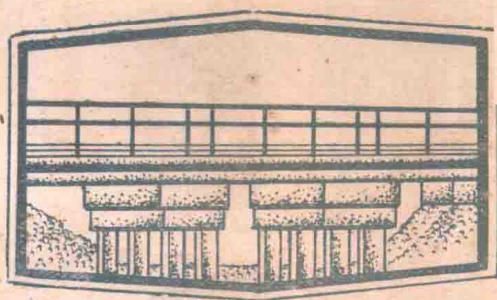


拼装式钢筋混凝土樁桥

H.M. 郭洛郭洛夫 著



人民铁道出版社

拼裝式鋼筋混凝土樁橋，在我國橋梁建築方面來說，還是新的發展的方向，本書即介紹蘇聯鐵路修建中小橋時研究和採用新的先進的拼裝式鋼筋混凝土結構的經驗。其主要內容包括：中小橋工業化的施工方法，拼裝式鋼筋混凝土結構，定型設計，修建技術作業過程及拼裝結構應用的範圍等；可供我國鐵路及公路橋梁設計及施工的工程技術人員和科學工作者作參考之用。

拼裝式鋼筋混凝土樁橋

СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СВАЙНЫЕ МОСТЫ

蘇聯 Н.М.КОЛОКОЛОВ 著

蘇聯國家鐵路運輸出版社出版（1955年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ МОСКВА 1955

秦志浩 田鴻賓 孫松成 合譯

秦爾文 校

人民鐵道出版社出版

（北京市霞公府17號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

（北京市建國門外七聖廟）

書號 1188 開本 $350 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印張 6 $\frac{2}{3}$ 字數 153 千

1958年11月第1版

1958年11月第1版第1次印刷

印數 0001 — 1,300 冊 定價（9）0.87 元

序 言

苏联共产党和苏联政府对建設工作者們曾提出了一些重大的任务。

1955年8月21日苏联共产党中央委员会和苏联部长會議在“关于进一步发展工业化、改进質量 and 降低工程造价的措施”的決議中，揭露出很多建筑物中現有的严重缺点和落后原因，并指出了在不断的改进技术和广泛地采用拼装式鋼筋混凝土結構和零件进一步工业化的基础上，要根本改善建設事业的途徑和方法。

为了遵照苏联共产党中央委员会和苏联部长會議关于在我国发展拼装式鋼筋混凝土結構和零件生产的決議并实现这些任务起見，在发展建筑机构工业化基地方面正进行着重要的措施。

在鉄路运输工业化的施工方面，当建筑桥梁和涵洞时，改善施工和采用先进方法是具有重要意义的。必須放棄那些建筑墩台和基础整体結構的根深蒂固的傳統和方法，很快地和更大胆地改用拼装式主要是鋼筋混凝土結構，同时为了这个目的，进行結構本身和施工作业程序的标准化和定型化。

近几年来，許多設計人員和設計机构提出了拼装式小桥涵的新方案，这些方案，在各种不同程度上，是与工业化施工相适应的。作为实验工程，曾建筑許多新型拼装式鋼筋混凝土桥涵。

在本書中，对这些新結構作了简单的分析，闡述了它的基本特征和缺点，并說明了拼装式桩桥的設計和实验工程的结果。

1952年，本書作者曾提出拼装式桩棧桥新結構的建議，这种新結構，簡称为 CCЭMK 型桥。

上述結構，不但是以各个构件的新的連接方法为根据，而且是以更进步的施工方法为根据的，这就使这种結構能够广泛地适用于各种型式和各种尺寸的桥梁。

由于充分的做到了施工工业化和机械化，結合着桥梁主体結

构和附属工程的显著减少，因而使新结构可以获得高度的节约。

1952 ~ 1954 年，苏联运输工程部桥梁工程总局中央结构设计事务所的集体创作人员，在工程师 А·И·杜布罗夫斯基的领导下，和莫斯科铁路工程学院桥梁教研组，在 Г·К·叶夫格拉佛夫教授和 А·М·波密郎彩夫列教授的领导下，以及列宁格勒桥梁工程局的某一建筑机构的全体工作人员，在工程师 К·Е·巴利青的领导下，所进行的设计、实验、试验和施工工作的成功结果，可以认为这些新的拼装式结构，在建筑中、小桥时，将获得广泛的应用。

