

挡土墙 挡土施工法

方 玉 生 译
焦 定 福 校
胡 凤 秀

吉林省林业勘察设计院

目 录

[1]	挡土墙、挡土工程当前存在的问题	山村 和也 (1)
[2]	最近的挡土墙, 挡土施工法	久乐 胜行 (7)
[3]	土木构造物标准设计(挡土墙类)的内容和方法	
	岩松 幸雄 工藤真之助	(18)
[4]	挡土墙工程、挡土工程的施工实例	
	(1)大规模挡土墙工程	冈崎 义则 (26)
	(2)加筋土施工法工程	山之内一次 池崎 贤二 (34)
	(3)砼块挡土墙工程	松村明 矢吹 成之 平田 义尚 (41)
	(4)大规模石砌工程	渡边 高行 (46)
	(5)板桩施工法实例	蛇川 雄司 福島 宽 (52)
	(6)植被施工实例	羽田 忠彦 (58)
	(7)框架施工法实例	川原 秀纪 (66)
[5]	土压力的计算法和土的下沉计算法	多田 耕一郎 (70)



1

挡土墙 挡土工程当前存在的问题

山村 和也

一、前 言

挡土墙和临时挡土工程在挡土构造物里是有代表性的。由于建设工程,在原地面上切土、填土或者取土时,地面产生高低差,出现陡坡。为了防止这种陡坡的坍塌所建造的构筑物就是挡土构造物,如果在用地有宽余,从构造上讲也可能设计,做成缓坡的方法,往往是安全和经济的。但当前工程立地条件不好,必须考虑做成特别构造和形状的挡土构造物的地方增多了。

特别在地形起伏较大地区的土方工程和大规模构筑物的深挖工程,或者地基条件不好的软弱地基上的工程,施工条件要求严格的市区工程等,在挡土构造物的设计施工上必须特别注意。

关于普通规模的挡土墙,施工实例很多,过去的实际成果也很多,可以编出标准设计,供通用设计使用。甚至大规模的挡土墙设计施工基本上也可以说和普通挡土墙一样。不过,构造物规模一大万一发生破坏时,遭受的损失和修复需要的费用就大,因此作为构造物的重要性变得大了。加之,当地质条件复杂的情况下进行挡土构造物设计时,由于还有很多不清楚的问题,所以应该用土质调查结果进行详细验算。

在挡土构造物上,可以举出混凝土挡土墙,板桩墙,混凝土预制块挡土墙,地下连续墙,沉箱等,另外土中锚固施工法和加固土施工法(加筋土施工法)等,也正在被利

用到挡土工程上。如果包括这些,挡土构造物的范围是很广的,新的施工方法和试验等也在接连不断地进行。在挡土构造物里,除永久性构造物以外,有时还有为了建设正式的构造物而修建的临时性挡土构造物。

由于挡土构造物种类多,所以应该选择适合现地条件的挡土构造物,也就是规划挡土构造物、进行施工时,应该考虑施工地点土质、地形、地下水的状况,或者有无邻接构造物等周围条件,还有,在市区内产生工程公害的可能性等等多种关系的多种因素。

一考虑这些问题,没有解决的问题就不少。本文举出挡土墙以及临时的开挖挡土构造物为例,以日本道路协会《挡土墙·涵洞·临时构造物工程指南》委员会(本山委员长)所议论事项为中心,说明几个设计·施工问题。

二、挡 土 墙

防止陡坡和垂直面的坍塌,最通常设置的构造物就是挡土墙,虽是从很早起就被运用的构造物,但是还遗留着作为设计基础的外力和用于计算的各种设计常数的确定等需要进行研究。

1、设计土压力的计算

为了计算作用在挡土墙上的土压力、采用库伦兰金公式和太沙基·配库的土压力计算图。其中所谓最一般的是库伦土压力公式,许多机关,在规定的挡土墙设计标准里,多数规定设计上用这个公式。可是,在这个公式里,应该用于计算的只是内摩擦

角, 粘着力没有考虑进去。因此, 为了设计, 即使规定进行土质试验, 也不能把它的结果直接反映到设计上, 实际情况是按照经验性的土质分类, 假定内摩擦角。例如: 普通程度的土取 $\phi = 30^\circ$, 根据土质良否适当增减这个数值。

太沙基·配库所建议的土压力, 是从经验方面求出的, 把挡土墙的背面土分为五种类型, 对其中的每一类, 定出作用在挡土墙上的土压力。太沙基·配库的土分类虽是粗糙的, 但由于即使用库伦土压力公式, 土质试验结果也是不能应用的, 所以从一开始, 也有意见认为进行这种分类是适合的。在《挡土墙·涵洞·临时构造物工程指南》里, 用这五个分类里的三个分类, 建议对应于①砾、砾质土、②砂质土, ③粉粘性土计算土压力。

这是从不了解挡土墙背后土的压实, 排水条件、经过常期的土性变化等基础上, 考虑调查和试验所需要的劳力和时间制定的, 可应用于高度在 8 m 以下的挡土墙。

求土压力的方法不同, 所算出的土压力一般都不相同, 把用库伦土压力公式求出的值和根据上述太沙基·配库的三个分类所求出的值作一比较的例子示于图1—1。其中库伦土压力是假定①的土 $\phi = 35^\circ$, ② $\phi = 30^\circ$, ③ $\phi = 25^\circ$ 进行计算的。

挡土墙背面的地表面如果是水平的, 两者的差就少, 如果背面的地表面有坡度时, 差就大, 特别在土质较差时, 差别就更显著。

此外, 在挡土墙设计时, 由于假定土压力为三角形分布, 所以规定土压力的合力的着力点在离底面为墙高位置。可是, 从实际测定的土压力看, 有位于比这更高的位置上, 有些报告指出随着施工方法变化, 土压力的合力点也变化。还有倒T型挡土墙, 虽然假定了土压力作用的虚背面, 但对这种处理方法, 也有不同的看法。关于土压力设计问题还很多。

2、地震时的稳定性

不限于挡土墙, 所有的构造物, 一受地

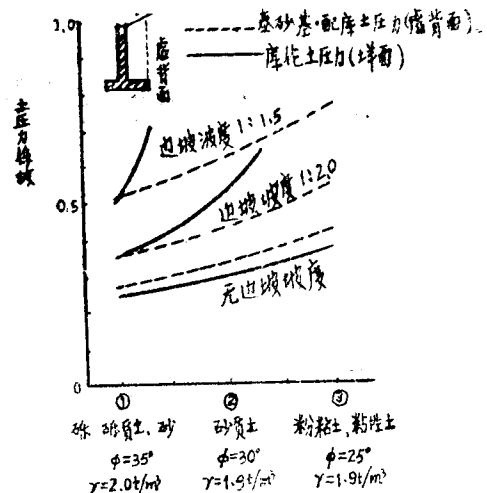


图1—1

(太沙基·配库和库伦土压力系数比较)

震影响, 构造物的稳定性就降低。换言之, 由于地震力的作用, 土压力增加了。另外墙体本身的惯性力也增加了。地震时的稳定性, 应该讨论墙体和地基, 以及背面土的动的相互作用。现时还不能很好判断实际地震时的动态。特别由强烈地震造成的挡土墙遭灾事例的调查资料极少, 解决这个问题就更困难。可是, 如果根据过去的几次地震的经验, 现有的挡土墙几乎没有破坏的。因此很多人主张用过去的设计法和施工法进行修造, 即使不考虑地震力的影响大概也无妨。因此, 对于高度 8 m 以下的中小规模的挡土墙一般的说可以不考虑地震的影响。

