

924/110

44476

# 地下连续墙设计与施工手册

日本建设机械化协会 编

中国建筑工业出版社

# 地下连续墙设计与施工手册

本书是根据日本建设机械化协会编的《地下连续墙设计与施工手册》一书翻译而成的。原书由日本建设机械化协会编，1980年出版。原书为日文，书名为《地下连续墙设计与施工手册》。

本书可作为从事地下连续墙设计与施工的工程技术人员、设计人员和施工人员参考。

日本建设机械化协会 编

祝国荣 夏明耀 高秀理 译

马俊 校

中国建筑工业出版社

中国建筑工业出版社

北京

1980年

本手册是日本建设机械化协会组织编写的一部内容十分丰富而系统的工具书。地下连续墙是基础工程和地下工程中的一项新技术，在城市建设及水工建筑中是一项很有前途的方法。

本书分为勘察设计与施工两大部分。分别叙述了地下连续墙工程勘察、规划设计、结构设计、泥浆护壁挖槽法、挖槽机械与设备、工程施工准备、施工方法以及桩排式地下连续墙等。

本书可供城市建设、地下建筑、工业与民用建筑、水利、铁道工程等的设计、施工人员参考。

日本建設機械化協會 編  
地下連續壁工法設計・施工ハンドブック  
技報堂

昭和50年（1975年）初版

地下连续墙设计与施工手册

祝国荣 夏明耀 高秀理 译

马俊 校

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  
大厂回族自治县印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：22 $\frac{1}{2}$ ；字数：548千字

1983年12月第一版 1983年12月第一次印刷

印数：1—14,100册 定价：2.30元

统一书号：15040·4511

## 译 者 的 话

地下连续墙技术在国际上已有三十多年的历史，在城市地下建设、高层建筑基础、水坝和煤炭、交通、石油地下储备等各个方面应用十分普遍。尤其在日本，这项技术发展更快，其所完成的工程量以及方法的多样性均处于世界领先地位。本书是在日本工程界积累了相当经验之后，由日本建设机械化协会负责组织设计和施工各方面有代表性的人员共同编写而成，可以说是有关地下连续墙技术最全面详尽的一本著作，是从事这方面工作的技术人员的良好工具书。本书中译本的出版，将对地下连续墙技术在我国的发展起到一定的促进作用。

本书原版第一次印刷是1975年，在1978年又作了第二次印刷，内容上没有什么变化。在翻译过程中，我们已对原书的错漏之处作了改正。由于译者水平有限，译文一定有不妥和错误之处，欢迎读者指正。

本书翻译分工如下：祝国荣译第6、8、9章，夏明耀译序言、第1、2、3、4章及11章部分内容，高秀理译第5、7、10章及11章部分内容，全部译稿经祝国荣整理、初校，马俊复校，第1~4章译稿又请潘千里同志作了审核。

## 序

日本建设机械化协会的施工技术部和灌注桩委员会为满足社会上的需要，早在1970年5月就出版了《灌注桩施工手册》。十分令人高兴的是，这本通俗易懂的技术指导书，在广大读者中博得了好评。

在灌注桩委员会推广灌注桩的同时，地下连续墙在日本也得到了迅速的发展和推广。1970年以来，有关地下连续墙设计方法、施工技术和防止公害等各方面的的问题不断地得到研究和解决。现将其成果汇编成《地下连续墙设计与施工手册》，予以出版。

日本自1959年初次使用地下连续墙以来，由于该方法在施工上具有广泛的适应性，而且噪声和振动等公害都很少，所以，在大城市的扩建、改建中，已广泛用于地下铁道和其它各种建设工程。在这些建设工程中，地下连续墙作为一种不可缺少的方法而稳固地向前发展着。它不仅可用于修建单纯的防渗墙、挡土墙等临时结构物，而且近年来正在向用以修建重要结构物的一部分或者主体结构本身的方向发展。目前在地下连续墙的设计和施工方面还没有一部理论性著述，而有关人员却很早就渴望能有一本关于它的设计和施工方面的通俗易懂的参考书。

本书的编写目的是以直接从事地下连续墙设计与施工的技术人员为对象，详细阐明：各种方法的选定以及用作挡土墙、主体结构或基础时的设计计算方法和整个施工工艺过程；此外，还从实际出发，简明地叙述了护壁泥浆、防止公害等当今最新、最先进的技术内容。因此我相信本手册一定会成为各有关人员的良好技术指导书，并将发挥很大的作用。

最后，我代表各有关方面，对为本书提出宝贵意见、提供参考资料的同行，为完成本书而努力工作的委员以及各有关单位表示深切的谢意。

日本建设机械化协会会长 最上武雄

## 前 言

最近，为了进一步发展城市建设及改善交通状况，在修建地下铁道、地下停车场、上下水道、建筑物等工程时，人们不仅认识到采用地下连续墙修建这些结构物地下墙部分（无论是临时挡土墙还是主体结构墙）的合理性与经济性，而且还认识到这是一种噪声低、振动小的公害方法，因而在城市建设工程中得到了显著的发展与推广。