本书中所述及的实际资料，和对中、小桥工业化施工的基本方针所列举的简略分析，可使广大的桥梁建筑人员，能够更快地熟习桥梁的新结构及其实施方法。

目 录

序 言	1
第一章 中小桥工业化施工的主要途径	1
1. 现行的施工方法和它的基本缺点	1
2. 小型桥涵建筑物新建和改建工作的普遍性	2
3. 改进桥涵建筑事业的任务和途径	3
第二章 建筑小型桥涵建筑物的拼装式钢筋混凝土结构	8
4. 路堤下排水涵洞和明渠的拼装式结构现有定型设计的分析	8
5. 小桥拼装式结构现行的定型措施	18
6. 薄壳式和框架式桥	24
7. 采用钢筋混凝土桩式墩台是桥梁建筑工业化的途径之一	33
8. 小型拼装式桩棧桥	35
9. 拼装式桩-棧桥接头的连接	40
10. 接头连接模型试件的试验结果	45
第三章 拼装式钢筋混凝土桩桥的实验工程	54
11. 第一批实验桥梁的建筑	54
12. 第一批实验桥梁的使用结果	64
13. 桥跨结构自由压在墩台上的实验桥梁的建筑	66
14. 建成拼装式桥梁的实验及调查	79
15. 桩式桥梁建筑物的技术经济分析	80
16. 在中型桥梁方面采用桩式结构	87
第四章 安装拼装式桥梁时打钢筋混凝土桩的新方法	94
17. 用震动法打钢筋混凝土桩和震动器的类型	94
18. 用震动器沉桩的效果。桩的承载力	99

19. 震动打桩机与桩的固定方法和沉桩条件.....	106
20. 在密实土壤中打桩时震动打桩机的缺点.....	107
21. 在土壤中設置“导孔”.....	109
22. 冬季用震动打桩机沉桩.....	114
第五章 拼装式桩桥的定型設計.....	115
23. 批准的拼装式桥梁設計的特点.....	115
24. 拼装式桩桥图及其使用条件.....	127
25. 桩桥結構計算的基本原則和計算結果.....	134
26. 桩-棧桥設計的技术經濟指标	141
第六章 拼装式桩桥修建技术作业过程.....	145
27. 基本原則.....	145
28. 制造拼装式构件的要求.....	145
29. 构件的运送和堆存.....	149
30. 安裝桩桥的主要机械.....	156
31. 在营业鉄路綫上安裝桥梁.....	163
32. 在建筑第二綫时安裝桥梁.....	172
33. 建筑新綫的条件下安裝桥梁.....	177
34. 拼装結構接头連成整体工作.....	179
35. 在冬季进行拼装桥梁工作.....	187
36. 安裝工队的工作組織及成員.....	191
第七章 桩桥拼装結構应用范围的扩大.....	194
37. 中型桥梁的桩式墩台結構.....	194
38. 窄軌铁路桩桥的拼装結構.....	204

第一章 中小桥工业化施工的主要途径

1. 现行的施工方法和它的基本缺点

战后几年中，在铁路运输桥梁永久修复和修建方面完成了巨大的工作。这些工作是在高度的技术水平，广泛采用先进的施工方法完成的。

但是除了肯定的成就以外，还存在着许多严重的缺点，其中包括由于没有充分利用机械化和施工组织不良而造成劳动生产率增长迟缓，建筑造价增高，以及劳动力和重要建筑材料的大量消耗等。

近几年来，桥涵建筑物的施工内容有所改变；例如，1953年在桥梁工程总局的系统内，大桥和特大桥占建筑物总数的5%，小桥涵建筑物占78%，而1949年大桥和特大桥占22%，小桥涵建筑物则占42%。

目前，中小桥及涵洞是按定型设计修建的，它的结构在很大程度上是根据过去广泛采用手工劳动的经验。许多小型桥涵建筑物的拼装式结构，例如，按莫斯科国立运输设计院设计的钢筋混凝土明渠，以及按列宁格勒运输桥梁设计院设计的，钢筋混凝土圆涵及方涵，中小桥的拼装式墩台，钢筋混凝土桥跨结构（这些设计是在1955年以前编制的）并不完全符合于过渡到工业化施工方法的条件。

由于在拼装式结构设计中没有统一和标准化，造成多种多样的型式和尺寸，而使这些结构在采用工业化方法制造时发生困难。例如，在小型桥涵建筑物的拼装式结构设计中，有400种以上的拼装构件、这些构件具有不同型式和尺寸以及制造和安装上的技术特性。这些不属于实际需要的多型性是不符合于工业化建筑任务的，将使造价提高，进度迟缓，质量降低。当然，这样的