最近, 对震灾措施的关心提高了, 甚至在《挡土墙·涵洞·临时构造物工程指南》里, 也规定了在构造物特别大, 或者可以予想它的破坏要给予周围地区重大损害, 并且修复特别困难的时候, 要考虑地震力的影响。

现时还没有确定挡土墙的抗震设计法, 一般是按照地震系数把地表面和挡土墙向危险侧倾斜一个角度, 寻出适用库伦土压力方法的物部·岗部公式求出地震时土压力, 可是, 这种验算在现有挡土墙设计上, 实行到什么程度是不清楚的, 因此, 从全国各地随

意选出了高度超过8m的大规模挡土墙21例，收集其设计资料，调查了抗震设计的实际情况，为了参改，把调查结果作一介绍。

首先21例里，实行抗震设计的是13例，约占总数的2/3，剩下的1/3，没有考虑地震的影响。在抗震设计上，没有使用统一的方法，因此，对全部的例子重新考虑现地条件，取设计水平地震系数为0.2，用物部、岗部公式求出土压力，重新计算了地震时挡土墙的稳定性，水平地震系数取0.2，虽然也有问题，但是明确了其结果，得到稳定结论的仅8例，约占总数的40%。

用上述水平地震系数0.2，物部、岗部公式的验算方法虽不能认为一定可靠，但是由于前述(指南)上所建议的是最一般的方法，因此可以认为，它提出了现有挡土墙状态和裂缝如何的问题。

在进行地震稳定性计算时，虽然考虑了由地震产生的墙体的惯性力，但是，这使地震时的挡土墙设计，得到了颇大的平衡重量。特别在把挡土墙墙面上的背填土算作墙体自重的倒T型挡土墙和倒L型挡土墙等上，惯性力的影响是很大的。挡土墙设计时在假定虚背面的处理方法方面，虽有如图1—2所示的种种考虑，但在计算地震时的稳定性上由于其影响大，作为研究课题之一，今后有必要提出来。包括这类问题在内，希望研究合理的抗震设计法。

3、原地盘或者老地基的影响

在挡土墙设计时，必须把原地盘或者地基的影响考虑进去的地方是很多的，其中之一，是挖方地段挡土墙。特别是挡土墙和原地盘斜面接近的场合，原地盘如果充分稳定，可以只考虑背后填土的土压力，不稳定时，必须预先充分考虑原地盘的影响。原地盘发生大的坍塌，挡土墙往往因之破坏，所以，在有这类危险的地方，有必要预先另外设计防止原地盘坍塌的措施。在前面所说的大规模挡土墙的实际调查里，也对原地盘的

稳定性进行了评价，可以找到几个析减设计土压力进行设计的例子。特别在大规模挡土

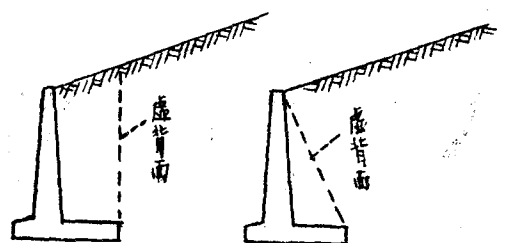


图1—2
(虚背面的取用法例子)

墙方面，由于土压力大，因此，这种场合的计算方法最好标准化。

其次介绍一点关于软弱地基上挡土墙的地基变形问题。

在软弱地基上，为了确保挡土墙的支承

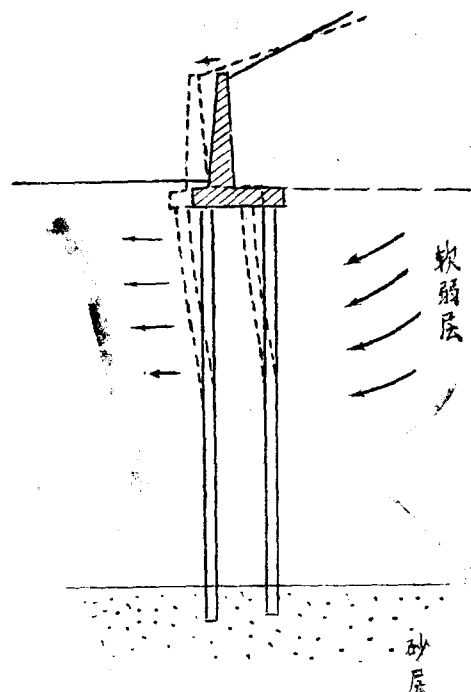


图1—3
(软弱地基上挡土墙的移动)

力，一般做成桩基础。这种地方挡土墙的支承力即使是充分的，背面填土如果不用心进行施工，包括软弱地基在内，就要发生深滑移，就有使挡土墙破坏的危险。即使没有达到这种事故(程度)，如图1—3所示，由于

填土荷载作用，软弱地基发生变形，使挡土墙在水平方向移动，容易引起倾斜，所以也必须加以注意。

为了防止挡土墙的移动，事前不进行软弱地基处理，要使地基不发生过度变形和挡土墙移动，可以考虑采用地锚等有充分横向阻力的方法。指望基础桩的横向阻力效果也是差的。由于背面填土荷载的影响，使软弱地基发生变形，连打入在其中的桩也一起发生移动，所以，应该认识通过桩的横向阻力来阻止挡土墙的移动是不可能的。

在软弱层厚的地方，特别由于填土容易引起移动，如不予先采取恰当的措施，往往发生问题。如用慢速施工法进行背面填土，以防止挡土墙的侧向移动，虽能使移动量减少、但也未必能指望收到根本的效果。

4、挡土墙体的设计

倒T型和L型等的钢筋混凝土挡土墙的设计，一般地可以按照土木学会的混凝土设计规程进行。这个规程作为1980年版本，进行了部分修订。

修订之一，是相当减低了容许剪应力强度。

设计规程的设计编，由于长时间几乎没有修订，所以有关容许剪应力强度，即使与各外国的值比较也是相当大的，根据以前就有抗剪容许值过大的意见和最近由于地震使钢筋混凝土构造物发生剪切破坏造成的受灾情况，看到这次修订是有道理的。

可是，在现行的钢筋混凝土挡土墙设计上，考虑施工方便，一般不用箍筋。因此，发生在墙体内部的剪应力按照由混凝土负担进行设计。由于规程的修订，这回混凝土的容许剪应力强度变小了，所以，如果根据这个进行设计，就应该设计为和现在不同形状和构造的挡土墙。

例如在《建设省制定土木构造物标准设计》里，集录着挡土墙类标准设计，为了制订这些标准设计，在设计计算上把混凝土

的容许剪应力强度规定为 8.5 kg/cm^2 ，通过修订，把这个数值减少一半，因此，给标准设计带来相当的影响。在具体方面，通过这个修订，示出了扶壁式挡土墙底版厚度怎样变化。扶壁式挡土墙的设计，从挡土墙高6 m到11 m，合计提出320套，但底版20 cm厚的约达到10%，10 cm厚的约达到25%。

如果用这种被修订的规程进行设计，构件厚度就要变大，但是，用过去的设计方法所设计的挡土墙几乎没有发生坍塌等事故，所以，否认急速变更现设计的必要性的意见也是强烈的。考虑对照道路桥梁下部工程指南里所采用的支点附近的容许剪应力强度的放宽规定，如何把规程的修订用到实际的设计上，日本道路协会委员会现在正在进行着研究。

