

高速公路软基处理

张诚厚 袁文明 戴济群 编著

中国建筑工业出版社

$\Delta u_{\max}$	kPa	实测最大超静孔隙水压力值
w	%	含水量
w_L	%	液限
w_P	%	塑限
w_S	%	缩限
α	1	排水板换算系数、固结度计算参数
β	1	固结度计算参数
γ	kN/m ³	重度（重力密度）
δ	mm	排水板厚度
ϵ	1	应变
η	1	土体强度增长计算系数
μ	1	泊松比
π	1	圆周率
σ	kPa	应力
σ_e	kPa	参考压力
τ	kPa	土体强度
φ	°	内摩擦角
φ'	°	有效内摩擦角

(京)新登字 035 号

全书共纳入 32 篇论文。首篇论文介绍国内外高速公路的发展现状及在软粘土地基上修筑高速公路必须解决的土工问题。其余论文均以沪宁高速公路试验段为主要工程实例,介绍解决上述问题的技术途径及已取得的成果,其中第 3 至第 6 篇介绍软粘土的压缩特性,特别是土的结构性对地基压缩性的影响,以及孔压静力触探试验的多项功能;第 7 至第 10 篇,在沉降计算方面提出考虑土结构性的方法、瞬时沉降量计算方法及应用孔压静力触探试验参数进行沉降计算的方法,第 11 至 13 篇对四大类加固方案对地基变形规律的影响进行多方面的评价;第 14 至 18 篇,介绍有限元、离心模型试验及方案优选等成果;第 19 至 32 篇,分别介绍 13 个加固方案的地基变形规律。全书将理论与实践,学术性与技术性融为一体,读者阅后能对高速公路软基变形问题有较清晰的了解。全书所引用的室内外试验、理论计算及现场观测成果具有良好的一致性。沪宁高速公路的通车证明这些试验研究是成功的。

本书可供从事公路、铁路及其他土建工程的设计、施工、科研及教学人员参考使用。

* * *

责任编辑:石振华

特约编辑:颜明志

高速公路软基处理

张诚厚 袁文明 戴济群 编著

*

中国建筑工业出版社 出版、发行(北京西郊百万庄)

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:18 字数:432 千字

1997年3月第一版 1998年3月第二次印刷

印数:2,041—3,540册 定价:38.00元

ISBN 7-112-03081-1

TU·2368 (8215)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作 者 的 话

本书从高速公路的发展现状出发,指出在近期内我国的高速公路将主要兴建于沿海诸省,而在沿海地区广泛分布着软粘土,在软土地基上修筑高速公路时必须妥善解决几个以下土工问题,即:(1)选择合适的勘探手段及勘探的技术途径;(2)对软粘土基本特性的认识与利用,特别是土的结构性对地基压缩性的影响及其利用方法;(3)软粘土地基加固方案的合理选择;(4)有关沉降量计算方法;(5)路堤填筑速率的确定。本书的主要内容就是介绍在沪宁高速公路的研究工作中对这些问题的研究成果。

沪宁高速公路横贯长江三角洲,软土地基分布广泛,为解决在软基上修筑高速公路的土工问题,在昆山市郊选取了长达 1.6km 的试验段,共进行四大类 13 个方案,从勘探技术、室内试验、现场监测、理论分析及资料反馈分析等方面进行了系统的研究,室内外的成果相当一致。在工作中对上述几个土工问题进行系统的研究提出 32 篇文章。本书的主要内容就是介绍所采取的技术途径及所取得的成果。

为了便于读者阅读,下面简要介绍编写本书的思路:

1. 第 1 篇文章“高速公路的发展及在软基上修筑高速公路的几个土工问题”是作为绪言提出了在软基上修筑高速公路所面临的问题;

2. 第 2 篇是总报告,扼要介绍了沪宁高速公路的概况、地基特点、试验段的研究目的、内容及工作概况,最后介绍了所取得的十大成果。

3. 第 3 篇~第 6 篇,介绍软粘土的压缩特性,特别是土的结构性对地基压缩性的影响;介绍孔压静力触探试验在土类鉴别、土层划分、固结系数及强度的确定等功能及其所取得的成果。

4. 第 7 篇~第 10 篇,分别介绍了:(1)考虑土结构性的固结沉降计算的方法;(2)瞬时沉降量计算的新方法;(3)应用孔压静力触探试验参数进行沉降量计算的新方法;

