

# 御土墻設計及土压力計算

鐵道部第二設計院編

人民鐵道出版社

# 御土墻設計及土压力計算

鐵道部第二設計院編

人 民 鐵 道 出 版 社

一九六一年・北京

本書內容包括御土牆設計經驗及土壓力計算方法的研討兩部分，介紹了御土牆的作用及設置條件、御土牆的結構、計算御土牆的主動土壓力的各種公式的分析比較和選用原則，列出衡重式御土牆的計算方法，并按庫倫土壓力公式推导出牆背傾斜的各種形式及單荷載和雙荷載情形的計算公式，以及地震區御土牆的計算公式，最後附有地震區及浸水御土牆的通用設計計算原則。

本書可供工程技術人員及研究人員參考用。

### 御土牆設計及土壓力計算

鐵道部第二設計院編

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010號

新華書店科技發行所發行

各地新華書店經售

人民鐵道出版社印刷廠印

書號 1760 開本  $787 \times 1092 \frac{1}{16}$  印張  $8 \frac{2}{9}$  字數 192 千

1961年5月第1版

1961年5月第1版第1次印刷

印數 0001—4,100 冊 定價 (10) 1.15 元

# 目 录

## 第一篇 宝成綫广略段御土牆設計經驗

|     |               |   |
|-----|---------------|---|
| 第一章 | 御土牆的設置条件..... | 1 |
| 第二章 | 御土牆的結構.....   | 5 |

## 第二篇 土压力計算方法的研討

|     |                                         |     |
|-----|-----------------------------------------|-----|
| 第三章 | 宝成綫广略段設計采用的土压計算方法.....                  | 11  |
| 第四章 | 計算御土牆的主动土压力的各种公式分析比較及选用計算方法<br>的原則..... | 19  |
| 第五章 | 衡重式御土牆所采用的土压力計算方法（分层計算法）.....           | 30  |
| 第六章 | 庫倫土压公式推論.....                           | 35  |
| 第七章 | 受地震力影响的土压力計算.....                       | 83  |
| 附 录 | .....                                   | 139 |

## 第一篇 宝成綫广略段御土牆設計經驗

### 第一章 御土牆的設置条件

广略段所設計的御土牆，按其作用不同，可以分为路塹御土牆、半山御土牆和路堤御土牆等三类。

#### §1-1 路塹御土牆

路塹御土牆的作用有二：

1. 支撐和加固路塹边坡，使其保持必要的稳定；
2. 拦截边坡上部或塹頂外山坡的坍塌、落石，保証行車安全，也就是起到拦石牆的作用。

宝成綫广略段綫路沿嘉陵江行走，由于受嘉陵江剧烈側蝕作用，很多高陡山坡接近或处于极限平衡状态，一經开挖，坡脚便会失去平衡形成坍方、滑坡（沿江两岸也可以看到不少自然坍塌現象）。这种情况下，路基設計中若将边坡放緩，往往产生边坡与原地面交不上的困难。或者使得边坡頂太远太高，在技术經濟上也不安全、不合理。这时除了应该研究綫路位置挪动的可能外，必要和有条件时，可以考虑采用路塹御土牆的方案来减少

刷坡数量，降低刷坡高度。譬如有些地段，在当初設計时，是应该和可以考虑修筑御土牆方案来代替大量刷坡的。如某段最初中心挖高仅4米（图1），施工开挖边坡为1:0.5左右，經一年多并未发现有病害跡象，但因觉得土夹石边坡1:0.5太陡，1955年11月基建、設計、施工三部門联合檢查組決議，在該段修筑路塹御土牆（高度不会大于6~7米）。經研究后，考虑到御土牆

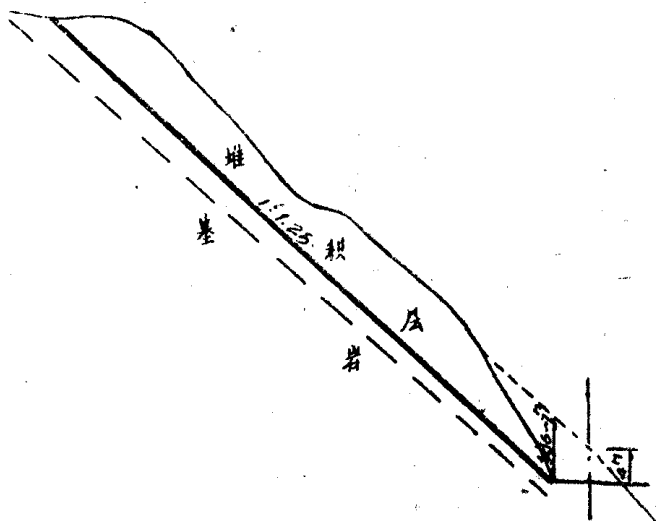


图 1

基础要放置在堆积层上，因而采用了将边坡改为1:1.25的刷坡方案（坡脚筑30米高的片石垛），刷坡数量为18,000多方，边坡高达70多米，結果施工中只刷到1:1左右就沒有繼續再刷，坡脚又由于設置片石垛，挖得很陡，以致1956年8月在雨季中一次坍下一万多方。我們覺得当初如果不刷方，而采用御土牆的方案，也許就能解决了問題。至于御土牆基础放置在堆积层上的問題，也并不是不可以采取措施

高边坡有一个普通遺弊，是刷坡后的坡面加固問題，尤其是高而陡的岩質边坡，由于岩层风化破碎經刷坡后均被暴露，又不可能进行全面加固防护。因此虽然边坡已基本稳定，但边坡上的大小崩坍仍很难免，很多地方，虽經刷坡，但仍必須修建御土牆（或拦石牆）来阻拦边坡上局部的坍塌落石，以保証行車的安全。为此目的而修建的御土牆也确实占广略段全部御土牆的很大比重。