三、临时挡土构造物

所谓挡土构造物，是防止土的坍塌的构造物的总称，但是，本文根据狭义定义为在建设土木构造物等开挖工程里为了防止开挖立面或者斜面坍塌的临时构造物。

并且，从其中举出主桩式和钢板桩式的挠性挡土构造物，说明两三个注意的问题。

1、作用在临时挡土构造物上的土压力

设计临时挡土构造物时，最主要的是假定土压力。加在临时挡土构造物上的土压力，随深度而增加，一般是所谓三角形分布，但是，在挠性临时挡土构造物上，由于随着开挖加深，壁面发生变形，土压力被再分配，上部土压力增加，变成矩形或者阶梯形的土压力分布。揭示这种现象的是根据太沙基·配库的横撑反力实测结果所提出的表观土压力分布，在建筑基础构造物设计标准和关于国铁，地下铁的设计标准里，以表观土压力分布和实测结果一起决定设计土压力。

首都高速道路公团《临时构造物设计规

程》，日本道路协会《挡土墙·涵洞·临时构造物设计指南》里所采用的土压力，包括了前述太沙基·配库的实测结果，那以后，是通过广泛收集整理实测土压力分布求出的。其特征在调查大规模开挖观测实效的地方，即使开挖深度变大，土压力也保持一定，和太沙基·配库等的开挖深度大，土压力变大的分布是不同的。这个准则虽然是根据长时间的实测资料确定的，但它是以比较深的开挖观测资料为中心的，作为小规模临时挡土构造物（5 m 以下）的设计土压力，在现场施工人员中认为过大，因此，现在日本道路协会委员会正在研究。

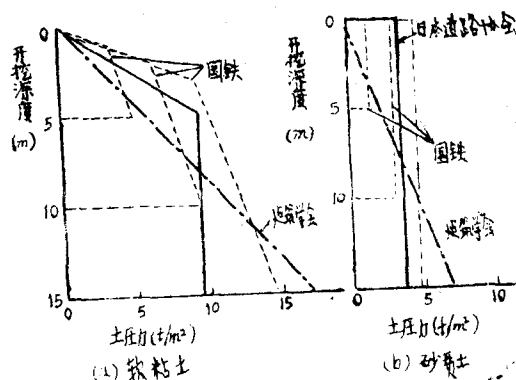
还有，关于土压力的作用范围，有的规定到开挖底面，也有规定到虚支点。

甚至在上述以外的机关，也从各自的考虑方法和现场适用条件出发，提出了不同的设计土压力建议。如果比较这些土压力，随着开挖深度和土质条件等不同，往往产生相当大的差异（图1—4）。作为将来的问题，希望进一步进行研究，对于各种设计条件，定出一个能共同适用的标准。

上面所说的土压力，是用于挡土桩、钢板桩、横撑、水平撑等挡土墙杆件截面设计的土压力，包括各机关的标准在内，对于计算构成挡土墙或者墙体的钢板桩的入土长度的土压力，都另作规定。比如在首都高速公路公团，日本道路协会的标准里，规定用兰金土压力，在国铁标准里，规定沙质土用库伦土压力，粘性土用兰金土压力，入土长度的计算方法，考虑入土部分随着开挖在开挖侧被挤压弯曲，通过入土部分的被动土压力来抵抗，而关于包括在开挖途中的一个阶段的最下水平撑，则是求由外侧主动土压力和内侧被动土压力产生的力矩的平衡，但土压力的假定方法，没有统一的规定。

另外，作用在挡土墙上的全部土压力，是把所谓有效土压力和水压力合算在一起的，但是关于水压力的计算，各标准也有差异，

显示出土压力计算的复杂性。



（图1—4设计土压力比较的例子）

2、挡土工程中的动态

挠性挡土墙变形等动态和作用在墙上的土压力同样都是重要的基本问题。

以临时挡土构造物的变形为中心，近年来各地实行挡土构造杆件的应力、土压力，周围地基的变形等各项观测，其成果一直被有效地利用着。

对于整个地质学，应全面了解，仅从有限的土质调查结果，要事前正确地假定用于设计的土质常数，进行正确的设计就很难了。特别在挡土工程里，由于有某种程度的变形为前提，因此，随着时间的推移，地基的土性变化很大。为了适应这种复杂条件，规模越大的临时挡土构造物越需要进行细心的施工管理，变形、应力等各项观测，都要从这些方面广泛实行起来。

特别随着电子计算机信息处理技术的发展，自动处理观测数据，适应挡土工程的种种情况变化，用计算机进行施工管理的尝试等，也是一直在进行着。利用挡土工程中的动态的观测数据，可以说是最近挡土工程技术进步中的一大特征。

随着这种挡土工程的观测资料的积累和其整理分析，解析理论和电子计算机数值计算方法的进步，表现开挖工程过程的临时挡土构造物的动态的复杂计算也变得可能了。也就是或者把土当作塑性体处理，或者看作

弹性体,采取非线性方法等,各种解析法都在进行研究,通过与实测数据的比较,来证明计算方法是否妥当的试验也在进行着。

同时,把这种解析方法用于实际的设计上的尝试也在进行着。

可是另一方面,即使进行复杂的分析,由于用于计算的土变形系数等各种常数的研究不充分,土压力的实际状态不能解释明白,所以对其计算结果的实用性提出疑问的意见也是不少的。在计算的理论构成中,使用的各种常数的决定过程中,由于引入了种种假定,所以如果把用所建议的各种方法所得的结果试作比较,例如取挡土墙的变形量看,出现2倍程度的偏差还是不少的,当前对成为计算基础的土质常数的评价,比通过复杂计算跟踪临时挡土构造物动态更应当给予关心。

和挡土墙变形同时,周围地基的变形,在有邻接的既存构造物的场合,是重要问题。

依靠临时挡土构造物进行开挖工程时,壁面的变形,开挖底面的隆起,或者由周围地下水位降低使地基压实,周围的地表面发生下沉。

地表面下沉的计算,往往根据过去实例或者数值计算等进行,由于受临时挡土构造物施工条件或地基的土质条件等很大影响,所以要在事前进行很精确的预测是困难的。由于所发表的地表面下沉观测结果少,所以,和收集整理有关资料同时更希望对施工措施及其效果进行调查。

为了防止周围地表面的下沉使用土中锚固施工法,或者为了防止地下水位降低注入药物溶液,以及使用其他的防水施工法等,其效果是否明确是很难说的。

4. 开挖底面的隆起

在依靠临时挡土构造物的开挖工程里,底面的隆起,从工程安全上说是关系工程成败的重要问题。隆起有两种类型,一种是发生在粘土地基底面的胀起现象,再一种是在开挖底面下有被压地下水层,随着开挖,不透

水的粘性土厚度变薄,带动地基上升现象。

关于隆起,从很早起就进行着种种研究,可以说是个又老又新的问题。

由被压地下水产生的隆起,由于是力的平衡问题,所以处理是比较简单的,但是粘土地基时,由于现象复杂,处理就是困难的问题。

粘土地基隆起的研究,根据各机关的标准,都提出了各自的方法。

在最近制订的国铁开挖挡土工程设计指南里,提出了用配克(英国的液量名,合9.092升——译者注)稳定数的研究方法,作为实用性的方法,认为使用上是便利的。这个方法甚至最近在我国也被使用。从取得的实际效果看,和实际现象往往是相符的。