自从对建设工程制订了噪声限制法之后，打桩受到了约束，取而代之的是钢筋混凝土灌注桩，并得到了很大的发展；与此同理，地下墙取代了打入式板桩，并作为一项新技术而受到了人们的注意。

地下连续墙自正式使用以来，尽管时间很短，而且又起源于国外，但经过改进现已适用于日本软弱地基和高地下水位等特殊情况，成为当前大规模地下开挖工程中一种不可缺少的方法。

在这期间，虽然地下连续墙在理论上、设计上、施工上以及管理上还有许多问题没有获得解决，但是在有关人员的努力下，已经积累了不少实践经验。

日本建设机械化协会最先设立了施工技术部和灌注桩委员会，从1967年至1970年进行了“灌注桩的研究”，并将研究成果编汇成《灌注桩施工手册》。

而后，开始着手有关地下连续墙的调查研究工作，当时日本国铁与首都高速道路公团等单位对灌注桩的研究与应用各不相同，也很少见到有关工程实例、资料和数据公开发表。

灌注桩委员会于1970年开始调查研究地下连续墙的“现状”及“存在问题”。曾以征询意见的方式向各有关方面进行调查，并将调查结果用中间报告的形式发表在《建设机械化》杂志1971年6月号上。虽然在某种程度上掌握了一些工程实例、施工机械和存在问题等方面的概要情况，但是由于方法种类繁多，而且有关分类、特点分析的情报资料又不很充足因而感到仍然有困难。后来，委员会成立了专门分会承担了这个任务，进行了更详细的资料收集与研究。

结果表明，虽然在某种程度上收集了一些挖槽机械和施工方法的资料，但是在设计方面却各自为政，而值得参考的、系统的资料又很少。从而决定放慢进度，集中力量收集资料，于1973年重新开始积极的研究工作。

这两年中，在地下连续墙的实际应用、技术改进及施工机械的研制方面都取得了飞跃的发展。有关方面迫切要求发表本委员会的研究成果。为了满足这一愿望，经过反复的工作，历时五年完成了本手册的出版。

经过本委员会大量的调查研究工作，收集到了很多宝贵的专业技术资料，如果原封不动地予以发表，势必要求读者具有很高的技术判断能力。由于本书不是一般性读物，因此决定以直接从事地下连续墙实际工作的技术人员为对象，用《地下连续墙设计与施工手册》的形式进行编辑出版。

为使本手册成为广大技术人员的参考书，书中内容尽量作到简明扼要。然而，在有关设

计和护壁泥浆的章节中，设计计算公式和实验报告仍然是专业性很强的内容，这是因为目前还缺少较完整的参考文献，所以不揣冒昧收集在此。另外，对于尚未十分清楚的问题，也直接发表了调查研究结果，今后如能起到“抛砖引玉”的作用，将深以为幸。

在有关地下连续墙的技术书籍、文献资料尚未汇编出版的时候，出版本手册是很有意义的。望本书能使有关人员加深对地下连续墙的理解，能在设计中得到应用，能对正确的施工有所引导，成为一部发展地下连续墙技术的良好读物。在此谨向为完成本书而努力工作的诸位委员表示深切的谢意。

灌注桩委员会委员长 高岡 博

# 目 录

译者的话  
序  
前言

## 第一部分 勘察、规划与设计

第 1 章 概论	1
1·1 地下连续墙的历史 (1); 1·2 地下连续墙的分类 (2); 1·3 优缺点 (3); 1·4 地下连续墙的用途及其展望 (4)	
第 2 章 地下连续墙的工程勘察	6
2·1 概述 (6); 2·2 勘察方法 (6); 2·3 资料调查 (6); 2·4 现场踏勘 (6); 2·5 初步勘察 (7); 2·6 详细勘察 (7); 2·7 地基的变形模量 $E_s$ (8); 2·8 地基反力系数 $K$ (10)	
第 3 章 地下连续墙的规划设计	12
3·1 规划设计的基本方针 (12); 3·2 有关地形、地质条件的研究 (12); 3·3 有关场地条件的研究 (14); 3·4 地下连续墙选定表 (16); 3·5 有关结构物规划设计的研究 (18); 3·6 有关施工计划的研究 (19)	
第 4 章 地下连续墙的设计	21
4·1 设计概述 (21); 4·2 容许垂直承载力 (32); 4·3 地下墙用作挡土墙时的设计 (40); 4·4 地下墙用作主体结构一部分时的设计 (51); 4·5 地下墙用作结构物基础时的设计 (54); 4·6 结构细部的设计 (64)	

