经常遇到的基本资料、总体规划、设计标准、地下水资源利用管理和环境保护中的几个问题提出看法与同行商榷。

关键词 中国 基本资料 设计标准 灌溉排水工程 环境保护

绪 言 水是作物生长诸要素中最主要的要素，中国自古就有“有收无收在于水、收多收少在于肥”的名言。作物生长需从土壤中摄取水分，而土壤中的养分状况、空气状况和热状况与土壤中的水分状况有十分密切的关系。然而，在天然条件下，土壤中的水分往往与作物的要求不相适应。在干旱、半干旱地区或干旱季节，土壤水分状况不能满足作物生长的要求时，就需要人工补充土壤水分以改善作物生长条件的技术措施就叫做灌溉。

灌溉在人类历史上已有很长的历史，中国、埃及、印度是世界上发展灌溉农业最早的国家。中国夏商时期（约在公元前21世纪至公元前11世纪）就已在井田中布设沟渠、进行灌溉、排水。公元前255年秦朝李冰组织建设的举世闻名的四川省都江堰灌溉工程，至今仍在发挥着巨大的灌溉效益，即使在2350年后的今天，该工程在水资源利用、洪枯水调度、水沙分流和水工程规划等诸方面都表现出非凡的智慧和高超的治水技能。

1949年新中国建立后，中国人民在中国共产党的领导下，发扬了自力更生、艰苦奋斗的精神，在全力治理历史上为患最重的黄河、淮河、海河、

辽河等流域的洪涝灾害的同时，大力发展灌溉事业，使灌溉面积由1949年的1600万公顷发展到1980年的4700万公顷，成为世界上灌溉面积最大的国家。吉林省和全国一样，在首先治理主要江河流域灾害的同时，因地制宜地大力抓了农田灌溉建设，使水稻面积由1949年的8.7万公顷发展到1980年的72.6万公顷，净增7.3倍。

经过几千年的除害兴利治水实践，中国人民积累了丰富的水利建设经验。新中国建立后，又经过持续多年的大规模的农田水利建设，掌握了当今世界最新水利科学技术，已形成一整套符合中国国情、符合自然规律、行之有效的灌溉排水规划、设计、建设章程。本文就中国灌溉排水工程设计谈几个问题。

一、基本资料

进行灌区设计应深入灌区调查研究，认真搜集整理灌区地形、地质、气象水文、土壤、作物需水量、水利工程、自然灾害、社会经济以及农业区划和各类发展规划等基本资料，并进行必要的勘测试验互作。

(一) 测量资料

- 1、灌区总体布置图，比例尺一般采用1:25,000~1:100,000。
- 2、地形复杂或有特殊要求的渠段条带地形图比例尺一般采用1:1,000。
- 3、灌排渠系平面布置图，比例尺一般采用1:10,000。
- 4、灌排渠沟的纵横断面图，测量精度1:10,000；绘图比例尺：纵断面图垂直1:100，水平1:10,000；横断面图垂直1:100，水平1:100~1:200。横断面的间距，地形复杂地区为50~100米，地形平坦地区为100~500米。地形变化处应加测横断面。
- 5、设计灌区涉及的河流、泡沼、洼淀地形或纵横断面测量，视需要确定测量精度和绘图比例尺。

6、灌区建筑物及其地质勘察所需地形图，精度和比例尺采用1: 200 ~ 1:1000。

(二) 灌区地质

1、灌区工程地质：要查清干渠、重要支渠、较大建筑物以及地质条件复杂的其他工程的工程地质条件和主要地质问题，并汇编区域地质资料。按《水利水电工程地质勘察规范》的要求进行地质勘探，对特殊地质问题应作专门研究。

2、灌区水文地质：查明灌区所在区域天然情况下水文地质特征，地下水类型、埋深及富水性，地下水循环、潜水动态、补给及排泄条件，地下水化学特征，地下水水质动态特征。通过研究“三水”均衡及转化条件，分析历年地下水补给量和可开采量。

对以地下水为水源的水田灌区，要预测灌区建成运行后，对地下水位，地下水水质、地表水水质及土壤环境的影响。查清地下水位的临界值是十分必要的，提出不引起土壤盐渍化的地下水最高水位，和不引起土壤沙漠化的地下水最低水位。并结合地下水年际、年内变动规律、灌区用水特点和地表水分配特点，提出地表水、地下水联合调度的地下水最优开发方式，以减小灌区引水建筑物的规模、降低工程投资、合理利用水资源。

(三) 灌区土壤

对灌区作物根系活动层（一般为1.2~1.5米）内的土壤进行调查和试验，提出以下成果：

1、土壤物理资料：土壤类型分布、土壤质地、土壤结构、容重、比重、孔隙率等。

2、土壤化学资料：PH值、全盐量、盐分组成及N、P、K和有机质含量等。

3、土壤水分特性资料：饱和含水量、渗透系数、渗吸速度，给水度、田间持水量、凋萎系数等。

土壤资料附填图：土壤分布图，盐碱化程度分级图，土壤质地图，土

壤改良区划图，土壤调查资料图，土地利用现状图等。

(四) 气象水文

1、搜集与灌区设计各专业有关的降水（含暴雨）、蒸发、湿度、气温、风力、风向、日照、霜期、冰冻期以及冻土深度等资料。

2、搜集水源河流（或水库）、灌区内河流（沟）、泡沼，承泄区降水、蒸发、洪水、径流、泥沙、水质等资料。

(五) 水资源

流域规划及其水资源平衡结果是灌区设计的重要依据，当流域规划编制完成时间较久，水文资料系列延长较多，且其统计参数可能有较大改变时，设计阶段应对水资源进行复核，在报请上级审批机关同意后，按批准后的水资源确定灌区规模。

(六) 水利工程设施及自然灾害调查

1、对灌区内已有灌溉、排水、防洪工程等设施及灌区所在区域水资源利用现状进行全面调查。

2、调查历年旱、涝、盐、渍等自然灾害的范围、面积、成因以及损失等。

(七) 社会经济及试验研究资料

1、按行政区划调查人口、幅员面积和分类、土地面积及利用、耕地面积及利用。

2、水田、旱田作物组成、耕作制度、历年（近十年）单产、总产、总产值、农业生产成本、净收益，农业人口人均收入等。

3、现有水利工程管理设施、管理机构、管理体制和年费用。

4、林业、牧业、渔业、五业、通讯、交通、能源、环境保护等方面的现状和规划资料。征求各部门对灌区工程的意见与要求。

5、建筑材料来源、当地材料储量、质量、单价、运距及运输方式等

资料。

6、灌区内或邻近灌区的灌溉、排水试验资料，如作物需水量试验、先进耕作制度、灌水技术试验、作物耐淹深度、历时及耐盐能力试验、防涝防渍、盐碱化防治、渠道防渗、防冻、防冲措施等资料。

二、灌区规划

(一)灌区规划的内容与原则

1、设计阶段的灌区规划的主要内容：在流域规划的基础上核定灌溉水源，论证灌区土地分类评价、灌区作物组成和水土资源平衡条件，确定灌区范围和灌溉面积，选定灌溉、排水设计标准，论证排水承泄区设计水位和灌溉、排水方式，进行灌区总体布置，制定田间工程典型规划和灌区综合开发利用区划，研究灌区建设方案、实施程序和管理体制，分析工程效益和技术经济指标。

2、灌区规划的原则：贯彻全面安排、分期实施；统筹兼顾、综合开发；因地制宜、保证实效等原则。

(二)灌区总体布置

1、灌区总体布置是在对旱、涝、盐、渍等进行综合治理及水资源合理利用的原则下，对土地资源、居民点、道路、林带、灌排渠系等各业进行全面规划、统筹安排。

2、根据灌区水系、地形确立排水系统，做到先排后灌、有灌有排、灌排并重。排水系统要满足排水除涝要求，有效控制地下水位，防止土壤沼泽化、盐碱化和沙漠化。

水稻灌区着重解决防止土壤次生潜育化和次生盐碱化。

3、自然条件有较大差异的灌区，应根据气象、水文、土壤、水文地质条件及作物种植条件，划分不同类型区，分区进行布置和设计。

4、抽水灌区应主要根据经济合理和便于管理的原则进行分区，其经济扬程和分级应通过经济论证综合分析确定。

5、灌区排水方式应根据涝、渍、盐碱化的成因结合灌区地形、土壤、水文地质条件及技术经济分析，因地制宜采用水平排水、垂直排水或竖井明渠结合排水。

6、排水系统的布局，根据地形、水系、承泄区条件以及现有互程情况，因地制宜地采用排、截、滞、抽等方式；低洼地区排涝，应采取蓄泄并举的方针，以削减排涝峰量，设计蓄洪水位一般应低于地面0.25~0.3米。

7、排水承泄区的设计水位，应满足排水系统出口的设计水位要求，以便自流畅排，当承泄区水位短期较高，排水出口顶托不大时，可采取：

(1) 排水出口修建涵闸，进行抢排；

(2) 排水出口段修筑回水堤，堤外允许适当壅高，堤内地允许短期积水；

(3) 调整排水渠比降以抬高排水出口水位，但对出口附近地面的排水条件应予充分研究。

(4) 下移排水出口争取自排。当承泄区水位长期较高，能造成田面积水范围过大、时间过长、水深过深时，应考抽水排水。

8、灌区道路应根据其功能和交通量确定其等级并执行有关部门颁布的相应技术标准。灌区道路网布置，应满足以下要求：

(1) 保证满足灌区内外交通畅顺、便利生产、生活，适应灌区施互与互程管理。

(2) 要与灌排渠沟结合。

(3) 要与田间互程规划协调。

(4) 线路短、占地少、互程量少。

9、结合渠、沟、路种植防风、防沙、薪炭、经济林，增加效益保护环境。

三、设计标准

在灌区互程设计中，一般涉及灌溉设计标准、排水设计标准和建筑物设计标准。

(一) 灌溉设计标准

灌溉设计标准是反映设计灌区的设计效益达到某一水平的重要技术指标。一般以灌溉保证率表示。

灌溉保证率以设计灌溉用水量全部满足的年数占计算总年数的百分数表示，可按下列式计算：

$$\text{数学期望公式} \quad P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

$$\text{中值公式} \quad P = \frac{m-3}{n+0.4} \cdot 100\%$$

式中：P为灌溉保证率

m为灌溉设施保证正常供水年数

n为计算系列总年数。

灌区互程设计中，应通过经济分析论证，选定灌溉设计保证率，它决定互程规模和投资效益。在一定水源条件下，保证率定得高，水资源利用程度就低，灌溉面积就小，多年平均效益就低；保证率定得低，水资源利用程度就高，灌溉面积就大，在超保证率年份，因缺水而造成减产损失就大，故灌溉设计保证率定得过高或过低都是不经济的。在灌区设计中，应根据水源条件、灌区特点拟定几个保证率方案，分别计算其多年平均效益，在没有其他约束条件下，选定经济效益最优的保证率，作为灌区灌溉设计保证率。

目前，在吉林省分析灌溉设计保证率，常用的方法有以下几种：

1、降水保证率法

(1) 全年降水量保证率法：以不少于15年系列的年降水量进行频率计

算，选出几个适当频率年以其降水量与对应年气象资料、作物需水量试验资料分析灌溉制度，选择多年平均效益最优者，作为灌区灌溉设计保证率。

(2) 生育期降水保证率法：以不少于15年系列降水量资料，将生育期降水量进行频率计算，选出几个适当频率年以其生育期降水量与对应年生育期气象资料、作物需水量试验资料分析灌溉制度，选择多年平均效益最优者，作为灌区灌溉设计保证率。

上述两种降水量保证率法是年降水量或生育期降水量在多年系列中保证程度的出现机率反映。而某一保证率的年降水量或生育期降水量，在年内或生育期内的时程分配及对作物的补水作用，具体到作物生长期，它就失去了原意。这种降水量保证率法与灌区农作物需水的不一致性是客观存在的。而一个实际年的年降水量与其生育期降水量往往不是相同保证率也是常有的。

2、组合（虚拟）年法

以不少于15年系列的降水量资料，将历年相同月的降水量进行频率计算，取同频率的12个月组合成一个虚拟设计年型，选出几个适当保证率年，进行灌溉制度分析，以多年平均效益最优者作为灌区灌溉设计保证率。

本方法是人为组合（虚拟）的年型，实际上是不存在的。事实上，年内各月的降水量多少，属相互独立事件，这种虚构各月降水量为相同机率的组合，显然是不会出现的。

3、时历年法

目前普遍认为较好的方法是时历年法。这种方法以不少于15年系列的降水资料、同步气象资料、作物需水量试验资料，逐年分析、计算灌溉制度，而不是以一个或几个灌溉制度来代表整个系列的灌溉制度，其特点是：

(1) 灌溉制度的五个因素—灌溉定额、灌水定额、灌水次数、灌水时间、灌水方法均随相应年灌水期内的降水量、时程分配、气象因素的变化而变化。

(2) 变动的灌溉制度是以各年变动的作物需水量要求为基础的，配合时历年系列实际有效降水量，逐年进行水量平衡的结果。

(3) 变动灌溉用水量是分析多年平均灌溉效益的基础。

4、为进一步反映灌溉的保证程度，特别是远离水源工程的灌区，可用灌溉用水保证程度作为灌溉设计标准的辅助指标。

灌溉用水保证程度，是以多年平均灌溉供水量占多年平均设计灌溉用水量的百分率表示，即：

$$\text{灌溉用水保证程度} = \frac{\text{多年平均灌溉供水量}}{\text{多年平均设计灌溉用水量}} \times 100\%$$

《灌溉排水渠系设计规范》提出，可参照下表(表1)选择灌溉保证率。

表1 灌溉设计保证率(%)

地区	作物种类	灌溉设计保证率
缺水地区	以旱作物为主	50-57
	以水稻为主	70-80
丰水地区	以旱作物为主	70-80
	以水稻为主	75-95

(二) 排水设计标准

排水设计标准是指对一定重现期的暴雨或一定量的灌溉渗水、渠道退水在一定时间内排除涝水或降低地下水位到一定适宜深度，以保证农作物正常生长。

排水设计标准分为排涝标准、排渍标准和改良、预防盐碱化的排水标准。

排水设计标准还包括承泄区水位的设计标准。

排水设计标准应通过经济效益分析确定，条件较好或有特殊要求的地区，标准可适当高一些；条件较差的地区，可适当降低标准或采取分期提高的办法。

1、排涝标准：设计暴雨标准、历时和排除时间应根据排水地区的作

物组成、耐淹能力、暴雨特点和地形条件，进行经济分析论证。

当前吉林省的排涝标准执行下表(表2)规定

表2 吉林省排涝标准

地区	旱 田	水稻田
京哈铁路 以东地区	5-10年一日暴雨 2天排除	5-10年一日暴雨 3天排至15-22cm
京哈铁路 以西地区	5年一日暴雨 2天排除	5年一日暴雨 3天排至6-15cm水深

2、排渍标准：在降水成渍地区，一般采用三日暴雨5-7日将地下水位降至耐渍以至排渍设计深度。

旱作物的耐渍深度的最小值(幼苗期)一般可取0.5米。排渍设计深度为作物生长旺盛阶段适宜的地下水位埋深，旱作物一般为1.0-1.5米；水稻田一般为0.4-0.6米。

3、改良和防治盐碱化地区，为改良和防治土壤盐碱化必须在土壤返盐季节前，将地下水位控制在临界深度以下。

承泄区的设计水位应通过承泄区的具体条件经技术经济分析确定。一般采用与排水区设计暴雨同频率的洪水位或用排水期内的多年平均高水位，也可采用实际年洪水位。

(三) 建筑物设计标准

建筑物的设计标准是指灌区建筑物安全抗御洪水的标准，是随工程的等级确定的。与灌区工程有关的各类工程，根据其规模、效益及重要性划分等级和标准，是设计中正确处理安全与经济关系的重要环节。等别是对整个工程而言，它体现整个工程的规模、效益和重要性；级别是指具体建筑物的设计而言，在保证整体工程安全的前提下反映了建筑物的不同技术要求和安全要求，是根据其所属工程等别及其在工程中的作用和重要性确定的。工程等别确定后不再改变，建筑物级别根据具体条件经过论证确定。

而设计标准是指根据建筑物的级别，按不同类型工程的相应规范选定的设计洪水标准。

1、灌溉渠系建筑物，通常以其控制灌区的灌溉面积按表3 决定其等级，根据每个建筑物的技术要求和安全要求按表4确定其级别，再根据其级别按该类型工程的相应规范确定其设计洪水标准。

表3 建筑物的工程等级与规模划分标准

工程等级	工程规模	防洪保护农田面积 万ha	排涝面积 万ha	灌溉面积 万ha	单站灌溉装机流量 m ³ /s	单站灌溉装机流量 m ³ /s
一	大(1)型	>33	>13.3	>10.0	>250	>150
二	大(2)型	33~6.7	13.3~4.0	10.0~3.4	250~70	150~30
三	中型	6.7~2.0	4.0~1.0	3.4~0.3	70~10	30~3.0
四	小(1)型	<2.0	1.0~0.2	0.3~0.03	10~1.0	3.0~0.5
五	小(2)型		<0.2	<0.03	<1.0	<0.5

表4 建筑物的级别划分标准

工程等级	永久性工程级别		临时性工程级别
	主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	

2、防洪建筑物：灌区内防洪建筑物不直接创造财富，而是把减免洪灾损失作为效益，故防洪建筑物是按保护农田面积和保护区内其他保护对

象的重要性按表3确定其等别，依据工程技术要求和安全要求按表4选定工程级别，再按工程类型依相应规范确定其设计洪水标准。

考虑到今后提高河道防洪标准、堤防加高的可能性，堤上建筑物顶部高程，应适当留有余地。

3、排水建筑物：排水建筑物是以减免涝灾损失体现效益的，按承担排水面积由表3确定其等别，依据工程技术要求和安全要求按表4选定工程级别，再按建筑物类型依相应规范确定其设计洪水标准。

四、灌溉工程的环境影响

灌溉工程覆盖面大，对环境的影响面广，在灌区可行研究阶段必须按《水利水电工程环境影响评价规范》组织参与环境工程的专业，进行综合性调查，共同对众多环境因子进行初选、识别和筛选，根据灌区的具体情况，对主要环境因子，必须进行深入评价和预测。

引水灌溉特别是水稻田开发，对自然环境、社会环境和水环境影响是巨大的，甚至是不可逆转的。陆生生态向水生生态转变，局地蒸发量增加、降雨减少，风速加大，温差变小以及对水文泥沙、人群健康甚至对文物景观的影响是显而易见的。

水田灌水入渗，必然引起地下水位抬升，引起地下水盐分迁移方向变更和水质变化，而灌区排水会使承泄区水质受到影响。

水田灌区在排水洗盐和淋溶的作用下，土体处于不断脱盐状态，但当缺少有效排水措施或虽有排水工程但不能有效控制地下水位时，就会使盐分积聚于地表，造成大面积甚至整个灌区产生盐渍化，吉林省镇赉县白沙滩灌区的教训是深刻的。目前普遍存在的是与水田接壤的旱田、灌溉输水渠两侧的旱田，因地下水位抬升而产生沼泽化和次生盐渍化的问题，常被人们忽视，虽不集中连片，但却使为数不少的良田无法耕种而荒废，应当唤起人们的重视。

中国の灌漑排水施設の設計における
いくつかの問題

王 恒 祥

中国の灌漑排水工事の設計における いくつかの問題

王 恒 祥

吉林省水利庁前郭灌漑区開発辦公室

概 要

本文は灌漑排水施設設計において常に遭遇する基本資料、マスタープラン、設計基準、地下水資源の利用管理と環境保全におけるいくつかの問題について考え方について述べたものである。

キーワード：中国、基本資料、設計基準、灌漑排水施設、環境保全

序 文

水は作物の生育要素の中で最も主要な要素であり、中国では古くから“収穫があるか否かは水にあり、豊作であるか否かは肥力にある”という名言がある。作物の生育には土壤からの水分摂取が必要で、土壤中の養分状況、空気状況、熱状況、土壤中の水分状況は密接な関係を持つ。しかしながら、天然の条件のもとでは土壤の水分は往々にして作物の要求に相反している。乾燥、半乾燥地区或いは乾燥期に土壤水分状態が作物成長の要求を満たすことができない時には人工的に土壤水分を補給して作物の生育条件を改善するこのような技術的措置を灌漑と呼ぶ。

灌漑は人類の歴史においては大変長い歴史を持ち、中国、エジプト、インドは世界でも灌漑農業の発展が最も早い国家である。中国の夏商期（紀元前21世紀から紀元前11世紀）には既に農地に水路が敷設され、灌漑、排水を行っていた。紀元前225年秦朝の李氷は世界に名高い四川省の都江堰灌漑施設を建設し、現在でも大きな灌漑効果を発揮しており、2350年経った今日でも当施設は水資源利用、洪水渇水調節、水砂分流、水利工事計画等の面で非凡な知恵と卓越した治水技術能力を見せている。

1949年新中国成立以来、中国人民は中国共産党の指導の下に自力更生、刻苦奮闘という精神で、全力をあげて歴史的に治水上ネックとなっていた黄河、淮河、海河、遼河等の流域の洪水災害を整備すると同時に大幅に灌漑事業を発展させ、灌漑面積は1949年の1,600万haから1980年には4,700haに発展し、灌漑面積では世界最大の国家となった。吉林省は全国と同様、まず主要河川流域の災害を治めると同時にその土地にあったやり方で大々的に農

地灌漑建設を行い、水田面積は1949年の8.7万haから1980年には72.6万haまで発展し、7.3倍になった。

数千年にわたる災害排除、水利振興という治水の実践を通して、中国人民は豊かな水利建設経験を蓄積した。新中国建国以後更に数年にわたる大規模な農業水利建設を通して世界の最新水利科学技術を掌握し、既に中国の国情、自然規律にあった有効な灌漑排水計画、設計、建設規程が形成されている。本文では中国の灌漑排水施設の設計に付いてのいくつかの問題を述べる。

一、基本資料

灌漑区の設計を行う場合、灌漑区についての深い調査研究が必要であり、灌漑区の地形、地質、気象水文、土壌、作物の水需要、水利施設、自然災害、社会経済及び農業計画と各種の発展計画等の基本資料を収集、整理し、必要な探査試験作業を行わなければならない。