稳定数 N_b ,用

$$N_b = \frac{r_s H + q}{C}$$

给出。其中:

r_s : 土的湿润单位体积重量

H : 开挖深度

q : 外加荷载

C : 开挖底面以下的地基的粘着力

然后,从这个稳定数值,判定开挖的难易。在这个方法里,提出了作为进行判断的情况: N_b 如果比3.14小,则是弹性变形,变形量就小,如果 N_b 达到5.14,开挖底面就要破坏或者由于隆起,带动地基上升。

一般地,这个检查在进行挡土墙或水平支撑设计前进行,对正在计划的开挖深度在作为对象的地基上是否可能施工进行判断。在稳定数过大的地方,应该通过稳定处治使地基强化,同时对挡土施工法应该从根本上加以研究。

这个方法虽是简便的,但没有考虑开挖底面的形状,大小的影响,开挖底面以上部分土的强度影响等,并且对粘着力每层发生变化的情况怎样进行判定,研究都是不充分的。另外为了计算稳定数所使用的粘着力随

久乐 胜行

一、前言

总称开挖、搬运、压实土砂、岩石等的工程叫土方工程。在土方工程中为了防止土的坍塌而支撑土的构造物，也就是建造挡土墙和挡土工程等构造物的工程也包括在内。这些构造物往往占土方工程中的主要部分，因此，在其设计、施工时需要充分考虑。特别在最近，对于施工中以及所建造的土方构造物的安全措施和防灾措施等，附加严格条件的地方变得多了，还有施工时充分考虑有关施工中的噪音、振动问题对周围居民的影响以及由建造土方构造物产生的对邻接构造物的影响等也变得必要起来了。

就挡土墙种类说是很多的，其形式也是多样的，作为过去所使用的挡土墙形式有砌石、砌块挡土墙，重力式挡土墙，悬臂梁式挡土墙，扶壁式挡土墙，拉壁式挡土墙等。还有在山区道路的半填半挖部分可以用靠背式挡土墙。其他作为特殊形式的挡土墙，有圆架式挡土墙，特殊扶壁式挡土墙，箱型挡土墙，框架挡土墙等。作为最近的新的施工方法，可以举出加固土施工法。在加固土施工

法方面，有在称为混凝土或者金属制罩面板的预制装配式墙面上，把称为带钢的金属加固件用螺栓连结起来敷设在土中，依靠带钢的拉拔阻力构筑高填土的所谓加筋施工法；有在填土内沿水平方向铺入用高分子材料做成的网状物，在确认规定的每层压实厚度碾压标志依靠网状物的抗拉强度使土方工程机械能在坡顶附近走行，均匀压实整个填土，依靠网状物构筑坚固填土的加固施工法。

挡土施工法是为了防止开挖造成土砂坍塌的，所以有以截水为目的的情况和不是以截水为目的的情况。在水中部分和存在地下水的地上部分，以截水和挡土为目的的构造物，一般叫围堰，钢板桩式的临时构造物可以作这种围堰。还有地上部分在不是以截水为目的时，可以采用主桩式的临时构造物。在深水软弱地基的围堰和邻接其他构造物的临时挡土构造物时，常采用坚固的双重围堰和连续地下墙施工法等。

此外，挡土工程也可以作为填方以及挖方的坡面保护工程。为了保持稳定，把坡面做成缓坡用植被工程进行保护，从保护环境的意义看，也是理想的施工方法。但是光

着开挖怎样采用应力解除的影响，还有怎样考虑挡土墙的入土部分的阻力等，都与隆起的研究有关，遗留给今后的技术问题还很多。

四、结 语

在挡土构造物里，举出代表性的挡土墙和挠性临时挡土构造物，对各自的几个问题

试作了说明，面前的这些问题能否得到正确的探讨是令人担心的。只是可以说，从很早起在所设计施工的挡土构造物上这里所说的许多问题，还有很多存在着。期望把查现既可以得到的各种测量结果或施工经验进行理论分析总结，把更合理的的设计施工方法的技术开发进行下去。

用植被工程不能保持坡面稳定时, 或者为求稳定做成缓的边坡经济上地形上不理想时, 或者积极地做成陡坡, 通过适当的构造物进行挡土经济上有利时, 可以用构筑物作为坡面保护工程。用构筑物作为坡面保护工程, 除前面说的挡土墙工程外, 有地锚工程、框架护坡工程、混凝土预制块护坡工程、混凝土块铺面工程、喷混凝土和喷浆工程等。

对于以上提到的挡土墙, 挡土工程和坡面保护工程, 在介绍各自的施工方法同时, 提出最近的设计、施工的基本方法如下。

二、挡土墙工程

在设计挡土墙时, 充分考虑设置场所的地形、地质、土质、施工条件、对周围构造物的影响以及挡土墙高度等; 选择最合现地条件的构造形式是重要的。还有由于荷载的取用方法或地基基础的处理方法, 背填材料的选定及其施工, 以及挡土墙背面的浸透水的处理方法不同, 挡土墙上受力过大时, 往往使挡土墙发生变位, 或者产生倾斜, 造成破坏, 所以, 不仅设计方面, 而且在施工时也必须注意。

1、挡土墙的构造形式和其特点

把挡土墙构造形式及其特点介绍如下,

(1) 砌石、砌块挡土墙、

砌石, 砌块挡土墙, 如图2—1a所示, 是用块石或者混凝土预制块砌筑的构造物, 作为防止土砂坍塌的坡面保护工程适用于土压力比较小的地方。因此, 砌石、砌块挡土墙适用的高度是7 m 以下, 用于涌水多的地方和乾砌时则更低, 不能做成3 m 以上高度。坡度应为1:1.0以下, 一般多用1:0.3~0.6的坡度。1:1.0以上坡度的就叫砌石护坡工程, 铺砌混凝土块护坡工程, 这种场合, 不能作为挡土墙使用。

(2) 重力式挡土墙 (半重力式挡土墙)

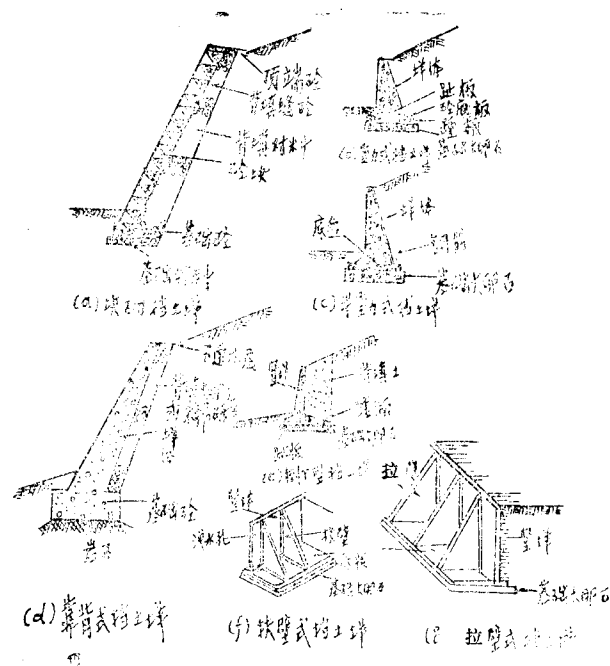
重力式挡土墙是依靠自重抵抗土压力的

结构物, 所以施工容易, 常用于挡土墙高度在4 m 以下地基良好的场所。重力式挡土墙以土压力和自重的合力在墙体截面不产生拉应力为原则。即使在截面上有拉应力作用时, 而拉应力在混凝土容许应力以下时, 也可以作为重力式挡土墙进行设计。