又如，在隧道两端，由于峒口仰坡太高，发生坍塌而需修筑御土牆的也不少。如图2所示，該处基岩为石炭紀略阳石灰岩，夹有泥灰岩及千枚岩。在千枚岩及泥

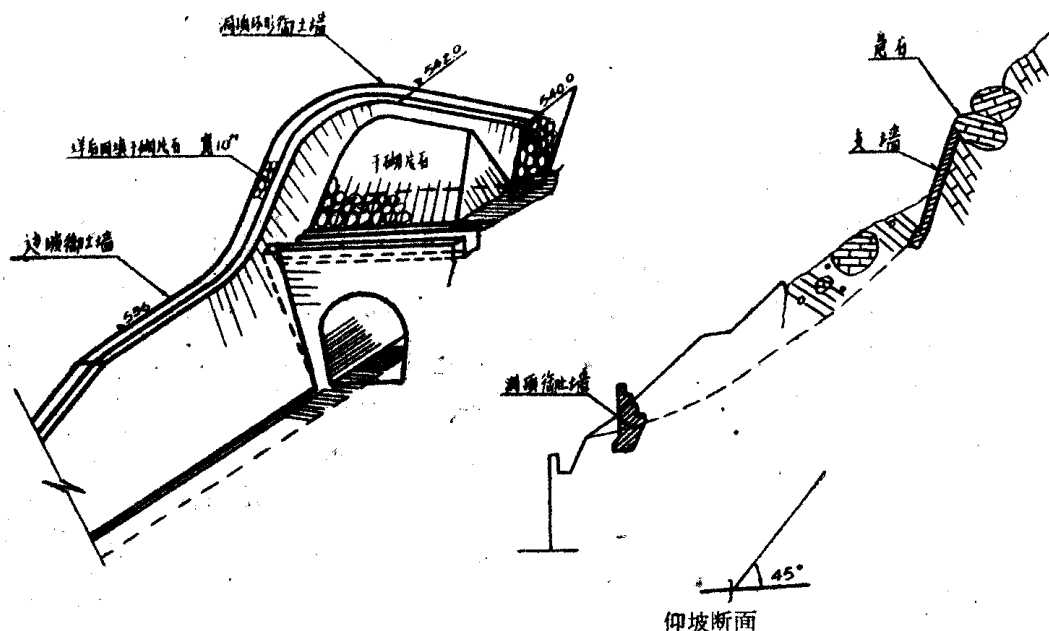


图 2

灰岩分布地区，由于岩質松软，风化破碎被侵蚀成洼凹地形，表层則为周圍石灰岩（成陡岩状）的崩坍堆积体。經施工后，仰坡上即发现数道垂直路綫的裂縫，峒口边坡渗水現象亦很严重，1956年雨季发生坍方，埋沒峒門。經清方后，边坡及仰坡仍不稳定，坡頂仍有裂縫，仰坡坍塌后，坡頂堆积的古老崩塌孤石（大者达120米<sup>3</sup>）失去支撐，有下墜的可能。因此，1957年3月設計了边坡御土牆和仰坡环形御土牆、支牆及排水建筑物，至今效果良好。路堑御土牆有时也和明峒配合使用，在病害地段的主要部分設計了明峒，而在病害的两端有条件时，可以用御土牆“封口”，这样可以縮短明峒的长度（图3）。

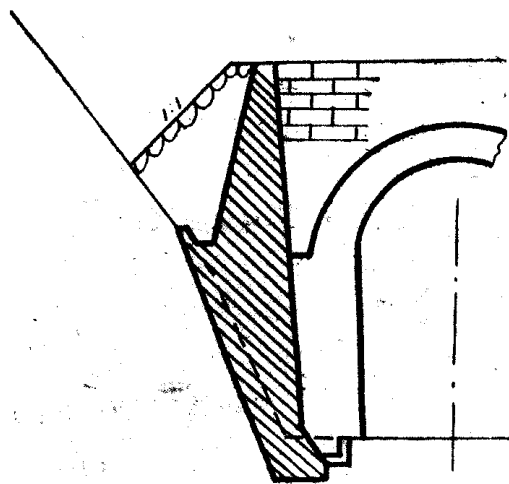


图 3

在滑坡地段，有时可以用御土牆来加固滑坡体的坡脚。这种情况下，因为滑坡体中存在一个已有的滑动面，計算御土牆所受的最大土压力应该不同于一般按破裂



山拦石墙)。有时为了降低拦石墙的砌筑高度,常使拦石墙在平面上的轮廓顺着基岩等高线(图6)。另外,在选择半山拦石墙的位置时,必须充分掌握墙底基础的情况,这就要求地质纵剖面的测绘特别细致,否则将使施工中带来巨大的困难。

### §1-3 路堤御土墙

宝成线广略段在处理沿线的坍方滑坡病害时,有很多地段为了避免坍塌体对线路发生危害,考虑了改线方案,将线路向外移,因此有时便需要设计路堤御土墙,但有时由于线路过于靠外,以致路堤御土墙的高度较大。在这种情况下,如果可能的话,则可考虑用路基墙来代替御土墙,如一小桥两端原设计需筑高约14米的御土墙,经过经济比较后,以延长T形桥台的办法取消了御土墙(图7)。

显然,当御土墙很高,而基岩边坡又很陡时,采用上述办法是合理的。按照我们比较的结果,当御土墙的高度约在10米左右时,则修建路基墙是较为经济的,但是仍然应该结合具体情况,并和其他建筑物(如高架桥、拱桥等)综合比较。如丁家坝附近,曾作高路堤御土墙(最高达14米),与中桥两个方案作经济比较的结果,相差无几,最后决定采用了御土墙方案。在设计路堤御土墙时,墙的基础的地质情况非常重要。在查勘御土墙基础时,要注意一些地质情况变化的地带,特别是一些由于侵蚀切割后又被堆积填充的地下沟槽。如果不事先探清楚,往往会造成一些意外的损失。目前在新线上对路堤御土墙的勘测要求做很多地形横断面,地质横断面则每隔30~50米作一个。实际上御土墙的设计断面完全决定于基础岩层的深度,地质勘探工作者如没有把基础地质情况搞清楚,地形横断面做得更多,对设计也起不了大作用。因此建议今后在设计新线的御土墙以前,最好能适当做出墙身位置下的地质纵断面,对设计御土墙可以较为正确便利。路堤御土墙与桥脚接处,可利用御土墙来代替桥台的作用(图8)。