中小桥涵结构没有得到发展和广泛采用。直到目前为止，还有很大一部分的桥涵建筑物继续按照老的定型设计进行建筑，如规定的实体墩台结构和基础等，都需要每一次在工点建立自己的建筑场地。

这就需要进行许多工作，要设置各种临时房屋，如为堆放水泥和集料的仓库，以及为设置发电站，混凝土拌合装置和水泵设备等房屋。

需要挖掘基坑的基础工作进行得较慢，一般和气候有关。在雨季，在春秋气候恶劣季节，这一工作一般是不能进行的。分散输送集料，在工地制造模型板，拌制混凝土都需要大量的劳动力，并用手工方式完成，结果就没有足够条件来组织正确的流水作业，造成季节性施工，因而使劳动力和基本设备不能均衡地利用。

在中小桥涵建筑物中存在的这些缺点，以及工业化方法发展的迟缓，迫切地要求将修建这种最广泛应用的铁路建筑物类型的全部组织进行更迅速和有力的改革。

2. 小型桥涵建筑物新建和改建工作的普遍性

近几年来，桥涵建筑物修筑工程的进一步开展既将在现有的铁路网上进行，也将在新建的铁路线上和第二线上进行。在现有铁路线上是由于须完成以前被敌占领铁路线上小桥涵永久修复的未完工程而在其余铁路线上须将桥梁业务整顿就绪。

随着国民经济的不断发展和运输事业的增长，有必要增加铁路的通过能力，因此必须将许多旧桥很快地更换成永久性的桥涵建筑物，以便取消那些由于建筑物薄弱而规定的慢行。

最近的首要的工作是在运输繁忙的铁路线上首先是乌拉尔，西伯利亚铁路和与它相连接的线路上，改建和加固桥涵。加强线路上部建筑所进行的工作，运用更进步的牵引方式——电力牵引和内燃机牵引，提高行车速度，须要进行更换薄弱桥梁的相应工作。

新的鉄路綫和复綫一年一年地增建着，同时必須考虑到，建筑新綫时，在起伏不大的平原地区，每 1.5 ~ 2 公里，而在錯綜复杂的山岭地区，每 0.5 ~ 1 公里需要修建不少于一座桥涵建筑物。

为了能够确定当前桥梁工作的数量，这里举出近几年来在設計和建筑的总延長約为4000公里的十三条鉄路綫（新綫和复綫）所作出的分析資料，得出：在平均每一百公里的鉄路綫上，各种型式的桥涵建筑物中，石料和混凝土圬工分布数量为：小型桥涵建筑物为15930立方公尺，或占圬工总体积的72%；孔径 20—100公尺的桥梁，包括跨線桥——5080立方公尺，或占32%；孔径在 100 公尺以上的大桥——1200 立公尺，或占 5 %。根据上述的資料，就可确定桥涵建筑物当前的規模。可以认为，在最近期間，鉄路上的建筑机构，每年应修建新的或更換临时的和薄弱的桥涵建筑物的数量，大約为3500~4000个施工工点。

用現有的施工方法来完成这些小型桥涵建筑物的工作量，就需要派出大批流动的专业化建筑机构。因此，修建小型桥涵建筑物不应再保留現有的施工方法，而应立即轉变为更有效的施工方法和更經濟的結構，是十分明显的。

3. 改进桥涵建筑事业的任务和途徑

在目前桥梁建筑发展阶段其根本改善的主要途徑，是从苏联共产党和苏联政政在关于改进我国建筑事业問題的指示推断出来的。

首先必須实行的是在那些大批的中小桥及涵洞的 建筑工点上，改用工业化施工方法，并在制造拼装式构件和安装建筑物的全部阶段內施行綜合机械化。

采用定型的統一的結構，必須遵守的技术作业規程，和快速流水作业法，均应同时获得广泛地发展。所有这些結合在一起，即可保証大大地提高劳动生产率，改进机械和設備的使用，縮短施工期限和降低工程造价。

代替过去用石料和混凝土就地砌筑旧式桥涵墩台的整体结构，应该使用在工厂和建筑场地予制的钢筋混凝土拼装式结构，并按照目前拼装钢梁的同一原理在工地拼装。这样就不需要在每一工点进行长期准备为设置单独工地，装设机械，零星运入建筑材料等工作，不需要劳动力的大量集中，同时可免除因天气与季节中的气候特点而影响进度和工期。