半重力式挡土墙, 是用于想把墙厚做得比重力式挡土墙还小的结构物形式, 设计的计算方法和重力式挡土墙是一样的。这时, 由于墙厚变小, 墙体截面上就要发生拉应力, 所以如图2—1(c)所示, 配置钢筋, 使拉应力由钢筋承受。

(3) 靠背式挡土墙

靠背式挡土墙如图2—1(d)所示, 是一面靠原地盘或墙背填土所支撑, 一面靠自重抵抗土压力的结构物, 可以用在山区道路半填半挖的地方, 或用于加宽道路。由于不是独立式结构, 如果和重力式挡土墙等比较, 混凝土截面变小, 比较经济, 其适用范围还是大的。但是随着地基下沉和对墙面的压力增大等, 挡土墙要发生变形, 有时产生滑出, 所以最好是建在岩盘等坚固的地基上面,



(图2—1挡土墙的种类和形状)

另外墙背填料要充分填实,做好排水。设计计算方法可以遵照重力式挡土墙进行。墙顶宽为40cm,墙体前坡度1:0.3~0.6,墙高5~15m的结构用的较多。

(4) 悬臂梁式挡土墙

悬臂梁式挡土墙是由竖墙和底板组成的,它们是作为一个个悬臂梁起作用的。根据竖墙位置如图2—1(e)所示,被称为倒T型的, L型和倒L型。悬臂梁式挡土墙对于土压力由于是用墙身自重和底板踵版(钢筋混凝土倒T型或L型挡土墙等的底板受土压的一侧——译者注)上的土的重量予以抵抗而进行各个杆件设计,所以和重力式挡土墙比,墙体混凝土用量变少,因而可以用于高达8m的挡土墙。从使用条件来说, L型挡土墙常用于挡土墙靠近用地界限和不能设置趾版(钢筋混凝土倒T型或L型挡土墙等的底板不受土压的一侧——译者注)的地方,倒L型挡土墙常用于背面有构造物,不能设置踵板的地方。

(5) 扶壁式挡土墙

扶壁式挡土墙,如图2—1(f)所示,由竖壁、底板和扶壁组成。扶壁是为减小作用于竖壁和底板的截面应力而设置的。如果加高挡土墙高度,墙体的混凝土用量即使与悬臂梁挡土墙等比较,也是少的,因此,可以用于6m以上的比较高的挡土墙。可是,由于扶壁施工和背填土的碾压有困难,所以,施工上需要注意。

(6) 拉壁式挡土墙

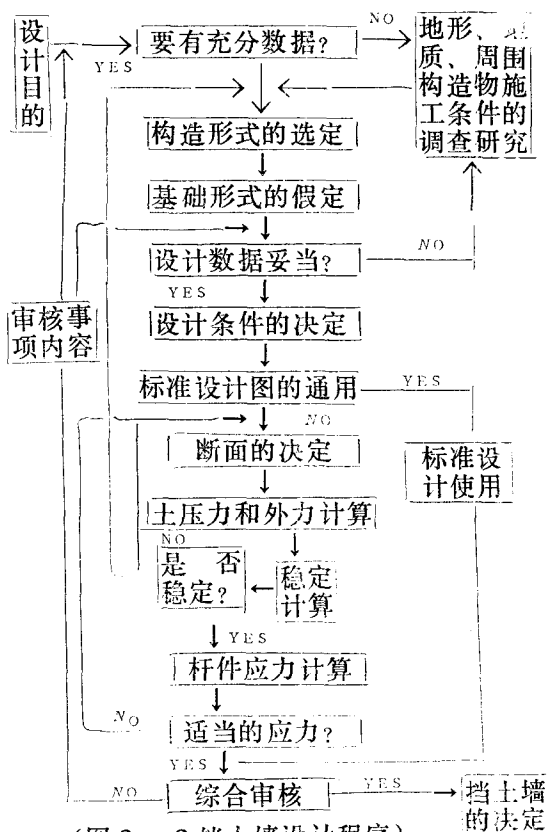
拉壁式挡土墙在机能上与扶壁式挡土墙是大体相同的,不同的是相当于扶壁的拉壁如图2—1(q)所示,一个是设置在土压力作用侧,另一个是设在反对侧。悬臂梁式挡土墙、扶壁式挡土墙,底板踵板上的土增加墙体稳定性,拉壁式挡土墙由于没有它,所以,底板宽度变大了。因此,除在挡土墙背后不能设置底板等特殊条件外,不太使用。

(7) 特殊挡土墙

作为特殊挡土墙,有安装搁板的挡土墙,箱形挡土墙,框架结构的挡土墙,用支撑杆的挡土墙,用桩和板的挡土墙,这些特殊挡土墙,是用于设置一般挡土墙有种种限制,并且随着工程目的等不同,设置普通挡土墙有困难的地方。

2、挡土墙设计

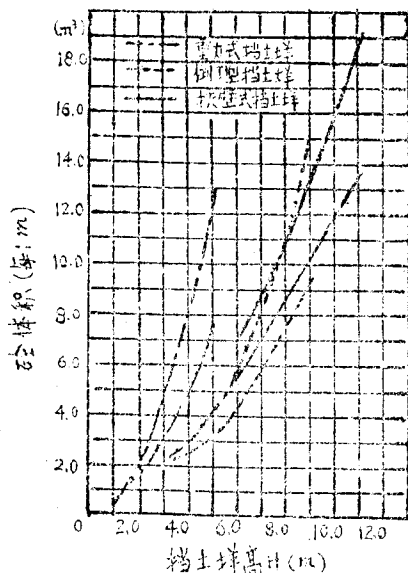
挡土墙设计程序如图2—2所示。设计挡土墙时,首先要明确设置目的,按照建设地点的地形,地质,土质,用地条件,施工难易和是否经济等,选定构造形式。关于构造形式和它的特点,已经在(2.1)里叙述过,可以参考。而对于高度,一般按照由低到高的顺序,可以用重力式挡土墙、悬臂式挡土墙、扶壁式挡土墙。还有如果从图2—3的各种挡土墙的混凝土体积和挡土墙高的关系看经济性,倒T型挡土墙,也就是悬臂梁式挡土墙比较有利。如果从图2—4所表示的地基反力和挡土



(图2—2挡土墙设计程序)

墙高度关系看, 其有利的顺序是扶壁式挡土墙, 悬臂梁式挡土墙, 重力式挡土墙了。其次从滑动条件看, 有利的顺序是重力式挡土墙, 悬臂梁式挡土墙, 扶壁式挡土墙。

决定了挡土墙的构造形式之后, 就计算加在挡土墙上的土压力和外力, 通过稳定计算审核挡土墙的稳定性。挡土墙满足稳定要求之后, 求出杆件应力, 看它是否在容许应力范围内。在稳定性不能满足和超出容许应力范围时, 要改变挡土墙的构造形式, 重新



(图2—3各种挡土墙的混凝土体积)

