

179468



桥梁现代化深樁基础

Н.П.安德列也夫 Н.М.郭洛郭洛夫 著



02134

人民铁道出版社

桥梁现代化深槽基础

Н.П.安德列也夫 Н.М.郭洛郭洛夫 著

赵光震 賈 参 譯

刘 麟 祥 校

人 民 鉄 道 出 版 社

一九五八年・北京

近年來在修建桥梁墩台方面已逐漸採用現代化的深樁基礎來代替沉箱或沉井等實體基礎，我國武漢長江大橋就是其中一例，這在橋墩結構及施工方法上最為經濟而且迅速，本書是以桥梁工程中各个实例以及各項工作研究的結果，說明橋墩深樁基礎的現代化結構及其修建方法的特征和優點。

本書可供桥梁設計、施工的工程技術人員，以及其他有關基礎的工程技術人員和大學師生們作參考。

桥梁現代化深樁基礎

СОВРЕМЕННЫЕ СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ МОСТОВ

苏联 Н.П.АНДРЕЕВ, Н.М.КОЛОКОЛОВ 著

俄罗斯蘇維埃聯邦社会主义共和國公用事業部出版社

1955年莫斯科俄文版

ИЗДАТЕЛЬСТВО МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО

ХОЗЯЙСТВА РСФСР МОСКВА-1955

趙光震 賈參 譯

劉麟祥 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証出字第016號

新華書店發行

人民鐵道出版社印刷廠印

(北京市建國門外七壩廟)

書號999 開本850×1168毫米 印張8 插頁1 字數197千

1958年8月第1版

1958年8月第1版第1次印刷

印數0001—1,400冊 定價(10)1.40元

目 录

引言	1
第一章 总論	3
1. 基本情况	3
2. 桥墩基础常用的式样及其缺点	6
3. 战后採用新方法修建樁基础的經驗	9
4. 以樁基础代替沉箱基础的典型实例	11
5. 修建特殊樁基础的桥墩	22
6. 承台的位置及形狀	24
第二章 打深樁修建墩台基础的方法	29
1. 打深樁的特点	29
2. 鋼樁	30
3. 鋼筋混凝土空心管樁	39
4. 下沉深樁的主要方法	46
5. 打長樁用的机具及設備	56
6. 射水沉樁法	78
7. 管樁內清除土壤及填充混凝土	85
8. 修建深樁基础的承台	91
9. 水中修建樁基的实例	98
10. 深樁的承载力	107
11. 深樁試驗的結果	113
12. 深樁的容許荷載及其安全系数	122

第三章 震动沉桩法124

1. 用震动打桩机沉桩的原理及BП-1型低频率震动打桩机..... 124
2. 震动打桩机和桩的连接法..... 130
3. 震动下沉的桩的承载力和计算公式..... 133
4. 震动沉桩的组织..... 148
5. BП-2及BП-3型低频率震动打桩机..... 166
6. 双频率震动打桩机..... 175

第四章 螺旋桩..... 181

1. 螺旋桩结构..... 181
2. 螺旋桩的计算..... 188
3. 螺旋桩机具..... 207
4. 螺旋桩..... 209
5. 钢筋混凝土螺旋桩..... 225
6. 螺旋桩的静载试验..... 228

第五章 桩尖爆破桩..... 232

1. 爆破桩尖..... 232
2. 桩尖爆破桩的计算..... 234
3. 桩尖爆破桩的静载试验..... 237

第六章 鑽孔法扩大桩尖的基管..... 239

1. 中央建筑科学研究院式的桩..... 239
2. 桥梁科学研究院式的桩..... 248

引 言

近二十年，特別在战后时期，桥梁工程技术的重大改进，主要表现在广泛发展和推广新式梁部結構的制造及拼裝的先进方法上面。

苏联建有制造鋼梁的强大工業基地。鋼筋混凝土梁，特別是裝配式和預应力鋼筋混凝土結構的制造方法，也在改进。今后几年內，我国將修建許多大型鋼筋混凝土桥梁厂，工業及民用建筑方面的鋼筋混凝土結構工厂。