(一) 測量資料

1. 灌漑区全体の平面図の縮尺は一般に1:25,000~1:100,000を採用する。
2. 地形が複雑或いは特殊な要求がある水路地帯の地形図の縮尺は一般に1:1,000を採用する。
3. 用排水系統の配置図の縮尺は1:10,000を採用する。
4. 用排水路の縦横断面図の測量精度は10,000分の1、作図縮尺は、縦断面図垂直は1:100、水平1:10,000とし、横断面図垂直は1:100、水平1:100~1:200とする。
横断面間の距離は地形が複雑な地区では50~100m、地形の平坦な地区では100~500mとする。地形変化のある所には横断面測量を加える。
5. 灌漑区の設計が及ぶ河川、沼沢、低湿地の地形或いは縦横断面測量は正確な測量精度と作図縮尺比が必要である。
6. 灌漑区の構造物及びその他地質探査に必要な地形図は精度は1:200~1:1,000の縮尺とする。

(二) 灌漑区の地質

1. 灌漑区の地質

幹線水路、重要支線水路、比較的大きな構造物及び地質条件の複雑なその他施設の地質条件と主要な地質問題を明らかにし、区域の地質資料を作成する。《水利水田工程地質探査規範》の要求により地質探査を行い、特殊な地質問題に対しては専門的な研究を行わなければならない。

2. 灌漑区の水文地質

灌漑区が所在する区域の天然状況の下での水文地質の特徴、地下水類型、深さ及び富水性、地下水循環、不圧水動態、涵養及び排水条件といった地下水の化学的特徴と水質動態の特徴を究明する。“三水”のバランス及び転化条件の研究を通して、何年かの地下水涵養量と取水可能量を分析する。

地下水を水源とする水田灌漑区に対して灌漑区運転開始後の地下水位、地下水水質、地表水水質及び土壌環境への影響に付いて予測する必要がある。地下水位の限界値の究明が重要であり、土壌の塩類化を引き起こさない地下水最高水位、土壌の砂漠化を引き起こさない地下水位の最低水位を出す。また地下水年次、年内変動規律、灌漑区用水の特徴と地表水分配の特徴と組み合わせて地表水、地下水の調節のとれた地下水最優良開発方式を出し、灌漑区の取水構造物の規模を減少させ、工事の投資を引き下げ、合理的に水資源を利用する。

(三) 灌漑区の土壌

灌漑区の作物根系活動層（一般に1.2~1.5m）内の土壌に対して調査と試験を行い、以下の結果を出す。

1. 土壌の物理資料：土壌類型分布、土壌地質、土壌構造、容積量、比重、間隙率等。
2. 土壌の化学資料：pH値、全塩量、塩分構成及びナトリウム、リン、カリウムと有機質含量等
3. 土壌の水分特性資料：飽和含水量、浸透係数、浸透吸収速度、灌水度、圃場保水量、しおれ係数等。

土壌の資料補足図：土壌分布図、塩アルカリ化の分級図、土性図、土壌改良計画図、土壌調査資料図、土地利用現状図等。

(四) 気象水文

1. 灌漑区設計の各専門と関係する降水（暴雨を含む）、蒸発、湿度、気温、風力、風向、日照、霜期、氷結期及び凍土深度等の資料を収集する。
2. 水源河川（或いはダム）、灌漑区内の河川（水路）、沼沢、流域の降水、蒸発、洪水、流出、土砂、水質等の資料を収集する。

(五) 水資源

流域計画及びその水資源のバランスの結果は灌漑区設計の重要な依拠となり、当流域計画の完成には時間がかかり、水文資料系列の延長は比較的長く、またその統計パラメータが比較的大きく変わる可能性がある時は、設計段階で水資源に対して再度調査を行い、上級機関に申請し同意を得た後、批准後の水資源に従って灌漑区の規模を確定する。

(六) 水利工事施設及び自然災害の調査

1. 灌漑区内に既にある灌漑、排水、洪水防御等の施設及び灌漑区の所在する区域の水資源利用の現状に対して全面的な調査を行う。
2. 長年の干ばつ、洪水、塩害、湛水等の自然災害の範囲、面積、原因及び損失等の調査を行う。

(七) 社会経済及び試験研究資料

1. 行政区画の人口、幅員面積と分類、土地面積と利用、耕地面積及び利用。
2. 水田、畑の作物組成、耕作制度、長年（直近10年）の単位生産量、総生産量、総生産高、農業生産コスト、純収益、農業人口一人当たりの収入等。
3. 既存の水利管理施設、管理機構、管理体制と年費用。

4. 林業、牧畜業、漁業、工業、通信、交通、エネルギー、環境保全等の現状と計画資料。各部門の灌漑区施設に対する意見、要求の徴収。
5. 建築材料の来源、当地での材料蓄積、質量、単価、輸送距離及び輸送方式等の資料。
6. 灌漑区内或いは近郊灌漑区の灌漑、排水試験資料、例えば作物の消費水量試験、先進的な耕作制度、灌漑水技術試験、作物の耐湛水深度、経過時間及び耐塩能力試験、洪水防止、塩アルカリ防止、水路浸透防止、凍上防止、堆積防止措置等の資料。

二、灌漑区計画

(一) 灌漑区計画の内容と原則

1. 設計段階での灌漑区計画の主要内容

流域計画の基礎の下に灌漑区の水源地を査定し、灌漑区の土地分類評価、灌漑区の作物組成と水土資源の均衡条件を論証して灌漑区の範囲と灌漑面積を確定し、灌漑、排水設計基準を選定して、集水域の設計水位と灌漑、排水方式を論証し、灌漑区の全体配置を行い、圃場工事の典型的な計画と灌漑区の総合開発利用計画を制定し、灌漑区の詳細な建設方案、実施順序、管理体制を研究し、工事効果と技術経済指標を分析する。

2. 灌漑区計画の原則

全面的な配置、分期実施を行う。国全体の利益と個人の利益とを考慮した適切な配慮、総合開発、当地に適した方法、実質効果の保証等の原則。

(三) 灌漑区の全体配置

1. 灌漑区の全体配置は干ばつ、洪水、塩害、湛水等に対して総合的な整備と水資源の合理的な利用の原則の下に土地資源、居住区、道路、林帯、灌漑排水路等に対して各分野で全面的な計画、配置を行う。
2. 灌漑区の水系、地形により排水系統を確立し、排水を考慮してから灌漑を行い、灌漑のある所に排水を考慮して灌漑と排水を同時に重視する。排水系統は排水、洪水防御の要求を満たして有効的に地下水位をコントロールし、土壌の沼沢化、塩アルカリ

化、砂漠化を防止する。

水稲灌漑区は土壌の二次グライ化と二次塩アルカリ化を解決する。

3. 自然条件が比較的大きく異なる灌漑区は気象、水文、土壌、水文地質条件及び作物の播種条件により異なる類型区に分けそれぞれで配置、設計を行う。
4. 揚水灌漑区は主に経済的合理性と管理上の便宜という原則により区分し、その経済的揚程と分級は経済論証を通して総合的に分析確定する。
5. 灌漑区の排水方式は洪水、湛水、塩アルカリ化の原因と結合した灌漑区の地形、土壌、水文地質条件及び技術経済分析により当地の状況に合わせて水平排水、垂直排水或いは豎井戸開渠を採用し排水と組み合わせる。
6. 排水系統の配置は地形、水系、集水域条件及び既存の施設状況に従ってその地に合わせて排水、止水、遊水、揚水等の方式を採用する。低湿地の排水は貯水と排水を併せた方針を採用し、排水ピークを削減することによって貯留洪水水位を地面より0.25～0.3m低くする。
7. 集水域の設計水位は排水系統出口の設計水位の要求を満たし、それにより自流排水をし、集水域の水位が短期的に高くなり、排水出口での水ののぶつかりが小さい時には以下の措置を取る。
 - (1)排水出口に暗渠を修築し排水を行う。
 - (2)排水出口に背水堰を修築し、堤外を適正範囲内に堰上げし、堤内では短期的に湛水する。
 - (3)排水路勾配を調整して排水出口の水位を上げる。ただし出口付近の地面の排水条件に対しては十分に研究する。
 - (4)排水出口を下流に移動して自流排水を行う。集水域の水位が長期的に高く、圃場湛水範囲、時間、水深が過大になりすぎた時はポンプ排水を考慮する。
8. 灌漑区の道路はその役割と交通量によりその等級を確定し、各部門が公布する相応した技術基準を執行する。灌漑区の道路網の配置は以下の要求を満足させる。
 - (1)灌漑区内外の交通、生産、生活の便を保証し、灌漑区の施工と施設管理に適応させる。

- (2) 灌漑排水路と結合させる。
- (3) 圃場工事計画と協調させる。
- (4) 路線は短く、占有地は少なく、工事量は少なくする。

9. 水路、溝、道路にあわせて防風、防砂、燃料、経済林を植樹し環境保全効果を増加する。

三、設計基準

灌漑区の工事設計では一般に灌漑設計基準、排水設計基準、構造物設計基準に及ぶ。

(一) 灌漑設計基準

灌漑設計基準は灌漑区設計の設計効果を反映し、ある一定のレベルに達する重要な技術指標である。一般に灌漑保証率で表示する。

灌漑保証率は設計灌漑用水量を全て満たす年数が計算総年数にしめる割合で表示し、以下の式による。

$$\text{数学希望公式} \quad P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

$$\text{中値公式} \quad P = \frac{m-3}{n+0.4} \cdot 100\%$$

式中：P－灌漑保証率

m－灌漑施設保証正常給水年数

n－計算系列総年数

灌漑区の設計においては経済分析論証を通して灌漑設計保証率を選定し、それが工事規模と投資効果を決定する。一定の水資源条件の下では保証率は高めに設定すると、水資源利用程度は低く、灌漑面積は小さく、平均効果は低くなる。保証率を低く設定すると水資源利用程度は高くなり、灌漑面積は大きくなり、保証率を超過する年は、水不足による減産損失が大きくなるため、灌漑設計保証率は高すぎても低すぎても不経済である。灌漑区の設計において水資源条件、灌漑区の特徴によっていくつかの保証率方案を決定し、それぞれ多年平均の効果を計算しなければならない。その他の約束条件がないという条件の下では経済効果の良い保証率を選定し、灌漑区の灌漑設計保証率とする。

現在吉林省では灌漑設計保証率の分析では以下のいくつかの方法を常用している。

1. 降水保証率法

(1)年間降水量保証率法

15年以上の年降水量により確率計算を行い、いくつかの適切な確率を選択してその降水量と相応する年の気象資料、作物必要水量試験資料により灌漑制度を分析し、多年平均の効果が最も高いものを選択して灌漑区の灌漑設計保証率とする。

(2)生育期降水保証率法

15年以上の降水量資料により生育期の降水量について確率計算を行い、いくつかの適切な確率年を選出してその生育期の降水量と相応する年の生育期気象資料、作物必要水量試験資料から灌漑制度を分析し、多年平均で効果が最も高いものを選択して灌漑区の灌漑設計保証率とする。

上述の二種の降水量保証率法は多年における年降水量或いは生育期の降水量の保証程度の確率に反映するものである。そしてある保証率の年降水量或いは生育期の降水量は、年内或いは生育期内の時間配分及び作物に対する補水作用を作物の生育期に具体化させるとその本来の意図を失う。この種の降水量保証率法と灌漑区の農作物必要水量との不一致性は客観的に存在するものである。またある実際年の年降水量とその生育期の降水量が違う保証率であることは常にあることである。

2. 組み合わせ（仮想）年法

15年以上の降水量資料から長年の同じ月の降水量に対して確率計算を行い、同確率の12ヶ月の組み合わせを一つの仮想設計年型とし、いくつかの適切な保証率年を選出して灌漑制度分析を行い、多年平均の効果が最も高いものを灌漑区の灌漑設計保証率とする。

本方法は人為的に組み合わせた（仮想）年型で、実際には存在しない。実際には年内各月の降水量の多少は相互に独立しており、この様な虚構の各月の降水量を同じ確率にする組み合わせは明らかに出現しない。

3. 時歴年法

現在普遍的に比較的良い方法とされているのは時歴年法である。この種の方法は15年以上の連続する降水資料、同期気象資料、作物必要水量試験資料から灌漑制度を一年一年分析、計算するが、一つ或いはいくつかの灌漑制度で全体の一連の灌漑制度を代表するもの

ではない。その特徴は：

(1)灌漑制度の5つの要素－灌漑定額、灌水定額、灌水回数、灌水時間、灌水方法は相応する年の灌水期内の降水量、時間配分、気象要素の変化により変化する。

(2)変動する灌漑制度は各年の変動する作物必要水量の要求を基礎とし、長年の一連の実質有効降水量を配合して一年一年水量バランスを行った結果である。

(3)灌漑用水量の変動は多年平均の灌漑効果を分析した基礎である。

4. 更に一步灌漑の保証程度を反映させるために、特に水源の施設から遠くは離れた灌漑区では灌漑用水保証程度を灌漑設計基準の補助指標として用いることができる。

灌漑用水保証程度は多年平均の灌漑給水量が平均設計灌漑用水量に占める割合で示す。即ち：

$$\text{灌漑用水保証程度} = \frac{\text{多年平均灌漑給水量}}{\text{多年平均設計灌漑用水量}} \times 100\%$$

《灌漑排水路設計基準》の下表（表1）を参照として灌漑保証率を選択する事ができる。

表1 灌漑設計保証率（％）

地 区	作物種類	灌漑設計保証率
水不足地区	畑作物中心	50～57
	水 稻 中 心	70～80
豊水地区	畑作物中心	70～80
	水 稻 中 心	75～95

（二）排水設計基準

排水設計基準は一定期の暴雨或いは一定量の灌漑浸透水、水路減水に対する一定時間内の湛水排除或いは地下水位を一定の適度な深さまで低下させることであり、それにより農作物の正常な成長を保証する。

排水設計基準は洪水排除基準、湛水排除基準と改良、塩アルカリ化防止の排水基準に分

かれる。

排水設計基準は集水域の水位の設計標準を含む。

排水設計基準は経済効果分析を通して確定しなければならず、条件が比較的良い或いは特殊な要求がある地区では基準は適正程度に高くすることができる。条件が劣った地区は適正程度に基準を下げるか或いは分期して基準を高くする方法を採用する。

1. 洪水排除基準

設計暴雨基準、経過時間と排除時間は排水地区の作物組成、耐湛水能力、暴雨の特徴と地形条件によって経済分析、論証を行う。

現在の吉林省の洪水排除基準は下表（表2）で規定する。

表2 吉林省洪水排除基準

地区	畑	水田
京哈鉄道 以東地区	5-10年確率の日雨量を 2日で排除する	5-10年確率の日雨量を 3日で15~22cmの水深 まで排除する
京哈鉄道 以西地区	5年確率の日雨量を2日 で排除する	5年確率の日雨量を3日 で6~15cmの水深まで 排除する

2. 湛水排除基準

降水により湛水した地区では一般に3日の降雨量を、5~7日で地下水位を湛水に耐えられる所まで低下させて湛水排除設計深度にまで至らせる。

畑作物の地下水位の最小値（幼苗期）は一般に0.5mとする。湛水排除設計深度は作物の生長が活発な段階の適正な地下水の深さで、畑作物では一般に1.0~1.5m、水田では0.4~0.6mである。

3. 塩アルカリ化改良、防止地区

土壌の塩アルカリ化を改良、防止するためには土壌の塩分が上昇してくる季節の前に地下水位を限界深度以下に抑えることが必要である。

集水域の設計水位は集水域の具体的条件を通して技術経済分析を行い確定する。一般には排水地区の設計暴雨と同確率の洪水位或いは排水期内の多年平均高水位を採用するが、実際年の洪水位を採用することもできる。

(三) 構造物設計基準

構造物の設計基準は灌漑区の構造物の安全洪水防御の基準であり、施設の等級によって確定するものである。灌漑区施設と関係する各種施設はその規模、効果及び重要性により等級と基準を分け、それは設計において安全と経済の関係を正確に処理する重要な部分である。等別とは全体の施設の規模、効果、重要性を現すもので、級別とは具体的な構造物の設計の中で全体の施設の安全を保証するという前提の下に構造物の異なる技術要求と安全要求を反映させるもので、その施設が属す等別或いはその施設における作用と重要性により確定するものである。施設の等別は確定したら変えないが、構造物の級別は具体的条件により論証を通して確定する。設計基準は構造物の級別により、異なる種類の施設の相応する規範により選定する設計洪水基準を指す。

1. 灌漑水路系統構造物は通常その支配灌漑区の灌漑面積によってその等別を表3から決定する。それぞれの構造物の技術的要求と安全要求によりその級別を表4から確定する。またその級別により該当類型施設の相応する規範によりその設計洪水基準を確定する。

表3 構造物の等別と規模の区分基準

工程 等別	工程規模	防洪保护 农田面积 万ha	排涝面积 万ha	灌溉面积 万ha	单站灌溉 装机流量 m ³ /s	单站灌溉 装机流量 m ³ /s
一	大(1)型	>33	>13.3	>10.0	>250	>150
二	大(2)型	33~6.7	13.3~4.0	10.0~3.4	250~70	150~30
三	中 型	6.7~2.0	4.0~1.0	3.4~0.3	70~10	30~3.0
四	小(1)型	<2.0	1.0~0.2	0.3~0.03	10~1.0	3.0~0.5
五	小(2)型		<0.2	<0.03	<1.0	<0.5

表4 構造物の級別区分基準

五程等別	永久性五程級別		临时性五程級別
	主要建築物	次要建築物	
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	

2. 洪水防御構造物

灌漑区内の洪水防御構造物は直接利益を生むものではなく、洪水損失を軽減して効果となるものであるため、洪水防御構造物は保護農地面積と保護区内のその他の保護対象の重要性から表3によりその等別を確定し、施設技術の要求と安全要求により表4から施設級別を選定する。そして施設類型の相応する規範によりその設計洪水基準を確定する。

今後河川洪水防御基準が高くなり堤防の嵩上げをする可能性を考慮し、堤防上の構造物の頂部の高さは適当な余裕をもたせる。

3. 排水構造物

排水構造物は洪水損失を軽減することで効果が現れるもので、排水を行う面積により表3からその等別を確定し、施設技術の要求と安全要求により表4から施設級別を確定する。そして構造物類型に相応する規範によりその設計洪水基準を確定する。

四、灌漑施設の環境への影響

灌漑施設の覆蓋面積は大きく、環境への影響面積も広く、灌漑区のフェージビリティスタディ段階で《水利水電施設環境影響評価規範》にしたがって環境工事に参与する各専門家を組織し、総合的な調査を行い、多くの環境要素に対して初歩選択、識別、選別を行い、灌漑区の具体的状況により主要環境要素に対して深い評価と予測を行わなければならない。

取水灌漑特に水田開発では自然環境、社会環境、水環境への影響は大きく、甚だしい場合は悪化させることとなる。陸生生態から水生生態への転化は局地的に蒸発量を増加し、

降雨を減少し、風速を強め、温度差が小さくなり、水文学、人体の健康、甚だしきに至っては文物の景観への影響がはっきりしている。

水田の灌漑水浸透は地下水位の上昇を引き起こし、地下水塩分移動の方向の変更と水質の変化を引き起こし、また灌漑区の排水が集水域の水質に影響を及ぼす。

水田灌漑区は排水のリーチングと溶脱作用の下に、土壌体は常に脱塩状態にあるが有効的な排水措置が不足した場合、或いは排水施設はあるが有効的に地下水位をコントロールできない場合は塩分集積が地表に現れ広い面積にわたって、或いは甚だしい場合は灌漑区全体に塩類化が発生する。吉林省鎮来県白沙灘灌漑区はこの様な問題が深刻である。現在普遍的に存在するのは水田に接する畑、灌漑導水路両側の畑で、地下水位の上昇により発生する沼沢化と二次塩類化の問題である。常に軽視されており、そのような土地が続いて集中してはいないが少なからぬ良田が耕作の方法なく荒廃しており、重視する必要がある。

前郭灌区第二灌区
锡泊屯新站址砂土振动液化
可能性分析及其对策

赵兴民

前郭灌区第二灌区锡泊屯新站址 砂土振动液化可能性分析及其对策

赵兴民

吉林省水利厅前郭灌区开发办公室

吉林省水利水电勘测设计院

提 要 本文介绍了前郭灌区第二灌区锡泊屯新站址的地层结构与砂土的一般性质，对砂土液化可能性进行了评价，并提出了砂土振动液化的防治对策。介绍了中国在处理砂土液化地基中的一些经验，探讨了新站址地基砂土振动液化的方法。

关键词 前郭灌区第二灌区 锡泊屯新站址 地震烈度 砂土震动液化
对策

前 言

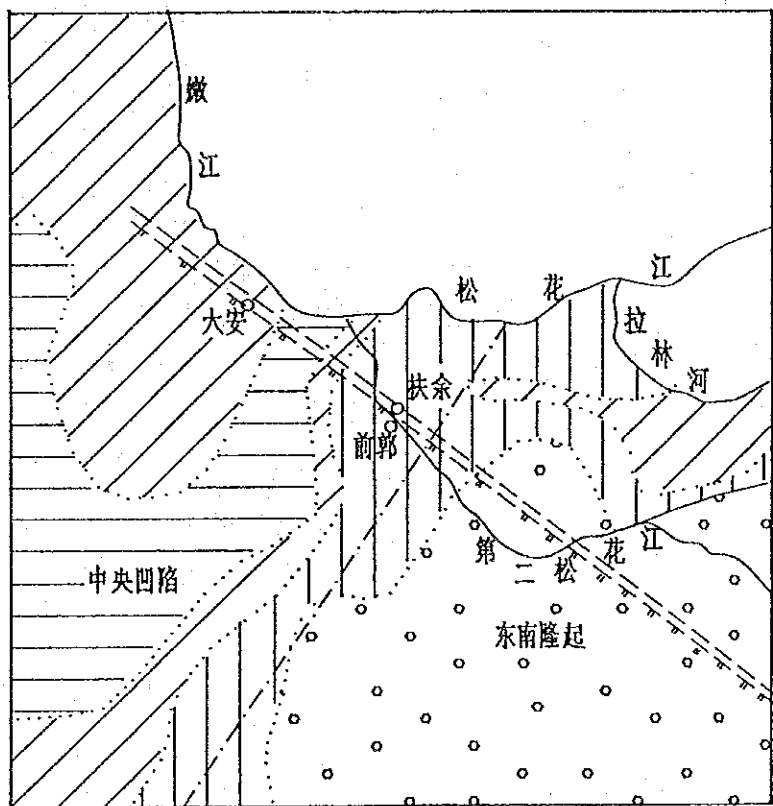
前郭灌区锡泊屯新站址是在前郭灌区第二灌区改善配套工程计划调查中，由中日两国专家共同选定的。新站址位于现有锡泊屯抽水站下游1.4km的第二松花江边（见图1）。