(4) 沉降量计算方法的述评；(5) 在满足工后沉降量的前提下，确定预压期限的最低要求。计算结果与实测资料是一致的，证实计算方法的正确性。

5. 第 11 篇～第 13 篇，对四大类加固方案分别以室内外的研究成果从多方面进行比较评价。

6. 第 14 篇～第 18 篇，介绍了有限元分析、离心模型试验及方案优选的研究成果以及现场资料的数据库及分析系统。

7. 第 19 篇～第 32 篇，分别介绍了 13 个方案的室内外的研究成果及地基变形的规律性。最后一篇专门介绍原位观测仪器的埋设及测量。

本书力图将理论与实践，技术性与学术性融为一体，使读者能对软基上修筑高速公路的地基沉降问题有较明晰的了解。经同行专家评阅，认为本书对软土地基的认识及几个沉降计算方法有所创新。预计本书的出版将有益于促进高速公路建设水平的提高。本书对从事公路、铁路及其他岩土工程和土建工程的设计、施工、科研及教学人员均有很好的参考价值。

全书由张诚厚教授统稿。

最后要衷心感谢：

江苏省高速公路指挥部的支持与关心；

南京水利科学研究院土工研究所许多研究人员的参与与合作。

作者

1996.9

主要符号及单位

A_f	1	孔隙压力系数
a	1	综合位移系数
a_v	$(\text{kPa})^{-1}$	压缩系数
B	cm	路基底宽
$\bar{B}$	1	孔隙压力系数
B_q	1	孔隙压力比
B_p	1	孔隙压力参数
b	mm	排水板宽
C_c	1	压缩指数
C_s	1	视压缩指数
C_a	1	次固结系数
C_h	cm^2/s	水平向固结系数
C_v	cm^2/s	竖向固结系数
c	kPa	凝聚力
c'	kPa	有效凝聚力
C_u	kPa	十字板强度
D	m	荷载板直径
D_p	mm	排水板换算直径
e	1	孔隙比
e_o	1	初始孔隙比
E_i	kPa	土的初始弹性模量
E_o	kPa	桩间土的变形模量
E_c	kPa	搅拌桩弹性模量
E_s	kPa	桩间土的压缩模量
f	Hz	孔压测头频率值
G	kPa	剪切模量

g	g/cm^3	重力加速度
h	m	填土高度
H	m	软土层厚度；深度
I_L	%	液性指数
I_P	%	塑性指数
i	%	横向差异沉降率
k	m/s	渗透系数
L	m	桩长
m	%	置换率
M_s	1	沉降修正系数
N	1	标贯击数
N_h	1	土分类参数
n	1	孔隙率
P_c	kPa	视先期固结压力
P'_o	kPa	有效上覆压力
q_c	kPa	总贯入阻力
q_n	kPa	净贯入阻力
q_t	kPa	校正后的贯入阻力
q_u	kPa	无侧限抗压强度
S	cm	总沉降量
S_c	cm	主固结沉降量
S_d	cm	瞬时沉降量
S_s	cm	次固结沉降量
S_g	cm	工后沉降量
S_r	cm	残余沉降量
S_t	cm	某一时刻沉降量
t	s	时间
T_v	1	时间因数
U	%	固结度、消散度
u	kPa	孔隙水压力值
u_o	kPa	初始静水压力
$u_{\max}$	kPa	实测最大孔隙水压力值
u_t	kPa	t 时实测孔隙水压力值
Δu_t	kPa	t 时实测超静孔隙水压力值

目 录

1. 张诚厚	
高速公路的发展及在软基上修筑高速公路的几个土工问题	1
2. 张诚厚 袁文明 戴济群 郑培成 蔡家范 柯弘生 吴赞平	
沪宁高速公路昆山试验段软基加固试验研究总结报告	7
3. 张诚厚 叶芳美 施 健	
昆山试验段软土工程特性的试验研究	27
4. 张诚厚	
利用孔压静力触探试验快速测定软土地基柱状图的研究	41
5. 施 健 张诚厚	
用孔压静力触探消散试验测试固结系数的研究	47
6. 施 健 张诚厚	
用孔压静力触探仪现场测定软粘土的不排水抗剪强度	51
7. 张诚厚 袁文明 戴济群	
昆山软粘土的结构性及其对路基沉降的影响	54
8. 张诚厚 戴济群 袁文明	
剪切变形引起附加沉降量的计算方法	63
9. 张诚厚 戴济群 施 健	
利用孔压静力触探试验指标计算路基沉降的新方法	69
10. 戴济群 张诚厚 袁文明	
路基沉降与固结计算方法	74
11. 袁文明 戴济群	
不处理段及浅层处理段研究成果述评	86
12. 戴济群 张诚厚 袁文明	