桥梁建筑工业化的问题是与结构、制造及拼装作业程序的标准化和定型化的任务紧密联系在一起。

在研究和在建筑实践中广泛采用新的定型的拼装式结构，带有高度利用率的钢筋混凝土结构，起着重要的作用。在专门的工厂内制造拼装式结构，比在建筑场地生产同样的结构可以获得更高的质量，也可缩减各个构件的尺寸和截面，减轻重量，因而为构件的运输和建筑物的安装创造了较为便利的条件。

研究中小桥涵建筑物新的定型的拼装式结构，必须力求大大地限制标准构件一编号的数量，这一方面是由于在工厂和建筑场内连续大量制造上述结构所必需，另一方面由于在建筑物安装时须编制标准的技术作业规范。

在工厂，建筑工地和建筑场内，在标号限制的情况下，广泛地组织生产定型标准拼装式钢筋混凝土结构，可以降低每立方公尺钢筋混凝土的造价。在这方面某一钢筋混凝土桥梁结构工厂的工作经验可以作为例证。1953年在工厂中制造的钢筋混凝土总体积为8000立方公尺，由200种不同尺寸的个别构件组成60多种钢筋混凝土大型结构。结构的个别种类（桥跨结构）稍有重复，另外一些结构，各管节，桩，墩台块件，则大量地制造了。在第一类结构每一立方公尺的成品价值，为700~800卢布；而在单独订货时则达1200卢布；当在大量生产单一类型结构时，工厂制造每一立方公尺则为400~500卢布。

正是由于工厂制出的产品有多种型式和各种类型尺寸，所以降低了劳动生产率，首先表现在每平方公尺生产面积上产品的减少，比先进企业要小若干倍。当尺寸类型缩减到 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ 时，工厂

就有可能轉入流水作业，并在現有車間的規模下很从容地扩大产品 1 ~ 1.5 倍，并可大大降低产品价值。

在建筑中小桥梁时，如将其中絕大多數的拼装式构件各种标准类型的編号数量大約降至 40 ~ 50 种，就可以得到很好的結果。同时，拼装构件一編号式样应力求簡單，符合在工厂、建筑工地和建筑場制造时采用流水作业的要求。它們必須合乎运输条件，即在鉄路和公路上运送时要符合限界的要求，并且利用工地現有的起重机和工作人员即可很方便地装卸和安装。

制造和安装的技术作业过程是拼装式桥梁結構不可分割的整体。如果不同时进行研究其技术作业过程，就不可能建立眞正的工业化結構。任何現代工业企业，如果在产品制造时不予先仔細研究每一生产过程，并将全部过程結合成为一个严正系統，就不可能制造出大量的和廉价的产品，同样地，工业建筑結構必須与工厂制造和現場安装的技术作业过程紧密地結合在一起进行研究。

桥涵建筑物应按予先制定的技术作业规范进行建筑。編制建筑物現代工业化結構的設計时，同时要作出技术作业规范，这是为了得到正确解决的基本条件之一。但直到現在，許多設計机构和一些个別的設計人員还没有执行这些基本条件。他們所作出的有关施工技术作业过程的決定，在考虑施工方面是非常簡略的，由于脱离了施工和現代生产技术的现实条件，往往沒有实际上的价值。

必須指出，直到現在，专业化設計机构或一些个別的設計人員所提出的許多中小桥新結構，只按上面所指出的原因，很多还不能完全符合桥梁建筑眞正工业化的要求。

近几年来出現的新的中小桥拼装式結構，大多数还不能在工厂內作到构件的經濟的流水作业和大量生产，在工地也不能保証快速的安装。

这些結構，虽有部分好的办法，但型式和零件都不是标准一致的，工厂中制造也不方便。在大多数情况下，仅桥梁上部，桥

跨結構，是拼裝式結構，而橋墩台特別是基礎還沒有改變舊的手工式施工作业过程。大家都知道得很清楚，建築橋梁的墩台和基礎是最困難的、費時最長的和首先要求根本修改的工作。

由於這些預先拼裝的措施只限於上部結構，在某種程度上僅能認為是對橋跨結構的，而不是整個橋梁全部的工業化措施。這種部分的和簡化的橋梁建築工業化方法在目前來說是不夠的。