程技术人员，在大中型工程勘察中一般的互作程序、互作方法及评价标准。我们希望能与日方有关专家学者对此进行讨论和研究。日本是地震多发地区，在抗震理论和实践上，有很丰富的经验，我们愿意就此向日本专家学者学习。

一、新站址区域地质条件与地震烈度

(一) 区域地质条件

新站址位于松辽平原西部。松辽平原（松辽盆地）从中生代以即开始沉降，到现在沉降仍在继续。松辽盆地由于地质条件的差异，沉降的幅度也有所不同。该区处于松辽盆地的中央沉降带与东南隆起带的交接部位，形成北东方向的构造线（见图2）。



图例
 大安——扶余断裂
 中央凹陷与东南隆起界线
 第四纪地层厚度
 小于 20m
 20-50m
 50-100m
 >100m

图2 前郭地区构造地质图

从图2可以看出，东南隆起带第四纪沉积物厚度一般为20-50m，而中央沉降带达50-100m甚至100m以上，如果把第三纪以来的沉降考虑在内，东西部分的差异就更大了。

另一方面，大安—扶余一线沿第二松花江的断裂（大安—扶余断裂）是第四纪以来发展起来的断裂（见图3）。

从图3可以看出，第二松花江左岸第三纪地层（有的甚至是白垩系地层）高高抬起，而右岸出露则是全新统及更新统的地层，反映了松花江左右岸，地壳升降运动的不均匀性。左岸（南岸）为上升区，右岸（北岸）为相对下降区，河道有向北偏移的现象。

综上所述，本区东西方向是东南隆起带与中央凹陷的交接部位，南北方向是大安—扶余断裂的两盘，是两个地质构造单元的交会处，使地震发生的可能性增大。

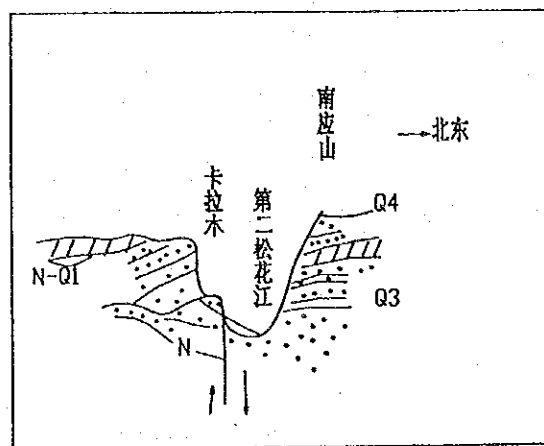


图3 第二松花江地质剖面

据历史记载，公元1119年2月在大安—扶余断裂带东端的卡拉木发生地震级M=7的大地震，公元1205年，在此断裂带西端的月亮泡，也发生了M=7的大地震。

（二）站址地震烈度

震级(M)是一次地震强度的量度，通常是在规定的震中距和地震仪上取得的地震图上最大幅度的对数值表示。震级愈大，地震时释放的能量愈高，其关系是

$$\log E (\text{尔格}) = 11.8 + 1.5M$$

地震烈度(I)表示地震时在一定地点反映出地震强烈的程度。一次地震震级只有一个,但在不同地点反应出的烈度各不相同。中国地震烈度采用1-12度分度法,大体上与国际通用的1931年修订的麦卡烈度表(MM烈度表)和1964年发表的MS烈度表相当。日本采用的日本气象厅1952年发表的按0-7度分度的烈度表(JMA烈度表),两种分度的大体关系是

$$I_{MM}=1+1.5I_{JMA}$$

震中区的烈度称为震中烈度,它与震级和震源深度有关。

基本烈度是指一个的区今后一定时期(中国定为100)年内,一般场地条件下,可能遭遇的最高烈度。

基本烈度确定的依据是地震地质背景,历史地震资料和数理统计方法等。

根据我国地震部门的区划前郭灌区地震基本烈度为8度(见图4)。

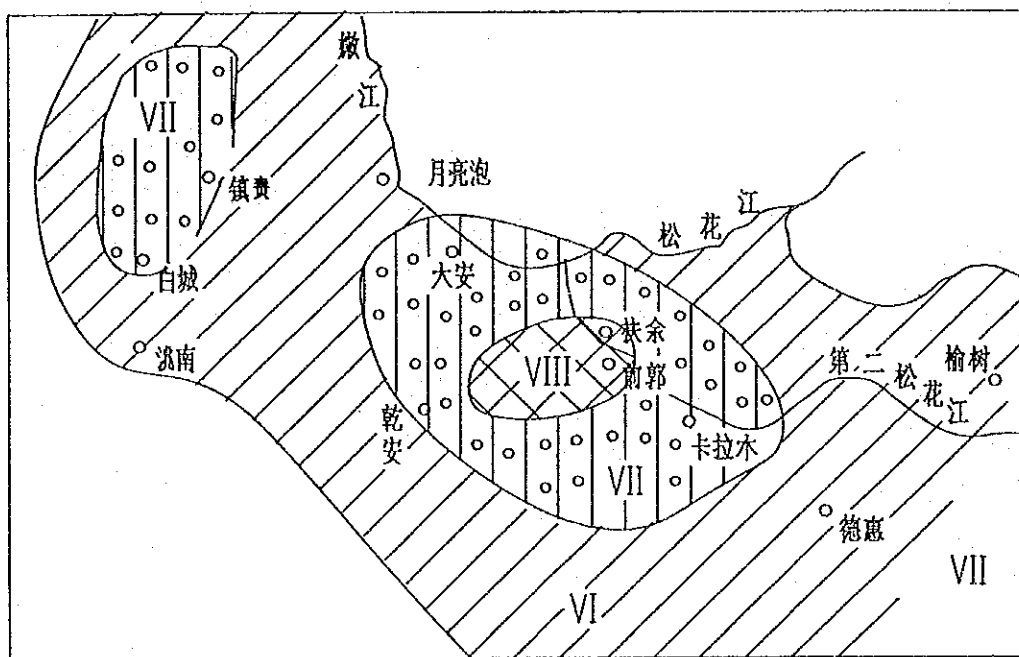


图4 吉林省西部地震裂度图

前郭灌区属浅震震源,震中烈度和震级的关系是 $M=0.58I_0+1.5$ 因此推算本区最大震级为6.2级

8度区的表现为地面摇晃，行走困难，大多数房屋结构受损，干硬土有许多地方出现裂缝，大多数烟囱严重破坏。

二、新站址的地层结构与砂土的一般性质

新站址位于第二松花江高漫滩上，地面标高133.70-138.40m，高出江水面0.6-2m(平水期)。

站址地层分布如下(从上至下)：

- ①人工填土：第二松花江堤防人工填土。
- ②壤土：黑褐色至黄褐色，以粘粉粒为主，厚1.20-2.90m。
- ③灰绿色中砂：厚7.70-11.70m，局部含淤泥土夹层。
- ④砾质粗砂：厚5.80-8.90m。
- ⑤淤泥质壤土：厚1060-4.20m。
- ⑥风化泥岩。

地下水位距地表1-2m，汛期不足1m。

站址地质剖面见图5。

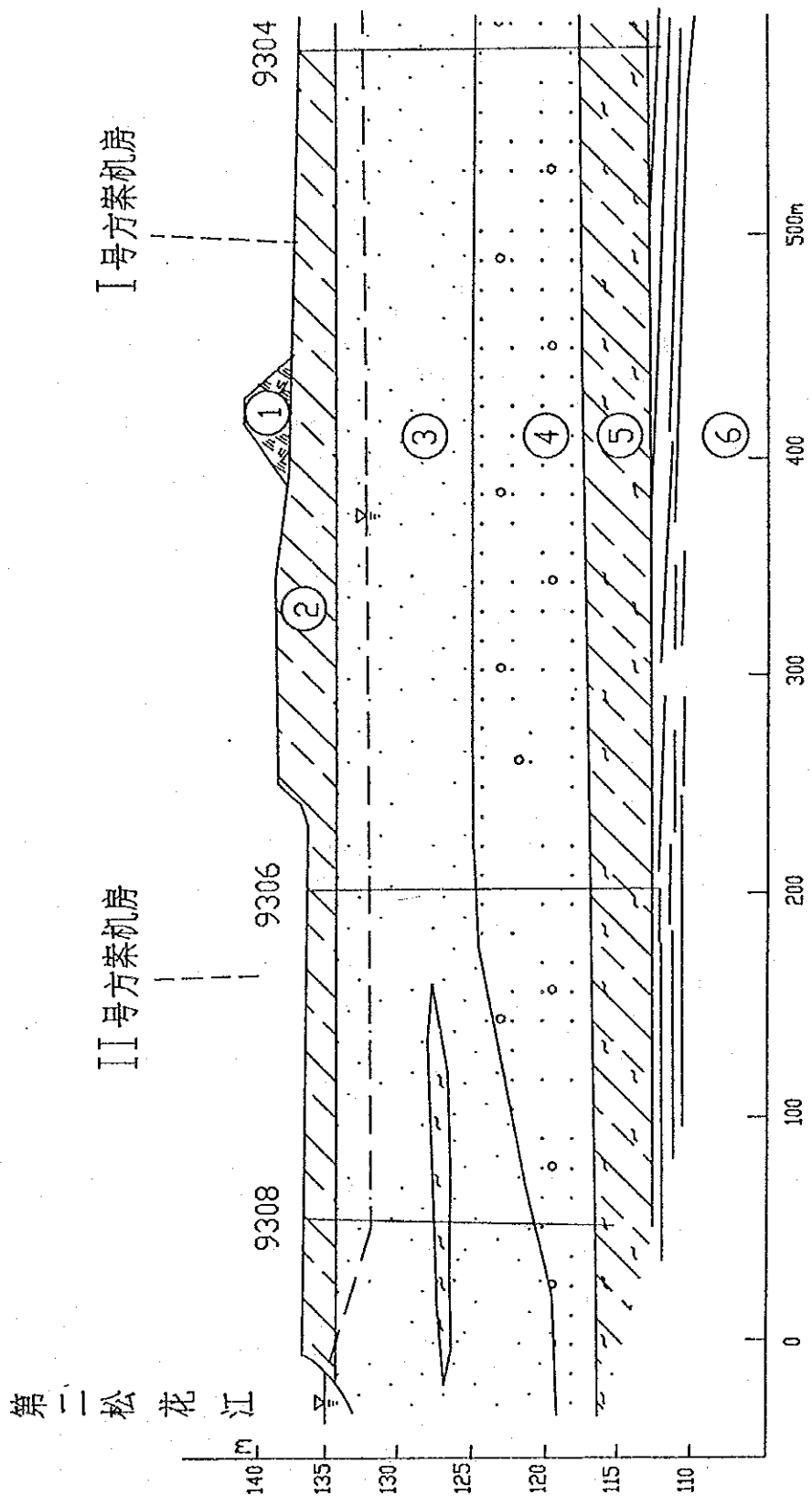


图 5 新站址地质剖面图

从地质剖面中看出，对建筑物影响较大的是灰绿色中砂③及砾质粗砂④，是研究的重点。

灰绿色中砂及砾质粗砂颗粒分析成果见表1。

灰绿色中砂采取了原状样进行了现场测定，其成果见表2。

表1 新站址砂层颗粒组成

岩性名称	不同粒径含量 (%)								
	>5mm	5~2mm	2~0.5mm	0.5~0.25mm	0.25~0.1mm	<0.1mm	d ₁₀ mm	d ₆₀ mm	不均匀系数 U _H
灰绿色中砂	1.4	1.7	14.3	57.1	18.5	7.0	0.177	0.407	2.3
砾质粗砂	17.0	21.9	32.8	19.2	5.6	3.5	0.285	1.70	6.0

表2 灰绿色砂层物性指标

项 目	单 位	数 值
比重 (Δ)		2.65
干密度 (r_d)	g/cm ₃	1.59
孔隙比 (ϵ)		0.66
孔隙度 (n)	%	40.0
最大孔隙比 (ϵ_{max})		0.936
最小孔隙比 (ϵ_{min})		0.523
相对密度 (D_r)		0.68

以上指标均为平均值。

三、砂土液化可能性评价

可行性研究阶段，对新站址共提出两个布置方案，两个站址的地质条件基本相同，都存在饱和的砂土层，其布置方式见图6。

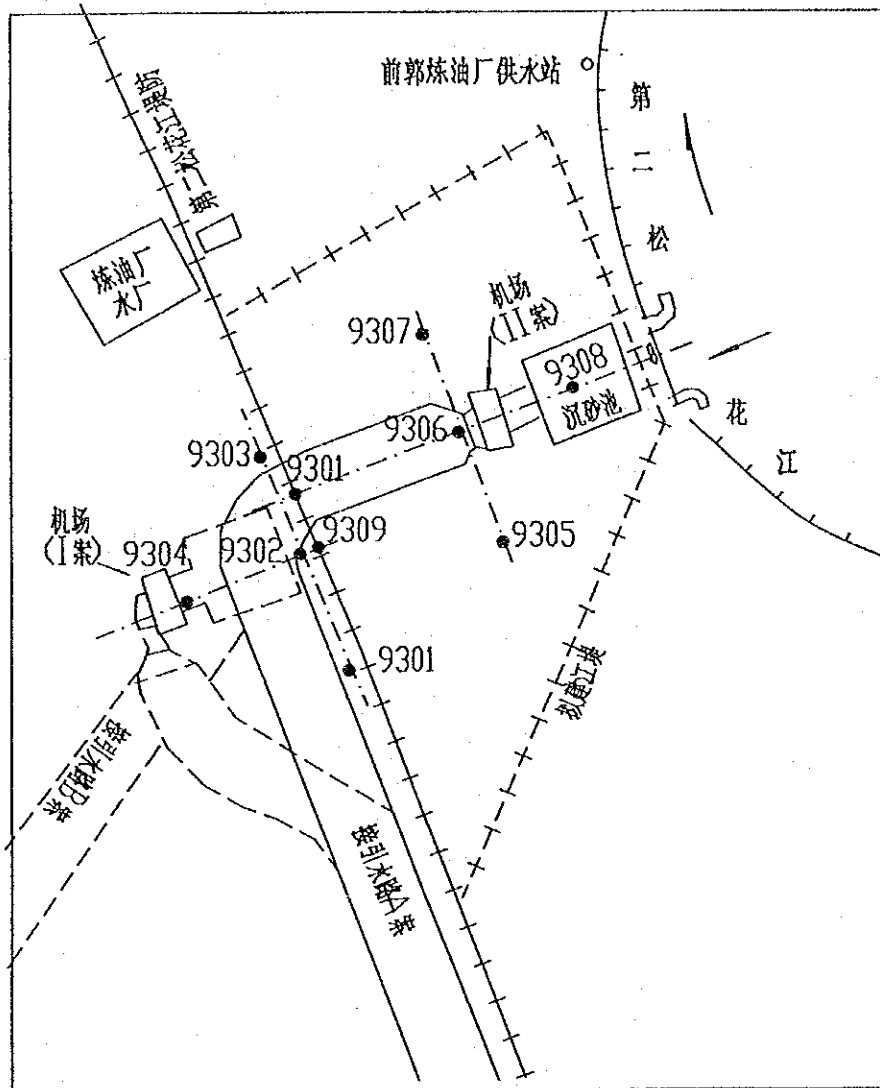


图6 新用水机场
布置方案示意图

(图中的小点是勘探钻孔、钻孔之间的点画线是地质剖面线)。

预计基础底面砌筑高程为126.0米，埋置深度为9m，基础下尚有灰色中砂3m，砾质粗砂约5m，因此砂土液化仍是影响建筑物安全的主要因素

(见图7)。

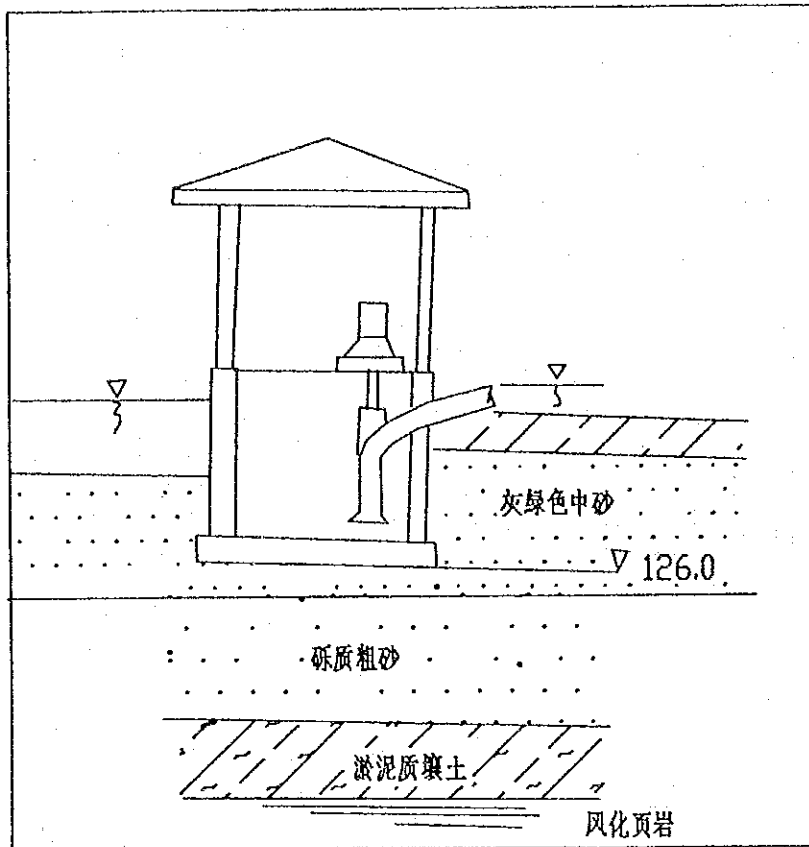


图7 抽水厂房地质结构示意图

一个地区砂土能否振动液化，除了与该地区的地震烈度大小有关外，尚和该砂层的颗粒组成、密实程度及上覆压力有关。因此评价砂土液化的方法也很多，如临界孔隙比法、振动稳定密度法、临界贯入击教法、标准爆破沉降量法、抗液化剪应力法及综合指标法等等。在可行性研究阶段，按勘探试验条件可以从以下几方面进行价。

1. 根据土的颗粒组成判别

从土的颗粒组成来看，地震时发生液化破坏的土类欠多为粘粒含小于15%的饱和土，主要为粘粒含量小于3%的饱和砂土。图8是中国海城地震时8度地震区液化砂土(喷砂)的颗粒级配范围。从图上可以看出灰绿色中

砂在液化土的范围內，而砾质中砂不在液化土以內。

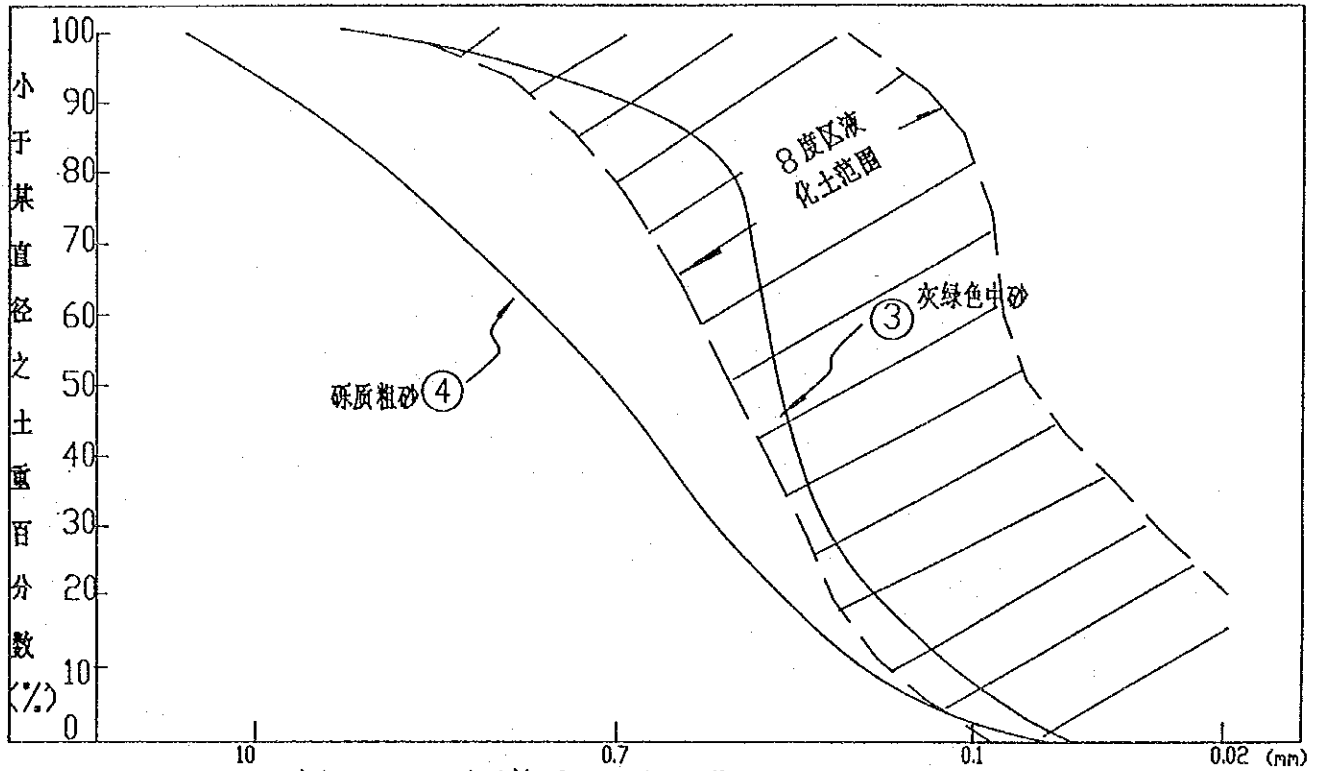


图 8 颗粒大小分配曲线

2. 根据相对密度判别

砂土的密实程度愈大，产生液化的可能性愈小，表3 为饱和砂土地震时可能发生“液化”的相对密度 D_r 值。

表3

设计烈度	7	8	9
D_r	0.70	0.75	0.80~0.85

根据对灰绿色中砂测定的28次密度测定，其相对密度平均值为0.68，小于8度区要求的(0.75)占17次，占60%，为不合格。下面图9至图12是试验结果的频率曲线。