## 第二部分 施工、挖槽机械、护壁泥浆

第 5 章 泥浆护壁挖槽法	68
5·1 泥浆的使用方法 (68); 5·2 泥浆的功能和必要的性质 (69); 5·3 泥浆的试验 (72); 5·4 泥浆材料 (78); 5·5 制备泥浆 (87); 5·6 制备泥浆的方法 (109); 5·7 泥浆的再生处理 (113); 5·8 泥浆的质量控制 (116); 5·9 槽壁稳定的机理 (127); 5·10 特殊地基条件下的泥浆 (134)	
第 6 章 挖槽机械和设备	141
6·1 挖槽机械的种类和特点 (141); 6·2 附属机械设备及其备用品 (165)	
第 7 章 临时设施及工程施工准备	167
7·1 工程设计概况 (167); 7·2 机械运输 (167); 7·3 对地下埋设物及地上障碍物的处理 (169); 7·4 必要的作业面积和作业环境 (170); 7·5 泥浆作业设备的配置 (172); 7·6 给排水和供电设备 (179); 7·7 弃土计划 (180); 7·8 对安装施工机械的场地地基的加固 (180); 7·9 机械的安装和就位 (180)	
第 8 章 地下连续墙施工中的公害对策	182



8·1噪声(182); 8·2由废弃泥浆造成的环境污染(189)

**第9章 施工** .....200

9·1施工计划概况(200); 9·2挖槽(201); 9·3清底(228); 9·4钢筋工程(232); 9·5接头工程(238); 9·6混凝土工程(245); 9·7施工管理(251); 9·8特殊施工(268); 9·9事故及措施(283)

**第10章 地下连续墙建成后存在的问题** .....289

10·1概述(289); 10·2基坑开挖(289); 10·3挡土支护(291); 10·4与土中锚杆的结合(291); 10·5与逆作法的结合(292); 10·6墙面处理及其它问题(293)

**第11章 桩排式地下连续墙** .....294

11·1桩排式地下连续墙的变迁(294); 11·2桩排式地下连续墙概况(294); 11·3各种方法的施工概况和主要施工机械(297); 11·4实例(329)

**参考文献** .....345

1. 中华人民共和国国家标准 GB 50299-1998 地下工程防水技术规范

2. 中华人民共和国国家标准 GB 50202-2002 地基与基础工程施工质量验收规范

3. 中华人民共和国国家标准 GB 50203-2002 砌体工程施工质量验收规范

4. 中华人民共和国国家标准 GB 50204-2002 混凝土结构工程施工质量验收规范

5. 中华人民共和国国家标准 GB 50205-2002 钢结构工程施工质量验收规范

6. 中华人民共和国国家标准 GB 50206-2002 木结构工程施工质量验收规范

7. 中华人民共和国国家标准 GB 50207-2002 屋面工程施工质量验收规范

8. 中华人民共和国国家标准 GB 50208-2002 地下防水工程施工质量验收规范

9. 中华人民共和国国家标准 GB 50209-2002 建筑装饰工程施工质量验收规范

10. 中华人民共和国国家标准 GB 50210-2002 幕墙工程施工质量验收规范

11. 中华人民共和国国家标准 GB 50211-2002 涂饰工程施工质量验收规范

12. 中华人民共和国国家标准 GB 50212-2002 裱糊工程施工质量验收规范

13. 中华人民共和国国家标准 GB 50213-2002 塑料地板工程施工质量验收规范

14. 中华人民共和国国家标准 GB 50214-2002 活动地板工程施工质量验收规范

15. 中华人民共和国国家标准 GB 50215-2002 防静电工程施工质量验收规范

16. 中华人民共和国国家标准 GB 50216-2002 通风与空调工程施工质量验收规范

17. 中华人民共和国国家标准 GB 50217-2002 采暖工程施工质量验收规范

18. 中华人民共和国国家标准 GB 50218-2002 建筑电气工程施工质量验收规范

19. 中华人民共和国国家标准 GB 50219-2002 电梯工程施工质量验收规范

20. 中华人民共和国国家标准 GB 50220-2002 建筑节能工程施工质量验收规范

21. 中华人民共和国国家标准 GB 50221-2002 建筑地面工程施工质量验收规范

22. 中华人民共和国国家标准 GB 50222-2002 建筑内部装修设计防火规范

23. 中华人民共和国国家标准 GB 50223-2002 火灾自动报警系统工程施工及验收规范

24. 中华人民共和国国家标准 GB 50224-2002 电气装置安装工程高压电器施工及验收规范

25. 中华人民共和国国家标准 GB 50225-2002 电气装置安装工程低压电器施工及验收规范

26. 中华人民共和国国家标准 GB 50226-2002 电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范

27. 中华人民共和国国家标准 GB 50227-2002 电气装置安装工程母线装置施工及验收规范

28. 中华人民共和国国家标准 GB 50228-2002 电气装置安装工程旋转电机施工及验收规范

29. 中华人民共和国国家标准 GB 50229-2002 电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范

30. 中华人民共和国国家标准 GB 50230-2002 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范