进行设计。关于具体的设计方法, 可以参照《公路土方工程·挡土墙·涵洞·临时构造物工程指南》等。

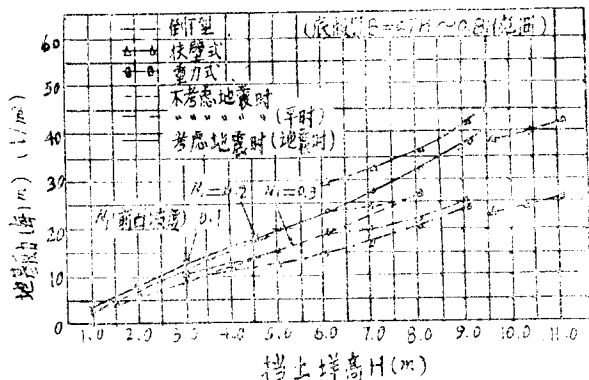


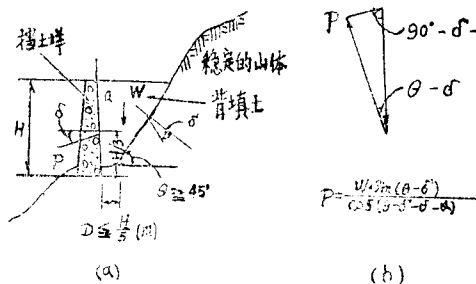
图2—4

(各种挡土墙的地基反力和墙高的关系)

(1) 土压力的计算

作用在挡土墙上的土压力, 一般是墙面向前稍微变位时产生的土压力, 也就是说一般仅考虑主动土压力。在挡土墙前面有土时, 虽有被动土压力作用, 但偏于安全考虑, 可不计。

求土压力的方法, 建议用库伦、兰金、太沙基等的土压力理论和图解法方法, 但在公路土方工程指南里, 作用于(路堤)填土部分挡土墙上的土压力, 规定可以用库伦公式进行设计。还有如图2—5(a)所示的稳定挖方面接近挡土墙时, 规定只考虑由墙背填土产生的土压力是合理的, 提出了求挖方部分挡土墙的土压力的方法。这时由于开挖面的位置和坡度、表面的粗糙度、排水状态等不同, 作用的土压力也是不同的, 所以, 用于设计的挖方部分挡土墙的土压力, 除了明确规定只考虑由墙背填土产生的土压外, 也要按填方部分计算土压力的方法进行计算, 采用两者中大的数值。考虑挖方部分挡土墙的土压力, 最好挖方斜面坡度在45°以上, 并且挡土墙背面和斜面下端的水平距离在H/5以内, 此时土压力是由背填土沿开挖面滑动发生



(图2—5挖方部位土压力求法)

的, 可用如图2—5(b)所示的图解法或者计算来求出。开挖面的滑动摩擦角 δ 如为软岩并挖成比较均匀的平面时, $\delta' = 2/3\phi$, 如果是粗糙的和经过台阶式开挖处理的, 则 $\delta' = \phi$, 但是, 取 δ' 的方法不同, 开挖部分土压力也是相当不同的, 所以需要注意。

(2) 挡土墙的稳定性验算

关于挡土墙的稳定性的,一般只要按下述的①、②、③考虑就可以了。

①对于倾覆的稳定

②对于滑动的稳定

③对于地基承载力的稳定

但是,对于软弱地基等条件不好和因建筑地点的原因或者由于地震,万一挡土墙发生破坏,将带来很大灾害的地方,也要按①、⑤,进行验算。

④包括背面填土和地基在内的整体稳定

⑤地震时的稳定

(i)整体稳定性

对包括背面填土和地基在内的整体稳定性有影响的,可举出如下:

①斜面上的挡土墙;

②含有软弱层地基上的挡土墙;

在倾斜地基上堆积着软弱岩屑地段和地基内夹有容易滑动的土层的斜面上建造挡土墙,由于夹层和堆积物造成斜面不稳定,常发生包括挡土墙在内的大规模的坍塌。在这种斜面上,不仅挡土墙而且对于包括背后填土在内的整个斜面的稳定性也有必要预先进行验算,另外,有在斜面上设置多级挡土墙的情况,这时不仅要研究每个挡土墙的稳定性的,同时验算整个斜面的稳定性也是非常重要的。整个斜面的稳定性由于关系到地形、地质、地下水的影响等多种因素,所以,有关具体的验算方法,可参照《公路土方工程·坡面工程·斜面稳定工程指南》等。

同样地,如果在软弱地基上修建挡土墙,由于挡土墙以及背后填土的荷载,使软弱层发生滑移,常造成挡土墙坍塌,另外,应该注意由于急速地进行填土施工,填土荷载使地基向一侧发生移动,或者由于压实下沉挡土墙发生倾斜变位。关于软弱层的验算方法以及对策工程,可参照《公路土方工程·软弱地基对策工程指南》等。

(ii)地震时的稳定性

根据过去的经验,在通常情况下,如果

进行细致地设计、施工,即使不特别考虑地震的影响,从功能上说也可承受得了。因此,在通常的挡土墙上,往往忽略地震时的稳定性验算。但是,在构造物很大时或者可以预想到由于破坏会给周围地区带来重大灾害和修复极其困难时,要用地震时的土压力代替平时土压力,将挡土墙自重 W (包括底板上的背填土)乘以水平地震系数 k_h 得地震时惯性力 $W \cdot k_h$,按地震时挡土墙稳定性要求进行验算。

地震时土压力,一般用物部、岗部公式,土压力的合力和平时土压力一样,按作用于距挡土墙底板 $1/3$ 点处进行计算。

三、加固土施工法

1. 加筋土施工法

加筋土施工法,是法国人 Henri Vidal 提出的施工方法,1960年以来,在以法国为中心的欧洲各国、美国、加拿大、日本等国都一直在运用。这个施工方法,如图2-1所示,是在填土中放入带钢和金属制的单面梗,以求填土的稳定性,按加固土的意义是法语的加筋土,就按其原义作为施工名称使用。加筋土施工法优点如下:

①能够缩短施工期。

②在很少的用地宽度上构筑高填土。

③由于是挠性构造,所以对于地基条件差的地方也能适用。

(1)填土材料

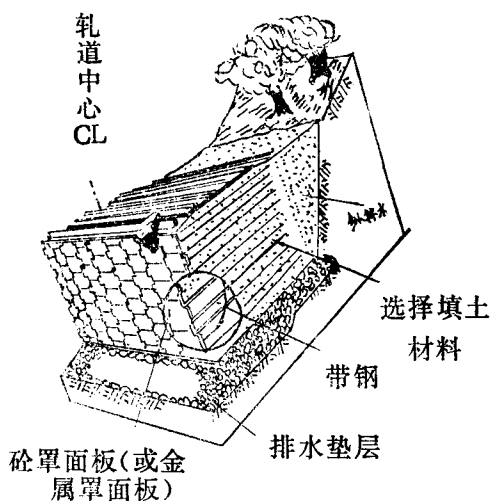
加筋土施工法,是利用填土材料和带钢间的摩擦效果,所以使用的填土材料最好是内摩擦角大的粗粒土。

(2)对于带钢的验算

在加筋土施工法里,把作用于如图2-7所示的填土面上的土压力由埋设在填土内的带钢和土的摩擦阻力承受。土压力和挡土墙一样,用库伦公式等进行计算。对于带钢以图2-7库伦主动坍塌面为界,把固定区域的长