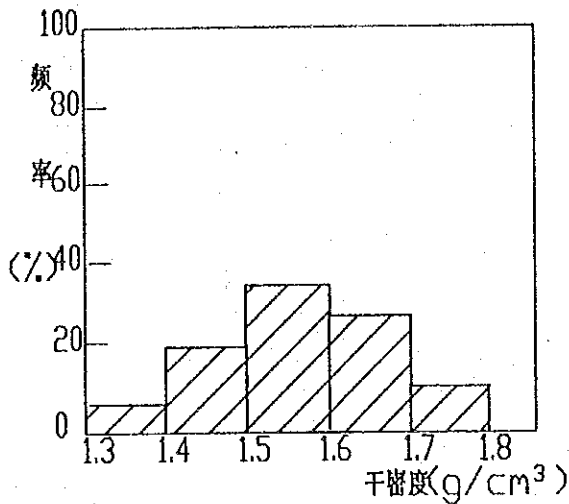


图9 干密度频率分布图

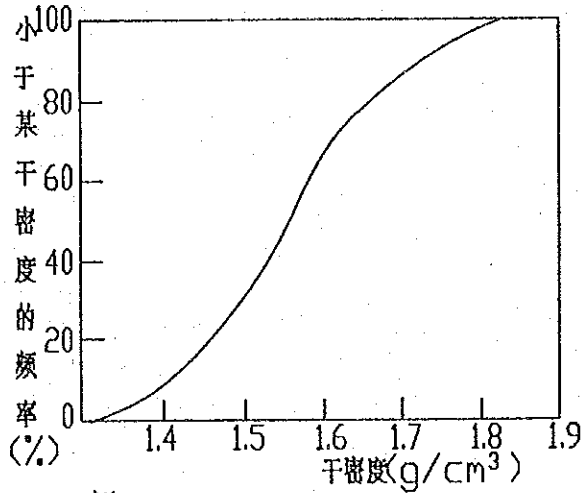


图10 干密度累积频率曲线

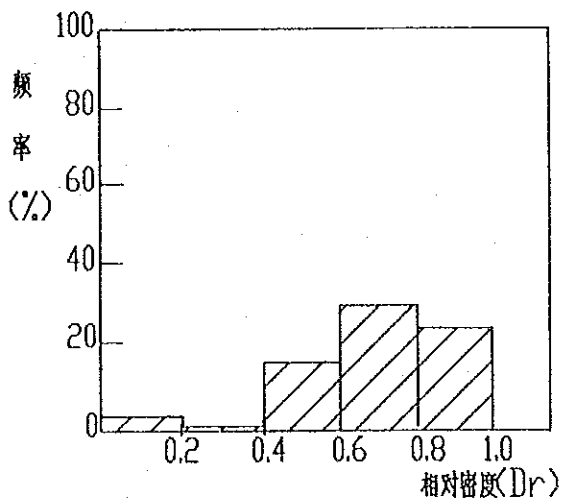


图11 相对密度频率分布图

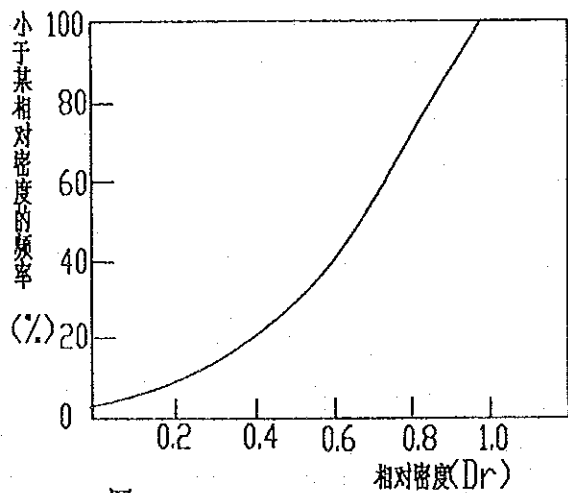


图12 相对密度累积频率曲线

3. 根据标准贯入试验判别

标准贯入试验长期以来被许多国家用来做为判别砂土液化可能性的一个重要手段。我国《工业与民用建筑抗震设计规范》和《水工建筑物抗震设计规范》(SDJ10-78)都曾推荐这种判定标准。按照规定,当砂土的标准贯入试验击数 $N_{60.5}$ 小于按下式算出的 N' 值时,认为是可液化的。

$$N' = \bar{N}' [1 + 0.125(d_s - 3) - 0.05(d_w - 2)] \quad (1)$$

式中: d_s —— 饱和砂层所处深度(m)

d_w —— 地面到地下水的距离(m)

\bar{N}' —— 当 $d_s=3m$, $d_w=2m$ 时的液化土“液化”临界贯入击数,其值与设计烈度有关,见表4。

表4

设计烈度	7	8	9
\bar{N}'	6	10	16

当 $d_s < 5m$ 时, \bar{N}' 采用 $d_s = 5m$ 。

1989年颁布的中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89)建议用下式进行判断:

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - \alpha_w)] \sqrt{3/P_c} \quad (2)$$

当 $N_{60.5} < N_{cr}$ 为液化土:

式中:

N_{cr} 为临界贯入击数与(1)式 N' 相当

N_0 为基准值,按表5

表5

近远震	烈 度		
	7	8	9
近震	6	10	16
远震	8	12	--

d_n —标贯深度 (m)

d_w —地下水埋深

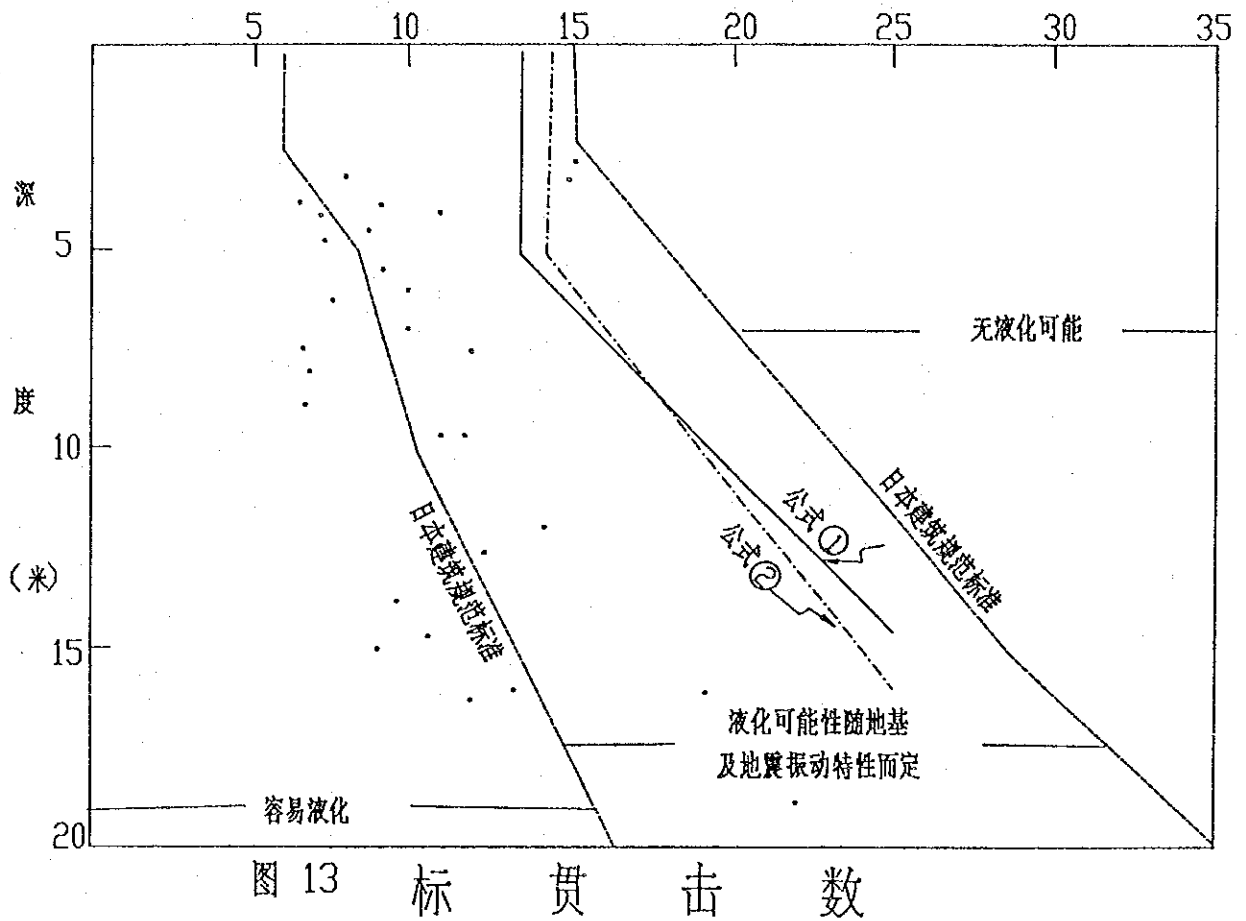
p_c —粘粒含量百分率，最小值取3。

日本建筑学会1974年11月修订的《建筑基础构造设计标准附说明》对饱和砂土液化评价的标准见表6。

表6

深 度 (m)	不同深度要求的标贯击数 (N)				
	2.5	5	10	15	20
N小于表内的数 容易液化	6	8	10	13	16
液化可能性随 地基及地震振 动特性而定	6-15	8-18	10-23	13-29	16-35
N大于表内的数 无液化可能	15	18	23	29	35

从图13可以看出，SDJ10-78提供的公式(1)和GBJ11-89提供的公式(2)差别不大。且无论按中国规范还是按日本规范，该区砂土都属于可液化土范围。



四、防止砂土振动液化对策

(一) 液化度分析

饱和砂土的某一指标，小于(或大于)临界指标时，则判定砂土是可液化的，但并未充分说明液化的程度。砂土特性指标偏离临界指标愈大，液化程度就愈高，就要采用更为严格的工程措施。

在中国《建筑抗震设计规范》(GBJ11-89)中提出按液化指数评价和采用不同的抗液化措施。液化指数(I_{LE})的计算公式如下：

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cr i}}\right) d_i \cdot W_i$$

式中：

n —15m深度范围内每一个钻孔贯入试验的次数；

N_i — i 点标准贯入试验的实测值；

$N_{c,ri}$ — i 点的临界值，按前述公式(2)计算；

d_i — i 点所代表的土层厚度(m)；

w_i —权函数，与 i 点代表土层厚度中点的深度 $Z_{o,i}$ 有关。

当 $Z_{o,i}$ 小于5m时， $w_i=10$ ，当 $Z_{o,i}=15$ m时， $w_i=0$ ；当 $Z_{o,i}=5-10$ m时按直线插值确定。表7是9306孔的计算成果。

表7

贯入试验 点编号	深度 (m)	$N_i/N_{c,ri}$	d_i	w_i	I_{LEi}
18	4.75	0.58	3.97	10	16.67
19	7.20	0.55	2.30	7.8	8.07
20	9.35	0.38	2.88	5.06	9.03
37	12.95	0.46	3.85	1.8	3.74
总计					37.51

该钻孔砂层顶面深2米。

按照液化指数对液化土层可以分三级：

1. 轻微液化 I_{LE} 为0-5；
2. 中等液化 $5 < I_{LE} < 15$ ；
3. 严重液化 $I_{LE} > 15$ 。

根据对9302孔至9308孔7个钻孔的计算结果，其液化指数均大于15，因此可以说新站址的砂层均属严重液化层。

(二) 新站址砂土振动液化的对策

一个地区对振动液化砂土采取的防治措施，是根据砂土液化的程度和建筑物的重要程度来决定的。

规范规定，建筑物重要性共分类：

甲类 特殊要求，破坏会导致严重后果；

乙类 国家重点抗震城市生命线工程；

丙类 除甲、乙、丁类以外；

丁类 次等建筑物，不易造成人员伤亡和较大的经济损失。

对于不同液化土层上，不同重要类别的建筑物可按表8中的规定采用抗液化措施。

表8

建筑类别	地基液化等级		
	轻微	中等	严重
乙	部分消除液化缺陷及对基础及结构外理	全部或部分消除液化缺陷及对基础及结构处理	全部消除液化缺陷
丙	基础和上部结构处理，也可以不处理	基础和上部结构处理或要求更高的措施	全部或部分消除液化缺陷或对结构进行处理
丁	可不采用措施	可不采用措施	基础和结构处理或其他经济措施

新的抽水站是严重液化地基上的乙类建筑物，它应当全部消除液化缺陷。

全部消除由液化引起的沉陷应符合以下要求：

1. 桩深入液化层以下的稳定土层中；
2. 利用深基础时埋入稳定层不小于0.5m；
3. 利用加密法处理后的地基，其标准贯入试验击数大于其临界值。

基础和上部结构处理中应注意：

- 1 选择合理的基础深度；

2. 减少基础偏心；
3. 加强基础的整体性和刚性；
4. 减轻荷载，增加对称性，设置沉降缝。

(三) 中国在处理砂土液化地基中的一些经验

振动液化处理对策不外两方面：一个是地基基础处理，一个是上部结构处理，本文的重点是讨论地基基础的处理对策。在讨论新站址地基处理时，应当吸收国内外的先进经验。在中国处理砂土液化地基时使用的方法有以下几种：

1. 振冲法：用特制的振冲器，一面冲水，一面对地基进行加固。1978年北京附近的官厅水库，坝下游砂层用振冲法进行处理，中砂的标贯击数从处理前的12.5击，提高到33.8击，细砂从12.5击提高到37击，估计处理后的相对密度不低于0.80。

2. 强力夯实法：使用重锤(8^T—13^T)从高处6—30m自由落下，进行夯实。我国塘沽地区曾用过此种方法。

3. 爆炸加密法：采用深层爆炸加密，在安徽省华亭水库，内蒙古自治区红山水库曾用过此种方法。

4. 群桩基础：利用桩基础，穿过可液化砂层，达到防止液化对建筑物的影响。

河北省双台河拦河闸共14孔，采用群桩共600余根，深入土层8.5—10m，穿过可液化砂层和软土层，在7度地震时未出现地基失稳和明显的变形。

盘锦市辽河化肥厂造粒塔，采用了桩基(139根竖桩，48根斜桩，共178根钢筋混凝土桩)穿过可液化土层，插入非液化土层一定深度，因此经受住了7度地震的考验，震后生实测沉陷量仅为9mm。

5. 围封：用板桩、混凝土连续墙、沉箱等，将可液化层截断、封闭，达到防止砂土液化的目的，辽宁省东小、偏养子等排灌站，由于采用了围封措施，当海城地震时，该地烈度为7度，但地基变形很小。

映秀弯电站拦河闸闸基下，在6—12m深度下，有粉细砂层，厚度3—12m。闸基按8度地震设防，为了防止砂土液化，在闸上游设钢筋混凝土防渗墙，在下游护坦末端，设沉井，截断砂层。

6. 砂桩挤密：利用振动作用将空心钢管打入地基，然后将粗料（砂砾石）投入，一面将钢管提升，一面将砂砾石夯实，使地基达到密实。

青藏铁路查尔汉湖两岸，饱和粉细砂层段采用了砂桩挤密法，干容重由 $1.4\text{t}/\text{m}^3$ 提高到 $1.73\text{t}/\text{m}^3$ 。

(四) 新站址防止地基砂土液化方法的探讨

为了防止振动引起的地基砂土液化给建筑物带来的影响，我们曾作了以下几方面的探讨。

1. 避开可液化地层

在可行性研究阶段站址的选择，有较大的回旋余地，如果有合适的场地，将站址选择在非液化土层上，则可以降低建筑物的造价，增强建筑物的安全度。在可行性研究阶段我们使用了钻探和地球物理探测法—电测深法，控制面积达56万 m^2 （700m×800m），地层结构相似，说明避开可液化地层是不可能的。

2. 采用桩基础

采用桩基础在振动作用下，当地基强度丧失时建筑物的荷载通过桩基础，传递到深度的非液化的硬实土层上，达到抗震的目的。但从地质剖面可以看出，砂层的下部是淤泥质粘土和风化泥岩，都不能起到支撑桩基的作用，如采用桩基，势必增加桩的长度，因此桩基也是不适宜的。

3. 振冲法或砂桩挤密法

新站址砂土的平均干容重为1.59，平均相对密度为0.68。只要相对密度提高到0.75以上，就可以达到防止液化的目的。因此建议采用砂桩挤密或振冲法。根据野外测试，当 $D_r = 0.75$ 时灰绿色中砂的干密度就达到 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，加固范围应包括基础以下的灰绿色中砂和砾质粗砂。

砂桩间距L，用下式计算：

$$L=0.952d_c\sqrt{r_y/(r_y-r_a)}$$

式中：

d_c —砂桩直径，取 $d_c=0.50\text{m}$ ；

r_y —加固后土的容重，取 $1.03/\text{cm}^3$ （水下容重）；

r_a —加固前土的容重 $0.99 \text{ g}/\text{cm}^3$ （水下容重）；

求得 $L=2.35\text{m}$ ，如 $d_c=0.30\text{m}$ ，则 $L=1.45\text{m}$ 。

如采用振冲法或挤密法，在下一设计阶段应进行挤密现场试验，以最终确定施工方法。

参考文献和资料

1. 吉林省前郭灌区第二灌区改善配套工程计划调查现场报告书 吉林省前郭灌区第二灌区改善配套工程计划调查共同企业 太阳工程技术咨询株式会社、日本技研株式会社 1993年8月
2. 吉林省前郭灌区第二灌区改善配套工程地质勘察报告(可行性研究) 陈东 吉林省水利水电勘测设计院 1993年4月
3. 吉林省及其西部邻区构造体系与地震分布规律图说明书(比例尺1:500000) 吉林省地质局区域地质调查大队 1980年11月
4. 吉林省新构造运动区划研究报告 崔斗烈 吉林省地质矿产局区域地质矿产调查所 1990年10月
5. 中华人民共和国国家标准《建筑抗震设计规范》(GBJ 11-89)
6. 中华人民共和国水利电力部《水工建筑抗震设计规范》(SDJ 10-78) 水利电力出版社 1979年4月
7. 砂砾石地基工程地质 石金良主编 水利电力出版社1991年2月
8. 工程地质分析原理 张倬元等编著 成都地质学院地质出版社1981年12月
9. 地基与基础 天津大学、西安冶金建筑学院、哈尔滨工程学院、重庆建筑工程学院合编 中国建筑工业出版社 1978年10月

前郭灌漑区第二灌漑区錫泊屯
新揚水機場予定地における
砂質土の振動液状化可能性分析とその対策

趙興民

前郭灌漑区第二灌漑区錫泊屯 新揚水機場予定地における 砂質土の振動液状化可能性分析とその対策

趙 興 民

吉林省水利庁前郭灌漑区開発辦公室

吉林省水利水電勘测設計院

概 要

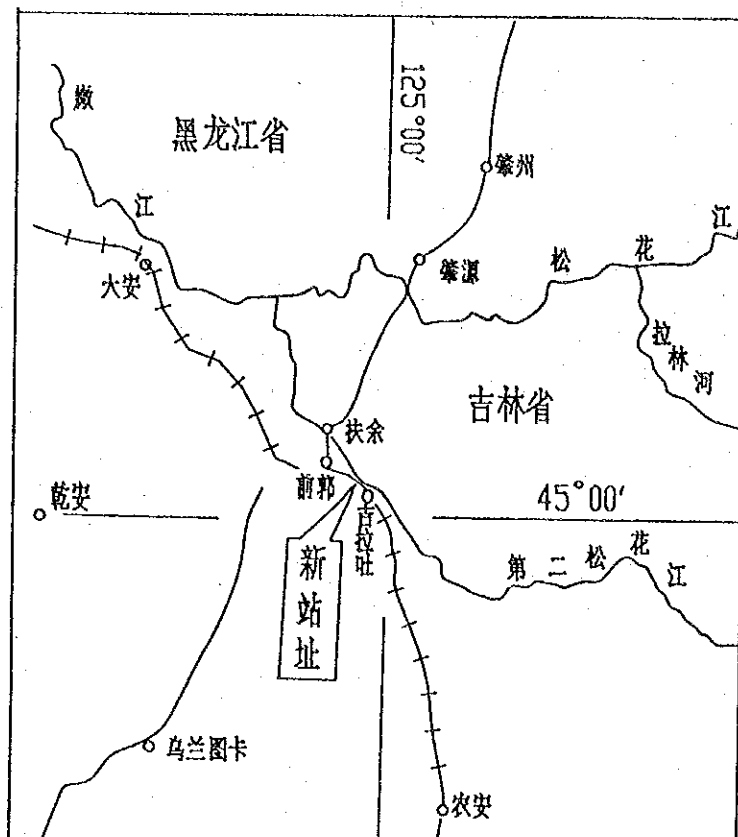
本文では前郭灌漑区第二灌漑区錫泊屯新揚水機場予定地の地層構造と砂質土の一般的性質を紹介し、砂質土の液状化の可能性について評価を行い、さらに砂質土の振動液状化の防止対策を提言する。また中国の砂質土液状化の基礎処理における経験を紹介し、新機場予定地の基礎の砂質土液状化対策方法について検討を行った。

キーワード：前郭灌漑区第二灌漑区、錫泊屯新揚水機場予定地、地震強度、砂質土振動液状化対策

序 文

前郭灌漑区錫泊屯新機場予定地は前郭灌漑区第二灌漑区施設整備計画調査において日中両国の専門家が協議の上選定した。新揚水機場予定地は既存の錫泊屯揚水機場の下流1.4 kmの第二松花江岸に位置する。(図1)

図1 新機場予定地位置図



新揚水機場の完成後は揚水機場の取水条件が大幅に改善され、第二灌漑区の水資源に対する要求を満たすことができ、取水口に著しい土砂堆積をきたしている既存の揚水機場の代替となり、第二灌漑区施設整備後の給水任務を担うこととなる。

フィージビリティスタディ段階での地質調査の任務は以下である。

1. 機場予定地の地層、地質及び水土地質条件を明らかにする。
2. 不良地質現象の原因、分布範囲、機場予定地の安定性に対する影響の程度及び発展状況を明らかにする。
3. 設計強度7及び7以上の構造物については、機場予定地の基礎の耐震性を判定する。

そのために中国側は新機場予定地に対してフィージビリティスタディ段階での地質探査を行った。本文では主に今回の探査の研究成果を紹介する。それは具体的な分析ではあるが、中国側の技術要員の技術、大、中規模工事の探査における一般的な作業順序、作業方法及び評価基準を反映している。我々としては日本側の関係専門家とそれに対し議論と研究を行うことを希望する。また日本は地震多発地区であり、耐震理論と実践において豊富な経験があるため、日本側専門家に学ぶよう希望する。