31. 中华人民共和国国家标准 GB 50231-2002 机械设备安装工程施工及验收通用规范

32. 中华人民共和国国家标准 GB 50232-2002 起重设备安装工程施工及验收规范

33. 中华人民共和国国家标准 GB 50233-2002 电力建设施工质量验收及评价规程

34. 中华人民共和国国家标准 GB 50234-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

35. 中华人民共和国国家标准 GB 50235-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

36. 中华人民共和国国家标准 GB 50236-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

37. 中华人民共和国国家标准 GB 50237-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

38. 中华人民共和国国家标准 GB 50238-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

39. 中华人民共和国国家标准 GB 50239-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

40. 中华人民共和国国家标准 GB 50240-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

41. 中华人民共和国国家标准 GB 50241-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

42. 中华人民共和国国家标准 GB 50242-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

43. 中华人民共和国国家标准 GB 50243-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

44. 中华人民共和国国家标准 GB 50244-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

45. 中华人民共和国国家标准 GB 50245-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

46. 中华人民共和国国家标准 GB 50246-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

47. 中华人民共和国国家标准 GB 50247-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

48. 中华人民共和国国家标准 GB 50248-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

49. 中华人民共和国国家标准 GB 50249-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

50. 中华人民共和国国家标准 GB 50250-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

51. 中华人民共和国国家标准 GB 50251-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

52. 中华人民共和国国家标准 GB 50252-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

53. 中华人民共和国国家标准 GB 50253-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

54. 中华人民共和国国家标准 GB 50254-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

55. 中华人民共和国国家标准 GB 50255-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

56. 中华人民共和国国家标准 GB 50256-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

57. 中华人民共和国国家标准 GB 50257-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

58. 中华人民共和国国家标准 GB 50258-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

59. 中华人民共和国国家标准 GB 50259-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

60. 中华人民共和国国家标准 GB 50260-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

61. 中华人民共和国国家标准 GB 50261-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

62. 中华人民共和国国家标准 GB 50262-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

63. 中华人民共和国国家标准 GB 50263-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

64. 中华人民共和国国家标准 GB 50264-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

65. 中华人民共和国国家标准 GB 50265-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

66. 中华人民共和国国家标准 GB 50266-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

67. 中华人民共和国国家标准 GB 50267-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

68. 中华人民共和国国家标准 GB 50268-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

69. 中华人民共和国国家标准 GB 50269-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

70. 中华人民共和国国家标准 GB 50270-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

71. 中华人民共和国国家标准 GB 50271-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

72. 中华人民共和国国家标准 GB 50272-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

73. 中华人民共和国国家标准 GB 50273-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

74. 中华人民共和国国家标准 GB 50274-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

75. 中华人民共和国国家标准 GB 50275-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

76. 中华人民共和国国家标准 GB 50276-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

77. 中华人民共和国国家标准 GB 50277-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

78. 中华人民共和国国家标准 GB 50278-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

79. 中华人民共和国国家标准 GB 50279-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

80. 中华人民共和国国家标准 GB 50280-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

81. 中华人民共和国国家标准 GB 50281-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

82. 中华人民共和国国家标准 GB 50282-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

83. 中华人民共和国国家标准 GB 50283-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

84. 中华人民共和国国家标准 GB 50284-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

85. 中华人民共和国国家标准 GB 50285-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

86. 中华人民共和国国家标准 GB 50286-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

87. 中华人民共和国国家标准 GB 50287-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

88. 中华人民共和国国家标准 GB 50288-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

89. 中华人民共和国国家标准 GB 50289-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

90. 中华人民共和国国家标准 GB 50290-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

91. 中华人民共和国国家标准 GB 50291-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

92. 中华人民共和国国家标准 GB 50292-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

93. 中华人民共和国国家标准 GB 50293-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

94. 中华人民共和国国家标准 GB 50294-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

95. 中华人民共和国国家标准 GB 50295-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

96. 中华人民共和国国家标准 GB 50296-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

97. 中华人民共和国国家标准 GB 50297-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

98. 中华人民共和国国家标准 GB 50298-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

99. 中华人民共和国国家标准 GB 50299-2002 工业金属管道工程施工及验收规范

100. 中华人民共和国国家标准 GB 50300-2002 建筑工程施工质量验收统一标准

# 第一部分 勘察、规划与设计

## 第1章 概 论

### 1.1 地下连续墙的历史

地下连续墙 (cast in site diaphragms wall) 在欧美国家称为“混凝土地下墙”或“泥浆墙”<sup>①</sup>，在日本则称之为“地下连续壁”或“连续地中壁”。

在地下挖一段狭长的深槽，在槽内吊放入钢筋笼，浇灌混凝土，筑成一段钢筋混凝土墙段，最后把这些墙段逐一连接起来形成一道连续的地下墙壁，这就是地下连续墙。

地下连续墙技术起源于欧洲，它是根据打井和石油钻井所用膨润土泥浆护壁以及水下浇灌混凝土施工方法的应用而发展起来的。1950年前后开始用于工程，当时以法国和意大利用得最多。

巴黎和米兰的地基是由砂砾和石灰岩构成的。在这样的地质条件下建造地下结构物，如采用打桩或打板桩的办法，则是相当困难的，尤其是在市区与周围现有建筑物十分邻近的地方进行施工会感到更加困难。这就是出现用机械挖槽再浇灌混凝土的地下连续墙的原因。由于它在技术上和经济上的优点，得到了人们的重视，所以很快得到了推广。