	塑料排水板深层处理段研究成果述评	96
13.	戴济群 张诚厚 粉体搅拌桩深层处理段研究成果述评	107
14.	王剑平 软土路基固结变形的有限元分析	116
15.	张 姝 周明翔 路基离心模型试验	121
16.	戴济群 路基处理方案优选	126
17.	戴济群 黄康理 现场测试资料数据库的建立及其分析 研究系统	130
18.	郑培成 加荷速率对软土地基沉降的影响	142
19.	袁文明 无硬壳层不处理段 (1 [#]) 的现场试验 研究	145
20.	黄康理 有硬壳层不处理段 (2 [#]) 的现场试验 研究	154
21.	黄康理 砂沟表层处理段 (3 [#]) 的现场试验研究	162
22.	袁文明 砂垫层表层处理段 (4 [#]) 的现场试验 研究	170
23.	袁文明 S-230 塑料排水带表层处理段 (5 [#]) 的现 场试验研究	179
24.	黄惠芳 复合土工布表层处理段 (6 [#]) 的现场试验 研究	187
25.	戴济群 李 杰 塑料排水板深层处理段 (7 [#]) 的现场试验 研究	192
26.	李 杰 戴济群 塑料排水板深层处理段 (8 [#]) 的现场试验 研究	203
27.	李 杰 戴济群 塑料排水板深层处理段 (9 [#]) 的现场试验	

研究.....	210
28. 戴济群 李 杰	
塑料排水板深层处理段 (10 [#]) 的现场试验	
研究.....	218
29. 戴济群 李 杰	
粉体搅拌桩深层处理段 (11 [#]) 的现场试验	
研究.....	228
30. 李 杰 戴济群	
粉体搅拌桩深层处理段 (12 [#]) 的现场试验	
研究.....	239
31. 李 杰 戴济群	
粉体搅拌桩深层处理段 (13 [#]) 的现场试验	
研究.....	246
32. 袁文明	
原位观测仪器埋设与测试技术.....	255
索引	266

1. 高速公路的发展及在软基上修筑高速公路的几个土工问题

张 诚 厚

(南京水利科学研究所)

[提要] 本文介绍了国外高速公路的发展现状及高速公路的优点。国外高速公路的发展过程是由经济发达地区向边远地区伸展, 由单一的短线向网络化发展, 最终形成国际间的网络, 使高速公路的优点得到充分发挥。文中进而介绍我国高速公路的发展现状, 指出近期内绝大部分高速公路兴建于经济发达的沿海地区, 逐步向西部扩展。中国沿海诸省的地基为高压缩性粘性土, 文中从物理力学特性讨论了此类地基土的工程特性; 随后, 列举了在软粘土地基上修筑高速公路时, 为了确保路基使用期的沉降量低于容许值必须解决的五个土工问题。

一、高速公路的发展现状

(一) 高速公路的产生与发展

30 年代, 美国及德国开始兴建高速公路, 但总里程很短, 至 50 年代, 世界各国大力修筑高速公路, 发展异常迅速, 对各国经济的发展起了巨大的推动作用。目前, 全世界有 60 多个国家共修建高速公路 14 万 km, 其中美国有 8 万 km, 占全世界的 57% 以上。

高速公路发展和公路运输现代化水平的不断提高, 使其在发达国家的各种运输方式中客货运量及周转量所占比重大大提高, 见表 1-1^[1]。

几个发达国家公路运输量所占比重的变化 (%)

表 1-1

国 家	年	铁 路	公 路	水 运	管 道	航 空
		货 物 周 转 量				
美 国	1950	56.2	16.3	15.4	12.1	
	1986	36.1	25.5	15.2	23.2	