一、新機場予定地の地質条件と地震強度

(一) 区域の地質条件

新機場予定地は松遼平原西部に位置している。松遼平原（松遼盆地）は中生代以降沈降を開始し、現在に至っても沈降は続いている。松遼盆地は地質条件が異なるため沈降の幅も異なる。当地区は松遼盆地の中央沈降帯と東南隆起帯が接する部分に位置し、北東方向の構造線を形成している。（図2）

図2 前郭地区の構造地質図

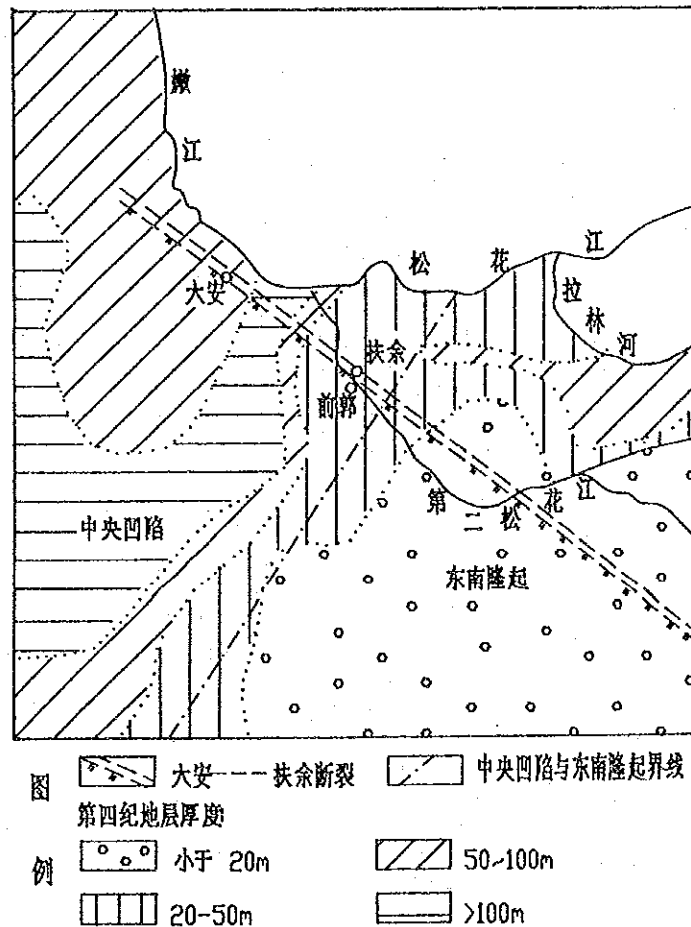


図2から東南隆起帯第四紀沖積層の厚さは一般に20～50m、中央沈降帯は50～100m、最も厚い所で100m以上に達することがわかり、もし第三紀以来の沈降も考慮にいれれば東西部分の差は更に大きくなる。

一方、第二松花江沿いの大安—扶余線の破砕帯（大安—扶余破砕帯）は第四紀以来発展してきた破砕帯である。（図3）

図3 第二松花江地質断面

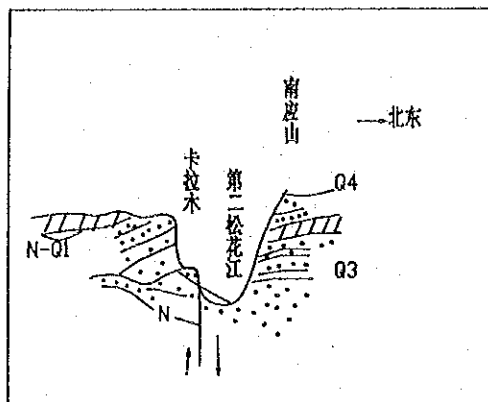


図3から、第二松花江左岸第三紀地層（白亜系地層にいたるものもある）は高く隆起し、右岸に露出しているのは全新統及び更新統の地層で、松花江左右岸の地殻沈降運動の不均衡性を反映していることがわかる。左岸（南岸）は上昇区域で、右岸（北岸）は相対的な下降区域で、河川は北に向かって移動する現象がある。

総合的に見てみると当地区の東西方向は東南隆起帯と中央凹部の接点にあり、南北方向は大安－扶余破砕帯で、両方の地質構造要素が合流した地点であり、地震発生の可能性が増大する。

歴史の記載を見ると、1119年2月に大安－扶余破砕帯東端の卡拉木でM = 7の大地震が発生しており、また1205年にはその破砕帯の西端の月亮泡でもM = 7の大地震が発生している。

(二) 機場予定地の地震強度

震度（M）は一過性の地震強度をはかる大きさであり、通常は規定した震源距離と地震計で記録された地震図上の最大幅の対数値で表示される。震度が大きいほど地震時に放出されるエネルギーが大きくなり、その関係は以下の式で表される。

$$1 \log E (\text{erg}) = 11.8 + 1.5M$$

地震強度（I）は地震時に一定の地点における地震強度の程度を表す。一過性の地震震度は一つであるが、異なった地点で反応する強度はそれぞれ異なる。中国の地震強度は1～12度の分度法を採用しているが、これはおおむね国際的に通用する1931年に修正されたメリカル震度表（MM強度表）と1964年に発表されたMS強度表に相当する。日本で採用されている気象庁が1952年に発表した0～7度の分度の強度表（JMA強度表）と両種の分度の大体の関係は以下ある。

$$I_{MM} = 1 + 1.5 I_{JMA}$$

⑥ 風化泥岩

地下水位は地表から1～2mで、増水期には1m足らずにまで上昇する。
 機場予定地の地質断面は図5を参照。

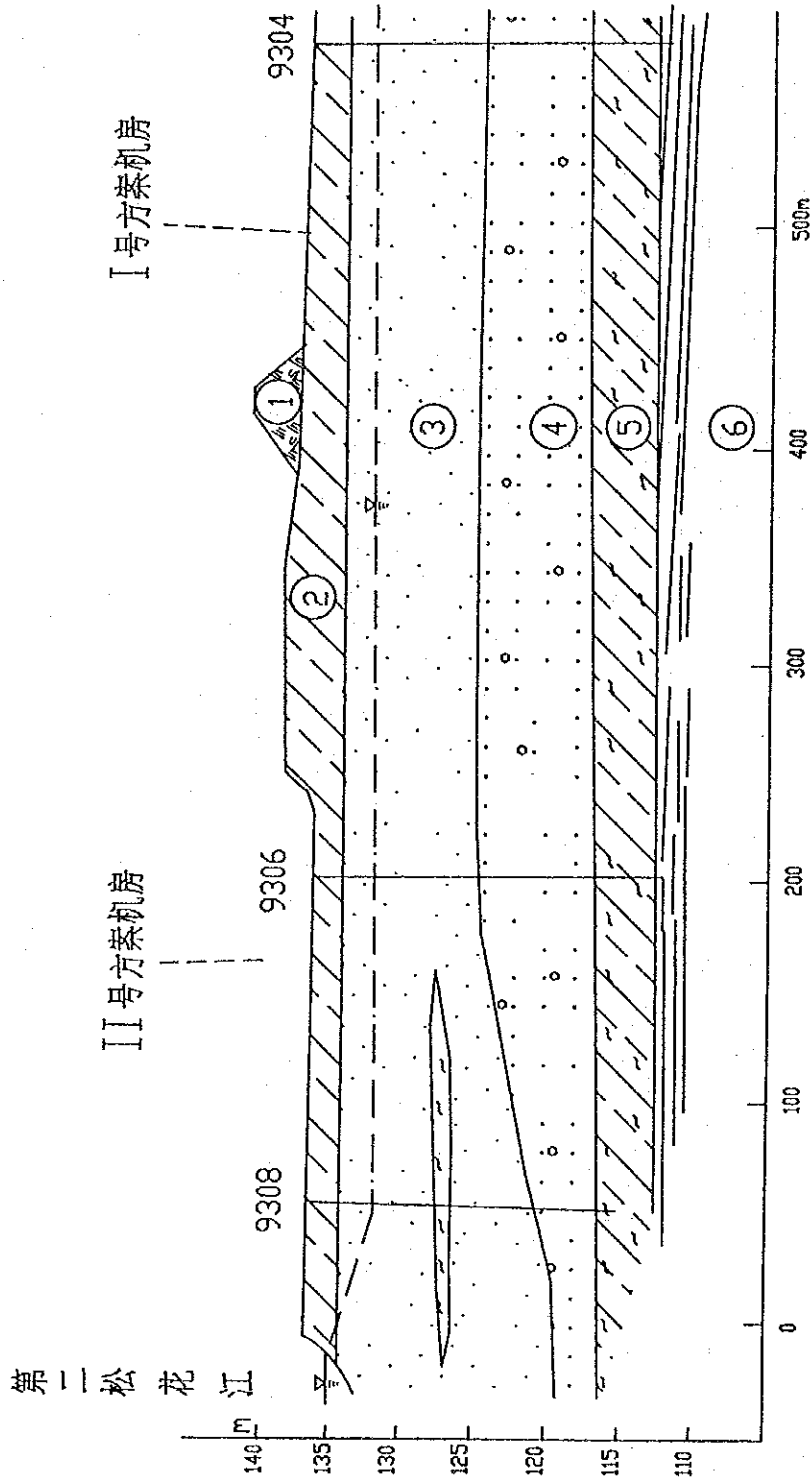


图 5 新揚水機場予定地地質断面図

地質断面から構造物に比較的大きな影響をもたらすのは灰緑色中砂③及び礫質粗砂④であり、研究の重点であることがわかる。

灰緑色中砂及び礫質粗砂の粒度分析の結果を表1に示す。

灰緑色中砂は現状での現場測定を行い、その結果は表2である。

表1 新機場予定地砂層粒子組成

岩性名称	不同粒径含量 (%)								
	>5mm	5~2mm	2~0.5mm	0.5~0.25mm	0.25~0.1mm	<0.1mm	d ₁₀ mm	d ₆₀ mm	不均勻系数 U _H
灰緑色中砂	1.4	1.7	14.3	57.1	18.5	7.0	0.177	0.407	2.3
礫質粗砂	17.0	21.9	32.8	19.2	5.6	3.5	0.285	1.70	6.0

表2 灰緑色砂層物性指標

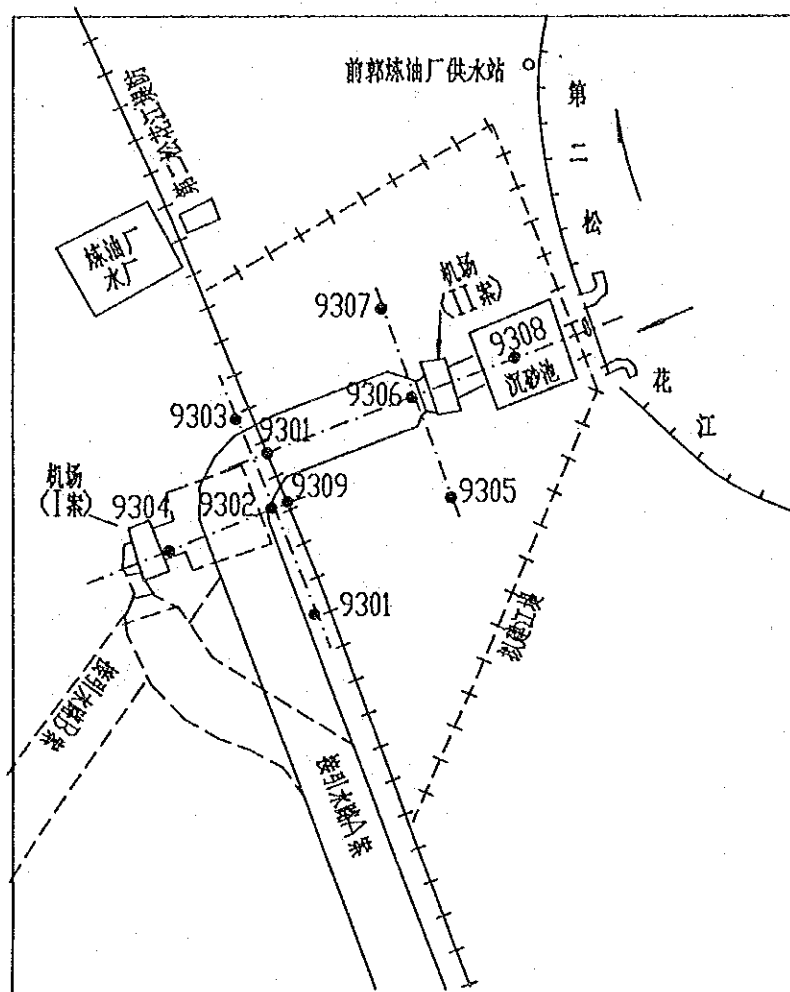
項目	単位	数値
比重 (Δ)		2.65
干密度 (r_d)	g/cm ³	1.59
孔隙比 (ε)		0.66
孔隙度 (n)	%	40.0
最大孔隙比 (ε_{max})		0.936
最小孔隙比 (ε_{min})		0.523
相対密度 (D_r)		0.68

以上の指標は平均値である。

三、砂質土液状化の可能性評価

フィージビリティスタディ段階では新機場予定地について二つの設置案が出されたが、両位置の地質条件は基本的に同様で共に飽和状の砂質土層が存在する。その設置案は図6を参照。

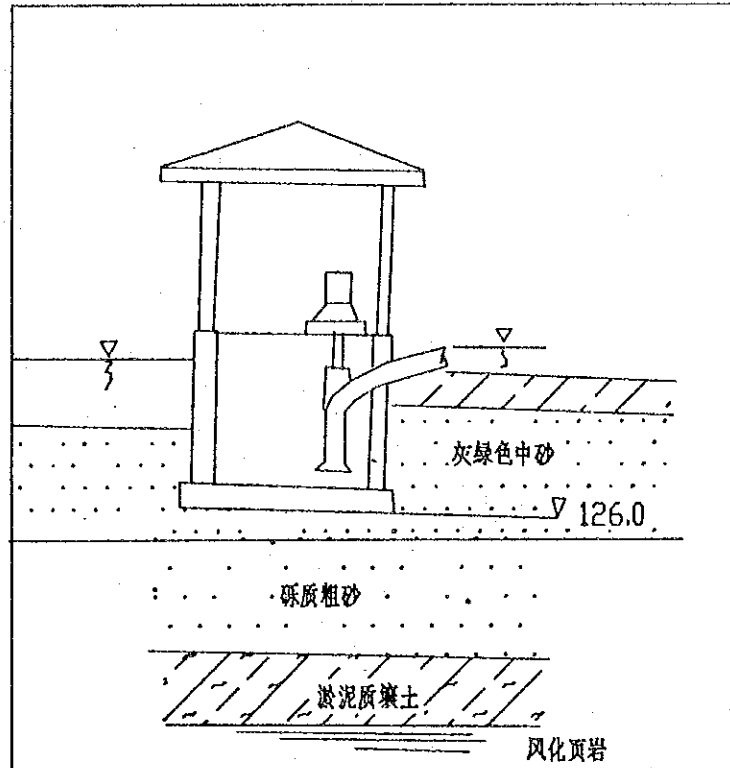
図6 新揚水機場設置案平面図



(図中の小点はボーリング位置、その間の点線は地質断面線を示す)

計画では基礎栗石の標高は126.0m、深度は9mであるが、基礎の下には灰色中砂が3m、礫質粗砂が約5mあるため、砂質土の液状化はやはり建築物の安全に影響を及ぼす主要要素である。(図7)

図7 揚水機場の地質構造説明図

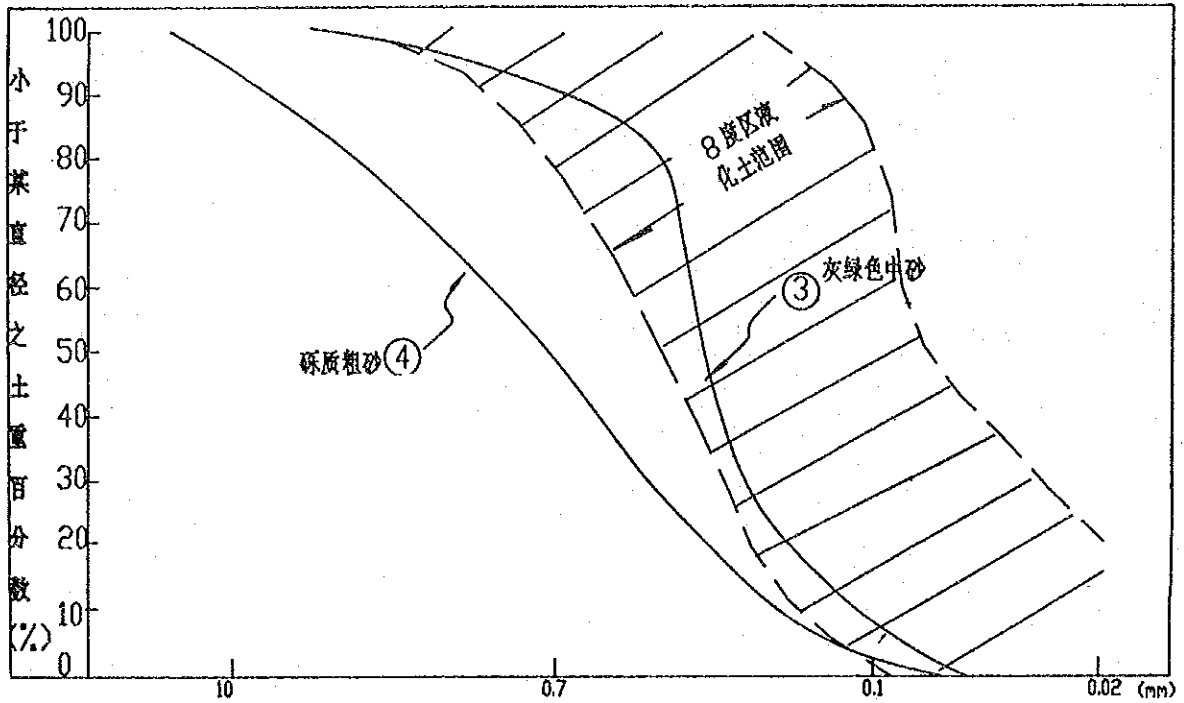


ある一地区の砂質土で振動液状化が起こるかどうかはその地区の地震強度の大小と関係がある他、砂層の粒子構造、緻密度、圧力と関係がある。そのため砂質土を評価する方法は多く、例えば限界間隙比法、振動緻密法、限界慣入打数法、標準爆破沈降法、耐液状化剪断強度応力法及び総合指標法等である。フィージビリティスタディ段階では探査試験条件によって以下のいくつかの面について評価することができる。

1. 土の粒子構造による判別

土の粒子構造から見ると、地震時に液状化が発生して破壊される土類の多くは粘性粒子の含有量が15%以下の飽和土で、主に粘性粒子含有量が3%以下の飽和砂質土である。図8は中国の海域地震時の8度の地震地区の液状化砂質土（噴砂）の粒度範囲を示す図である。図から灰緑色中砂は液状化土の範囲内にあり、礫質中砂は液状化土の範囲にはないことがわかる。

図8 粒度曲線図



2. 相対密度による判別

砂質土の緻密性が大きくなるほど液状化が起こる可能性は小さくなる。表3は飽和砂質土が地震時に液状化が発生する可能性のある相対密度 D_r 値である。

表 3

设计烈度	7	8	9
D_r	0.70	0.75	0.80~0.85

灰綠色中砂に対して行った28回の密度測定によれば、その相対密度の平均値は0.68であり、8度の地震強度に指定されている地区の要求値(0.75)を下回ったのは17回で、60%を占め、不合格である。下記の図9~12は試験結果の確率曲線である。

図9 乾燥密度確立分布図

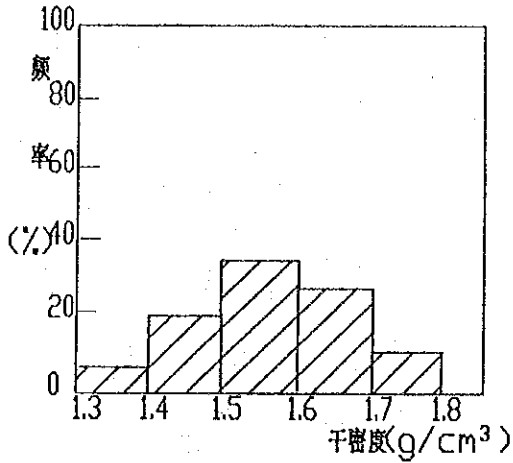


図10 乾燥密度累積確立曲線

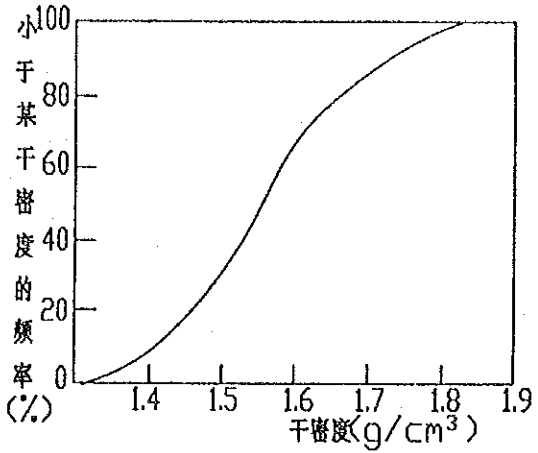


図11 相対密度確立分布図

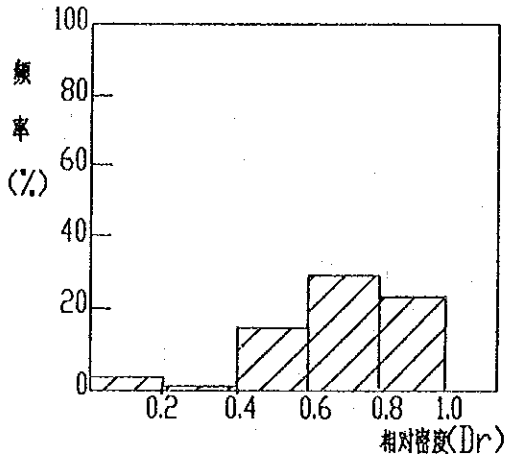
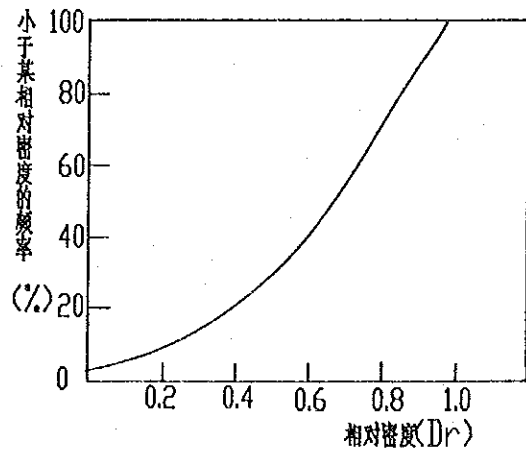