日本的地下开挖工程最初是采用明挖，后来由挡土板桩发展到钢板桩。此外，有时也采用H型钢桩加横木板来挡土。

然而，在市区进行地下铁道或建筑物的地下开挖时，打入和拔出H型钢桩、钢板桩都会产生噪声和振动等建设公害，形成社会问题而遭到指责。正值要求制定建设公害限制法的呼声升高之际，地下连续墙得到了应用，并用以取代了打入方法。

地下连续墙之所以能在欧洲发展起来，其理由是由于当地的地质条件不适于打桩。而日本的地质条件却与欧洲的完全不同，主要是很厚的软弱冲积层。日本认为地下连续墙具有噪声低、振动小的优点，是一种低公害方法。殊途同归，颇饶兴味。

日本最初引进的地下连续墙是桩排式地下连续墙。

1954年日本从美国菲尔巴克公司引进预填骨料灌浆技术，先用土中螺旋钻钻孔，然后在搅拌过的土中，通过压力灌入水泥浆，即形成土和水泥混合的桩，这就是MIP<sup>②</sup>桩；这样的桩连续排列起来就形成日本最早的桩排式地下连续墙。接着，于1957年研究成功PIF<sup>③</sup>桩：用同样的土中螺旋钻钻孔，在拔出土中螺旋钻时，令砂浆通过空心钻杆灌入孔底，然

① “混凝土地下墙”英文为concrete diaphragm，“泥浆墙”的英文为Slurry wall。——校者注

② MIP为Mixed-In-Place的缩写。——校者注

③ PIP为Pact-In-Place的缩写。——校者注

后边提钻杆边灌浆，待砂浆取代土体形成砂浆桩之后，在桩内插入钢筋笼，即形成PIP桩。将这样的桩连续排列起来，即形成刚度很大的临时地下挡土墙，可应用于地下铁道等建设工程，直到今天仍在普遍使用着。另外还可以用大直径钢筋混凝土灌注桩，把大直径桩连续排列成墙，亦可兼作超高层建筑的桩基础。

由于桩排式地下连续墙在强度、防渗性和整体性上还存在着一些问题，因而壁板式地下连续墙就引起了人们的重视。

壁板式地下连续墙是1959年从意大利伊科斯（ICOS）公司引进的伊科斯方法。该方法在日本最初用于中部电力畑薙坝的防渗墙工程。随后于1961年在地下铁道4号线的方南街段，又用伊科斯方法建造了箱形隧道的边墙（兼作挡土墙）。

1961年大林组建设公司针对软硬不同的地基条件，研制成功两种挖槽方法：对软弱地基用蚌式抓斗挖槽；对坚硬地基用冲击钻挖槽、泥浆及循环排碴，这就是与法国索莱唐舍（Solétanche S.A.R.L）公司实行技术合作开发的所谓OWS<sup>①</sup>-Solétanche方法。

1962年，藤田工业建设公司开创了用蚌式抓斗挖槽的FEW<sup>②</sup>方法，1963年熊各组建设公司从意大利引进了用铲斗挖槽的埃尔塞（ELSE）方法，鹿岛建设公司又从意大利CCC<sup>③</sup>公司引进了用回转冲击钻挖槽的KCC方法，这些方法都相继在实际工程中得到了应用。

另外，1959年又陆续出现了一些桩排式地下连续墙，它们是：竹中工务店的螺旋钻孔灌注桩方法，清水建设公司的预钻孔方法，大成建设公司的TAW方法等。

这个阶段可以说是日本地下连续墙的摇篮期。当时的噪声公害已成为很大的社会问题，随着对地下连续墙需求的增长，机械制造商开始制造并销售正式的挖槽机械及施工中所必需的专用设备。

最初，地下连续墙是由施工部门引进国外技术或者通过独自开发而推广的，建设单位和设计单位总认为，地下连续墙是施工单位垄断的专利。尤其是在公共事业上，尽管地下连续墙具有很多的优点，但使用起来却常常在思想上受到限制。另外，对于着手研究该方法较迟的施工单位来讲，又往往感到无从插手。

在这个时期内，机械制造商生产了挖槽机和抓斗，并且连同施工技术一起出售，从此，无论是谁，只要买到机械，就能施工，而且在所承包的工程中可以任意使用。这一认识上的提高是地下连续墙在发展上的重大转折。

具有代表性的施工机械及工法有：利根钻机公司的多头钻，即用泥浆反循环排碴的BW方法；把抓斗专业生产厂生产的蚌式抓斗安装在日立建机公司生产的灌注桩钻孔机上的HBS方法等，此外，在桩排式地下连续墙方面的施工机械还有三和机材公司生产的土中螺旋钻和环套式螺旋钻等。

现在，日本各建设公司和机械制造厂所使用的壁板式与桩排式地下连续墙设计与施工法总共有30多种。

## 1.2 地下连续墙的分类

在地下连续墙中，既有其他国家引进技术的名称，又有日本自己开发技术的名称，还

① OWS为Ohbayashi（大林）Wet Screen的缩写。——校者注

② FEW为Fujita（藤田）Earth Wall的缩写。——校者注

有日本机械制造厂自己命名的名称，因而在地下连续墙的形式分类和方法名称方面就变得极其复杂。另外，由于对地下连续墙还没有从体系上进行分类，所以仅仅从名称叫法上来判断挖槽方法等的内容或特征是很困难的。