在广略段也有因为已筑路堤不稳定

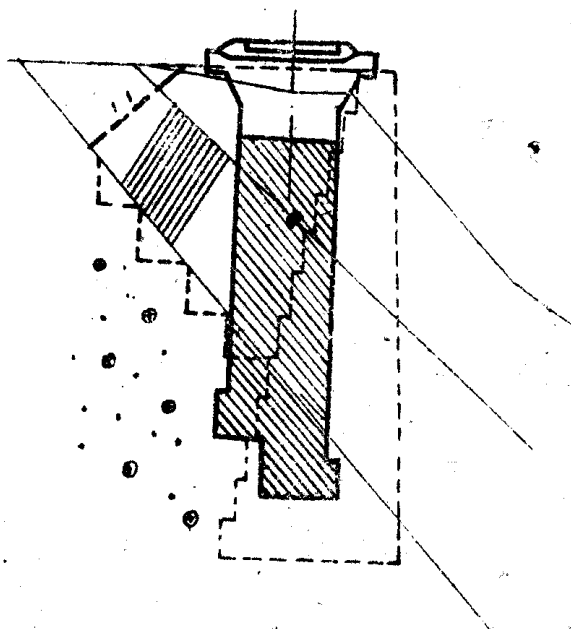
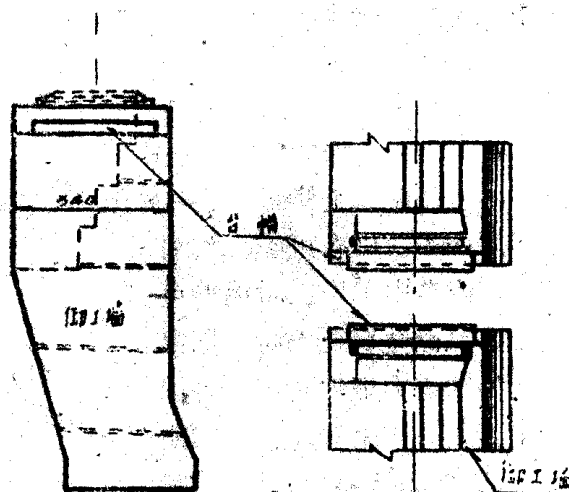


图 7



以挡土墙代替桥台的  
铰梁桥侧面布置图

以挡土墙代替桥台的  
铰梁桥平面布置图

图 8

而必須在路堤下面修建御土牆的，如某處填石路堤坡腳落在虛土上，該處又正當河流冲刷處，因此經改變設計改為修建御土牆（圖9）。這些御土牆都是在邊通車、邊施工的情況下修築的，同時施工時又不免或多或少的開挖已有路堤的边坡或坡腳部分，因此就必須加強支撐或採取其他措施來保證安全。必要和有條件時可以採取撥道和臨時便綫通車的办法，圖10所示左側的路基牆及刷方就是為了滿足便綫行車的需要。

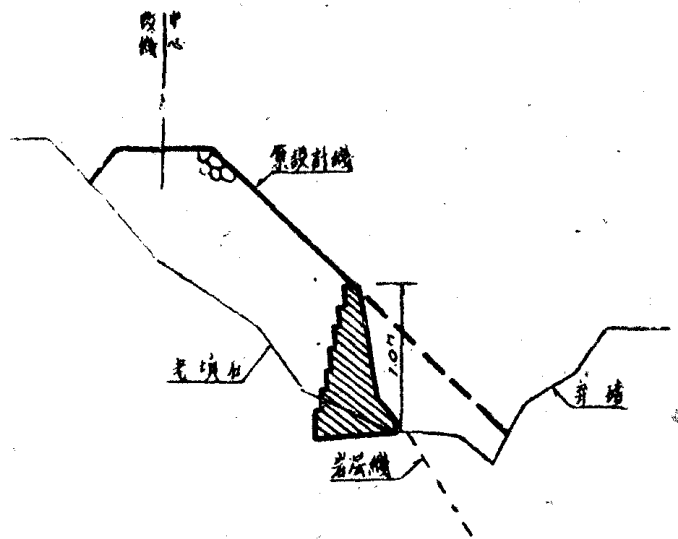


圖 9

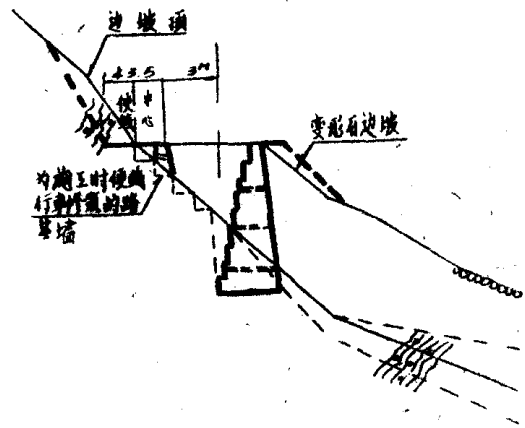


圖 10

## 第二章 御土牆的結構

廣略段因路基和橋隧建築物均已竣工，綫路位置一般已經定死或只能作少量挪動，淨空有限，一般均採用漿砌片石的重力式御土牆，干砌石塊御土牆因開采方整石塊費工且體積龐大又缺乏經驗，故很少採用。鋼筋混凝土御土牆雖有它出色的優點，如牆的厚度很小，可大大的減少御土牆修建時對边坡的切割。為了節約鋼材及水泥，且其設計施工都較複雜，所以採用的較少，僅在個別情況下，因受基礎容許承載力的控制，為了減少基底的壓應力，在漿砌片石重力式御土牆的基底設置鋼筋混凝土基座。如御土牆砌築在原有填石路堤上，經設計了鋼筋混凝土基座，以擴大基礎基底，應力降至 $1.5\text{公斤/厘米}^2$ （圖11）。漿砌片石的重力式路塹御土牆，一般斷面厚度相當大，施工時需要大量切割边坡，因此應特別注意施工安全，除應根據需要適當支撐外，一般都應進行分段開挖，每段長度應根據边坡切割高度、土質、壤中水、季節等因素決定，通常以不大於 $5\sim 8$ 米為宜。

御土牆的牆面可以有各種不同的傾斜度，在決定牆面的傾斜度時，應該根據边坡或地形的陡度及技術上的要求（御土牆的目的是起支撐边坡的作用，或是阻攔坍方的作用；抑或是為了兼起支撐和阻攔作用）。廣略段曾設計過不少直立式的御土牆，但是完全垂直的牆面美觀性較差，後來，我們都將牆面設計成不陡於 $1:0.05\sim 1:0.25$ 的坡度。當边坡比較平緩時，如牆面傾斜，由於重心后傾，牆身斷面是