这样就要根本改进和改善桥梁墩台，特別是桥墩基础的修建方法，以便进一步应用裝配式結構。

修建大、中桥梁的墩台时，应广泛地採用现代化的深樁基础，以代替其他如沉箱或沉井等实体基础結構。现代化深樁基础的特点是其基樁具有極大的承载力。应用现代化的樁基础，可以找出合於节约原則的定型方案及正确的施工工艺規程，基本的最繁重的作業还可以用工業化的方法进行。在一些大、小桥梁工程中，對於樁基础的新結構及其修建方法进行研究的結果証明，如將这些新方案加以适当地定型化和标准化之后，則桥梁墩台施工的工業化及加速施工的問題，即可迎刃而解。

樁基础結構及其修建的新方法，能大大地降低工程造价，減輕工作的繁重程度，提高劳动生产率和減少工程数量，从而可以大大地縮短墩台修建的工期。如应用新式樁基础，由於基樁、裝配式承台和墩台的各部份都能在工厂制造，因而可以創造這項工程充分工業化的条件。

如以现代化的施工方法，將基樁深深地沉入土中，並作成承台，即可避免使用沉箱、沉井等昂貴而又笨重的方法修建基础。

苏联在路線跨越大小河流地点的地質条件，對於铁路和公路桥梁墩台工程推行现代化的樁基础是極有利的。在沿河一帶的平原地区有很厚一層松散岩石，易於修建深樁基础。

如在不深的地方就遇到坚硬的地層（如岩石），截至目前为止还没有人决定採用基樁。根据苏联鑽探技术最新的成就，修建較經濟的柱樁基础問題是可以順利解决的。

本書的目的是以我国桥梁工程中的各个实例，以及各項工作研究的結果，說明桥墩深樁基础的現代化結構及其修建方法的特征和优点

第一章 總 論

1. 基本情况

桥墩的主要部分为基础及基底。桥墩的基础普通均位於地面或水面以下。基础將桥墩自重和桥墩所承受的任意外力，可靠地傳遞於下層土壤部分——基底。

基底必須保證整个建築物堅固耐久。任意类型的桥墩基础必須成为下層土壤上穩固可靠的支点。修建桥梁时各种类型的基础均可採用，採用的原則应視建築物的大小和用途，当地的地質和水文条件，技术和施工的情况而定。

在桥梁工程中，应用最广的基本基础形式为：

1. 於露天基坑（基坑为天然边坡）或板樁圍堰中，修建於天然基底或人工基底上的实体基础；
2. 利用气压沉箱或沉井在水面以下修建的深实体基础；
3. 用各种方法下沉的、以單根樁組成的樁基础。所有下入土壤中的樁，其上端以承台連接之。

目前採用的樁有：木樁，混凝土樁，鋼筋混凝土樁，鋼管樁及鋼筋混凝土的管樁；承台系用混凝土或鋼筋混凝土筑成。

往往有人將桥墩主要部分的作用及用途予以錯誤的解釋，並賦以不确切的叫法。比如，將具有大承载力的單根樁所組成的現代化深樁基础，叫做樁基底或樁承台，这是不正确的。

往昔，把樁基底都了解为在松軟土壤中打入很多短樁的人工基底。这种修建桥墩基础的方法，在早年的桥梁工程中曾广泛地应用过。这种方法所打的樁具有緊密桥墩底面以下土壤的作用。但是，当論及現代化深樁基底时，如仍引用『樁基底』这一旧名