分类方式如下：

按成墙方式可分为桩排式、壁板式和组合式。

按挖槽方式可大致分为抓斗式、冲击式和回转式。

按墙用途可分为：临时挡土墙、用作主体结构一部分兼作临时挡土墙的地下连续墙、用作多边形基础兼作墙体的地下连续墙。

### 1.3 优缺点

地下连续墙的主要优点如下：

1) 施工时振动小，噪声低：今天，地下连续墙能在城市建设工程中得到飞速发展的最大理由是施工时振动小、噪声低。可以说各种方法和各种挖槽机械都具备这一特点。对地下连续墙的高度评价是：工期短、经济效果好、可昼夜施工。

2) 墙体的刚度大：地下连续墙可构筑厚度为40~120cm的钢筋混凝土墙，因此墙体刚度大于惯用的挡土墙，能承受较大的土压力，在基坑开挖时不会产生地基沉降或塌方等事故，因而在城市地下工程和邻近现有建筑物的工程中它是一种不可缺少的方法。

3) 防渗性能好：众所周知，在地下开挖工程中，对地下水处理得好或坏，直接关系到工程的成败。最近，对墙体的连续性即接头构造进行了改进，可以使地下连续墙的防渗性能有更可靠的保证。

4) 对周边地基无扰动：这是上述2)、3)两项的汇总，是地下连续墙所特有的优点。很多工程实践证明，只要正确地使用护壁泥浆，选用适当的挖槽方法，并在以后的基坑开挖过程中采取适当的支护措施，周围地基就不会发生沉降或出现其他变化。因而可以不考虑它对现有建筑物的影响，可以在贴近现有建筑物的地方进行施工。

5) 可用于逆筑法施工：将地下连续墙方法与过去的逆筑法结合起来，就能进一步有效地发挥这两种方法的优点，既安全又合理。

6) 可用作刚性基础：可以把墙体组合成具有很大承载能力的任意多边形，用以代替桩基础、沉井或沉箱基础。

7) 适用于多种地基条件：地下连续墙对地基土的适用范围很广，从软弱的冲积层到中硬的地层、密实的砂砾层、软质岩石、硬质岩石等所有的地基都可以施工。

然而，地下连续墙还处于发展之中，技术上也还不够完善，还有许多不清楚的问题，有待今后在实践中解决。

本方法的缺点如下：

1) 地质条件和施工适应性问题：在复杂的地质条件下，即使事先进行地基勘察，也很难准确地预测到地下的所有情况，因此要选择适合于地质条件的方法和挖槽机械，必须具有较高的技术水平与施工经验。另外还要充分研究适合不同地质条件的护壁泥浆的管理方法以及在发生故障时所应采取的辅助工法等措施。

2) 槽壁坍塌问题：在挖槽过程中，需选用适合于地质条件和所用方法的护壁泥浆，

以保持槽壁的稳定。但是，由于地质条件的关系，有时也会产生意外的漏浆或地下水渗入槽内，致使槽壁坍塌。

目前认为槽壁坍塌有如下原因：①地下水位急剧上升；②护壁泥浆急剧下降；③新近吹填的地基；④在坡脚处挖槽；⑤泥浆的性质不当或者已经变质。

为了能够安全施工，必须进行周密的地基勘察，对护壁泥浆进行妥善的管理以及选用适当的挖槽方法。防止槽壁坍塌的唯一方法是充分掌握有关施工管理和泥浆管理方面的技术，并将其应用到实际工程中去。

3) 经济效果问题：一般来说，地下连续墙的造价要比普通挡土结构的高一些。但应注意到，地下连续墙与其他方法相比，在对周围环境产生振动、噪声以及地基滑动、沉降等方面都具有其有利条件。

4) 设计上的问题：把地下连续墙用作挡土墙或主体结构的一部分时，有单一墙、复合墙、分离墙等结构形式。然而有关这些结构形式的计算方法，目前还没有系统的资料，还不能规定统一的方法，眼下仍然是独自思考各行其事。

设计要考虑到施工，要根据施工对设计进行修正，很多问题都必须在设计时研究透彻。包括下述结构细节在内的问题，在设计时都必须考虑到总体的质量和误差：①混凝土的容许应力；②接头的构造；③墙体与楼板的连接。

5) 弃土及废泥浆的处理：用泥浆护壁挖槽时，必须注意到泥浆对地基及地下水的污染问题。最近，工程建设中的排水正成为社会问题而引起人们的注意，因此对于浇灌混凝土而排出地面的废泥浆必须进行适当的处理。

挖出的土，含水量较高，要与被污染的泥浆一并进行处理，在处理方法上也还存在着一些问题。因为泥浆具有泥水不易分离、不易沉淀、不易凝聚的特性，因而要从泥浆中分离出挖掘的土及固相物质来是很困难的。一般采用的办法是，先经过物理的和化学的处理之后，再进行机械的分离。这样就提高了处理费用。现在对工业生产废弃物的限制日益严格，用闷罐车运输废弃物的价格也在不断上涨，因此希望在不久的将来能研究出完善而便宜的泥浆处理方法来。