図12 相対密度累積確立曲線



3. 標準貫入試験による判別

標準貫入試験は長期にわたって多くの国家で砂質土の液状化の可能性を判別する方法として行われている重要な手段である。わが国の《工業と民間用建築耐震設計規範》と《水工構造物耐震設計規範》(SDJ10-78)でもこの種の判定標準を推進している。規定によれば砂質土の標準貫入試験N値 N_{60} が下記の公式によって算出した N' 値よりも小さい時に液状化の可能性があるとされている。

$$N' = \bar{N}' [1 + 0.125 (d_s - 3) - 0.05 (d_w - 2)] \quad (1)$$

式中： d_s —飽和砂層の深度 (m)

d_w —地面から地下水の距離 (m)

\bar{N}' — $d_s=3m$ 、 $d_w=2m$ の時液状化土壌の液状化限界貫入打数、その値と設計強度の関係は表4に示す。

表 4

设计烈度	7	8	9
\bar{N}'	6	10	16

$d_s < 5\text{m}$ の時、 N' は $d_s = 5\text{m}$ を採用する。

1989年に公布された中華人民共和国国家標準《建築耐震設計規範》(GBJ11-89)は以下の公式を用いて判断するよう提唱している。

$$N_{cr} = N_0 [0.9 + 0.1(d_s - \alpha_w)] \sqrt{3/P_0} \quad (2)$$

$N_{cr} < N_0$ の時に液状化土となる

式中： N_{cr} —限界慣入打数、(1)式の N' に相当する

N_0 —基準値、表5による

表 5

近远震	烈 度		
	7	8	9
近震	6	10	16
远震	8	12	--

d_s —標準慣入深度 (m)

d_w —地下水深

P_0 —粘質粒子含量比率、最小値3を取る

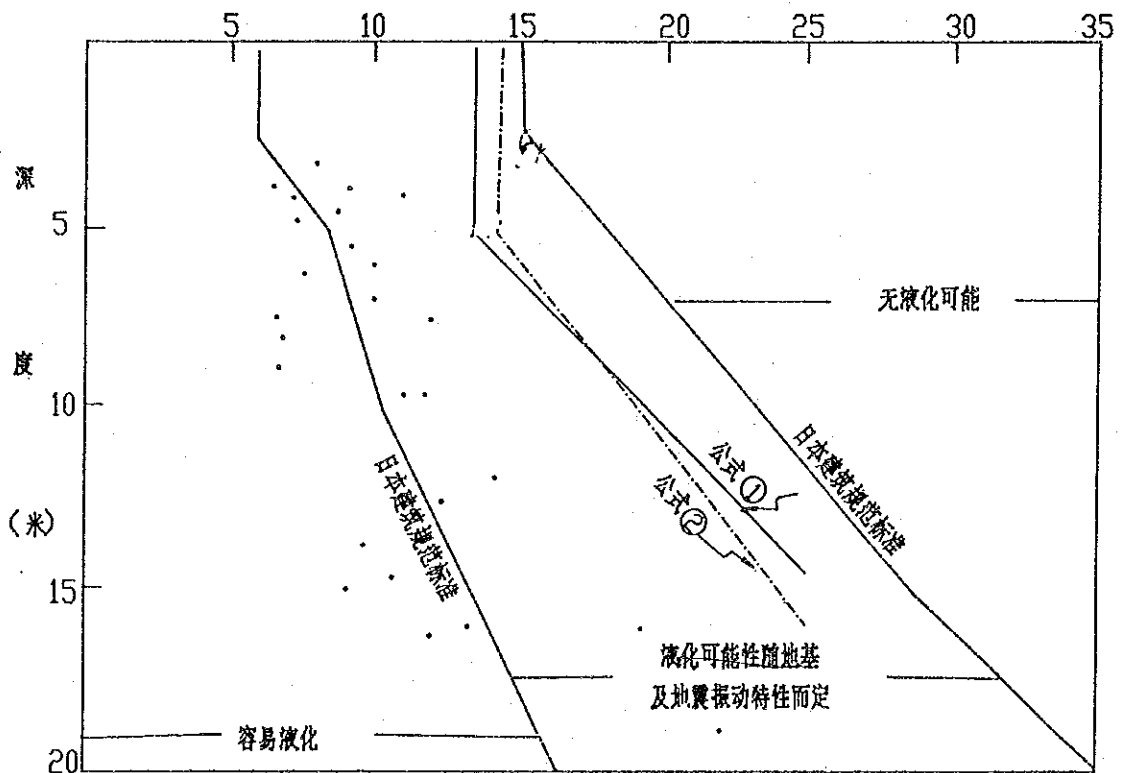
日本建築学会が1974年11月に修改した《建築基礎構造設計基準付属説明》は飽和砂質土液状化評価の基準を表6に示す。

表 6

深 度 (m)	不同深度要求的标贯击数 (N)				
	2.5	5	10	15	20
N小于表内的数 容易液化	6	8	10	13	16
液化可能性随 地基及地震振 动特性而定	6-15	8-18	10-23	13-29	16-35
N大于表内的数 无液化可能	15	18	23	29	35

図13からSDJ10-78（水工建築物耐震設計規範）の公式(1)とGBJ11-89（建築耐震設計規範）の公式(2)は差が大きいことがわかる。中国の規範であっても日本の規範であっても当地区の砂質土は液状化可能性土壌の範囲に属す。

図13 標準貫入試験値



四、砂質土の振動液状化防止対策

(一) 液状化程度分析

飽和砂質土のある指標が限界指標より小さい（或いは大きい）場合、その砂質土は液状化の可能性があると判定されるが、液状化の程度は十分に説明することはできない。砂質土の特性指標が限界指標より大きくなるほど液状化の程度が大きくなり、更に厳しい工事措置を採る必要がある。

中国の《建築耐震設計規範》（GBJ11-89）の中では液状化指数による評価と異なった液状化防止措置の採用を出している。液状化指数（ I_{LE} ）の計算公式は以下である。

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{N_i}{N_{cr,i}}\right) d_i \cdot W_i$$

式中：n—深さ15m範囲内のそれぞれのボーリング貫入試験の回数

N_i ：i点標準貫入試験の実測値

$N_{cr,i}$ ：i点の限界値、前述の公式(2)により計算

d_i ：i点の代表する土層の厚さ（m）

W_i ：重み関数、i点の代表土層の厚さの midpoint の深度 $Z_{0,i}$ と関係がある

$Z_{0,i}$ が5m以下の時、 $W_i = 10$ 、 $Z_{0,i} = 15m$ の時、 $W_i = 0$ 、 $Z_{0,i} = 5 \sim 10m$ の時は直線近似値により確定する。表7はボーリング地点9306孔の計算結果である。

表 7

貫入試験 点番号	深度 (m)	$N_i/N_{cr,i}$	d_i	w_i	$I_{LE,i}$
18	4.75	0.58	3.97	10	16.67
19	7.20	0.55	2.30	7.8	8.07
20	9.35	0.38	2.88	5.06	9.03
37	12.95	0.46	3.85	1.8	3.74
总 计					37.51

当ボーリング地点の砂層の頂部の深さは2m。

液状化指数により液状化土層を三級に分けると：

- 1. 軽液状化 $I_{LE} = 0 \sim 5$
- 2. 中液状化 $5 < I_{LE} < 15$
- 3. 重液状化 $I_{LE} > 15$

となる。

9302～9308孔の7ヶ所のボーリングの計算の結果、その液状化指数は15以上であるため、新揚水機上予定地の砂層は重液状化層に属することができる。

(二) 新機場予定地の砂質土振動液化対策

ある地区で振動液状化砂質土に対する防止措置は砂質土液化の程度と構造物の重要度によって決定する。

規範規定は構造物の重要性により以下に分類される。

- 甲類 特殊要求、破損した場合重大な結果をもたらす構造物
- 乙類 国家重点耐震都市の生命線となる構造物
- 丙類 甲、乙、丙類以外の構造物
- 丁類 二次構造物、死傷者や比較的大きな経済損失とならない構造物

異なった液状化土層上の異なった重要類別構造物は表8中の規定によって液状化防止措置を採る。

表 8

建築 類別	液 状 化 の 等 級		
	軽 度	中 度	重 度
乙	液状化発生可能箇所の部分的置換及び基礎処理	液状化発生可能箇所の全面或いは部分的置換と基礎処理	液状化発生可能箇所の全面的置換
丙	基礎と上部構造の処理、処理を行わなくても可	基礎と上部構造物の処理或いは更に高いレベルの措置	液状化発生箇所の全面的置換或いは構造処理
丁	措置必要なし	措置必要なし	基礎と構造の処理或いはその他経済措置

新揚水機場予定地は重液状化基礎上の乙類構造物となり、従って液状化土層を全て取り除く必要がある。

液状化によってもたらされる陥没を全て取り除くには以下の要求に従う。

1. 杭は液状化層以下の安定層に深く打つ。
2. 深い基礎を利用する場合は0.5m以下の安定層に埋める。
3. 緻密処理法後の基礎を利用する場合は、その標準貫入試験値はその限界値より大きくする。

基礎と上部構造処理において注意すべき点は以下である。

1. 合理的な基礎深度の選択
2. 基礎の片寄りの減少
3. 基礎の全体性の強化
4. 荷重の軽減、対称性の増加、可撓継ぎ目の設置

(三) 中国の砂質土液状化基礎処理における経験

振動液状化処理対策には二方法あり、一つは基礎処理措置、一つは上部の構造処理であり、本文の重点は基礎の処理対策である。新機場予定地の基礎処理を研究する場合は国内外の先進的な経験を吸収しなければならない。中国で砂質土液状化の基礎処理を行う場合に使用される方法は以下のいくつかである。

1. バイプロフローテーション工法

特殊なバイプロコンポーザを用いて水を注入しながら基礎を固めていく。1978年北京付近の官庁ダムではダム下の砂層をバイプロフローテーション工法を用いて処理を行い、中砂の標準貫入打数は処理前の12.5から33.8に増加し、細砂は12.5から37に増加し、処理後の相対密度は0.80以上であると推測される。

2. 強力締固め法

ハンマー（8～13トン）を使用して高さ6～30m地点から自由落下させて締固める。わが国では塘沽地区でこの方法が行われた。

3. 爆破緻密法

深層の爆破を行って固める。安徽省華亭ダム、内蒙古自治区の紅山ダムで行われた。

4. 群杭基礎

杭基礎を利用し、液状化砂層を貫いて打ち込み、液状化の構造物への影響を防止する深度まで達するようにする。

河北省双台河の頭首工の14ヶ所で600本の群杭が採用され8.5～10mの深さまで貫入し、液状化可能砂層と軟弱土層を貫いており、7度の地震が発生しても基礎のバランスのくずれや明かな変形は見られていない。

盤錦市遼河の化学肥料工場造粒塔でも群杭（豎杭139本、斜杭48本、計178本の鉄筋コンクリート杭）が使用され、液状化可能性土層を貫いて非液状化土層の一定の深さにまで打込んである。そのため7度の地震が発生しても地震後の実測沈下量わずかは9mmであった。

5. 矢板

板杭、コンクリート連続壁、ケーソン等を用いて液状化可能層を遮断、封鎖し、砂質土の液状化防止の目的を達成するものである。遼寧省東小、偏養子等の灌漑排水ポンプ場では矢板の措置を採ったため、海域地震の時には強度7度であったが基礎の変形は少なかった。

また、映秀湾電力発電所の調節ダムの基礎の下には6～12mの深度の下に厚さ3～12mのシルト砂層がある。ダムの基礎は8度の地震にも耐えられるもので、砂質土の液状化を防止するためにダムの上流に鉄筋コンクリートの遮水壁を設置し、下流のエプロンの末端には沈砂池を設置して砂層を遮断している。

6. サンドコンパクションパイル工法

振動作用を利用して空洞の外管を打ち込み、その後粗砂（砂礫石）を投入し、外管を引き抜きながら砂礫石で締め固めて基礎を固める。

青蔵鉄道の査爾漢湖兩岸では飽和シルト砂層断にサンドコンパクションパイル工法を採用し、その乾燥重量は1.4t/m³から1.73t/m³に向上した。

（四）新揚水機場予定地の基礎液状化防止方法の研究

振動によって引き起こされる基礎の砂質土の液状化が構造物に影響をもたらすのを防止するため、我々は以下の幾つかの面に付いて研究を行った。

1. 液状化発生の可能性のある地層を避ける

フィージビリティスタディ段階での機場予定地の選択では選択範囲が比較的広く、もし適切な場所があれば予定地は非液状化土層を選択する。そうすれば構造物の工事費を軽減し、構造物の安全度を増強することができる。フィージビリティスタディ段階で我々は面積56万m²（700m×800m）の範囲でボーリングと地球物理探査法－電気探査法を行ったが、地層構造は似ており、液状化発生の可能性のある地層を避けることは不可能であることがわかる。

2. 杭基礎を採用する

杭基礎を採用し振動作用の下で基礎強度が喪失したときの構造物の荷重が杭基礎を通して深い非液状化の硬い土層に到達したとき耐震の目的が達せられる。しかし地質断面から砂層の下部は泥質粘土と風化泥岩で、杭基礎を支持するだけの作用をもたらすことはできず、もし杭基礎を採用するのであれば杭の長さを長くしなければならないことがわかる。そのため杭基礎も不適當である。

3. バイプロフロテーション工法或いはサンドコンパクションパイル工法

新機場予定地の砂質土の平均乾燥容量は1.59、平均相対密度は0.68である。相対密度が0.75以上になれば液状化防止の目的を達することができる。そのためサンドコンパクションパイル工法或いはバイプロフロテーション工法の採用を提案する。野外試験の結果、

$D_r = 0.75$ の時灰緑色中砂の乾燥密度は $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ となり、基礎以下の灰緑色中砂と礫質粗砂を締固めなければならない。

砂杭間距離 L は以下の式で計算する。

$$L = 0.952 d_c \sqrt{r_v / (r_v - r_d)}$$

式中の： d_c －砂杭直径、 $d_c = 0.50\text{m}$ とする

r_v －締固め後の土の単位重量、 $1.03\text{g}/\text{cm}^3$ （水中密度）

r_d －締固め前の土の単位重量、 $0.99\text{g}/\text{cm}^3$ （水中密度）

そこから求めた $L = 2.35\text{m}$ であり、もし $d_c = 0.30\text{m}$ であれば $L = 1.45\text{m}$ となる。

もしバイプロフロテーション工法或いはサンドコンパクションパイル工法を採用した場合、次の設計段階で更に詳細な現場試験を行い最終的に施工方法を確定しなければならない。

参考文献と資料

1. 吉林省前郭地区第二灌漑区施設整備計画調査現地報告書 吉林省前郭灌漑区第二灌漑区施設整備計画調査共同企業 太陽コンサルタンツ株式会社、日本技研株式会社
1993年8月
2. 吉林省前郭灌漑区第二灌漑区施設整備計画工程地質調査報告（フイージビリティスタ
ディ） 陳東 吉林省水利水電勘測設計院 1993年4月
3. 吉林省及びその西部隣接地区の構造体系と地震分布規律図説明書（縮尺 1:500,000）
吉林省地質局区域地質調査隊 1980年11月
4. 吉林省新構造運動区画研究報告 崔崗烈 吉林省地質鈹産局区域地質鈹産調査所
1990年10月
5. 中華人民共和国国家標準《構造物耐震設計規範》（GBJ11-89）
6. 中華人民共和国水利電力部《水工構造物耐震設計規範》（SDJ10-78） 水利電力出
版社 1979年4月
7. 砂礫石基礎の工程地質 石金良主編 水利電力出版社1991年2月
8. 工程地質分析原理 張倬元等編著 成都地質学院地質出版社1981年12月
9. 地盤と基礎 天津大学、西安冶金建築学院、ハルピン工程学院、重慶建築工程学院
合編 中国建築工業出版社 1978年10月

日本の農業農村整備事業

鶴丸 雄二郎

目 次

1. 日本の風土と国土	1
2. 農業農村整備事業の概要	4
(1) 農業農村整備事業の内容	4
(2) 農業農村整備事業の実施手続き	7
(3) 施設の管理	8
3. 実施地区事例	9
(1) 霞ヶ浦用水事業	9
(2) 両総用水農業水利事業	16

1. 日本の風土と国土

(1) 風土

日本列島の大部分はモンスーン・アジア地域に属している。このため、年間の日射量が多く、夏期にはほとんど熱帯と変わらないほどの高温が続き、そのうえモンスーン性の降雨にも恵まれている。このような自然条件が、熱帯原産の稲を主要な作物とし、農地の大半を水田として民族の生活を維持する稲作文化を展開させた。

我が国には大陸級の大河川がなく、中小規模の河川が作る地形は入り組んで複雑ではあるが規模が小さいことから、人々は土地を比較的たやすく改良し、馴化し、その成果を順調に蓄積することができた。また、この結果、我が国は、集約的で生産性の高い土地を造り上げ、さらには、土地を潤すための樹枝状に分岐する水利システムを通じて人々の共同的なつながりを生み出した。

こうして、人々は絶え間なく土地に労働を蓄積し、持続的に生産力を高め、それを共同でうまく運営する仕組みをつくり出していった。このような営々で行われてきた努力の繰り返しが稲作文化の風土を形成したのである。

(2) 風土形成の歴史

我が国の稲作が伝えられたのは二千数百年前と言われている。その後の人口と農地面積の推移を、次の図に二本の成長曲線として示している。

稲作は九州北部から全国へ広がり、日本列島の主産業として定着するとともに、大きな社会的転換を引き起こしていった。稲作の伝来は、環境によって左右される狩猟採集社会から離脱して、人間が環境を改変して生存のための食糧を自ら生産する社会を我が国に形成させることとなったからである。

稲の持つ高い人口支持力により、人口は急速に増加し始めた。人口増加は農地面積の増加と平行した線を描いており、経済社会制度の整備のほか、農業の生産性向上のための土地開発や農業技術の発達に対応して人口が増加してきたことが明らかである。

我が国における農業の発達の特徴は、農具の進歩を中心とした西欧の農業技術の進歩とは異なり、作物の改良、肥料の多投といった技術の進歩にあるが、そのような進歩の前提には、水を引くことを中心として、あるがままの土地の条件を改良していく技術の進歩が必要であった。

日本で進歩した土地に関する総合的な技術は、農地の造成や整備、かんがい・排水といった広い意味で農地開発のすべてを扱い得る独自の技術体系であり、農耕開始以来近代に至るまで土地に関わる技術のほぼすべてであった。

この技術体系においては、長い年月にわたる試行錯誤と経験の繰り返しを経て、自然の人工化ではなく、自然へ順応し巧みに自然を利用することで、面的に開発を進めることが可能であった。国土の基軸をなす農地とそれに付帯するもろもろの構造物を、すべてにわたって面的に形成すること、それは現在のビルディングや高速道路といった点や線の開発とは異なり、自然の多様さに応じた多様な対応を可能にしてきた。わが国の風土に大きな影響を与えている河川を制御する場合といえども、洪水を速やかに海に流す近代以降の方式が確立されるまでは、農地の開発の中でいかに地域の状況に応じて河川を扱うか、というようにとらえられてきたのであった。

技術の進歩に伴い、農地の開発は、自然発生的で飛石的な形から、しだいに一定の領域をとらえて計画的な形態をとるようになり、領域を拡大していった。技術が低位の段階にあっては、自然への働きかけは単発的で、力のおよぶ範囲も限られている。技術が相当進んだ段階になれば、一定の広い範囲をみて適切な技術の組み合わせで根本的な改変が可能となるからである。

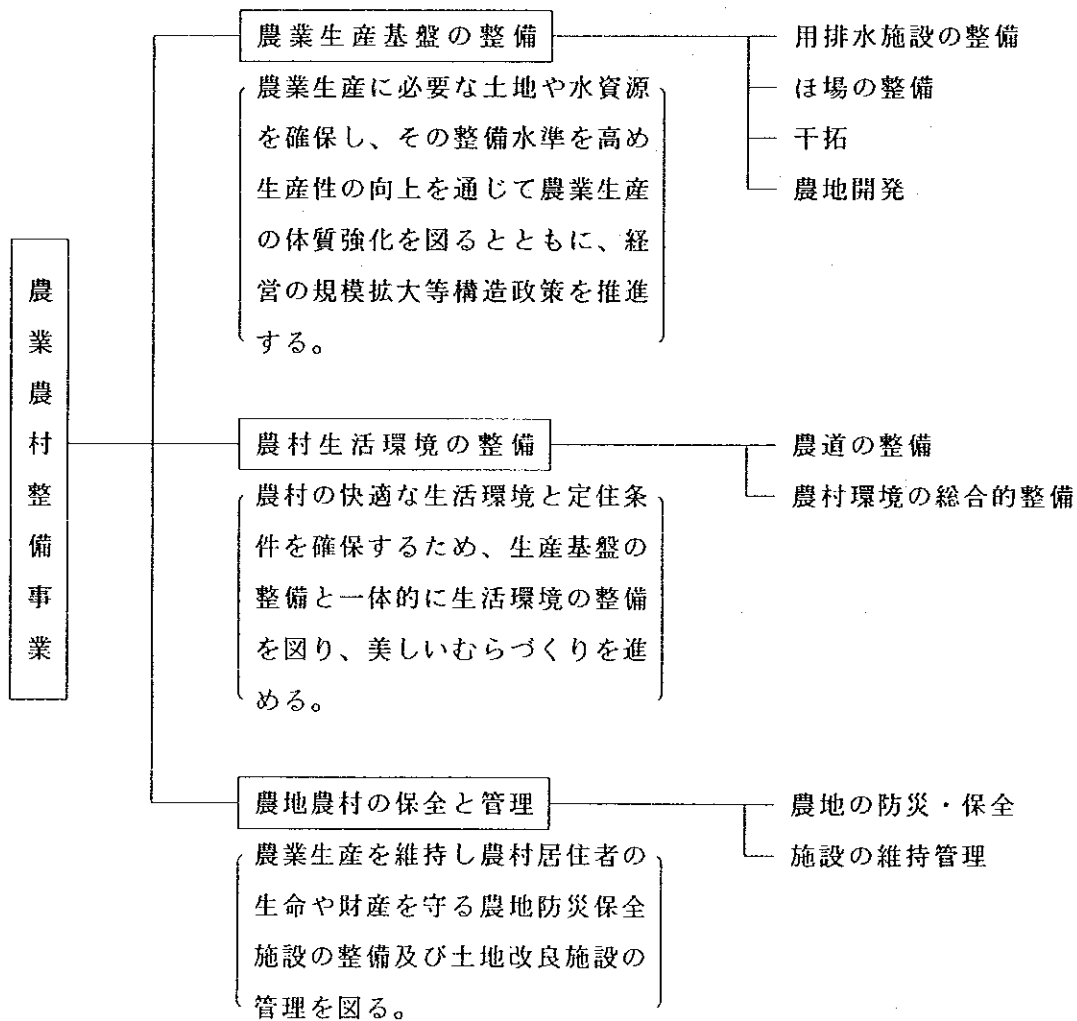
地域的な開発とよべるような開発の形態が出現したのは、条里制の施行を先駆とする。その後、中世の荘園開発、近世の新田開発と続いて近代に至る。もちろん小規模で自然発生的な開発も常に絶ゆみなく続けられた。それらが積み重なって、現代の我々がみることのできる多様で有機的なつながりをもった国土が形成されたのである。