可以較為經濟的，如图12所示。如果牆后需要保持一定的空間以阻拦坍方时，或当边坡（或地面）的坡度陡峻时，牆面傾斜的御土牆的高度将大大 增加（虛綫所示）。因此牆面是直立的抑或是傾斜更为經濟合理，那就該根据具体 情况和 需要加以比較决定了。我們认为，如果是为了截拦坍方落石，一般情况下，当山 坡或地面的坡度越陡时，御土牆的牆面就應該采用較陡或垂直的坡度。如荷叶坝隧道南口岩层破碎，有小型坍塌可能，且边坡陡峻，为爭取較大截拦淨空，采用了牆面直

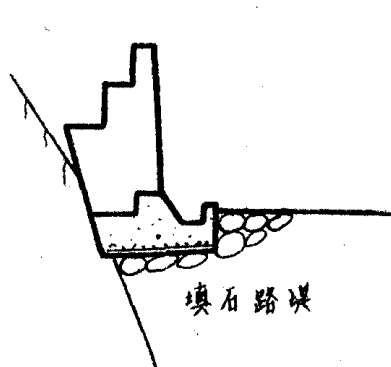


图 11

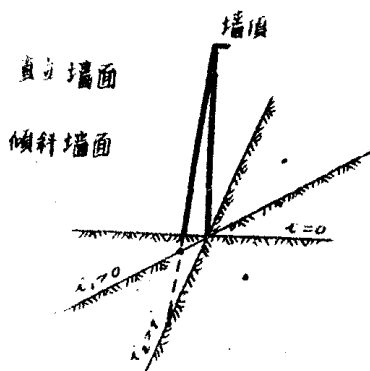


图 12

立的御土牆（图13）；而大沱隧道北口边坡較平緩，御土牆主要是起支撐作用，因此設計了牆面有較大傾斜的御土牆（图14），牆身緊貼边坡，其稳定性亦較佳。

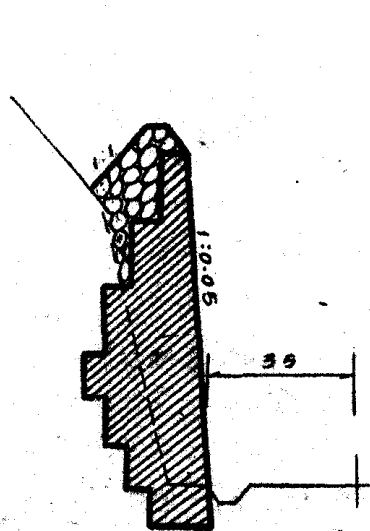


图 13

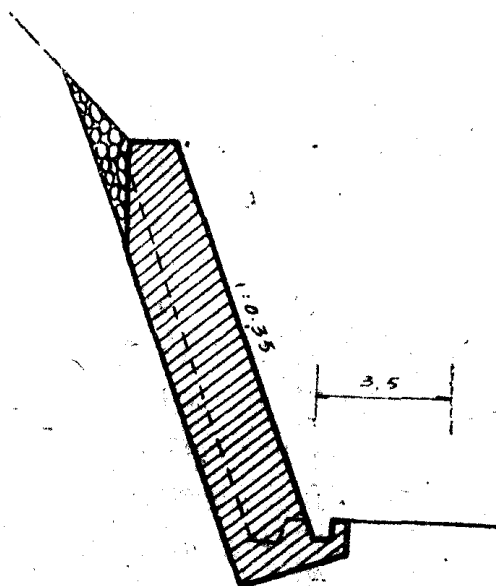


图 14

又广路段路堑御土牆的作用，多半以阻拦坍塌物为主。为了爭取牆后有較大空間或平台充分發揮牆的阻拦作用，我們便設計了一种牆背，即有衡重台的衡重式御土牆，如图15；同时考慮到使牆后回填物与牆背能更好結合便把牆背斜面設計成了台阶形（图15中虛綫所示）。如果把衡重式牆与以前常用的牆（图16中虛綫）作一比較，便可看出衡重式牆有着以下一些优点：

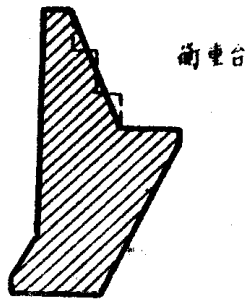


图 15

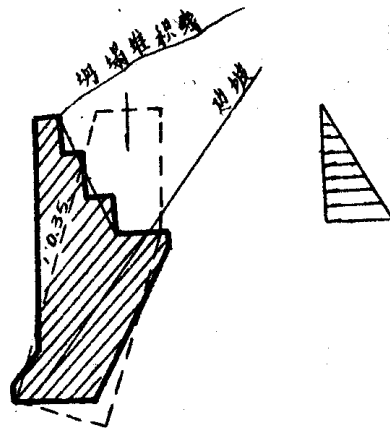


图 16

1. 其衡重台以上部分的墙身断面，是合乎土压力分布为三角形的规律的。而且在衡重台和台阶以上那部分，回填物或坍塌堆积体的重量对墙身起着稳定作用。因此这种衡重式墙的断面形式也是经济合理的。