詞，則應認為是錯誤的，因為現在我們所說的現代化深樁基礎，其實每根樁都自成爲單個的基礎。

把樁基礎叫做樁承台也是不正確的。承台是一層厚版，通過它將橋墩上部的荷載直接傳遞於每根樁上。

承台系由木料，鋼料，混凝土及鋼筋混凝土制成。其主要用途爲將荷載盡量均勻地傳於樁上，並保證各樁之間具有固定的距離。

樁基礎結構，按承台和樁的位置、以及於土壤中傳遞荷載的方法來說，可以分爲許多類型。

例如，按承台對基底的標高來說，樁基礎分爲低樁承台（圖1）及高樁承台（圖2）。

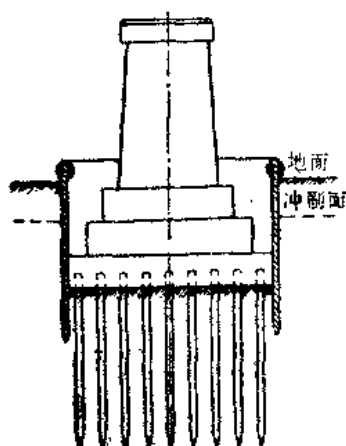


圖1 低樁承台

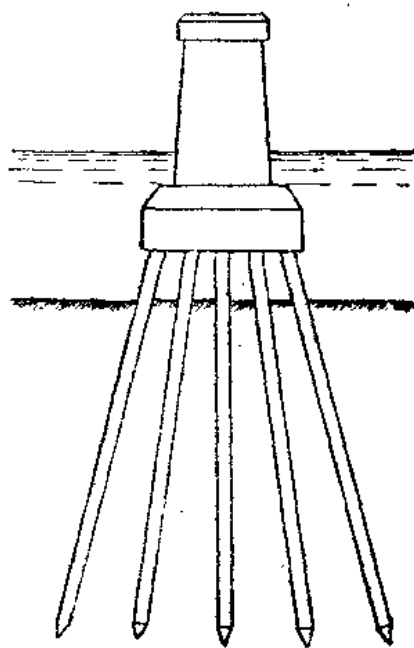


圖2 高樁承台

低樁承台，橋墩底面系直接建築於不受冲刷的土壤上。

低樁承台的計算，在絕大多數情形中，與其他各種承台不同；其不同之處，在於水平力系直接傳遞於基底土壤中。

高樁承台，橋墩底面非直接建築於土壤上，而僅以樁支承

之。每根樁不僅傳遞垂直荷載，亦承受很大的剪力和撓曲力矩。

在修建永久性大、中橋梁時，迄至最近幾乎沒有應用過高樁承台。這種高樁承台的樁基礎結構，主要適用於臨時橋梁，及修建棧橋式永久性小橋工程中。

最近期間，非但中橋已開始廣泛地採用了高樁承台的基礎結構，而大橋已開始應用。

根據計算的方法來說，高樁承台分為剛性的及柔性的兩種。剛性高樁承台常用於永久性橋梁，這種結構在受外力作用下，承台本身的變形較其位移小的多。柔性高樁承台，除承台連同基樁一起變形外，還應計算承台本身的變形。

本文所介紹的樁基礎，系屬於剛性高樁承台者。

現代化的深樁基礎，為了在受外力的作用下，減少承台的位移起見，一般直樁和斜樁同時並用。斜樁的斜度普通在 10:1 至 4:1 之間。以現有的打樁機打這樣斜度的斜樁是沒有困難的。

應當指出，現代化的深樁基礎結構若與過去短樁基礎結構比較，則前者所用的深樁，具有完全不同的特點和不同的功用條件。

按照荷載經由基樁傳至土壤的條件來說，樁可分為兩種基本類型：

1) 摩擦樁，樁身周圍的土壤及樁尖底面土壤均受壓縮作用（圖 3a 及 b）。這種樁的承載力系由樁身表面與土壤的摩擦力及樁尖的支承力相加而得。

樁周圍土壤的物理機械性質，對於樁的摩阻力具有極大影響。

柱樁（圖 3c），這種樁的周圍土壤，大部分均受壓縮作用，但實際上，它是支承於不可壓縮土壤上的。這種樁的承載力或決定於樁身的強度，或決定於所支承的岩層強度。但是，過去樁下沉不深，就很難達到可靠的土層，其所能達到的土層，往往不能利用。只在打樁技術發展之後，才能將樁在土壤中下入很大的深度，因而大大地增加了樁的承載力，出現了創造新型樁基礎