续表

国 家	年	铁 路	公 路	水 运	管 道	航 空
		货 物 周 转 量				
前联邦德国	1960	12.2	29.3	26.6	2.0	
	1985	25.7	51.9	18.9	3.4	
英 国	1953	11.0	38.0	17.8	0.2	
	1984	7.3	61.7	24.9	6.1	
日 本	1950	52.3	8.4	39.4		
	1984	4.7	49.7	45.5		
前 苏 联	1950	84.4	2.8	12.1	0.7	
	1987	15.9	5.9	14.7	33.5	
旅 客 周 转 量						
美 国	1960	2.8	92.7			4.4
	1983	10.7	81.7			17.6
前联邦德国	1960	49.2	48.8			2.0
	1986	36.0	52.7			11.2
英 国	1953	20.6	79.2			0.2
	1984	7.0	92.4			0.6
日 本	1950	90.0	7.7	2.2		
	1986	38.2	57.1	0.6		4.0
前 苏 联	1950	80.5	5.3	1.0		1.2
	1987	37.1	43.1	0.7		18.8

从表中可以看出, 自 50 年代至 80 年代, 在客货运输中, 铁路运输所占比重下降, 而公路运输占的比重大大增加。许多国家打破了一个多世纪以来以铁路运输为中心的局面。

在高速公路总里程增长的同时, 逐步形成了高速公路的网络, 使高速公路的优点得到充分的发挥。目前, 在美国, 5 万人以上的城镇均通高速公路; 在欧洲正在规划和实现着三条贯穿欧洲东西及南北向的高速公路干线, 即东自奥地利经荷、法至西班牙, 全长 3200km; 北自丹麦经德、奥地利至意大利, 长 2100km; 北自波兰经捷、奥、意、南、保、土、叙、伊拉克至伊朗, 全长 5000km; 日本拟到 2000 年实现在 1 小时内达高速公路的地区占全国面积的 70%, 占人口的 94%, 两小时内进入高速公路的地方占 90%。韩国提出“全国 5 小时生活圈化”, 从任何地区出发, 5 小时内可达边远山区。

(二) 高速公路的特点

由于高速公路具有汽车专用、分隔行驶、全部立交、控制出入, 以及高标准、设备完善等功能, 与一般的公路相比, 高速公路具有六大优点:

1. 车速高, 最高时速一般为 120km/h。由于速度提高, 汽车行驶时间缩短, 从而带来巨大的经济效益和社会效益。
2. 行车安全, 事故率大大降低, 据统计仅为一般公路事故率的 30%~40%。

3. 通行能力大, 要比一般公路高几倍至几十倍。以几个发达国家为例, 其高速公路占全国公路总里程的 0.3%~1.7%, 但其运量却占公路总运量的 10%~25%。

4. 运输成本低, 货物损耗低。日本名神高速公路的运输成本比一般公路低 17%。

5. 能促进沿线工业的发展和资源、国土的开发。

6. 由于高速公路的修建, 提高了对汽车制造业的技术要求, 汽车向大吨位及高速发展, 从而带动了冶金、电子、石油、精密仪器、橡胶、玻璃制造业的发展, 而不断采用新技术的工业, 又使国家经济高速发展, 人民生活水平不断提高。可以说, 一个高速公路的大国, 既是一个汽车工业的大国, 也是一个经济大国。

(三) 我国公路的现状与高速公路的发展

到 70 年代末期, 我国公路的特点是, 里程少, 等级低, 通过能力低, 没有高速公路。随着改革开放的深入, 商品经济的迅速发展, 日益显示出交通运输及能源对经济发展的制约作用。为此, 国家将交通及能源置于国民经济建设的首位, 不断调整运输结构, 改变国民经济依赖一种运输方式的局面。

至 80 年代中期, 国家确定了要发展高速公路的方针以及将汽车工业做为支柱产业而重点发展。于 1988 年 10 月, 大陆第一条高速公路——沪嘉高速公路建成通车, 不久之后, 沈大、京津塘高速公路相继投入运营, 从此, 我国的高速公路建设进入一个新时期。至 1991 年底, 已拥有 574km, 至 1995 年底达到 2141km, 至今年底将再增加 600km。其中, 沪宁、沪杭、杭甬、佛开、泉厦、沈长、石新、长湘、太旧、京沈等高速公路又将陆续投入使用。^[2]