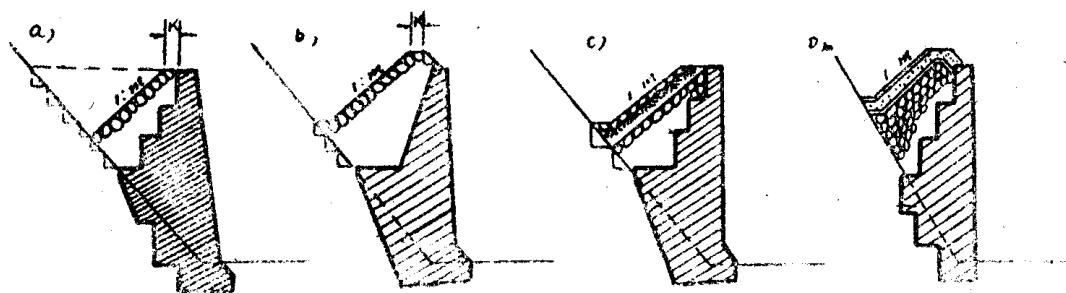
2. 衡重式御土墙墙背后的容纳空间，显然可以大得多。

3. 如在墙后填充粗颗粒材料（如片石、卵石），则可起减载和增大了墙背摩擦角，减轻和消除崩塌体的冲击，以及加强了墙后土体的疏干等作用。

由于以上这些优点，衡重式御土墙便逐渐代替以前常用的中柱式御土墙，而被最广泛的采用着。在墙后回填了粗颗粒材料，如片石、卵石，理论上讲是可以起到减载作用的，因为通过回填体的那一段，破裂面上的单位抗剪强度（内摩擦力）是可以随着我们选用的不同填料和填筑方法，使其大大超过坍塌体的抗剪强度的。如当墙后面填干砌大片石时，由于片石的摩擦力和片石间的楔力，将会大大减少墙的侧压力，这样对墙产生最大侧压力的最危险的破裂面的计算，将不同于一般土壤的计算，而应采用试算的方法。但是我们在以往的计算中，常常没有考虑这项有利的因素，这一方面是因为考虑了这项因素后，计算比较麻烦；又因为我们设计的御土墙，往往兼起下部支撑和上部阻拦的作用，但在计算中，却仅仅考虑了边坡和坍塌物对墙的静侧压力，对于坍塌体的冲击力考虑得不够（关于坍塌的冲击作用，到1957年3月份才进行计算）。同时也仅考虑了单个石块的冲击作用，对大块土体同时坍塌没有考虑（应如何考虑尚待研究），因此也需要保留一些安全因素。

为了在坍塌物坍落时起到缓冲（吸收一部分冲击动能）作用，墙后回填形式，可以采取如图17所示的几种形式。当坍塌体是松散固体状态时，为了使墙后净空尽可能加大些，可以多装些坍塌体，我们经常采用图17a及b两种形式。回填体的顶宽，一般都不少于1米，斜度 $m$ 则根据回填材料而定：如填石或干砌片石时， $m$ 等于0.5~1.0；回填普通土壤或碎石时，则为1.25~1.5。如果坍塌体除成松散体坍下外，尚有单独的石块坠落，并有跳跃可能时，则墙身断面、回填形式以及墙后净空，尚应满足按照一般拦石墙的设计和计算的要求。有时，为了尽可能的减少落石

对牆的冲击破坏作用，可将牆后空間回填至与牆頂平（如图17a虛綫），便成为拦石



平台的作用了。如果坍塌时土石俱下，或有大量流泥現象时，可在回填体上面鋪一层厚約0.5~1.0米的粘土、草皮或砂，起隔离作用，如图17c、d，以防止岩質碎屑、土及流泥堵塞回填物的空隙，影响回填体和御土牆洩水孔（窗）的排水性能。在上述粘土层（或砂）下面一般应考虑鋪設一层小碎（卵）石，使起倒滤作用，有时在粘土层（或砂）的上面鋪砌一层片石，以保护粘土或砂层的流失，并使在承受冲击（坍塌体或个别墜石）时压力可以扩散，以免粘土（或砂）隔离层产生很大变形。要求回填物較厚的情况，可以填成如图17b、d形式，以多爭取一些阻拦高度。在边坡尚不稳定而又不宜刷坡的地段，則修筑御土牆，在牆后回填以恢复山坡原来的形态，可以采用图17中e的型式，广略段这种回填高度有达20多米者。回填体表面的坡度，应接近所支撑山坡的坡度，如坡度平緩，往往不能完全达到企图支撑的高度，則可用較坚固的填料（如干砌片石）进行回墾，使回填体坡度，可以用陡一些，以达到希望的支撑高度（图18）。在回填的原边坡上，应挖成寬度不小于1米的台阶，以减少回填物沿坡面下滑的推力。当牆后需兼起阻拦及支撑边坡的作用时，可綜合上述情况設計。如急道沟隧道北段边坡坍塌成凹槽，經設計御土牆，牆后回填形式如图19所示，其目的是一方面用干砌片石回填边坡上的凹槽，同时拦截上部边坡的塌坍和流石流泥。当边坡地下水发育时則應該考虑牆后設置排水沟和盲沟的必要，以免土壤浸水后飽和膨胀，形成額外的膨胀压力或渗水动压力以及在冰冻时期因土壤冻结膨胀將牆摧毁。当天沟距牆較远时，可将牆后回填体与边坡相交处作成沟形，如图20。如回填材料为片石时，可将片石表面以水泥砂浆勾縫；在回填体为一般填料（如砂、砂夹卵石、弃碴等）时，可根据需要給予不同的鋪砌（如水泥砂浆砌片石，1:2:9水泥石灰砂浆砌片石，粘土混凝土等）。牆后水沟应具有一定的向两边或一边的縱坡（ $\geq 2\%$ ）引水排出。牆背疏水設備的形式，应根据土壤性質、地下水情况决定。我們采用过的几种形式示于图20。