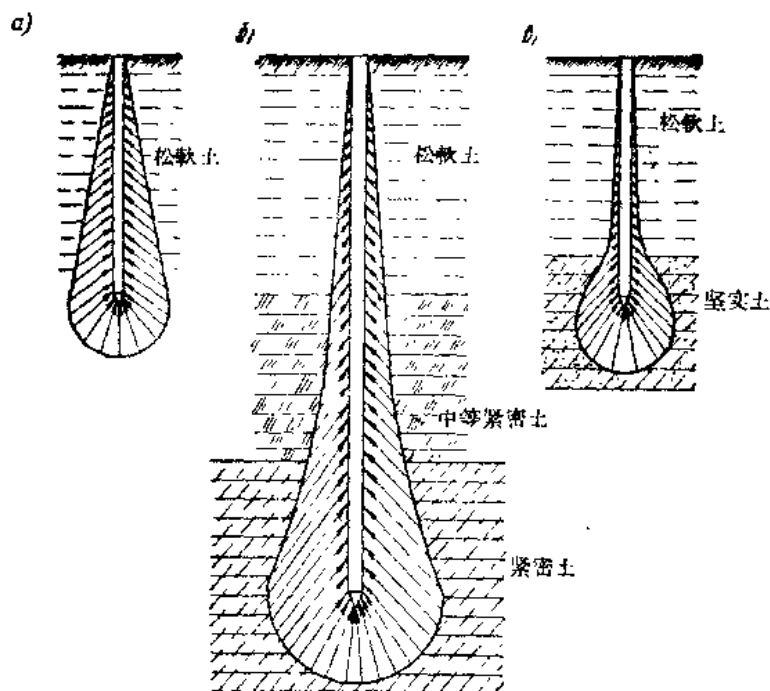


图3 桩的摩阻力的图解

結構的条件

在各种不同性质的地层中下沉的深桩，經多次静載試驗表明，一般都是当桩下沉至紧密的下层土壤时，才能看出桩的摩阻力的急遽增加，这是由于桩身表面的摩擦力和桩尖附近土壤的支承力均大大地增加所致

2. 桥墩基础常用的式样及其缺点

在桥墩的设计和施工的經驗中，至目前为止，仍习惯用下列几种修建基础的方法。在大桥工程中，当於河身修建桥墩时，最常用的方法是修建实体深基础。修建这种基础一般都採用气压沉箱，而在各别情形中，亦偶尔採用沉井。以这种方法修建实体深基础与桥址地带的地質構造无关。当桥墩的基底为岩石、沙層及

粘土时，虽偶然遇到很松軟的土壤，但气压沉箱仍可应用。我們知道有許多例子，在厚达30—25公尺淤泥層中修建基础时，仍然採用了重型实体基础。

虽然以气压沉箱方法修建基础的造价很貴，但至最近为止，还没有一座大桥工程不用压缩空气，而能建成。

气压沉箱工程須設置强大的动力站和压缩空气机站，須有許多压缩空气及給水的管路；为了防止沉箱病，並須进行不可缺少的預防和医疗措施。所有这些情况都將延長桥梁的施工期限。用气压沉箱修建基础时，需要大量地灌注混凝土及鋼筋混凝土圬工，因而使基础的自重过大，如沉箱下沉很深时，則桥墩的自重將大大超过桥梁上部結構的恒載重量。

桥梁上部結構的自重与其上面的活載重量加在一起，仍較基础重量小的很多，因而就發生这样一个問題，基础圬工是不是一定要作成这样大，也就是实体深基础結構需要不需要很大的自重。如桥墩基础圬工的体积过大，勢將使基底多承受荷載，增加不合理的費用。实体沉箱基础桥墩經檢算后証明，沉箱上部圬工，即自基础襟边起至沉箱頂面止的一段，其各截面中的应力，一般說來都是很小的。