為了工業化施工，必須採用標準結構，使從基礎直至橋跨結構，整個橋梁作成拼裝式。這些標準構件在工廠和建築工地上製造。拼裝式橋梁的結構方案應能保證按最低價值製造構件。為此必須在工廠內建立流水作业的施工方法，廣泛採用生產效率高的機器和機械。這和目前莫斯科、基輔、和我國其他城市的住宅建築而已建立和正在修建的大型鋼筋混凝土結構工廠內大量生產建築零件一樣。

為了能成功地完成為建設工作者們所規定的降低建築造價和提高勞動生產率的任務，首先應大大地縮減墩台結構的實際體積，減少或盡可能全部消除在工廠、建築工地、以及在建築物安裝工地的手工勞動。

考慮到目前工作規模的巨大，和施工工點在很大距離上的分散情況，應當認為只有能大量製造儲存起來，也就是能為任何建築條件所利用的流動儲備的結構才是工業化拼裝式結構的正確解決方案。

只有建立和發展適合於各種條件都能使用的標準結構方案，才能不擔心製造標準零件的某些“儲備”。而當構件能適時的和大量的儲備時，既可在個別的施工工點上、也可在營業綫路的改建地段上、或新綫的大批建築物上加速完成拼裝式結構的安裝工作。

當在現場進行中小橋的工業化施工時，通常僅留下一些建築物的拼裝工作。至於在修建基坑時需要挖土及排水工作，以及需要設置板樁圍堰、應準備及灌筑混凝土和石砌圬工、就地鋪設建築物的防水層等工作，應減至最少，甚至應完成全免去，而將所有

的工作儘可能轉移到工厂、基地或建筑工地上。

修建小型建筑物应用极短的时间，規定不超过3~5天，并以較小的工班来完成。建筑物拼装的大部分准备工作应事先在桥梁基地完成。

拼装式建筑物的安装工作，应使用新型的铁路起重机，也可使用气动式起重机和履带式起重机。本国工业所生产的新型铁路起重机起重能力达50吨，气动式和履带式起重机起重能力达25吨。用这类起重机来装备安装的施工机构是很重要的。

在中小桥墩台基础内沉入钢筋混凝土桩，采用电动震动打桩机是十分有效的。在桥梁工程总局与列宁格勒铁道学院的桥梁科学研究室，共同研究和創造出相当成功的三种能力不同的震动打桩机，它的能力适合于不同深度的打桩，在任何土壤情况下为快速打入钢筋混凝土桩創造了有利条件。

在营业铁路網上修建桥梁时，拼装式构件从工厂运至現場应在铁路上运送，并用起重机装卸。在新綫以及修建复綫的很多情况下建筑桥梁时，在广大的工作面上施工时，运送拼装式結構应利用專門的載重汽車，并用拖拉机和汽車牵引的运输小車和拖車。本国制造的这类重型載重汽車、小車和拖車，能保証在土路上运送重达40~50吨的块件。

小桥及涵洞工业化施工問題，近年来在一系列的討論会和代表会上进行了广泛的討論。例如，在1952和1954年，根据莫斯科铁路运输工程学院桥梁教研組和桥梁工程总局的倡議，曾举行了两次技术性的討論会，并有很多科学研究、建筑和設計机构的专家参加。在这些討論会上，經過詳細的討論，曾通过了修建小型桥涵建筑物的新結構和技术作业过程的寶貴建議。

曾經指出，1954年以前列宁格勒运输桥梁設計院和許多其他設計机构所編制的現行拼裝式小桥及涵洞的定型設計，不能滿足目前桥梁建筑工业化的全部要求，仅能作为过渡时期的措施。

在編制小型桥涵建筑物的新的定型設計时，要想尽一切办法減少費力和持久的挖掘基坑工作和就地灌筑实体結構的混凝土圬

工。在施工现场仅应进行建筑物的安装工作，并把工厂及建筑场地送来的拼装式构件的接头连成整体。

同样也建議尽量設法使小型建筑物的結構逐步走向标准化和統一化，以便将有限数量的組成构件在任何当地条件下完成各种不同尺寸的建筑物。

桥涵工业化施工用的拼装式結構的定型設計，必須与工厂和建筑場制造的先进技术作业过程統一考虑，并且要把它和安装的技术作业过程联系在一起。

1954年末举行的全苏建筑工作者討論会和1955年5月进行的全苏鋼筋混凝土和混凝土會議，对桥涵工业化施工問題曾特別予以注意。由討論的結果指出，拼装式小桥涵現有的定型結構，是不完全适合于工业化施工的。从一系列新的結構措施中认为拼装式鋼筋混凝土桩桥是符合于工业化建筑桥梁任务的，不需要預先設置基坑，从有限数量的拼装式构件可以建筑不同长度和高度的桥梁。