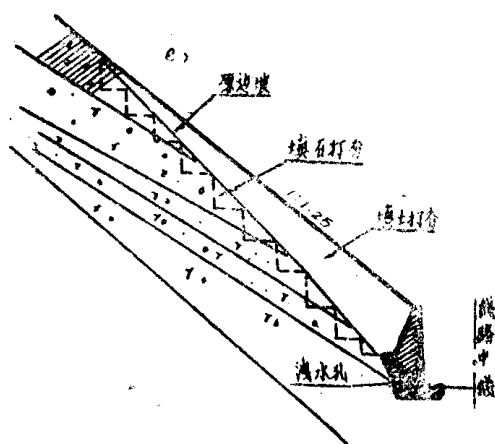


图 17

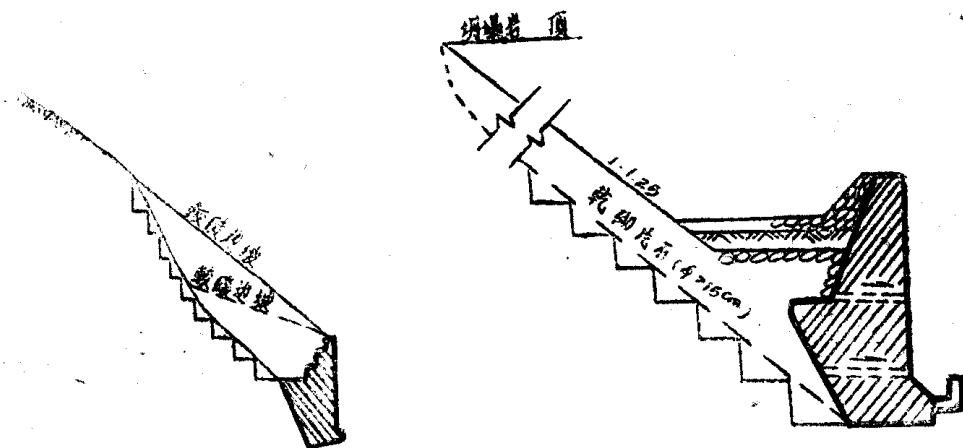


图 18

图 19

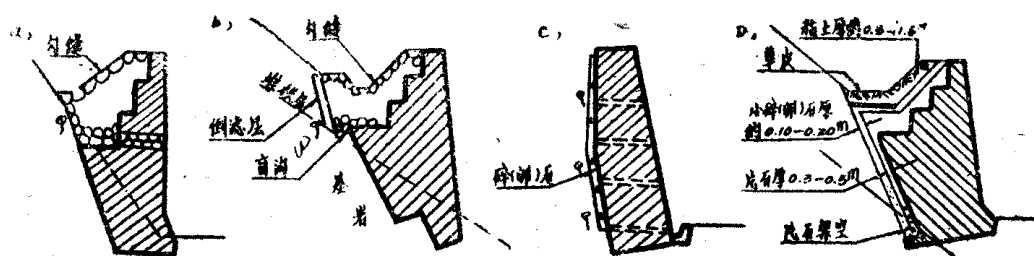


图 20

当墙后为基岩（岩层中的水多半为裂隙水），地下水露头位置又比较高时，可用图20a所示的形式，即把衡重台当作盲沟，并在墙上留设片石窗（或洩水孔）引水出墙。若地下水露头分布较广或成为渗流状态时（主要在土质或风化严重的岩质边坡）可如图20c所示的形式，在墙后填一层厚约0.3~0.5米的小片石。若地下水的潜蚀作用显著时，

则应考虑加设倒滤层，沟做成图20d的形式。高潭子4号明峒南口的半山御土墙我们采取了图20b所示的排水措施。此外，在边坡上地下水集中的地点设置一些支撑盲沟是很有意义的。如鲁光坪4号隧道南口，边坡为千枚岩细压碎带，有地下水露头多处，相当潮湿，我们在墙后设计

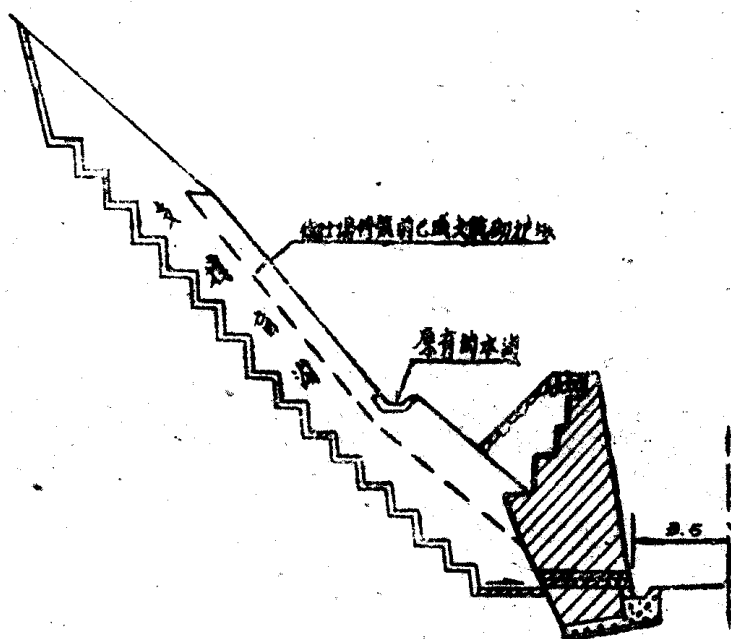


图 21

了支撑盲沟，盲沟中水由御土墙的片石窗引出(图21)。大沱明峒南口的半山御土墙

等处亦采取了这种措施。在急道沟附近的一段，根据試坑資料御土墙基底风化基岩中有大量地下水活动，我們在御土墙后面設計了深2米的縱向盲沟(图22)。这样不但可以排走經過回填体渗透下来的地下水，而且可截除御土墙基础下部的地下水，保持基础干燥而增加墙的基础稳定。

所有墙后盲沟，都应具有一定縱坡(一般 $\geq 2\%$ )，經過洩水孔(窗)或御土墙兩

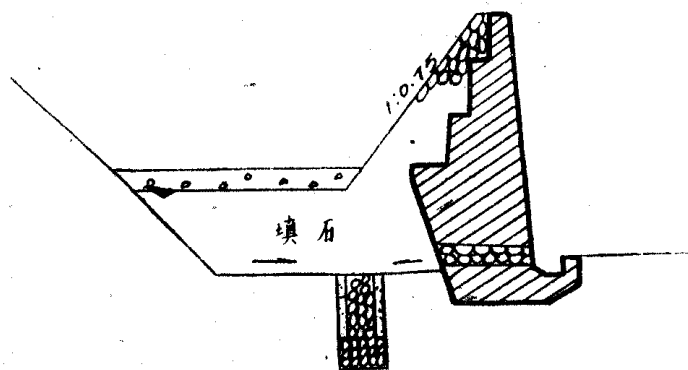


图 22

端排出墙外。墙身洩水孔的尺寸，不宜太小，一般可采用 $0.1 \times 0.15 \sim 0.15 \times 0.2$ 米<sup>2</sup>，其位置应在御土墙墙背外形变化处(衡重台及墙趾水沟处都应設置)，并考虑边坡渗水情况。其縱向間距可为2~3米，或者更远些。地下水集中处，可設置填有片石的洩水窗，其尺

寸可为0.3~0.5米。洩水窗和洩水孔底面应用水泥砂浆涂抹平整，并使具有不小于3%的坡度。当水量大时，可将墙后盲沟和洩水窗底部的片石适当架空，以利排水。墙与边坡(或基坑壁)之間的空隙除了排水的部分应紧密填塞，以免地下水下渗形成积水外，同时也使御土墙能直接撑住边坡，不使变形。当边坡为无地下水之坚硬岩层而空隙又不大时，填塞材料可用和墙身同規格的浆砌片石。这样使墙身与边坡紧密接合，能增加稳定。如果空隙很大，有时为了經濟，可以用片石、碎石(卵石)填塞，但在空隙底部必須有洩水孔(窗)排水，或用貧混凝土、低級的浆砌片石(如1:5水泥砂浆片石填塞。如为干燥的土质边坡，則可用和边坡同样的土壤填塞夯实)。为了保护御土墙的基础，墙外侧的側沟以浆砌为宜，其断面尺寸应与两端路堑側沟很好配合。浆砌片石的御土墙，其頂寬一般不小于0.4~0.5米。而承受坍塌物冲击的墙，則应适当加寬，通常我們都采用0.5~0.8米。如果有个别石块墜落可能时，則应满足按照落石計算結果的要求。在衡重式路堑御土墙或半山拦石墙的兩端，應該加筑端墙以与兩端的地面或边坡連接，避免坍塌物自兩端逸出。