在我国, 至 90 年代各种运输方式的运输量所占比重已发生了很大变化, 见表 2-2。

高速公路在短短的几年中已显示出巨大的优越性, 在已建高速公路的沿线及腹地迅速兴起了工业企业的建设热潮, 地价增值, 地方税收增加, 投资环境发生巨大变化, 许多资金投向已建和拟建的高速公路沿线, 原来落后地区的经济得到发展。以嘉定县为例, 沪嘉高速公路通车仅一年, 其工农业生产总值增加近 15%。因此, 各地对修建高速公路表现出巨大热情, 多条高速公路正在施工和规划。和世界各国情况一样, 我国的高速公路始建于大城市, 特别是沿海港口城市的进出口段, 以及大城市之间形成短的单条的高速公路, 之后向大片连网的方向发展。

我国东部和西部地区经济发展差距很大, 沿海地区 12 个省市的土地面积仅占国土的 13.48%, 但人口占全国的 41%, 工农业总产值约占全国的 60% 左右。其中辽宁半岛、山东半岛、京津地区、长江三角洲、珠江三角洲是我国经济繁荣, 资金、技术与智力高度密集的地区。此地区对高速公路的需要更迫切, 建成后的经济效益和社会效益更大。因此, 目前绝大部分的高速公路建于此地区。拟议中连接辽宁省至海南岛沿海 12 个省市的南北大通道正在分段实施, 这条干线将与垂直于海岸线的沿海大城市间的支线连成一片, 将把

我国各种运输方式运输量所占比重
变化情况(全社会)(%) 表 2-2

	年	铁路	公路	水运	管道	民航
货 运 量	1979	20.18	69.0	8.1	2.1	
	1990	15.5	74.5	8.3	1.7	
货物周转量	1979	49.2	6.5	40.1	4.2	
	1990	40.5	13.0	44.1	2.4	
客 运 量	1979	29.8	61.7	8.4		0.1
	1990	12.4	83.8	3.5		0.2
旅客周转量	1979	61.8	30.6	5.8		1.8
	1990	46.4	46.6	2.0		4.1

中国经济最发达的地区连网成片,扩大其腹地,成为地区运输的动脉,促进沿海地区的经济向西部更大范围辐射。^[3]

公路建设的前景十分广阔,为岩土工程的发展提供了有利的机遇,也提出了更高的要求,以适应兴建高速公路的需要。

二、我国沿海诸省地基的基本特点

上节提出我国的高速公路的大部分将分布于沿海诸省,至少在近期将是如此。那么,我国沿海一带的地基条件又是怎样呢?

我国沿海,除山东部分地段外,大部分的海岸线为淤泥质海岸。因此,沿海特别是大江、大河河口附近多为河相、海相或泻湖相沉积层,在地质上属第四纪全新纪 Q^4 土层,多属于饱和的正常压密粘土^[4]。土的类别多为淤泥、淤泥质粘土、淤泥质亚粘土,在南方少数地区还有淤泥混砂层。这类地基的主要特点可归结为:

1. 具有高含水量、大孔隙,低密度,低强度,高缩性,低透水性,中等灵敏度的特点。一般,含水量高达 45%~50%,高于液限,孔隙比 >1.0 ,塑性指数约 20 左右,强度 $c_u=10\sim30\text{kPa}$,压缩系数 $a_v=0.5\sim1.0\text{MPa}$,固结系数为 $10^{-3}\sim10^{-4}\text{cm}^2/\text{s}$ 量级,灵敏度系数约 4~8。这种土类属高至中压缩性,压缩量大,排水固结缓慢,地基稳定性差。

2. 具有一定的结构性。结构性的形成随土的矿物成份、沉积环境、孔隙水的成份及沉积年代而不同,除南方湛江一带有高的结构性土之外,大多数具有一般的结构性。

结构性的强弱可以视超压密比来表征,我国大多数软粘土的视超压密比为 1.5~2.5 左右,而湛江粘土可达 10 左右。

结构性的软粘土有以下特点:①其力学特性与应力水平有密切关系,应力水平较低时土的压缩性较低,应力水平较高时结构性受到破坏,压缩性较高,二者可以相差 3~4 倍,甚至更高;②结构性是不可逆的,一旦被破坏很难恢复,从而加大了土的压缩量;③具有结构性的土类应力-应变关系将具有一定的剪胀性。在此类地基上做工程,施工程序的不当会给工程质量带来不利的影响,甚至造成工程失事。