曾試圖將桥墩作成空心的，以減少应力小的沉箱上部結構；这样的办法，一般說來在施工上是有很大困难的，而且減少的圬工体积不多，不超过10—20%。

目前在基础工程方面，一般是用直徑26—32公分、長4—8公尺的木樁，更長的木樁很少使用。在各別情形亦採用鋼筋混凝土樁，其截面由25×25公分至40×40公分。鋼筋混凝土樁的長度普遍不超过10—13公尺。

根据現行的桥涵設計規程，上述截面的木樁，其容許荷載为20—30吨，而上述鋼筋混凝土樁的容許荷載为25—50吨。在此种荷載作用下，樁身的材料强度利用得很少。

除樁基础外，如土壤的情况良好，中小桥的基础亦往往直接

建於天然基底上。在露天基坑中砌筑基础时，如基坑内湧进水流很多，可採用板樁圍堰。

在我国桥梁工程中，修建桥墩基础应用最广的方法是在一个相当长的时期里形成和发展的，在这一时期修建桥墩的特点是广泛使用人工，並以手工業方式进行操作。此种方法習慣用深的沉箱基础和低樁承台，需要挖除大量的土方，砌筑大量的基础圬工，这些都不可避免地要大量消耗人力和时间。

十月革命以前，修建实体基础所採用的方法，絕大部分是利用当地石料砌筑片石圬工。在苏联由於建筑工程机械化的發展，片石圬工的桥墩就逐漸地改用混凝土桥墩了，因而，在修建桥梁墩台时，需要大量地使用水泥，並須从外地运来碎石、卵石及質量良好的河沙。

如桥墩設計的原則不变，但是由於应用了混凝土圬工，對於工程質量的要求比片石圬工就提得更高了。混凝土的桥墩和基础一般仍然設計为实体的，这就妨碍了新材料（混凝土）高度机械性質的充分利用。这就是混凝土工程造价昂貴主要原因之一。基础的主要尺寸，系根据基础必須將荷載由桥墩可靠地傳遞至基底土壤設計的。沙質和粘土質土壤的容許应力很低，尤其是当基础在地面以下很淺时，因而就需要扩大基础的支承面积。由於这些情况，同时再考虑土壤的冻结及河床的冲刷等因素，基础圬工势必作成十分龐大，因而在受外力作用下，基础的应力是很小的。在桥墩底面的荷載，絕大部分是由实体桥墩的自重引起的。比如，小桥桥墩圬工的自重连同基础階級表面上土壤的重量在內，仅佔全部設計荷載的50—60%。大桥桥墩基底所承受的荷載，其中70—80%是桥墩自重产生的。在这方面还应当把桥墩圬工的机械强度未能充分利用略作說明，因为桥墩圬工根据其耐久性及抗冻性常以超过需要的高級混凝土进行修建，所以其强度得不到充分应用。

上述这些情况是現時修建正式桥梁墩台工程一个严重的缺

点

採用高承台的深樁基礎，即可大大地消滅這些缺點，可以減少浪費和消除實體基礎砌工不充分利用的情況，無論對於大橋或小橋完全能够保證精簡節約，同時又能使橋墩結構穩固可靠。

3. 战后採用新方法修建樁基礎的經驗

最近這段期間，蘇聯建築單位在新建和正式修復的鐵路和城市橋梁的大量工程中，有30多座橋梁都是採用樁基礎的新方法修建的，用這種方法共修成了80幾個橋墩。

打深樁的方法曾經作過廣泛的檢查，各樁打入土中的深度均在30公尺以下。多次靜載試驗的結果表明，在沙質及粘土質土壤中打入的深樁的承載力，每根樁均達400噸。

曾以空心鋼管樁及鋼筋混凝土管樁作為深樁，樁身的直徑達1000公厘。打樁用的樁錘可使用單打或復打的重型汽錘（汽錘的重量達8.3噸），亦可使用各種電氣震動打樁機（系橋梁總局及橋梁科學研究院設計製造者）。