御土墙基底应放在可靠的基础上。如果必須放在堆积层上时，除考虑基础允許承載力以外，尚应估計到御土墙有无和堆积层一起滑动的可能。若墙的基础是具有两种不同承載力的土壤或具有不稳定的裂縫时，則更要慎重注意。

御土墙基座的埋置深度，应根据基础土壤性質来决定。表1中列出的数值可供設計中的参考。

表1岩层类别中所列各种岩层，均系指风化很輕微者(一般为块石帶以上)。若基底設在岩层风化层或堆积土中，則 $h$ 、 $l$ 的值应适当增大；并且不应小于表中的最大值。否則应将基础土壤表面鋪砌加固。

此外，这些尺寸必要时尚应根据基底稳定的計算来决定，有时为了增大基础的稳定性，可以将基础埋置深度适当加深。如魯光坪4号南口御土墙基础为千枚岩細

表 1

御土墙基座应嵌入基岩的尺寸

| 岩 层 类 别      | $h$<br>(米) | $l$<br>(米) |
|--------------|------------|------------|
| 石灰岩、砂岩、玄武岩等  | 0.25       | 0.25~0.5   |
| 半坚石，如頁岩砂岩互层等 | 0.6        | 0.6~1.5    |
| 松軟的，如千枚岩等    | 1.0        | 1.0~2.0    |
| 砂夹卵石         | 至少1.0      | 1.5~2.5    |

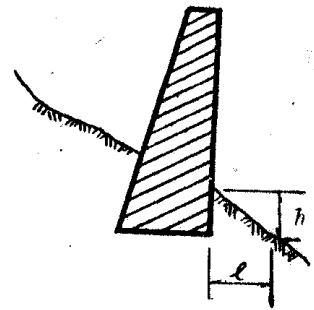


图 23

压碎带，很軟弱，設計时考虑用钢筋混凝土基座，埋置深度为1.4米，要求基础承载力为3公斤/厘米<sup>2</sup>。施工开挖后，发现基础承载力不够，經改变設計，将基础加深至3米。根据計算，可以取消钢筋混凝土基座，并滿足了設計要求。当在斜坡上建御土墙时，为避免基础土壤沿斜面发生剪切，影响到御土墙的安全，因此只有在較完整的岩层上，才能把基础的底面作成台阶形。我們在設計中，往往把御土墙的基底做成斜面，借以增大墙的抗滑稳定系数；基础为完整的岩石时，底面可以尽量接近于垂直合力（ $R$ ）的作用方向，这样墙的抗滑稳定系数可以很大。但当基础为风化岩层或堆积土时，上述傾斜度应有一定的限制。在一般的土壤中，傾斜度不应大于1/10；其他情况下，傾斜度可作成1/5~1/4；因为底面傾角（ $\alpha$ ）太大时，就可能沿水平面（ $N-N$ ）产生連同土壤三角稜体一起的滑动（图24）。

为了减少对土壤的压力，增加墙的傾复稳定，可将基底外側作成具有突出的稜边（图25）。稜边突出的程度（图25中以 $\beta$ 表示）不宜超出所用材料的剛性角（浆砌片石的剛性角約为30°，混凝土的剛性角为45°），否則基础便不能保持其剛性。如果无法达到这种要求时，便应该通过計算，設計钢筋混凝土的基座。修筑御土墙时，应该分段砌筑每段的接縫（沉降縫）。此接縫应設在基础地质条件（不同的承载力或有断层等构造現象处）或墙的高度有变化的地方，每段的长度应不大于10~20米。若墙背可能为水浸泡时，則墙背一般須加鋪防水层。

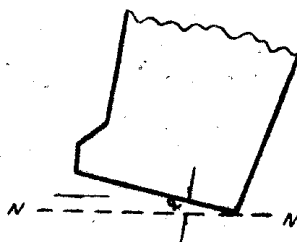


图 24

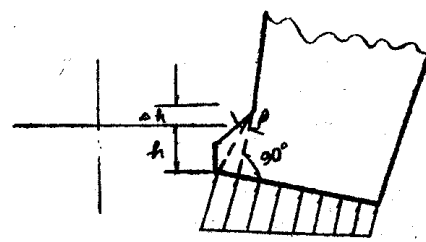


图 25

## 第二篇 土压力計算方法的研討

### 第三章 宝成綫广略段設計采用的土压計算方法

本章仅叙述我們在設計御土墙时（主要指路塹御土墙）一般所采用的計算方法，以及在設計过程中所碰到的一些問題和体会。至于有些較为深入一步的理論上

的探討，可另見其他几章。

### §3-1. 庫倫公式的应用

关于御土牆所受的最大主动土压力，我們采用了根据庫倫理論推导出来的基本公式：

$$E_{\max} = \frac{\gamma}{2} h^2 \lambda \quad (1)$$

式中  $\lambda$  为侧压力系数，

$$\lambda = \frac{\sin(\alpha \pm \varphi)}{\sin \alpha \sin(\alpha \pm \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha \pm \delta) \sin(\alpha \pm \beta)}} \right]^2} \quad (2)$$

$\alpha$  角分别代表图 26 中所表示的牆背不同方向的傾斜角。当牆背后仰，即向土压力作用方向傾斜时应用式中土、干符号的下层（即—、+）；牆背俯伏，即順着压力作用方向傾斜时，应用式中土、干符号的上层（即+、—）；当牆背垂直时（ $\alpha=90^\circ$ ）則得

$$\lambda = \frac{\cos \varphi}{\cos \delta \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \beta)}{\cos \delta \cdot \cos \beta}} \right]^2}$$