3. 大部分地区在地表处由于风化、淋洗作用而存在硬壳层,该土层具有中等或低的压缩性,较高的强度。如在工程上合理的利用此土层,可望降低总的沉降量。

三、在软基上修筑高速公路面临的几个土工问题

在软粘土地基上建造建筑物时,会遇到稳定及变形等工程问题,修筑高速公路也不例外,但高速公路有其自身的特点,一般路堤高度不大,只 3~4m,稳定问题不突出;但对沉降要求很高,关系到工程的成败,由于分布范围广,地质条件变化复杂,增大了技术的难度。

从目前国内的勘察、设计、施工的现状出发,高速公路的地基有以下几个土工问题值得探索,以提高建设高速公路的水平。

(一) 选择合适的勘探手段和勘探技术途径

勘探钻孔可分为二类:鉴别孔与技术孔,前者主要划分土层,测定某项土性参数,十

字板及静力触探试验均属此类；技术孔是原状取土孔，提供基础的设计参数。目前，国内习惯于靠原状取土孔决定一切设计参数，然而高速公路分布范围广、地质条件变化复杂的特点与勘探、试验的现状是不适应的，给高速公路的设计带来很大的困难。

合理的勘探思路应该是以较多的鉴别孔进行普遍勘察与少量的技术孔相结合的方法，即以操作简单、性能良好的鉴别孔对全线，特别是土层变化复杂的地段进行普遍勘察，在摸清土层的前提下，再辅以必要的原状取土孔，以掌握各土层的物理力学特性，以期达到快速、可靠、经济的目的。由于目前广泛应用的十字板、静力触探只能提供单一指标，难以圆满地完成普勘任务。近年发展起来的孔压静力触探有可能成为实用性很强的快速勘探手段，它能用以划分土层、提供承载力、强度、固结系数等多项指标，可为稳定及变形设计提供必要的设计参数，至少可以满足初步设计要求。目前，国内除少数几个单位外，绝大多数单位还缺少使用经验。

(二) 软粘土基本特性特别是结构性的研究

对软粘土基本特性的认识与利用，特别是土的结构性对地基压缩性的影响还研究的不多。在我国，对结构性的研究只不过是近十余年的事，将有结构性的正常压密粘土与超压密土相混淆的情况时有发生，这种混淆可能会导致采取不同的工程措施。

定量的测定结构性对压缩特性的影响，并在设计及施工中利用这一因素，是一项很有实际意义的工作。

(三) 软粘土地基加固方案的合理选择

高速公路对地基变形量的要求是很高的，一般要求在使用期内路堤的工后沉降量不超过 30cm，路桥搭接处低于 10cm。由于软粘土地基具有高压缩性、低渗透性、低强度的特点，要想满足设计要求就必须对天然地基进行加固。地基加固的费用占总投资的比重是很大的，约 1/3 左右，甚至更大一些。所以，要认真选取经济、有效的加固方案。根据国内外的经验，对正常压密的软粘土而言，排水预压法将是经济、有效的，只有在某些特殊条件下，如工期过急、荷载过大等情况，才会考虑采用其他加固方案。应该说，选取合适的加固方案是在软基上造路的关键课题，它直接关系到工程的成败及投资的大小。这是一项系统工程，要考虑土的特性、产生压缩变形的机理、加固方案的成熟性和质检的难易程度以及施工队伍的素质等等条件，只有这样才能确定科学、合理的加固方案。

(四) 提高沉降量计算的可靠性

总沉降量包括瞬时沉降量、固结沉降量及次固结沉降量。下面几个与沉降量计算有关的问题，是应该加以解决的。

1. 固结沉降的计算方法

固结沉降量是占总沉降量的大部分或绝大部分，其计算成果对确定总沉降量及工后沉降量的数值有重要影响。前面已讲到结构性粘土的压缩性与应力水平有密切关系，在固结沉降计算中应考虑土的结构性及其影响程度。

2. 瞬时沉降量

瞬时沉降量是由于土的剪切变形引起土的侧向挤出而产生的附加沉降。对瞬时沉降量的影响因素很多，目前还没有合适的计算公式。所以一般是以固结沉降量乘以大于 1 的修正系数，以此考虑瞬时沉降量。我们认为，以大量的实测资料进行反馈分析，建立起半理论半经验的计算公式是一条可行的途径。这次在沪宁高速公路做了尝试并建立起经验关系