第二章 建筑小型桥涵建筑物的 拼装式鋼筋混凝土結構

4. 路堤下排水涵洞和明渠

的拼装式結構現有定型設計的分析

在使用中，最經濟而合用的小型桥涵建筑物是涵洞。近几年来常用涵洞来代替小桥，是完全合理的。但是，目前涵洞的定型結構，由于必須就地修筑基坑和基础，需要化費很大的財力和人力，同时还要进行修建端墙和設置防水层的大量工作，远非工业化的措施；今后修建时，要求加以根本的改正和改善。

根据多年来苏联交通部許多設計机构所編制的現行定型和建議使用的設計，在铁路建筑實踐中，直到最近，已采用了50多种

不同尺寸类型的涵洞。这些结构措施在材料种类、型式、外形、跨度和经过路堤的高度上各有不同。

涵洞的定型结构，按材料种类分为：石砌，混凝土的，钢筋混凝土的，和混合的。按照型式和外形分为：半圆形的、椭圆形的、长方形的和圆形的。按照建筑方法分为：全部在现地制造，预制构件的拼装式结构，以及混合结构。

在已编妥的定型设计中，混凝土和石砌涵洞的孔径为 $1 \sim 6$ 公尺，依照每 $0.25 \sim 0.5$ 公尺的范围变动。定型的圆形和长方形的钢筋混凝土涵洞的孔径是 $1 \sim 2$ 公尺，并按每 0.25 公尺变动。所有结构按设计规定每节涵洞的长度一般是 1 公尺。

除全苏运输工程科学研究所制定的铰接涵洞及按照莫斯科国立运输设计院设计的涵洞外，大多数的定型设计则计划采用大块的分部基础，通常是就地灌注混凝土，或在个别结构方案中，用筑块拼组（图1）。在建筑涵洞基础时，需要作大量的土方工作，还常常需要采用排水设备。而在松软土壤地点，则需建筑板桩和桩基的人工基础。

运输工程科学研究所的铰接式涵洞和莫斯科国立运输设计院

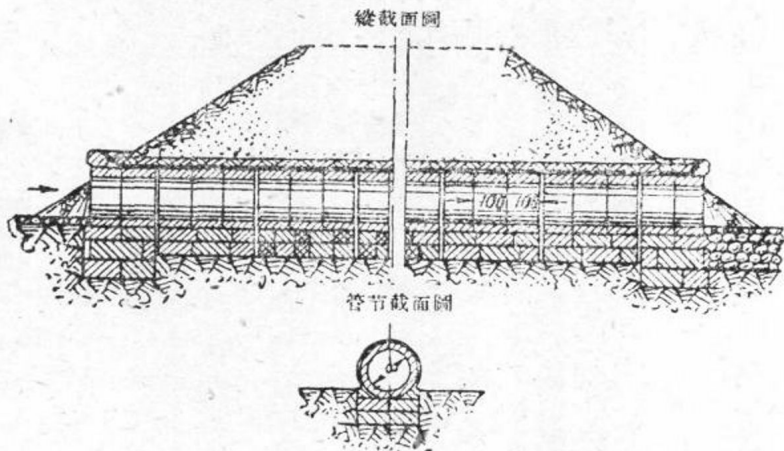


图1. 定型设计的拼装式钢筋混凝土涵洞

式涵洞，是圓形鋼筋混凝土的，孔徑為1~1.5公尺。計劃設置在滲水土壤的墊層上以代替大塊基礎。

拼裝式涵洞的端牆，在定型設計中設計成拼裝式的，亦有在施工現場整塊灌筑混凝土的。

涵洞基礎圬工體積占全部涵洞圬工總體積的30~70%，根據結構情況和建築物當地的地質條件來決定變動的範圍。

如修建的路堤不太高，為了通過少量的流水，現有定型的明渠，孔徑從0.5~0.75公尺，由莫斯科國立運輸設計院設計成為拼裝式結構，路堤高度從0.75至2公尺（圖2）。

現行定型設計的明渠結構，其特性是在建築物的尺寸較小時，化費的圬工體積較大。例如，當單綫鐵路路堤高度為1公尺時，按定型設計的明渠圬工體積為19.2立方公尺，同時基礎圬工約占明