## 1.4 地下连续墙的用途及其展望

由于地下连续墙具有上述许多优点，所以代替了以往的各种方法，而用于各个方面。地下连续墙的初期阶段，基本上都是用作防渗墙或临时挡土墙，但通过技术的发展和施工方法及机械的改进，现在已能把地下连续墙用作结构物的一部分或用作主体结构。

地下连续墙之所以能够用于大规模的地下结构工程，就是因为它在防止公害和保证施工安全方面比其他方法优越。

地下连续墙的用途很广，主要有：①建筑物的地下室；②地下停车场、地下街道；③地下铁道、地下道路；④盾构等工程的竖井；⑤污水处理场、自来水厂、泵站、地下变电站；⑥市政沟道、各种涵洞；⑦防渗墙、挡土墙；⑧码头、护岸；⑨干船坞；⑩地下油库和矿井；⑪各种基础结构物。

地下连续墙自正式使用到现在只不过十年光景。在这期间，通过采用地下连续墙的建设单位、施工单位和施工机械制造厂的共同努力，在反复试验的过程中解决了一些应该解

决的问题。根据这些实践好容易才达到了现在的阶段。目前的当务之急是解决设计和施工上遗留下的一些问题，以及根据现有的技术来研究和开发更新的应用方法。

护壁泥浆是地下连续墙施工中最重要的一环，它的主要成分是膨润土。但膨润土的缺点是一旦与混凝土或海水等相接触就要发生变质，而且在废弃时又不易与水分离，因而最近用聚合物代替膨润土制备泥浆的做法，已引起了人们的注意。聚合物泥浆弥补了膨润土泥浆的缺陷，而且经济效果很好，但目前实际应用尚少，有待今后作进一步的研究和实践经验的积累。

虽然地下连续墙适用于广泛的地质条件，但是使用一般的挖槽法却难于挖掘卵石层或漂石层，为此渴望能研制出除冲击钻法以外的其他挖槽机械来。

与地下连续墙密切关联的重要问题是施工管理和泥浆管理。欲完善地解决这些问题，需要研究出连续和自动的施工管理方法及其测试装置来。

虽然对墙段的接头、钢筋等结构构造问题已进行了大量的研究工作，但在目前仍未达到完善的程度。如能研究出既施工简便，又经济效果良好的结构构造形式来，那么地下连续墙的应用范围就会更进一步扩大。

如果能够在槽内插入预制墙板或从竖井出发修建巷道的边墙和水平的顶底板，那么这种方法就会进一步增多地下连续墙的应用范围。

壁板式地下连续墙的工程量在逐年增加，1972年约为22万米<sup>2</sup>，1973年为35万米<sup>2</sup>，1974年为40万米<sup>2</sup>。这种工程量的增加与防止公害的实施是相辅相成、逐渐增多起来的，因此可以说地下连续墙是一般建设方法中最有发展前途的方法之一。

## 第2章 地下连续墙的工程勘察

### 2.1 概 述

在进行地下连续墙（以下简称地下墙）的设计和施工之前，必须对地形、地质、场地环境、结构物、工期、造价以及与设计和施工有关的诸事项进行充分的勘察和了解。

在与设计和施工有关的必要的调查内容中 地形、地质以及场地环境等，是不能人为改变的基本条件；而结构物、工期以及造价等则是在设计和施工过程中可以改变的从属条件。

基本条件是支配地下墙设计和施工的最重要的因素，特别是对于地质勘察，仅仅凭借资料或简单的地面观察是不够的，需要对钻探及其他地质勘察工作以及各种土工试验等作出适当的计划和实施方案。

### 2.2 勘 察 方 法

为地下墙的设计和施工而采用的勘察方法，一般有如下几种。

勘察时要有系统地按以下顺序进行：①资料调查；②现场踏勘；③初步勘察；④详细勘察；⑤特殊勘察。

一般来说，对于结构物和工期、造价等从属条件的调查，仅通过查阅资料就可以了。即使是属于基本条件里的地形以及场地环境的调查，其大部分在现场踏勘之前就能得到解决。

对于地质条件的勘察，一般都要进行详勘工作。

在着手进行地质勘察时，可以从简单的概括的勘察开始，根据勘察的结果摸清存在些什么问题，然后再依次进行系统的勘察，把存在的问题弄清楚。

### 2.3 资 料 调 查

资料调查的主要内容如下：

1) 地图类：①地形图；②地质图；③土地利用情况图；④航测照片。

2) 勘察或观测资料：①已有的地质勘察记录；②相邻结构物有关基础的设计、施工和维修方面的资料；③有关地下水或水井的资料；④有关滑坡和塌方的资料；⑤有关地震和水灾的资料。