式，在关系式中考虑了土层厚度、土的特性、荷载大小，荷载范围及应力水平等因素，计算结果尚属良好。这只是初次尝试，如各家在工作中摸索出更好的经验，则有可能使其更臻完善。

3. 次固结的影响程度

从工程的实用来看，次固结的作用只对少数土类有实际意义。我国沿海一带的土类含较多的粉粒及砂粒，次固结系数是不大的，在使用期的计算次固结量充其量只不过 5% 左右，此影响程度远低于总沉降量的计算误差及由于施工程序不当而产生的附加沉降量。所以，除少数粘粒含量及有机质含量较大的土类应认真加以考虑外，一般，在选择加固方案时，不应以次固结的因素对方案的优劣加以评论。

4. 压缩层厚度的考虑

在我国地基规范中曾先后提出过三个标准，压缩层厚度对投资量是有很影响的。这次在沪宁高速公路试验中，以实测的沉降量对三个标准进行检验，从而肯定了最新的标准。对此还应注意积累更多的使用经验。

5. 地基预压时间的确定

确定预压时间的目的是要在满足工后沉降量要求的前提下确定上路面的时间，所以，要从施工期及部分预压期间已发生的沉降量，推测将来要发生的沉降量，此值应低于设计允许的工后沉降量。准确的确定地基预压时间对确保工程质量、加快施工进度是有重要意义的。

(五) 路堤填筑速率的确定

对有结构性的软粘土地基而言，确定合理的填筑速率是至关重要的，过快的填筑速率会破坏结构性，加大沉降量，要控制外荷填筑的速率，使之与地基固结速率（从而是强度增长速率）相适应，尽量减少附加沉降。填筑速率应以填土临界高度为界，采取不同的数值，填土高度较低时采取较高的填筑速率，高度越大填筑速率应越小。

参 考 文 献

- [1] 赵叔庸、杨枫峰，高速公路对发展国民经济的战略作用，中国公路学报，1993，vol. 6，No. 4
- [2] 全国交通工作会议在北京召开，公路，1996 年 3 月
- [3] 王明仪，沿海地区经济发展战略与交通运输，公路交通科技，1989 年 1 月
- [4] 魏汝龙，软粘土的强度及变形，人民交通出版社，1987 年

2. 沪宁高速公路昆山试验段软基 加固试验研究总结报告

张诚厚 袁文明 戴济群 郑培成

(南京水利科学研究院)

蔡家范 柯弘生 吴赞平

(江苏省高速公路建设指挥部)

[提要] 本报告系沪宁高速公路昆山试验段软基加固试验研究总结报告, 对勘探、室内试验、现场监测、理论计算、现场观测资料反馈分析, 进行了系统研究。本文着重介绍所取得的十项主要成果, 即: (1) 对软土特性的认识; (2) 孔压静力触探试验的使用与用于沉降计算的初探; (3) 计算中对土结构性的考虑及其对沉降分析的影响; (4) 各种加固方案的变形规律; (5) 应用塑料排水板对加速固结的有效性; (6) 粉体搅拌桩加固法的优点及其局限性; (7) 各类加固方案的适用性; (8) 瞬时沉降量的计算方法; (9) 对全线软基处理措施的指导所取得的效益; (10) 现场观测的微机应用。

一、前 言

沪宁高速公路的兴建, 将会给江苏、上海及长江三角洲带来经济繁荣, 具有显著的经济效益及社会效益。但是沿线地质情况复杂, 东段的 45% 是软土地基, 软土层厚度变化大, 软土地基的稳定及变形问题相当突出。高速公路对路基的要求很高, 在公路使用年限内, 普通路段的工后沉降应小于 30cm, 路桥结合处的工后沉降应低于 10cm。为此, 要采取加固措施使大部分沉降量在施工期内完成, 尽量降低使用期的残余沉降量。本项研究的目的是, 在技术上寻找对不同地质条件、不同外荷条件下的经济合理的处理办法, 在满足工后沉降要求的前提下, 对不同的条件提出不同的对策, 以期达到经济、安全的目的。

为此, 江苏省高速公路建设指挥部委托南京水利科学研究院在昆山选定 1.6km 路段进行软基加固试验。试验共采用四大类 13 种方案。本项研究是以现场试验为主, 以室内模型试验、理论分析为辅, 主要工作包括: 勘测、试验、沉降分析计算、现场观测、资料