2. 農業農村整備の概要

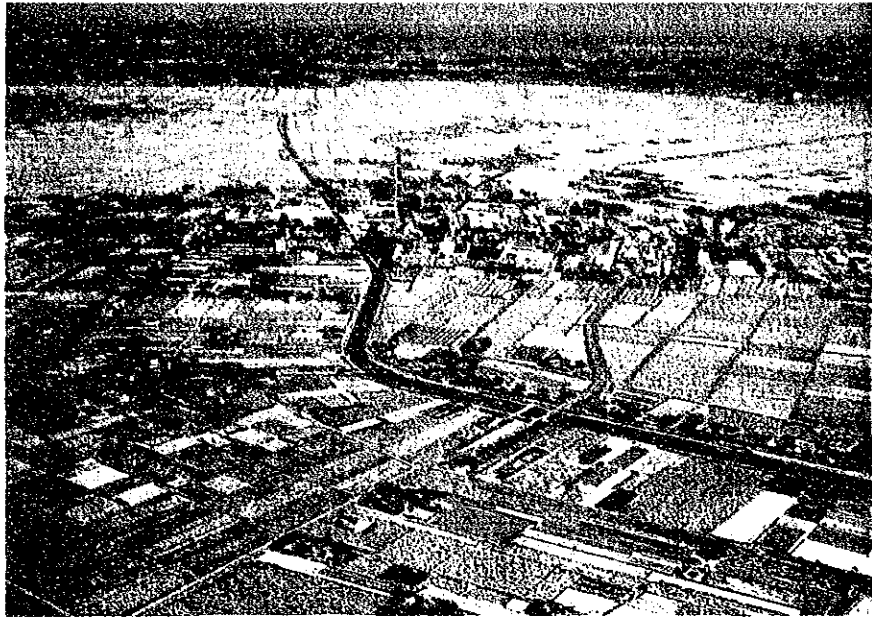
(1) 農業農村整備事業の内容

農業農村整備事業においては、農業用排水施設の整備、ほ場の整備、干拓、農地開発等の農業生産の基礎となる土地・水資源の整備等を進め、併せて、農道、農業集落排水施設、住環境・水環境等農村生活環境の整備を推進し、さらには農地の防災・保全と土地改良施設の維持管理を行っている。

すなわち、農業生産から農村生活、さらには地域の防災保全にまで及び広範かつ多岐な分野に広がっており、農業者だけでなく農村居住者全体の生活を向上させ、農業・農村の発展にもとより、真の国造りのために極めて重要な役割を担っています。



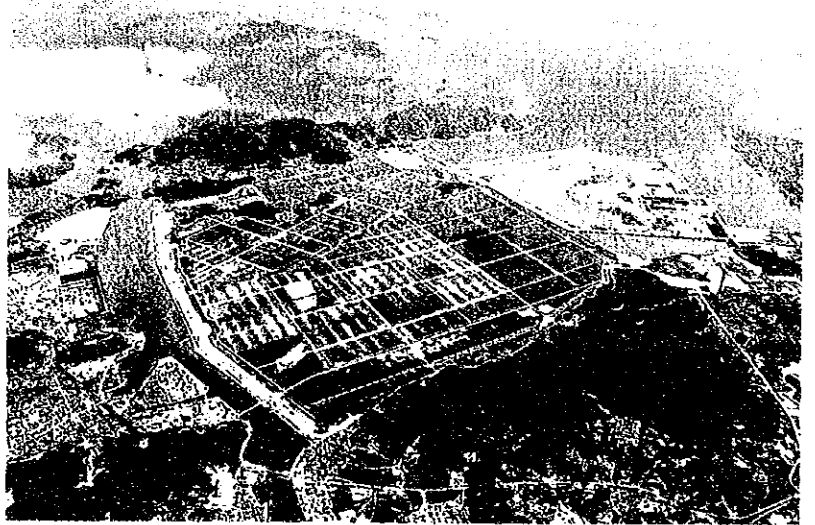
図－3 農業農村整備事業の構成



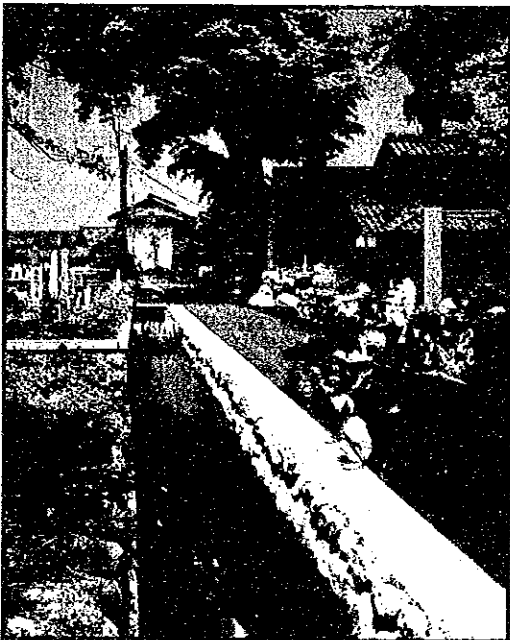
用排水施設及圃場的整備



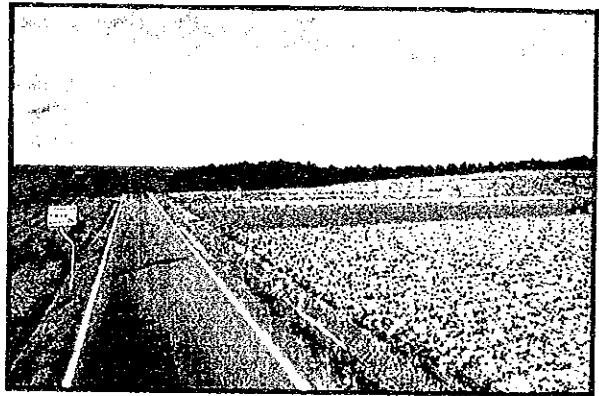
農地開発



干 拓

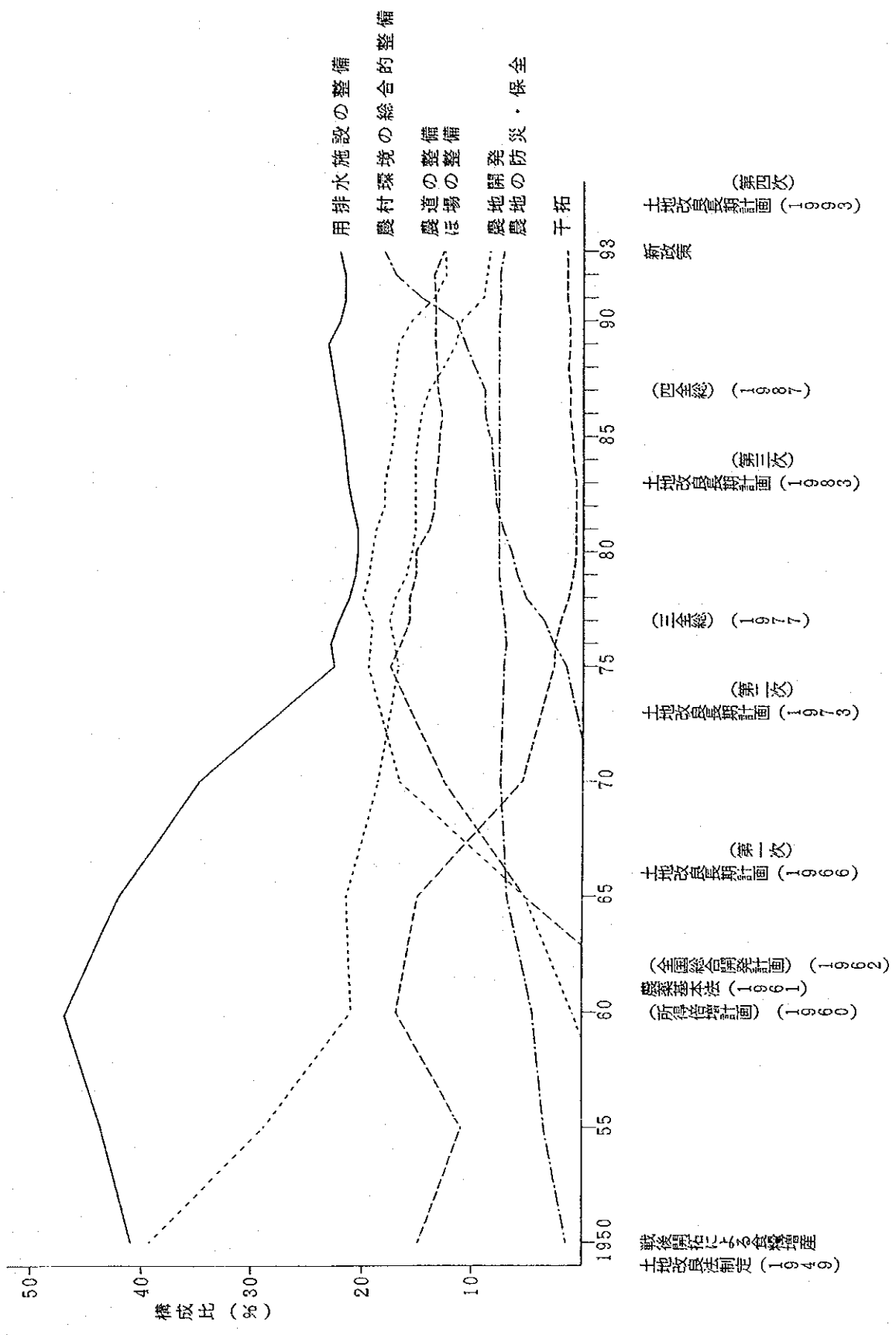


農村環境の整備



農道の整備

図-4 農業農村整備事業における各種事業のシェアの推移



(2) 農業農村整備事業の実施手続

一般に、灌漑やほ場整備といった土地改良事業は、土地改良法に基づいて実施されている。その目的は、農業生産基盤の整備、開発を図ることにより、農業生産性の向上、農業構造の改善、農業総生産の増大等に資することにある。そのため、同法には土地改良事業の適正かつ円滑な実施に必要な事項が定められているが、なかでも、次の二点改良法制度における基本原則ともいえるものである。

1) 事業参加資格者の発意、同意主義

土地改良事業は、公共事業、社会資本の整備といった一面がある一方で、受益農家は事業実施にともなう利益を直接受けるものであり、またそのために事業の一部を負担することから、事業の実施に当たっては、事業参加資格者の発意（申請）及び同意を原則としている。

2) 3分の2同意による強制

土地改良事業は、一部の限られた農地を対象としていては、法律に定められた目的を十分達成できないことから、まとまった一定の区域内における農地を受益地とする必要があり、そのために事業費について国庫補助などの公的負担がなされるとともに、当該一定区域内の事業参加資格者の3分の2以上の同意があれば、事業を実施し、かつ事業参加者の全員に事業費の一部負担を求めることができる（ただし、農用地造成事業等の例外もある）。

(3) 施設の管理

土地改良事業によって造成された土地改良施設は、常に良好な状態に維持、保存され、設置目的に即して運用されなければならない。すなわち、建設事業の計画時に期待された効果が発揮できるかどうかは、土地改良施設の維持管理の内容いかにかかっているといえる。

土地改良事業により生じた施設の所有主体と管理主体との関係を示すと下図のとおりである。

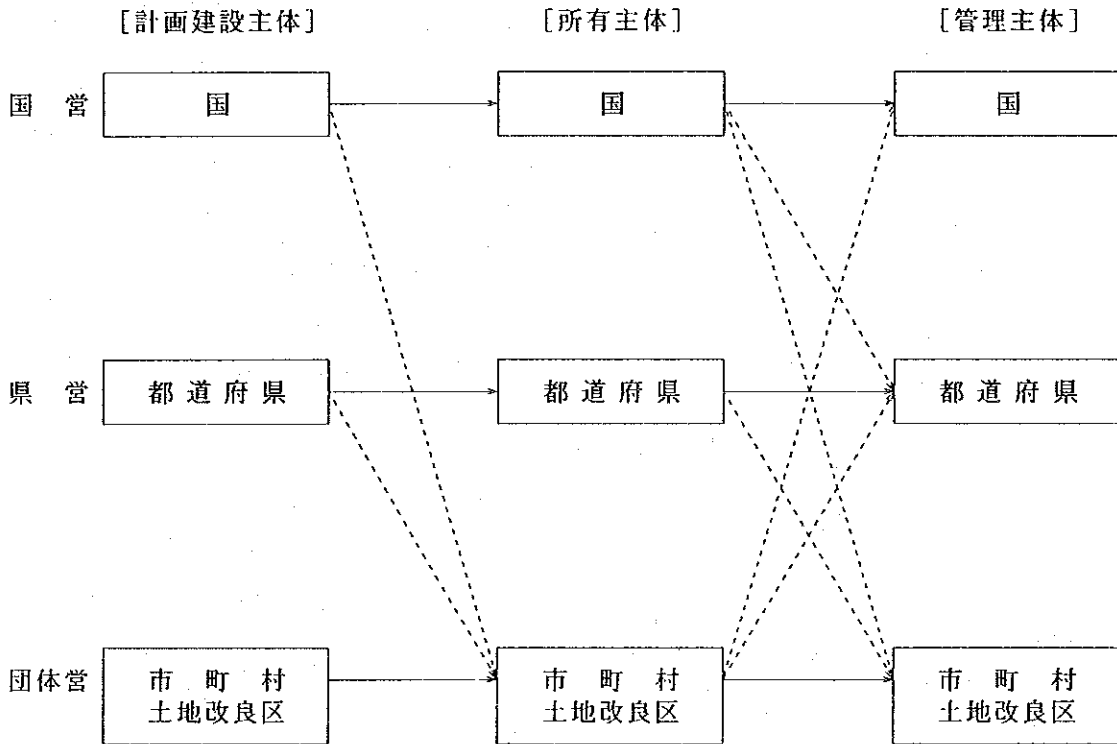


図-5 土地改良施設の所有主体と管理主体

3. 実施地区事例

(1) 霞ヶ浦用水事業

1) 事業の概要

霞ヶ浦用水事業は、茨城県西南地域22市町村の経営耕地約75,000haのうち約30%にあたる耕地約19,650haに対し、畑地かんがい及び水田補水として最大約17.76m³/sを補給するとともに、15市町村に対し、最大約0.58m³/sを供給する水道用水供給事業及び17市町村に対し、最大約1.06m³/sを供給する工業用水供給事業から成っている。

上記の計画を達成するため、公団は、霞ヶ浦湖岸に揚水機場を建設し、霞ヶ浦から鬼怒川に至る基幹線水路として、送水路約21.2km、トンネル約14.1km、管水路約18.6km等、計約53.9kmを霞ヶ浦用水事業の一環として施工する。

農業関係地域

(22市町村)

区分 市町村	受益面積		
	田(ha)	畑(ha)	計(ha)
下妻市	384	283	667
土浦市	78	33	111
結城市	93	699	792
笠間市	69	9	78
水海道市	298	268	566
つくば市	2,043	1,063	3,106
岩井市	819	184	1,003
友部町	448	120	568
岩瀬町	1,170	197	1,367
三和町	571	877	1,448
八郷町	677	357	1,034
新治村	280	321	601

区分 市町村	受益面積		
	田(ha)	畑(ha)	計(ha)
関城町	115	412	527
明野町	678	651	1,329
猿島町	460	578	1,038
真壁町	743	496	1,239
大和村	478	221	699
協和町	557	301	858
八千代町	376	888	1,264
千代川村	77	166	243
石下町	367	118	485
境町	147	480	627
計	10,928	8,722	19,650

都市用水関係地域

水道用水供給計画

(15市町村)

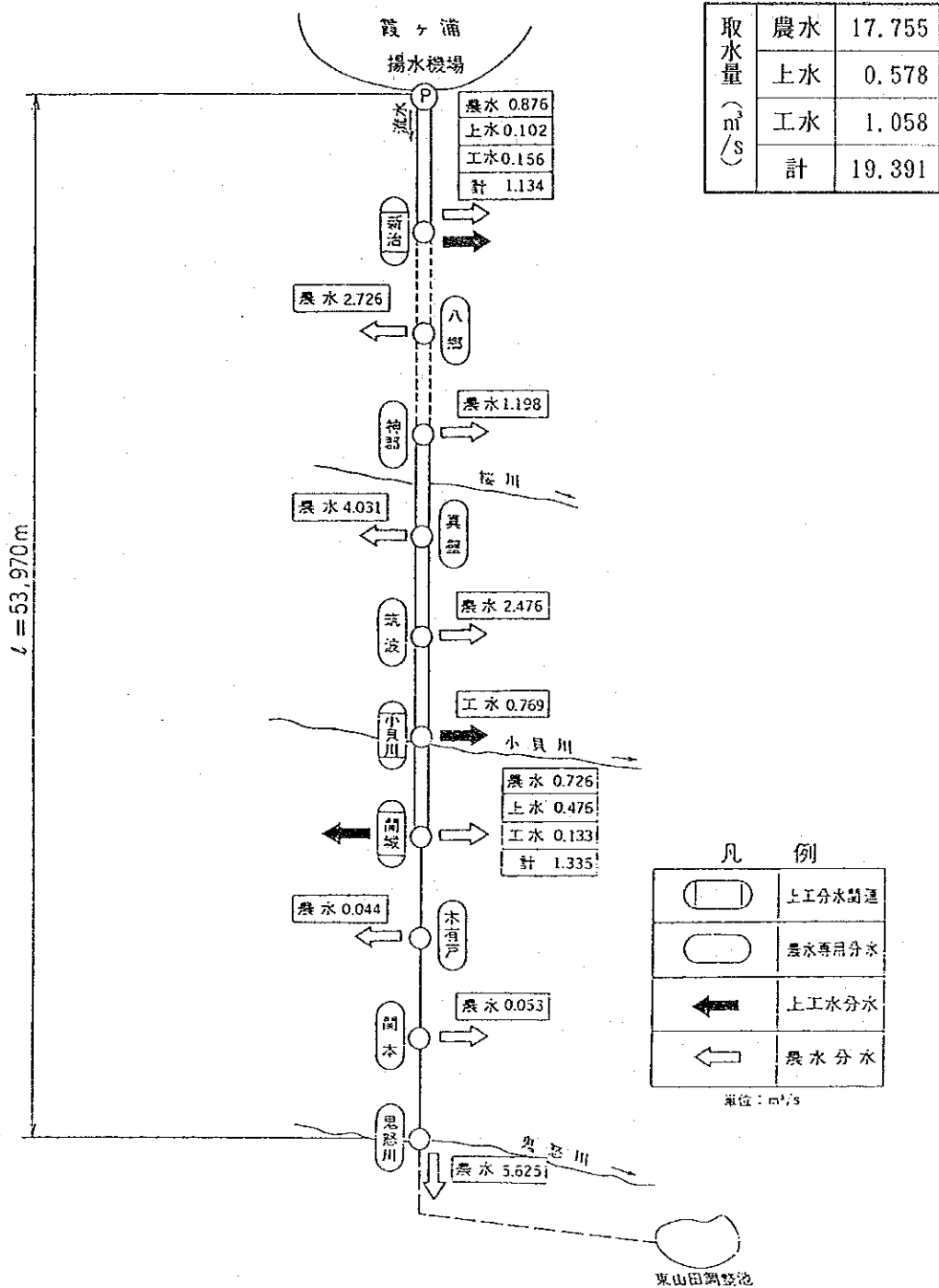
給水区	市町村名	計画給水人工 (人)	最大取水量 (m ³ /s)
新治給水区 (1町2村)	八郷町、千代田町、新治村	54,500	0.102
関城給水区 (3市7町2村)	下館市、結城市、下妻市、岩瀬町、 関城町、明野町、真壁町、千代川村、石下町	237,700	0.476
計		292,200	0.578

工業用水供給計画

(17市町村)

給水区	市町村名	最大取水量 (m ³ /s)
新治給水区 (2市2村)	土浦市、つくば市、出島村、千代田町	0.156
関城給水区 (3市2町)	下館市、結城市、下妻市、明野町、真壁町	0.133
水海道給水区 (3市4町1村)	水海道市、つくば市、谷和原村、岩井市、 総和町、三和町、境町、等谷村	0.520
取手給水区 (1市)	取手市	0.249
計		1.058

計画用水系統模式図



2) 用水計画

農業用水

計画基準年 39年

かんがい方式

水 田 湛水かんがい方式

かんがい期間 (早期) 4月21日～8月25日

(早植) 4月26日～8月31日

畑 散水かんがい方式

かんがい期間 (普通畑・施設園芸) 通年かんがい

(果樹) 2月21日～10月31日

輪換畑 畦間かんがい方式

かんがい期間 5月1日～8月31日

計画用水量

最大用水量 17.755 m³/s

平均用水量 夏期 8.700 m³/s 冬期 1.190 m³/s

都市用水

種 別	分水地点	計画分水量 (m ³ /s)
水道用水	新治分水	0.102
	関城分水	0.476
計		0.578
工業用水	新治分水	0.156
	小貝川分水	0.769
	関城分水	0.133
計		1.058
合 計		1.636