### 2.4 现 场 踏 勘

为地下墙的设计和施工所进行的现场踏勘，其主要目的是查明现场的地形和环境条件，决定今后进行勘察的地点和方法等。

进行现场踏勘时需携带 2·3 节中的各种资料，以对照现场情况，最好能再带一些简单的工具，以便必要时可用来进行地形、地质勘察：①手水准仪、水准尺、测杆、卷尺；②螺旋取土钻；③手提式圆锥贯入仪。

通过地形观察，能对地质条件作出某种程度的判断。

## 2·5 初步勘察

对地下墙地基的初步勘察，主要是标准贯入试验和钻孔勘探。

通过初步勘察可以掌握持力层或隔水层的深度及状况、成槽地层的状况、地下水位高低、有无承压水、砾石层和卵石层的粒径等，这些都是进行地下墙初步设计和施工计划的必要资料。

初步勘察时的钻探位置是根据地基条件和地下墙的使用范围确定的。在局部的地段狭窄时，钻孔位置一般布置在挖槽部位的中心附近；如果挖槽较长，一般是每隔 100~200m 的距离布置一个钻孔。在地形复杂的山坡地带，需要在现有的地形上断定基岩的峰、谷，分别选定能够勘察基岩最低点及最高点的位置进行钻孔勘探。当基岩为倾斜状态时，在开挖面积狭窄的地方应分别选定深浅两处进行钻探，在倾斜方向不明时，最好在纵横两个方向上布置三个以上的钻孔勘探点。

## 2·6 详细勘察

根据上一节所述初步勘察的结果以及地下墙设计和施工的需要，就所需要了解的内容进行详细勘察。

详细勘察的主要内容如下：①钻孔勘探的补充布置；②土的取样；③各种土工试验；④地基变形模量的测定；⑤地下水的勘察；⑥特殊勘察；⑦施工环境的调查。

有关地下墙设计和施工的土工试验项目及其目的等主要内容示于表 2·1。

土质参数与试验名称

表 2·1

土质参数	试验名称	适用范围
土容重( $\gamma$ )	*容重试验(JIS A1214)	承载力计算, 沉降量计算
内聚力( $c$ )	*无侧限抗压强度试验(JIS A1216) *三轴压缩试验 标准贯入试验(JIS A1219)	承载力计算
内摩擦角( $\varphi$ )	*三轴压缩试验 标准贯入试验	承载力计算
变形模量( $E_s$ )	载荷试验 *无侧限抗压强度试验 *三轴压缩试验 标准贯入试验(砂土)	弹性位移计算



续表

土质参数	试验名称	适用范围
孔隙比-荷载曲线 ( $e \sim \log p$ )	*固结试验(JIS A1217)	计算粘土的固结沉降量
固结系数( $C_u$ )	*固结试验	计算时间-固结沉降量
孔隙比( $e$ )	*容重试验(JIS A1214) 比重试验(JIS A1202) 含水量试验(JIS A1203)	计算粘土的固结沉降量 砂土地基液化的界限
极限孔隙比( $e_0$ )	极限孔隙比测定试验	砂土地基液化的界限
粒径和粒度( $D$ )	颗粒分析试验(JIS A1204)	砂土地基的液化界限 判断砂土地基的开挖难易 判断渗透性 判断灌浆的难易
液限( $LL$ )	液限试验(JIS A1205)	粘土固结沉降量的估算判断施工时的稳定性
塑限( $PL$ )	塑限试验(JIS A1206)	粘土的定性判断
渗透系数( $K$ )	*渗透试验(JIS A1218) 现场渗透试验 颗粒分析试验	计算排水量 判断灌浆的难易

注: \*者, 需要非扰动土样。

## 2.7 地基的变形模量 $E_0$

### 2.7.1 求地基变形模量 $E_0$ 的方法

在计算地下墙的应力与位移时, 是把地基看作弹性体而求出地基的反力系数  $K$  的。

即使地基条件相同, 如果地下墙的形状和尺寸不同,  $K$  值也会有所变化, 所以一般是先针对地基条件测出地基的变形模量  $E_0$ , 然后再根据  $E_0$  确定适合地下墙条件的  $K$  值。

通过地质勘察求  $E_0$  时, 一般是采用以下方法:

①用直径为30cm的刚性圆板做载荷试验, 将加荷卸荷曲线所给出的数值代入式(2.1)算出  $E_0$  值; ②在钻孔内通过液压进行测定; ③对试件作单轴或三轴试验; ④根据标准贯入试验的  $N$  值进行推算。

用上述方法求  $E_0$  时, 所得到的都是随位移大小、荷载条件、地基条件等而变化的复杂数值, 所以要在研究各种条件的基础上再予以慎重决定。

关于用上述测定值计算  $E_0$  的方法, 目前尚无定论。下面(第2.7.2节)介绍日本国铁所采用的《工程结构物设计规范(基础结构)》(以下简称《国铁基础规范》)。

### 2.7.2 根据测定值确定 $E_0$ 的计算方法

(1) 用直径30cm的刚性圆板做载荷试验求  $E_0$  的方法(参照图2.1):

$$E_0 = \frac{10p}{\Delta\delta} \quad (2.1)$$

式中  $E_0$ ——设计用的地基变形模量( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );