

有效长度不应小于 20m。

3 防浪墙净高不宜大于 1.2m。防浪墙埋置深度应大于 0.5m。防浪墙宜设在临海侧,经过论证或模型试验验证后,防浪墙也可设在堤坝顶内侧。防浪墙每隔 8m~12m 宜设一条沉降缝。

5.4.10 堤身边坡应符合下列规定:

1 堤身边坡的坡比应按堤身材料与结构形式经稳定计算确定。初步设计时可按表 5.4.10 选取。当堤型为混合式时,宜根据工程经验确定。

表 5.4.10 堤身两侧边坡坡比值

| 堤 型 | 临海侧坡比 | 背海侧坡比 |
|-----|-------------|-------------------------------------------------------|
| 斜坡式 | 1:1.5~1:3.5 | 水上:黏性土 1:1.5~1:3.0 砂性土 1:3~1:5 水下:海泥掺砂 1:5~1:10 |
| 陡墙式 | 1:0.2~1:0.5 | 海泥 1:6~1:20 砂壤土 1:5~1:7 |

2 当临海侧设置消浪平台时,其顶面及顶面以下 1.0m 范围内的护面结构应加强,对于 3 级及以上堤坝,应根据波浪模型试验,加强消浪平台及上下段护面结构。

3 临海侧坡脚应设置护脚,防止冲刷堤脚。对滩涂冲刷严重的堤段,应增设堤脚防护措施。

5.5 防渗土体设计

5.5.1 堤身的防渗土体宽度和厚度应经渗流及渗透稳定计算确定,并应满足施工和构造的要求。渗流计算及渗透稳定验算应符合本规范第 6 章的规定。

5.5.2 堤坝不同填料与土体之间应设置反滤层。土工织物用作反滤层时,应按现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 的规定进行设计。

5.5.3 堤坝防渗应符合下列规定：

1 防渗土体顶部宽度不应小于 1.0m，其顶部高程应高于设计高潮位 0.5m，并应对防渗土体薄弱部位进行渗流稳定验算。

2 防渗土体顶部应预留沉降量，预留值宜为 0.3m。

3 堤身的防渗土料应就地取材，当采用多种土料时，宜将抗渗性好的土料填筑于临海侧。

4 主、副石堤坝之间的防渗土体宽度应大于最大水位差的 4 倍。

5.5.4 用于构筑堤身的棱体护底、闭气土方和施工围堰的充泥管袋，不宜用于护面结构。充泥管袋长宽比宜为 2.1~3.5。每层填筑高度宜为 0.6m，边坡坡比不宜大于 1:1.5。

5.6 护面结构

5.6.1 护面形式应根据工程等级、波浪高度、堤型等条件选用。护面结构的厚度可根据现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435 的有关规定计算。对允许部分越浪的堤坝，顶面和背海侧坡面及坡脚应根据越浪量大小采取相应的防护措施。

5.6.2 砌石及混凝土防护墙和护坡应在顺堤线方向设变形缝，砌石结构分缝间距宜为 10m，混凝土结构分缝间距宜为 15m，钢筋混凝土结构分缝间距宜为 20m。

5.6.3 堤坝顶应在堤身基本稳定后进行护面，护面可采用碎石、泥结石、沥青混凝土、浆砌块石、混凝土等材料，并根据不允许越浪和允许部分越浪的工况和防护要求选用护面材料和进行结构设计。堤顶护面应设置横向坡度，坡度宜为 1%~3%。

5.6.4 防浪墙应采用混凝土、钢筋混凝土、毛石混凝土、灌砌块石或浆砌块石等结构，不应采用干砌块石，并应进行自身的强度和稳定计算。

5.6.5 斜坡式堤坝临海侧护坡的结构形式可采用干砌（浆砌）块石、混凝土灌砌块石、钢筋混凝土面板、混凝土及预制混凝土异形

块体、混凝土栅栏板及混凝土连锁护堤块等,并应符合下列规定:

1 3级及以上堤段临海侧坡面,宜采用砌石或混凝土护坡,其护面层结构尺寸应按现行行业标准《海堤工程设计规范》SL 435计算确定。3级以下堤段临海侧在平均高潮位以上范围可采用草皮、混凝土框格草皮等护坡。

2 波浪作用小的堤段可采用干砌块石或条石护面,护坡砌石的始末处及与建筑物的交接处应采取封边措施。也可采用混凝土或浆砌块石、灌砌块石框格,加强固定干砌块石护面的整体性,并应设置沉降缝,沉降缝的间距宜为8m~12m,当地基软弱时取小值。

3 波浪作用强烈的堤段临海侧护面宜采用混凝土或钢筋混凝土异形块体,异形块体的结构及布置可根据消浪要求,经计算确定。重要堤段应通过波浪模型试验确定。

4 对不直接临海的堤段,宜沿堤线采取植草、空心螺母块植草等形式护坡;对堤前滩地宽且风浪较小的堤段,可选用植物护坡;对于风浪较大、生态景观要求高的堤段,也可采用工程措施与植物措施相结合的护坡形式。

5 在护面层与抛石体之间应设垫层,面层表面应平整。垫层可采用自然级配石渣或碎石,其厚度宜为20cm~40cm,含泥量不应大于5%;对透空式混凝土异形块体护坡的形式,垫层以上尚应设置块石找平层,其块石粒径不宜小于混凝土异形块体的最大空隙;护面层与土体之间,在垫层以下尚应设置反滤层,反滤层可采用土工织物或充砂管袋。

5.6.6 临海侧陡墙式挡墙的设置应符合下列规定:

1 挡墙应进行抗滑、抗倾覆稳定计算,挡墙基底的最大压力不应大于地基承载力特征值的1.2倍。

2 挡墙基底宜设垫层,并宜根据堤身高度设置堆石基础。

3 挡墙应设置排水孔。

4 挡墙与墙后填土之间应设碎石或石渣过渡层,也可设土工

织物层。

5 箱式挡墙内宜采用石渣或块石作为填料。

6 对原有干砌块石和浆砌块石陡墙式挡墙采用混凝土加固护面时,护面厚度应根据波浪要素计算确定,但不宜小于 200mm。

5.6.7 混合式堤坝临海侧护面结构应根据斜坡式和陡墙式的有关要求选用。重要工程可通过模型试验综合分析选用。

5.6.8 背海侧护面可采用干砌块石、浆砌块石、混凝土板块和植被等护坡。按不允许越浪设计的堤坝应具备抗冲能力,可采用植被护坡或其他工程措施;按允许部分越浪设计的堤坝应根据计算越浪量或波浪模型试验结果,选用护面形式。

5.6.9 对高度大于 6.0m 的堤坝,应在背海侧布设排水设施。按允许部分越浪设计的堤坝,应在背海侧布设纵横向排水系统,汇水的排水沟断面尺寸应根据越浪量大小和坡度计算确定,或根据已建工程经验确定。平行堤坝轴线的排水沟可设在背海侧马道或坡脚处。

5.6.10 已建堤坝护面的加固措施应根据其等级、波浪状况和原有护面的损坏程度等综合确定。新加固部分墙体的沉降缝位置应与原墙一致。

6 稳定与沉降计算

6.1 一般规定

- 6.1.1 在海岸软土地基上筑堤应进行渗流与渗透稳定验算、抗滑与抗倾覆稳定验算及沉降计算。
- 6.1.2 宜根据地形地质条件、断面形式、堤高和波浪条件基本相同的原则,将堤坝划分为若干段,每段应选择1个~2个有代表性的断面进行渗透稳定、整体抗滑稳定验算。
- 6.1.3 渗流场的水头、压力、坡降和渗流量等水力要素可按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286的有关方法计算。
- 6.1.4 防护墙基底应力应按不同水位与波浪力的最不利组合验算。在进行堤坝边坡和堤基整体抗滑稳定验算时,应计入渗流作用及潮位升降的影响。
- 6.1.5 应根据堤基的地质条件、土层的压缩性、地基排水条件、堤身的断面尺寸、地基处理方法、荷载大小及加载过程等,选取有代表性的断面进行沉降计算。
- 6.1.6 黏性土层的压缩量计算宜包括应力历史和加载路径的影响因素。原始地基在非正常固结状态时,沉降计算应包括超固结比的影响因素。计算软土地基的沉降过程宜采用应变固结度。

6.2 渗流计算及渗透稳定验算

- 6.2.1 堤坝渗流坡降及出逸坡降应按下列水位计算:
- 1 设计高潮(水)位;
 - 2 潮水降落时临海侧堤身内的水位;
 - 3 施工期间的高潮(水)位。

6.2.2 渗流应按堤身和地基渗透系数各向异性进行计算。计算渗透流量时宜采用土层渗透系数的大值平均值,计算水位降落时的浸润线宜用小值平均值。

6.2.3 渗透稳定应进行下列判断和验算:

- 1 管涌、流土、接触冲刷或接触流土等土的渗透变形类型;
- 2 堤身和堤基土体的渗透稳定;
- 3 堤坝背海侧渗流出逸段的渗流坡降。

6.2.4 无黏性土渗透变形形式的判别应符合下列规定:

- 1 不均匀系数不大于 5 的土,其渗透变形为流土。
- 2 对于不均匀系数大于 5 的土,可采用下列方法判别:

1) 流土:

$$P_c \geq 35\% \quad (6.2.4-1)$$

2) 过渡型取决于土的密度、粒级、形状:

$$25\% \leq P_c < 35\% \quad (6.2.4-2)$$

3) 管涌:

$$P_c < 25\% \quad (6.2.4-3)$$

式中: P_c ——土的细粒颗粒含量,以质量百分率计(%)。

4) 级配不连续的土,级配曲线中颗粒含量小于或等于 3% 的平缓段,粗细粒的区分粒径应取平缓段的粒径平均值,或取粒径最小值,相应的含量为细颗粒含量;对于无黏性土,不连续部分的平均粒径可取 2mm。

级配连续的土,区分粗粒和细粒粒径的界限粒径可按下式计算:

$$d_f = \sqrt{d_{70} d_{10}} \quad (6.2.4-4)$$

式中: d_f ——粗细粒的区分粒径(mm);

d_{70} ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm),小于该粒径的土含量占总质量的 70%;

d_{10} ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm),小于该粒径的土含量占总质量的 10%。

5) 土的不均匀系数应按下式计算:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (6.2.4-5)$$

式中: C_u ——土的不均匀系数;

d_{60} ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 60%。

3 对双层结构的地基, 当两层土的不均匀系数均等于或小于 10, 且符合下式规定时, 可判别为不发生接触冲刷:

$$\frac{D_{10}}{d'_{10}} \leq 10 \quad (6.2.4-6)$$

式中: D_{10} ——较粗层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 10%;

d'_{10} ——较细层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 10%。

4 接触流失宜采用下列方法判别:

对于渗流向上的情况, 当符合下列条件时, 可判别为不发生接触流失:

1) 不均匀系数小于或等于 5 的土层:

$$\frac{D_{15}}{d'_{85}} \leq 5 \quad (6.2.4-7)$$

式中: D_{15} ——较粗层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 15%;

d'_{85} ——较细层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 85%。

2) 不均匀系数小于或等于 10 的土层:

$$\frac{D_{20}}{d'_{70}} \leq 7 \quad (6.2.4-8)$$

式中: D_{20} ——较粗层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小于该粒径的土含量占总质量的 20%;

d'_{70} ——较细层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm), 小

于该粒径的土含量占总质量的 70%。

6.2.5 流土与管涌的临界水力坡降确定方法应符合下列规定：

1 流土型宜采用下式计算：

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) \quad (6.2.5-1)$$

式中： J_{cr} ——土的临界水力坡降；

G_s ——土粒密度与水的密度之比；

n ——土的孔隙率(以小数计)。

2 管涌型或过渡型宜采用下式计算：

$$J_{cr} = 2.2(G_s - 1)(1 - n)^2 \frac{d_5}{d_{20}} \quad (6.2.5-2)$$

式中： d_5 ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm)，小于该粒径的土含量占总质量的 5%；

d_{20} ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm)，小于该粒径的土含量占总质量的 20%。

3 管涌型也可采用下式计算：

$$J_{cr} = \frac{42d_3}{\sqrt{\frac{k}{n^3}}} \quad (6.2.5-3)$$

式中： k ——土的渗透系数(cm/s)；

d_3 ——颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm)，小于该粒径的土含量占总质量的 3%。

4 土的渗透系数应通过渗透试验测定。当无渗透系数试验资料时，可根据下式计算近似值：

$$k = 2.34n^3 d_{20}^2 \quad (6.2.5-4)$$

6.2.6 无黏性土防止渗透变形的允许坡降应以土的临界坡降除以安全系数确定，安全系数宜取 1.5~2.0。无试验资料时，无黏性土的允许坡降可按表 6.2.6 选用；特别重要的堤段，其允许坡降应根据试验的临界坡降确定。

表 6.2.6 无黏性土的允许坡降

| 渗透变形形式 | 流土型 | | | 过渡型 | 管涌型 | |
|--------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | $C_u < 3$ | $3 \leq C_u \leq 5$ | $C_u > 5$ | | 级配连续 | 级配不连续 |
| 允许坡降 | 0.25~0.35 | 0.35~0.50 | 0.50~0.80 | 0.25~0.40 | 0.15~0.25 | 0.10~0.20 |

注:1 C_u 为土的不均匀系数;

2 表中的数值适用于渗流出口无反滤层的情况,当有反滤层作保护时,则可提高2倍~3倍。

6.2.7 当两层土均为非管涌型土时,接触冲刷临界水力坡降可按下式计算:

$$J_{k.H.g} = \left(5.0 + 16.5 \frac{d'_{10}}{D_{20}} \right) \frac{d'_{10}}{D_{20}} \quad (6.2.7)$$

式中: $J_{k.H.g}$ ——接触冲刷临界水力坡降;

d'_{10} ——较细层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm),小于该粒径的土含量占总质量的10%;

D_{20} ——较粗层土颗粒大小分布曲线上的某粒径(mm),小于该粒径的土含量占总质量的20%。

6.2.8 黏性土流土型临界水力坡降宜按本规范式(6.2.5-1)计算。其允许坡降应以土的临界坡降除以安全系数确定,安全系数不宜小于2.0。

6.3 抗滑与抗倾覆稳定验算

6.3.1 堤坝抗滑与抗倾覆稳定验算应包括下列内容:

- 1 堤坝边坡和地基整体抗滑稳定;
- 2 护坡底面抗滑稳定、护坡内部稳定;
- 3 防护墙、防浪墙抗滑、抗倾覆稳定;
- 4 防护墙基底应力和地基承载力。

6.3.2 堤坝边坡和地基抗滑稳定可按正常运行条件和非常运行条件进行验算:

- 1 正常运行条件稳定验算指竣工后运行期断面的抗滑稳定验算。

2 非常运行条件Ⅰ稳定验算可分为下列三项：

- 1) 分级加载施工的堤坝, 各级加载条件下施工断面的抗滑稳定验算；
- 2) 堵口截流堤断面的抗滑稳定验算；
- 3) 完建期非龙口段及龙口段堤坝断面的抗滑稳定验算。

3 非常运行条件Ⅱ稳定验算指竣工后运行期的堤坝承受地震等特殊荷载的稳定验算。

6.3.3 堤坝边坡和地基抗滑稳定验算时, 应根据工程实际情况确定计算工况及其相应的水位和荷载的最不利组合。各计算工况及其临海侧、背海侧水位组合可按表 6.3.3 采用。

表 6.3.3 堤坝整体抗滑稳定计算工况及其临海侧、背海侧水位组合

| 计算工况 | 验算断面 | 验算边坡 | 临海侧潮(水)位 | 背海侧水位 |
|---------|---------------------------|------|---------------------|------------|
| 正常运行条件 | 竣工后断面 | 背海坡 | 设计高潮(水)位 | 常水位或最低控制水位 |
| | | 临海坡 | 设计低潮(水)位 | 最高水位 |
| | | | 潮(水)位降落至压载平台顶或滩涂面高程 | 最高水位 |
| 非常运行条件Ⅰ | 分级施工断面或堵口截流堤断面(未闭气)或完建期断面 | 背海坡 | 施工期高潮(水)位或设计高潮(水)位 | 施工期最低水位或无水 |
| | | 临海坡 | 施工期低潮(水)位或设计低潮(水)位 | 施工期最高水位 |
| | | | 潮(水)位降落至压载平台顶或滩涂面高程 | 施工期最高水位 |
| 非常运行条件Ⅱ | 竣工后断面 | 背海坡 | 多年平均高潮(水)位 | 常水位 |
| | | 临海坡 | 多年平均低潮(水)位 | 常水位 |
| | | | 潮(水)位降落至压载平台顶或滩涂面高程 | 常水位 |