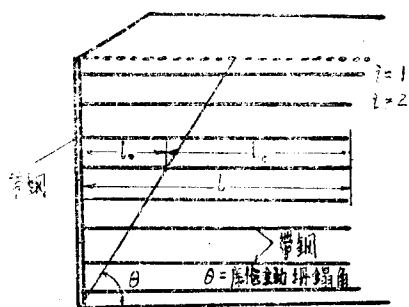
度(L_e)取为有效长,在塌坍区域的长度(L_e)一般不当作有效长。在这个有效长度范围内

有效长度。



(图2—6加筋土构造概要)

以带钢为对象,根据库伦主动土压力,求作用于各带钢的拉力,用式(1)决定各带钢的



(图2—7带钢的有限长度)

$$L_{ei} = F_s \frac{T_i}{2 \cdot f \cdot \sigma_{vi} \cdot b} \dots\dots\dots (1)$$

其中:

L_{ei} : 各带钢的有效长

f : 带钢和土的摩擦系数,通常多用 $f = 0.4$ 的值。

σ_{vi} : 作用于各带钢的垂直应力

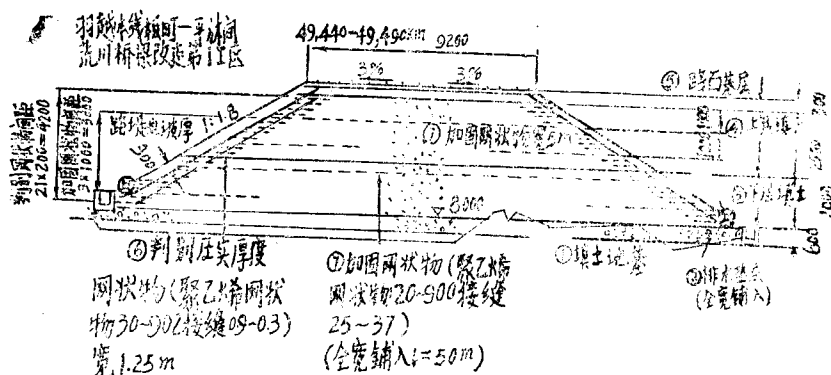
b : 带钢宽度

F_s : 安全系数,一般规定为2.0。

还有,对于带钢除拉力外,对于用螺栓连接罩面板作用于带钢上的承压应力和螺栓的剪切也需要验算。

(3)填土的整体稳定性

地基支承强度小时,由于填土荷载等在地基内产生滑移,往往造成填土坍塌。包括地基在内整个填土的稳定性,应该用圆弧滑动法进行验算,但假定的滑动面按照没有进入铺设带钢的范围内求最小安全系数。对于滑动安全系数通常用1.5。在地震时和施工中可以取1.2。还有用筋加土施工法的填土,由于是挠性构造,所以要注意对于地基某种程度的下沉也会跟着一起下沉。在地基较差时,不均匀下沉大了,作为填土的功能将受到显著损害。



(图2—8加固填土构造例子)

2、依靠网状物的加固土施工法

把整个填土均匀压实以构筑坚固的填

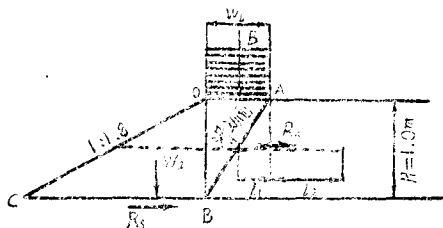
土,依靠如图2—8所示的网状物的加固土施工法,最近被运用在国铁上,这个施工法通

过在填土内沿水平方向铺入高分子材料的网状物,在能够确认每层规定压实厚度,依靠网状物的抗拉强度使土方工程机械能走到坡顶附近,具有可以均匀压实整个填土的优点。

(1) 使用的网状物

使用于加固土施工法的网状物有为确认压实厚度铺设在坡面附近的网状物和为提高填土强度铺设到填土内的加固网状物,两者都是用的聚乙烯的网状物。

(2) 重型机械走行在坡顶时的稳定性如图2—9所示的大型施工机械走行在坡顶附近时的稳定分析如下:就是用库伦公式求出作用在图2—9的挡土面OB上的土压力 P ,由三角土块OCB的阻力 R_0 和网状物的抗拉阻力 R_1 抵抗,以计算安全系数 F_s 。



(图2—9铺设网状物时坡顶稳定分析)

根据国铁的建筑物设计标准 铺设网状物其外端应与坡面一致,在各填土层面(厚度30cm)上把长度2m的网状物沿填土全长两侧铺设。

四、挡土工程

挡土工程是在构造物施工前开挖地基时拟撑土压力和水压力,并且为防止在开挖底面下的水涌入和喷射上升的临时构造物,由于地基条件,构造物种类、功能、重要程度等不同,临时构造物也很多。这里,对标准的单层临时挡土构造物,介绍其基本的设计方法。而关于一般的临时构造物可按照相应的构造物的设计,施工指南进行。

1、设计的基本方针

临时构造物从用于施工过程中,工程完

了后即行撤去,为构筑所谓正式构造物仅用一次的观点发出,往往有被轻视的倾向,但在软弱地基区域和山岳地带高低差悬殊的地方,由于意想不到的土压力和水压力的作用,使临时构造物破坏,还有在住宅密集地带由于开挖地基变形,使周围构造物受到影响,因此,明确临时构造物的目的,认真调查施工条件和周围环境,是非常重要的。

在临时构造物调查设计时,应该注意以下几项。

①明确设计目的。

②关于地形的调查(地形判断,地形高低差,材料运输道路的有无等)。

③关于地质、土质、地下水的调查(地层的承载力、开挖土的性质、地下水的高度、涌水量等)。

④关于周围构造物的调查(已有构造物的基础形式,入土深度,临时构造物和已有构造物的相互关系,荷载的相互影响,由于地下水降低使周围地基下沉或者缺水的程度等)。

⑤关于地下埋设物的调查。

⑥关于环境保护的调查(噪音、振动、灰尘等)。

⑦关于工程的调查(施工法、施工顺序、工程计划等)。

经过上述调查的临时构造物的设计顺序如图2—10所示。

2、设计上的注意事项

挡土工程等临时构造物的设计应该注意以下几点:

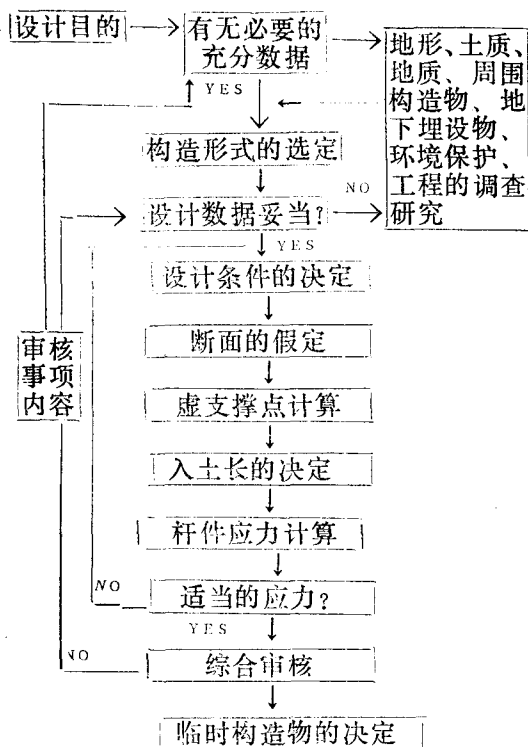
(1) 土压力和水压力

临时构造物的设计荷载有静荷载、活荷载、冲击荷载、土压力、水压力以及温度变化的影响等。在这些荷载里,土压力和水压力受土质、临时挡土构造物的变形形状、变形量、施工方法等影响较大,所以,各指南对土压力和水压力的取用方法稍有不同。公路土方工程指南,规定用下述土压力和水压