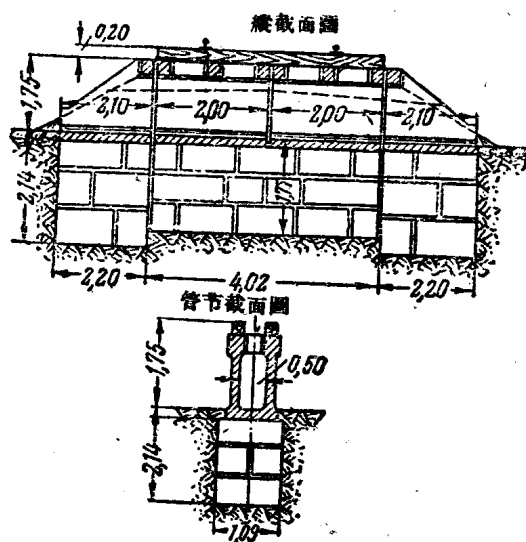


圖2. 定型設計的拼裝式鋼筋混凝土明渠

渠總體積的90%。這類結構在經濟上是不太合理的，必須加以根本改正。

目前在鐵路路堤下，絕大多數的小型橋涵建築物在設計中採用孔徑在2公尺以下的明渠和涵洞。所以，減少勞動量和降低這類建築物的造價問題，應在編制新的結構型式和新的工業化的施工作业過程方面予以解決，首先要求在建築上述小孔徑建築物時使用。

路堤下涵洞及明渠的定型結構，是全部就地灌筑的或拼裝式

的，它們的主要缺点是必須設置大体积的基础和端墙，并須进行挖掘基坑工作，特别是在地下水位高的情况下，灌筑混凝土和片石混凝土圬工都有很大的工作量。

因此，在涵洞和明渠工作中，避免采用大块实体基础，并过渡到无基础結構，是今后发展这种桥涵建筑物的最重要的問題。

同时，建議采用的无基础排水涵洞，必需考虑1951~1953年在西伯利亚修建某一条新鉄路綫时，建筑这类結構的經驗。这里應該簡短地叙述一下实验工程的结果。为了替代在实体基础上的普通鋼筋混凝土圓涵洞，曾建筑30座无基础的运输工程科学研究院式的圓涵洞，孔径1.0公尺的5座，1.25公尺的10座，1.5公尺的15座，其中11座为单孔，19座为双孔。全部涵洞均曾采用鉸接的鋼筋混凝土管节和八字形的端墙进行建筑。拼装式結構均在鋼筋混凝土結構工厂內制造，从厂內用鉄路机車車輛运达前方基地，其次再用汽車运输分送至涵洞建筑現場。管节放置在0.3~0.5公尺厚的砂垫层基础上，或直接放置在整平的密实土层上。

按照无基础涵洞的設計进行修建时，需要預留建筑拱度，約为路堤高度的 $1/30$ 至 $1/60$ 。为了防止端墙被冲刷和水在涵洞外面流动，在涵洞入口处設置粘土防渗层，并在水流出口处鋪設防止

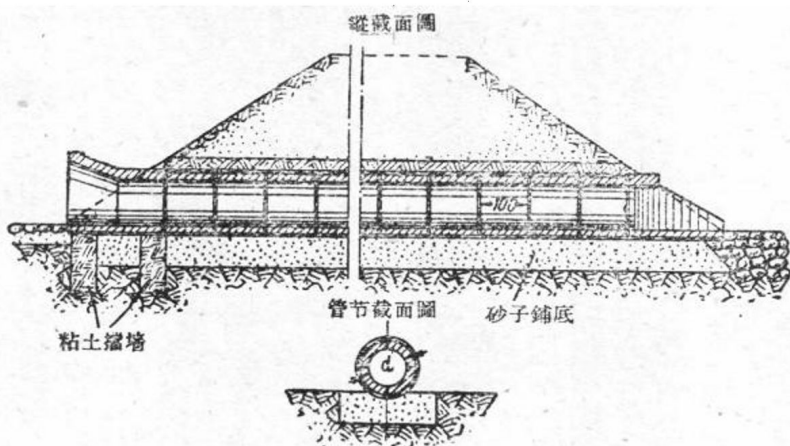


图3. 运输工程科学研究院式的拼装式結構的无基础涵洞