在打樁時，一種情形須配合強力的射水沖刷，另一種情形，則須從管樁的內部和樁靴的下部除土，才能把樁很深地沉入土中。

根據社會主義勞動英雄Н.О. 蘇留巴會同鐵路施工和設計科學研究院的創議，在螺旋樁的基礎上修建許多橋梁的試驗都很成功。

同時在許多橋梁上還採用了擴大樁尖，以增加樁的承載力的方法，即是在樁尖內部裝小量的炸藥進行爆破，隨即在爆破的空間填滿稀混凝土。這種方法稱為擴大樁尖爆破法。

根據各專家（Е.П. 赫烈布尼果夫，Л.И. 瓦西里也夫，Е.А. 西道洛夫，Б.А. 札布勞金）的合理化建議，對於擴大樁尖所用的特殊機械，曾進行了試驗工作。

战后期間所進行的上述工作，其目的即是採用深樁，以便作

成新結構的橋梁基礎。這種基礎具有極大的承載力，它可以有成就地代替以氣壓沉箱修建的實體深基礎。

假若說過去在衛國戰爭之前，橋梁工程中修建深樁基礎的經驗和必要的現代化機械還不夠的話，那麼目前的情況就大大地改變了。可以說目前幾乎完全能夠廢棄沉箱修建基礎的方法，僅在個別情況下，主要地是在修復破壞橋墩的水下部分時，沉箱方法才許可應用。

蘇聯的工程技術，在衛國戰爭之後有很大的發展，每年都在進步。由於新型的強大吊機，萬能吊機，現代化的電氣震動打樁機，工廠製造的裝配式鋼筋混凝土結構（其中包括鋼筋混凝土空心管樁）的出現，因而橋梁墩台即可改用工業化的快速方法進行修建。

改用這種施工的先進方法，即可全面地減少昂貴的實體結構。這樣的結構，其工作有一定的季節性，並需進行大量的準備工作。在修建大橋的墩台時，應盡量避免使用昂貴及工期長的沉箱或沉井基礎。應視當地條件及施工技術的可能，下沉具有高承載力的螺旋樁或樁尖爆破的管樁，而廣泛地採用深樁基礎。

承台及墩身應以工廠製造的、大塊的裝配式構件修築。基礎，一般應當是標準型的、一定型的，同樣亦應由工廠製造。

修建小橋及中橋時，高樁承台的基礎較目前情況更應大量發展。在這方面，根據1953年橋梁總局的工程經驗，許多以裝配式鋼筋混凝土結構作成的小橋系採用鋼筋混凝土樁作為橋墩的。橋墩的結構系在導向承台的孔中打下鋼筋混凝土樁，以高樁承台的原則進行修建的。鋼筋混凝土樁系以中型電氣震動打樁機下沉土中。小橋工程應用這種結構的特點，是引橋及正橋橋墩全部均可用橋梁工廠製造的，沿鐵路運達工地的裝配式結構作成。

小橋及中橋採用這種工業化的裝配式結構橋墩的設計，若與舊式的實體結構設計相比較，其土方數量幾乎減少33%，而工期亦可加快數倍。

这种桥墩主要結構的定型和統一化，高樁承台深基礎修建的方法，以及各種截面和承載力的鋼筋混凝土樁定型結構的設計，應認為是桥梁墩台工業化施工的基本道路。如能很好地準備工業化工廠和工程安裝的基地，以推廣現代化的深樁基礎，即可保證施工人員勞動生產率的增長，工程造價的降低及工程交付使用時間的縮短。

4. 以樁基礎代替沉箱基礎的典型實例

近年來在許多桥梁永久修復工程中，曾有成就地將若干大橋的沉箱基礎，改用深樁基礎了。從這些修復的桥梁中，我們舉出三個例子，說明以深樁基礎代替沉箱基礎的方法，無論在施工方面或在經濟方面都有巨大的成效。

第一個例子。在1946年有一座大橋進行永久性修復時，在河身中部須要短期建起5個新橋墩。在橋墩上曾架設了長77公尺及86.7公尺的定型鋼桁梁。在修建橋墩的地点，水深在6至12公尺之間。