力进行设计是较好的。

(i) 用于计算挡土桩，钢板桩，水平支撑截面的土压力。

图 2—11 示出了用于计算截面的土压力和其他指南对此的情况。图中的粘性土地基的土压力中包括水压力。从图 2—11 看出，公路土方工程指南砂质地基的土压力和其他指南比较，开挖深度浅时其值稍大，粘性土地基时，如果考虑水压力，正好相反，深的地方土压力值稍大。



(图 2—10 临时构筑物设计程序)

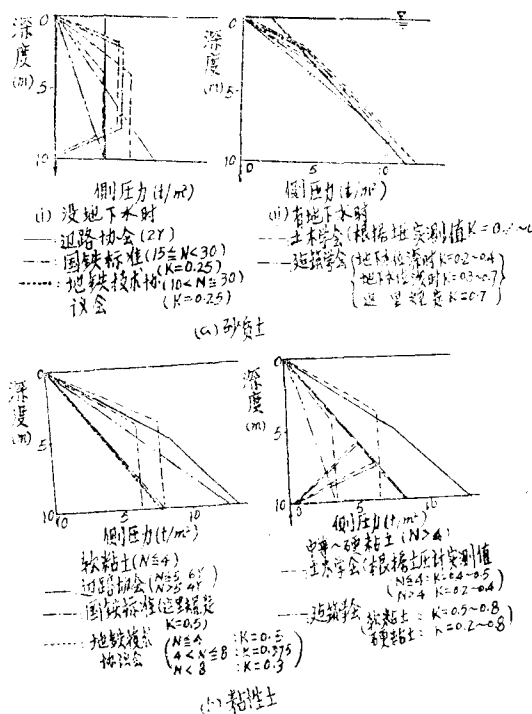
图 2—11 的土压力分布因为是一般的地基、开挖深度、施工方法的实测例子为基础，所以，对过度搅乱后填起来的土和可以预料在施工中将被搅乱的地段，有必要考虑另外的办法，这种地方土压力一般是很大的。

(ii) 水压力

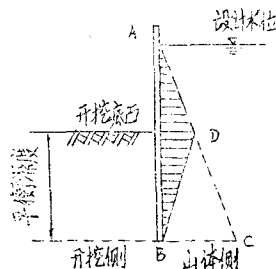
作用在钢板桩上的水压力如图 2—12 所示，按三角形 $\triangle ABD$ 分布。设计水位在水中时，一般取设置期间所假定的最高水位，在地上时，一般取地下水位。

(2) 入土深度的验算

围绕挡土桩的入土部分在开挖一侧随开挖作用着由于土压力使之弯曲的力。为了抵抗它，需要有受被动土压力有效作用的充分入土深度。验算入土深度时，一般用挡土桩时，只要考虑土压力就可以了，但用钢板桩时，入土部分是连续的，必须考虑水压力作用。并且，钢板桩的入土深度的稳定计算要把这里提出的和在第 (3) 里提出的涌沙，隆起计算加以比较，采用其中较大值。



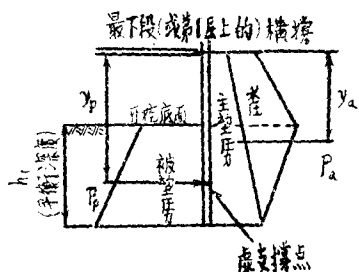
(图 2—11 设计土压力的比较)



(图 2—12 水压力取用方法)

入土深度的稳定计算, 考虑由作用在开挖阶段最下面的水平撑上的主动土压力和水压力产生的力矩(M_A)与由被动土压力产生的力矩(M_P)的平衡决定入土长度, 因此, 力矩平衡式用示于图2—13的符号表示如下式。

$$M_P/M_A = P_P \cdot Y_P / P_A \cdot Y_A \dots\dots(2)$$



(图2—13平衡深度)

挡土桩和钢板桩的入土深度为平衡深度的1.2倍, 计算平衡深度要分开挖完了当时和最下段水平撑设置之前两种情况进行, 取其中大的值。还有挡土桩和钢板桩的最小入土长度, 分别为1.5m和3.0m。根据稳定计算求出的钢板桩的入土长度超过开挖深度(在水中时为从设计水位到开挖底面的深度)1.8倍时, 可以考虑另外的临时构造物和改良地基。

(3) 对涌沙以及隆起的验算

开挖底面的稳定, 在砂质地基时对涌沙, 在粘性土地基时对隆起要进行验算。

(i) 对涌沙的验算

所谓涌沙, 是指在砂质地基钢板桩的前端内部的土压力和水压力失去平衡, 使开挖坑内水和砂急速地喷出, 地基遭到破坏的现象, 一发生涌沙, 内部的砂就变成非常松弛的态状, 没有剪切阻力, 因此就成为地基承载力不足和下沉的原因。

对于涌沙的验算, 是为了决定达到极限水力坡降以下的入土深度, 钢板桩的必要入土长度 d_2 从下式求出, 这时的安全系数 F 定为1.5以上。

①地下水面比现地基高时(参照图2—

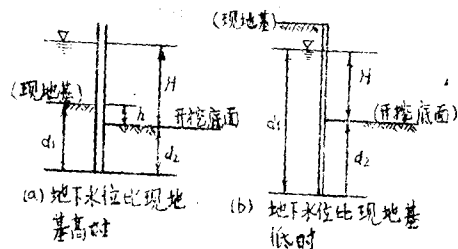
14(a))

$$d_2 \geq \frac{1}{2} \left(\frac{F_s \cdot H}{r'} - h \right) \dots\dots(3)$$

②地下水面比现地基低时(参照图2—14

(b))

$$d_2 \geq \frac{H}{2} \left(\frac{F_s}{r'} - 1 \right) \dots\dots(4)$$

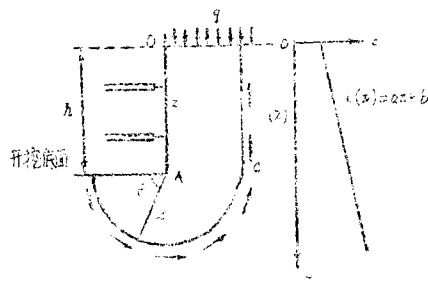


(图2—14涌沙的验算)

其中, r' : 砂土质在水中的单位体积重。

(ii) 对于隆起的验算

所谓隆起, 是指在软弱粘性土地基上, 开挖底面下的地基承载力变得比开挖背面的土块重量小, 地基内的粘性土发生滑出, 开挖底面就隆起的现象说的。对于隆起的验算就方程来说, 有种种的公式, 在公路土方工程指南里, 根据如图2—15所示的由土压力 $r \cdot h$ 和外加荷载 q 产生的滑动力矩 M_a 与由粘性土的粘着力 C 产生的抵抗力矩 M_s 的比求安全系数 F_s , 检查入土长度。



(图2—15隆起的计算)

$$F_s = \frac{M_s}{M_a} \dots\dots(5)$$

使安全系数 F_s 达到最小 $X=X_0$ 。(可能的滑动深度)时要是比(2)的入土深度求得的虚支承点更深, 并且 $F_s < 1.2$ 时, 则把虚支