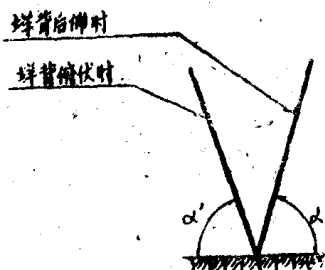


图 26

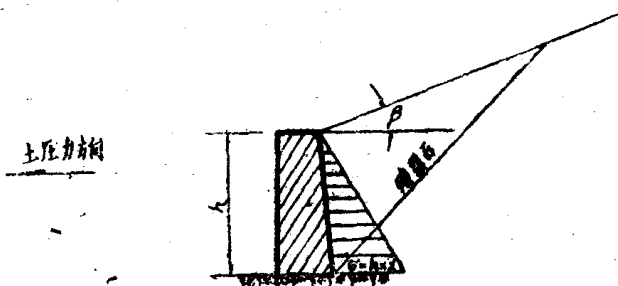


图 27

由以上公式可知，决定最大土压力的因素有：牆后土体的单位容重  $\gamma$  吨/米<sup>3</sup>；牆后相应于一定压力系数值的受压高度  $h$ （米）；压力系数  $\lambda$ ，其值又决定于下列的因素：

牆背傾斜角  $\alpha$ （度）；

牆后土壤的内摩擦角  $\varphi$ （度）；

牆背和牆后土体接触面上的摩擦角  $\delta$ （度）（一般  $\delta$  采用等于  $1/2 \sim 3/4 \varphi$ ）；

牆后土体的傾斜表面与水平表面所夹的角度  $\beta$ 。

在实际设计中，牆背的形状以及牆后受力的情况并不象图27所示的那样简单，而是较复杂的。因此计算时必须加以具体分析，不应该盲目套用公式。

为了适应牆背各种不同的形状，式（1）可用下式表示：

$$E_{\max} = \gamma h \left( \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} \right) = \gamma h \lambda \left( \frac{h_1 + h_2}{2} \right) \quad (1')$$

式中  $h$ ——墙背任一部分受压面(图28)的垂直投影高度;

$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}\right)$ ——当 $\gamma=1$ 时分布在上述受压面上的压力平均值;

$h_1, h_2$ ——受压面上 $AB$ 两点距离填土表面和受压线(墙背), 相交点间的垂直距离, 称为计算高度。以图29为例,  $AB$ 为任意截取的一段墙背, 延长 $AB$ 交填土表面于 $N$ , 得 $AB$ 面上 $A, B$ 两点的计算高度, 即 $AN, BN$ 的垂直投影 $h_1, h_2$ 。

因已知 $AB$ 面的倾斜角 $\alpha$ 及填土表面的倾斜角 $\beta$ , 当土壤的 $\varphi$ 及墙背摩擦角 $\delta$ 为已知时, 压力系数 $\lambda$ 即可由公式(2)求得。再由公式(1')即可求得墙



图 28

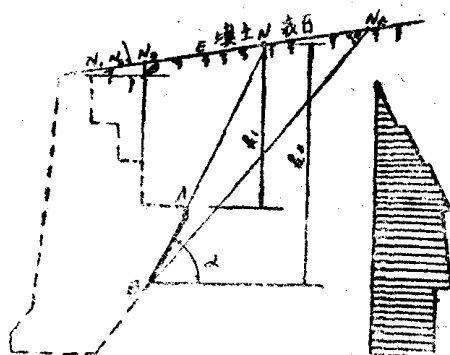


图 29

背 $AB$ 上的最大主动土压力, 而公式(1) ( $E_{\max} = \frac{1}{2} h^2 \lambda$ ) 则仅是图29的一种特殊情况(即当 $A$ 点与 $N$ 重合,  $h_1=0$ , 而压力成三角形分布时)。如果墙背系由各种不同倾斜度的直线组成(图29中虚线所示), 重复 $AB$ 面的计算步骤就可求得各段墙背上的压力。如果绘出整个墙背上主动土压应力的分布图, 可以看到相应于墙背外形的变化外, 应力图也有突变。

根据库伦理论, 当墙背具有倾向不同的各种倾斜度时, 墙背上的压力值是变化的, 这种变化是以压力系数 $\lambda$ 的不同的数值反映出来。从已知条件 $\varphi=33^\circ 42'$ ,  $\delta=26^\circ 40'$ ,  $\beta=\varphi$ 的计算为例, 如图30所示, 图中以 $O$ 为原点作出的不同斜度(以 $1:m$ 表示)的倾斜直线, 代表着倾斜度不同的墙背, 算出图中各种倾斜度的墙背上的压力系数值后, 将这些数值自纵坐标上投影到各个相

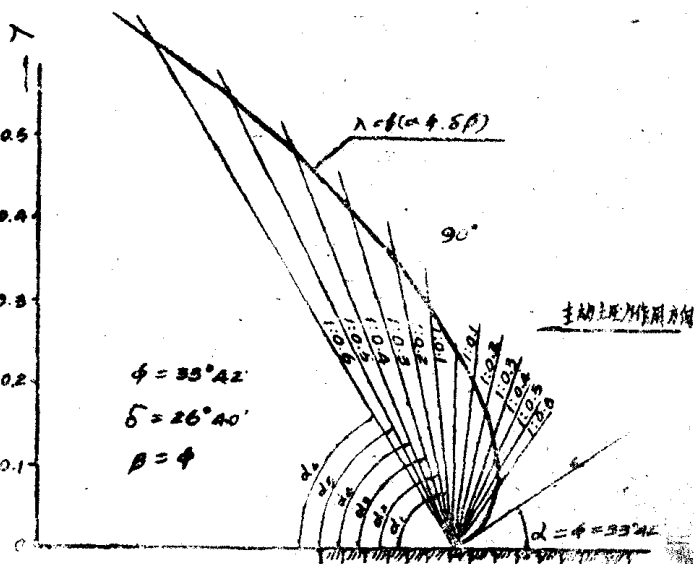


图 30

应的墙背上, 连接所得的各个点, 就得到相应于不同倾斜墙背的压力系数 $\lambda$ 的变化曲线 $[\lambda=f(\alpha, \varphi, \delta, \beta)]$ 。

根据这条曲线的变化规律, 我们可以看出, 墙背顺着土压力作用方向的倾斜度越大时( $\alpha$ 越小), 压力系数 $\lambda$ 的值亦随着增大; 相反, 如果墙背迎着土压力的方向倾斜度越小时( $\alpha$ 越大), 压力系数 $\lambda$ 的值则随着减小。当墙背倾斜角 $\alpha=\varphi=33^\circ 42'$