3) 工 期

着 工 : 昭和54年度 完 了 : 平成 5 年度

4) 事 業 費

約 899億円

5) 主要工事計画

5) - 1 取水施設

・取水工

取水量 最大 19.391 m³/s

構 造 導流堤及び堤防樋管

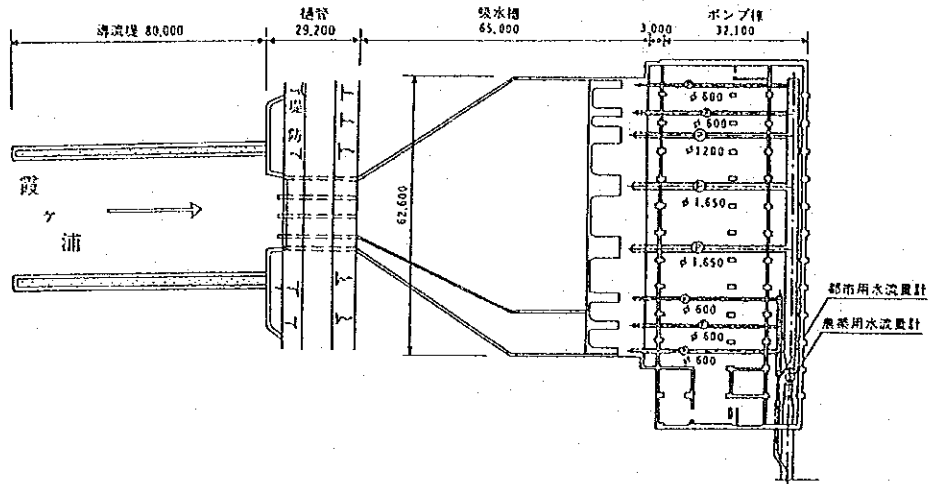
・揚水機場

位 置	型 式	口 径 (mm)	台 数	揚水量 (m ³ /s)	備 考
出島村地先	横軸両吸込 渦巻ポンプ	1,650×1,000	2	6.400	農 水
		1,200× 700	1	3.255	"
		600× 350	2	0.850	"
		600× 350	3 (予備1)	0.818	都市用水

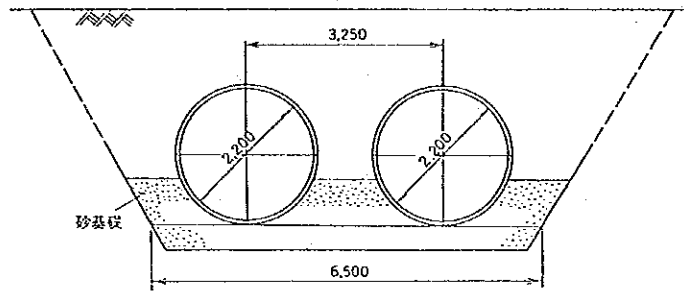
5) - 2 基幹線水路

区 分	工 区 分	延長 (m)	最大通水量 (m ³ /s)	口 径 (mm)
送 水 路		21,252		
	出 島 工 区	7,444	19.391	φ 2,200× 2
	土 浦 工 区	8,937	"	"
	新 治 工 区	4,871	"	"
ト ン ネル		14,115		
	1号トンネル工区	8,497	18.257	D 3,800
	2号トンネル工区	5,618	15.531	D 3,800
管 水 路		18,603		
	真 壁 工 区	1,290	14.333	(φ 2,400~φ 2,300)×2
	明 野 工 区	6,755	"	(φ 2,300~φ 2,000)×2
	関 城 工 区	10,558	7.057	(φ 2,000~φ 1,800)×2 (φ 2,400~φ 2,200)×1
計		58,970		

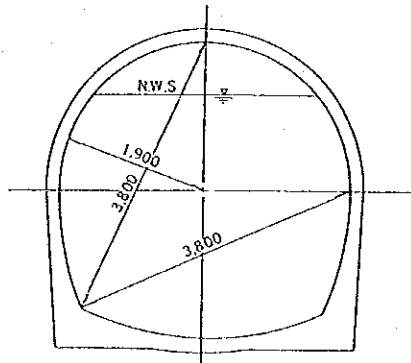
取水施設概要図



送水路標準断面図

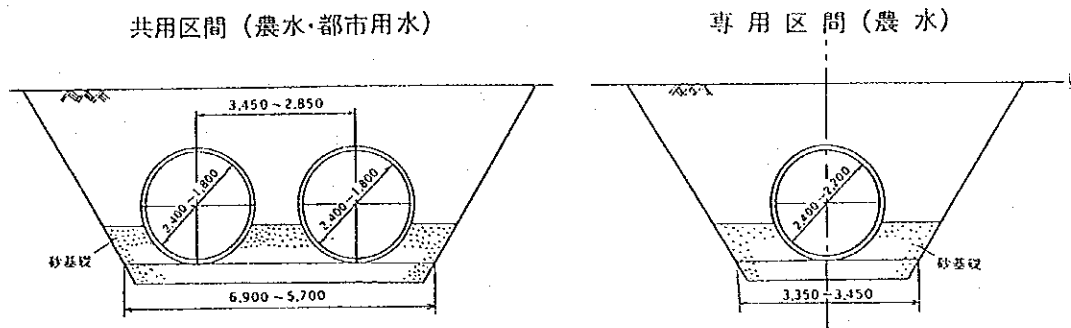


トンネル標準断面図



区 分	Qmax (m ³ /s)
1号トンネル	18.257
2号トンネル	15.531

管水路標準断面図



6) 関連事業

(1) 霞ヶ浦開発事業

事業主体：水資源開発公団 事業費：2,740億円

予定工期：昭和43年度～平成6年度

(2) 国営かんがい排水事業霞ヶ浦用水地区

受益面積：19,650ha 事業費：約810億円

予定工期：昭和55年度～平成16年度

※ 国営以降については、別途、県営及び団体営かんがい排水事業（受益面積21,600ha）、県営圃場整備事業（受益面積10,900ha）、県営畑地帯総合整備事業（受益面積8,700ha）を計画中である。

(3) 県営県西広域水道用水供給事業

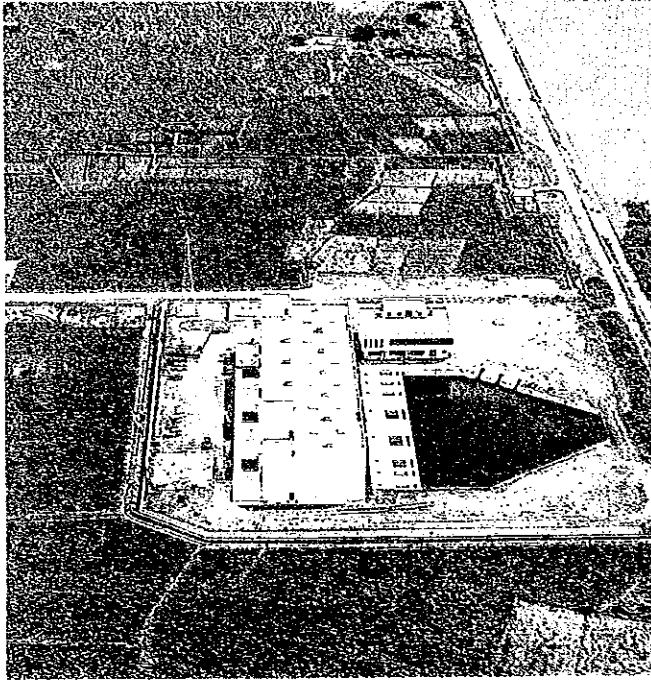
対象地域：下館市外4市12町6村 事業費：約417億円

予定工期：昭和55年度～平成6年度

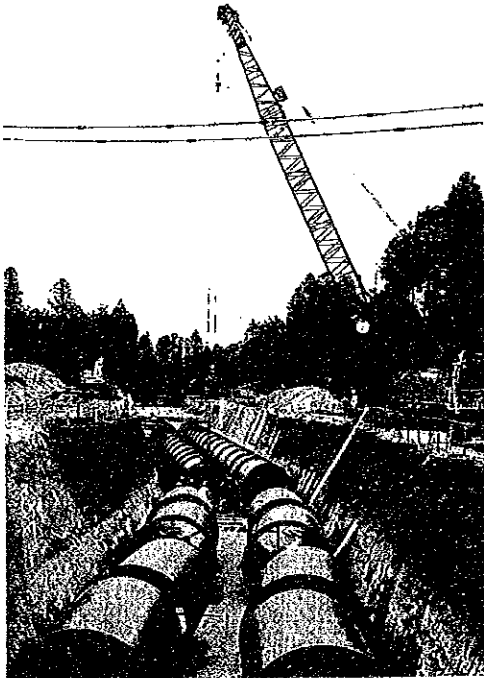
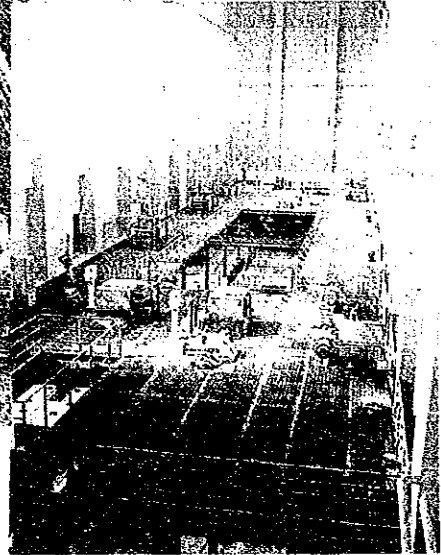
(4) 県営県西広域工業用水道事業

対象地域：土浦市外7市6町3村 事業費：約206億円

予定工期：昭和55年度～平成6年度



霞ヶ浦揚水機場



送水管布設



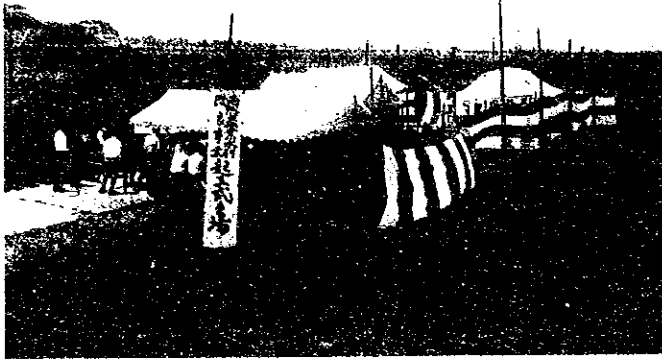
筑波トンネル掘削

(2) 両総用水地区

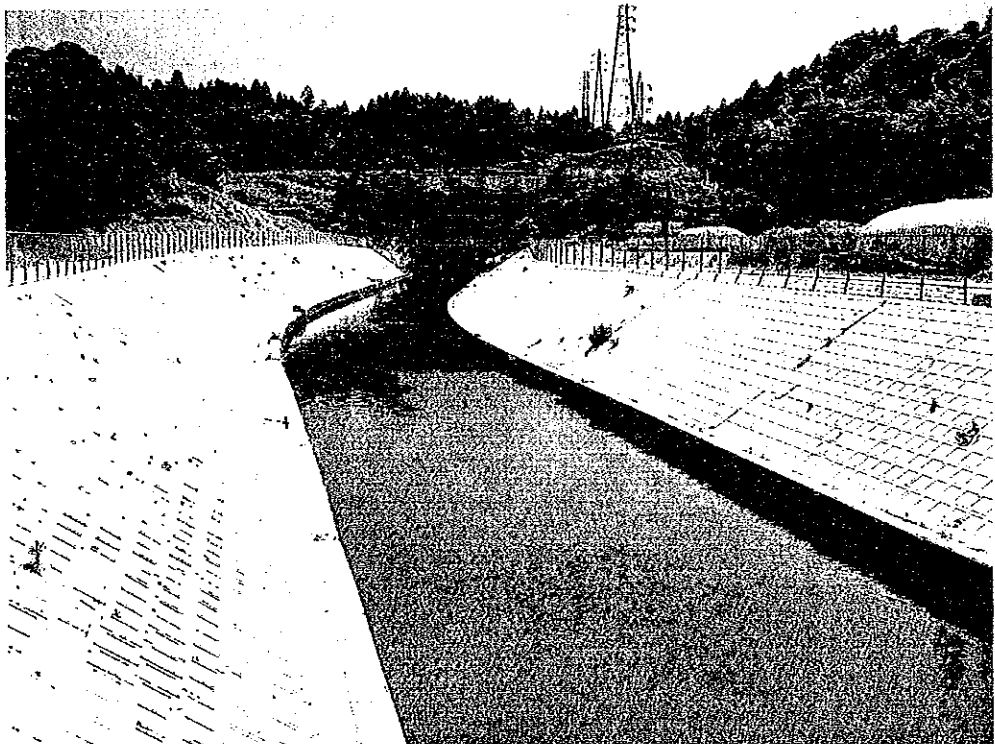
1) 地区の概要

国営両総用水農業水利事業

本事業は佐原市外3市14町村の受益面積19,885haについて、19,110haの用水補給と佐原市周辺1,785haの排水改良（内1,010haは用排水改良）を目的として、昭和18年に農地開発営団により着工され、戦後一時中断されたが、昭和23年農林省直轄事業として再開され、当時の最先端の農業土木技術を投入して総延長74kmの基幹施設の整備を昭和40年に総事業費60億4,900万円をもって完成した。



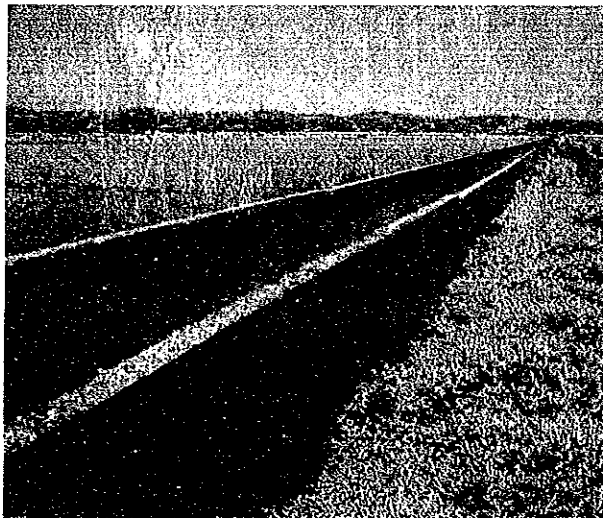
両総用水事業起工式（昭和18年佐原市）



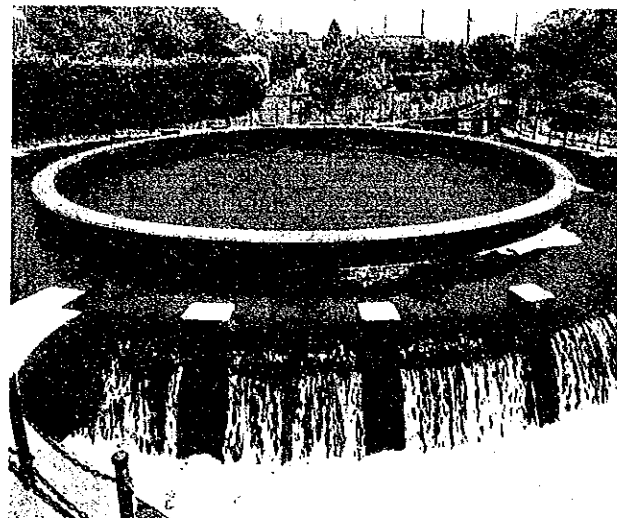
第二揚水機場（横芝町）

国営附帯県営かんがい排水事業 両総支線地区

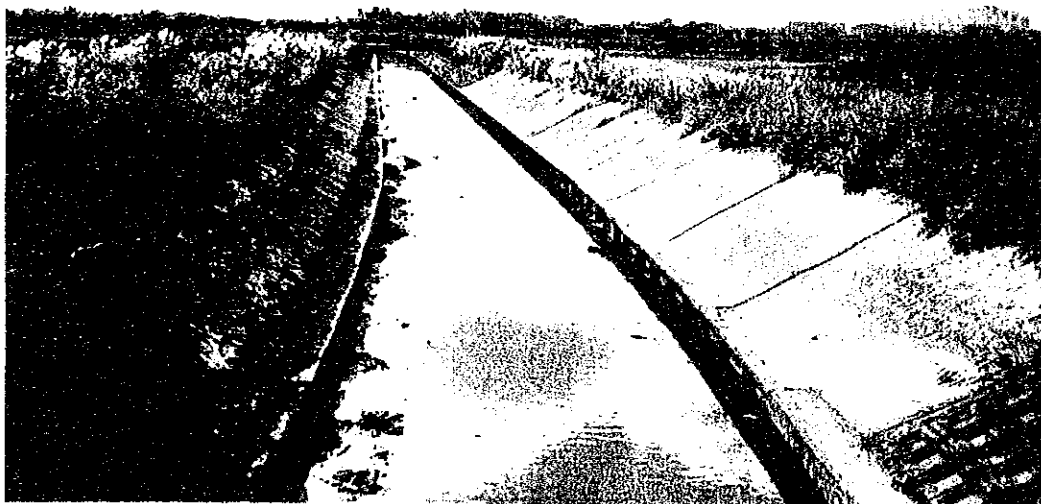
県営事業は昭和27年に採択、翌28年に着工され当初計画の用水15支線 $L=145,415\text{m}$ 、排水2支線 $L=11,611\text{m}$ について昭和42年度までに順次完成させ、計画変更で合併施工となった中部排水5河川 $L=21,028\text{m}$ を含めて昭和48年3月に完成した。県営事業費の総額は39億7,300万円を要した。



福岡支線



東金支線円筒分水

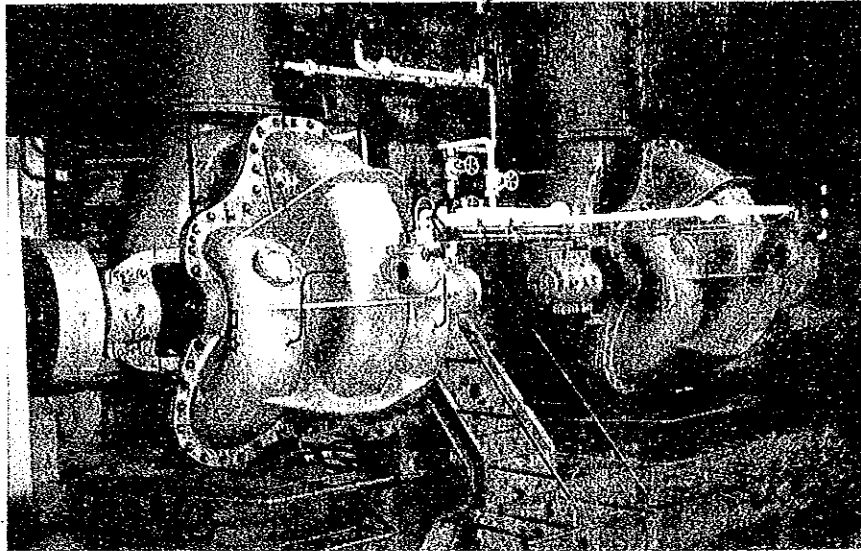


中部排水 真亀川上流

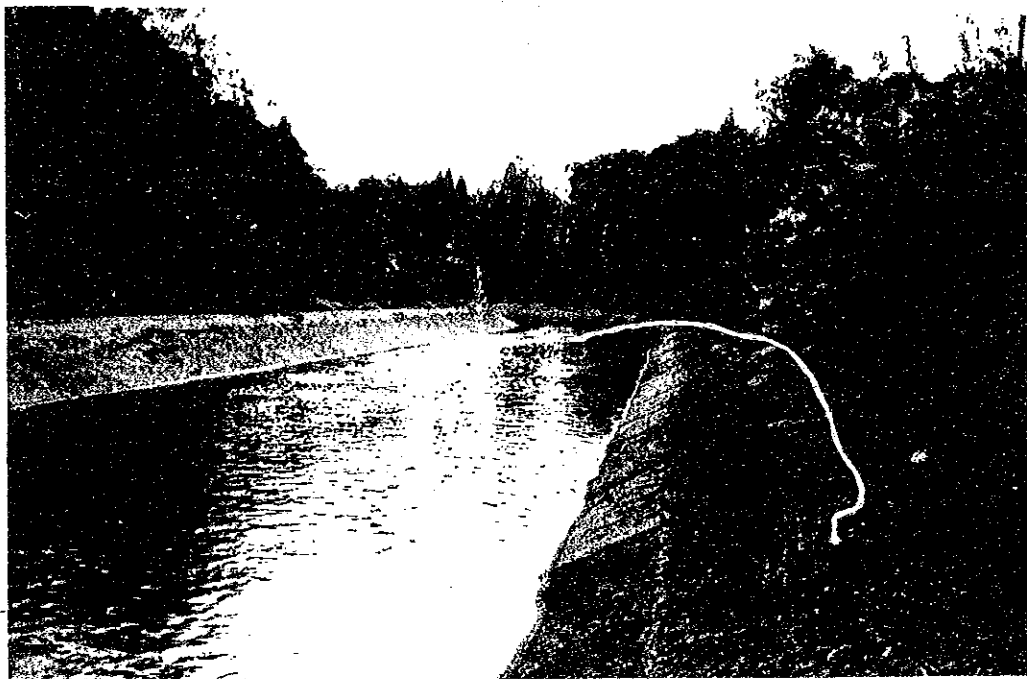
房総導水路事業

本事業は九十九里地域への水道用水と臨海工業地帯への工業用水の供給を目的として昭和45年度から水資源開発公団によって施工されている。

事業内容としては両総用水施設の一部（利根樋門～第1揚水機場～北部幹線～栗山川）32kmを共用し栗山川から長柄ダムまで35kmを公団専用水路で送水して九十九里地域へ水道用水平均 $1.34\text{m}^3/\text{s}$ 及び千葉市の水道用水として平均 $0.06\text{m}^3/\text{s}$ 並びに千葉市から君津市に至る千葉臨海工業地帯及びその周辺地域の工業用水として平均 $7.0\text{m}^3/\text{s}$ の合計 $8.4\text{m}^3/\text{s}$ の都市用水を供給することを目的とする事業である。



第1揚水機場増設ポンプ $1,100\text{m}/\text{m} \times 900\text{kw}$ 2台



北部幹線（共用水路）