從河床表面起，深12—15公尺為易於沖走的細沙層，在這層細沙層的下部夾有薄粘土層及薄沙質粘土層。在細沙層的下面為緊密粘土及泥灰岩的岩盤。

按照以往設計桥梁的經驗，如遇到這樣性質的土壤，一般正確的橋墩施工方案，應當是浮運沉箱方案。但是由於河流變化無常（夏季時常發生暴雨漲水），而修建沉箱基礎的準備工作和基本工程都需要很長的時間（在順利的條件下，修建這五個橋墩的基礎至少亦需10—12個月），因而得出最好修建深樁基礎的結論。這項深樁基礎，按照H.M.郭洛果洛夫工程師的設計是高樁承台，其所用管樁內部填以混凝土，管樁打至岩盤。所用的管樁有兩種類型：1. 直樁，系以無縫鋼管制成，鋼管直徑為240公厘，管壁厚度為8公厘；2. 斜樁，系以鋼板樁焊接而成方形管樁，其尺寸為340×340公厘。每個橋墩共打直樁80根，斜樁40

根。斜橋的斜度自1:1至1:1.5。

高樁承台基礎這一方案，雖然鋼管樁截面尺寸不大，但仍不失為正確的方案，這是由於河中流冰不大，而在施工中又採用了圍囿的關係，因而採用了這一方案。打樁工作是用汽錘進行的，樁的入土深度為15—20公尺。樁尖插入緊密粘土層及泥灰岩中的深度為1—3公尺。

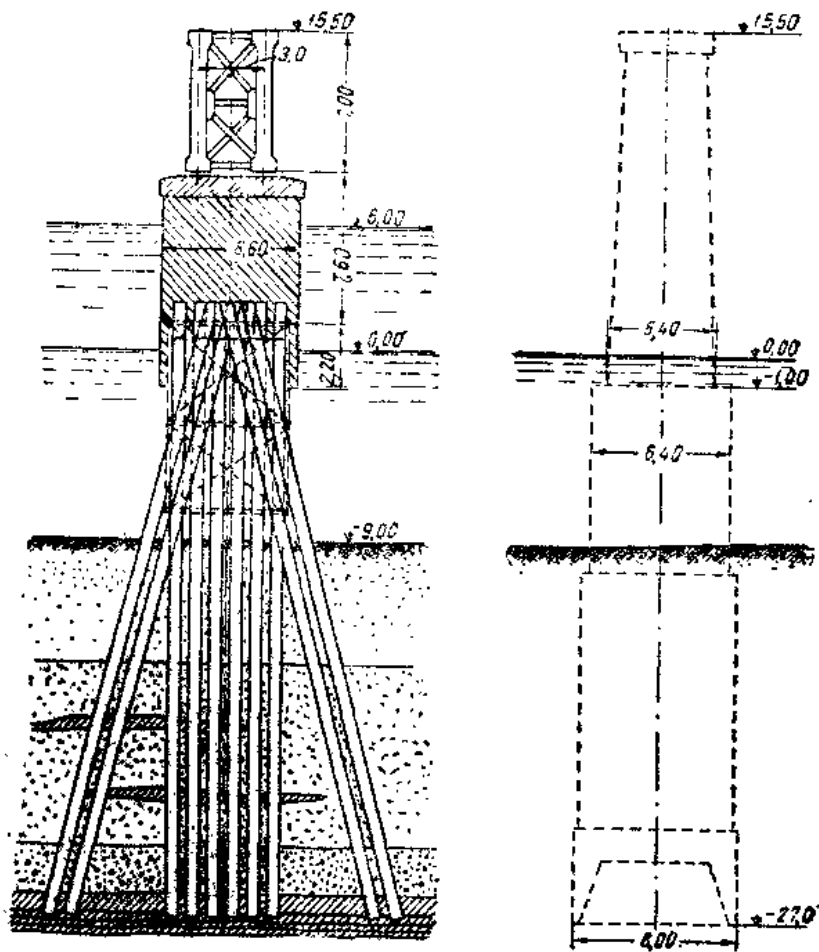


圖4 同一橋梁，高樁承台與沉箱基礎的比較