

大坝、坝基冲积层、液化、可能性、摩洛哥

摩洛哥几座大坝坝基液化可能性分析

37-62

阿拉米 M. 阿拉米等
[摩洛哥]

解俊良

TL6P8.13
T1223.7

摘要 为了对阿尔瓦达、阿舍夫、斯米尔以及西迪厄萨埃德大坝坝基冲积层的液化可能性进行评估,已进行过一些勘测和现场试验。试验结果分析表明,根据所研究的坝址情况,液化的危险很小,只在坝基局部或全部出现。通过采用现场试验结果并检测处理方法得出,阿舍夫和西迪厄萨埃德坝坝基冲积层仍保留在原位不必进行处理,而阿尔瓦达坝址则分区对易产生液化的砂土进行开挖,并对斯米尔坝坝基冲积层进行全部挖除。

1 简介

阿尔瓦达、斯米尔、西迪厄萨埃德、阿舍夫大坝位于摩洛哥北部的里夫和前里夫带,该地区属强地震活动区(图1)。

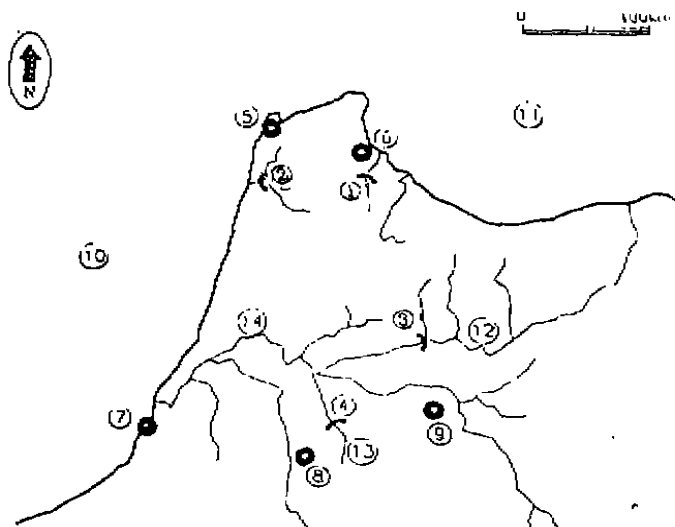


图1 工程位置图

①斯米尔大坝 ②阿舍夫大坝 ③阿尔瓦达大坝 ④西迪厄萨埃德大坝 ⑤丹吉尔市 ⑥德图安市
⑦拉巴特市 ⑧梅克内斯市 ⑨非斯市 ⑩大西洋 ⑪地中海 ⑫乌埃尔加河 ⑬米克斯河流 ⑭塞布河

这些坝为修建于冲积层基础上的填筑坝,其主要特性列于下表:

表1

坝名	坝型	坝高(m)	填筑方量(hm ³)	库容(hm ³)
阿尔瓦达	分区填筑坝	80	27	3800
阿舍夫	均质填筑坝	42	3	300
西迪厄萨埃德	均质填筑坝	51	3	170
斯米尔	分区填筑坝	30	0.72	39

2 摩洛哥北部地震状况

2.1 历次地震情况

北非尤其摩洛哥是以强地震活动区而著称,这是由于欧洲大陆板块与非洲大陆板块接壤所致,因而,对于摩洛哥所有大坝设计而言,地震资料是必需考虑的一个部分。

摩洛哥北部的里夫和前里夫的非斯塔札地区,在历史上曾遭受过数次破坏性大地震。尽管近年来未发生大的地震,但三十多年来所记录的地震活动清楚地证明这些地区有产生地震的可能。

2.2 记录到的地震资料

国际大坝委员会建议所作的地震随机分析表明,在里夫和前里夫地区的最大可能地震的最大加速度为 $0.20g$ 至 $0.30g$,震级为 6 到 7.5 级。

在马格里布记录到的最强烈地震震级为 7.5 级。对斯米尔和阿舍夫坝,计算采用的最大地震加速度为 $0.2g$,震级为 7.5 级,而阿尔瓦达和西迪厄萨埃德采用的震级为 6.5 级。

3 液化可能分析

3.1 根据 SPT 试验所得的方法

根据 SPT 试验(贯入度标准试验)并按照以下方法估算冲积层液化风险性。

3.1.1 阿舍夫和斯米尔大坝情况

(1)采用萨克模型计算基准地震所产生的水平周期应力(τ_{mov})与由于覆盖层所引起的垂直有效应力 σ_v 之间的比值,分别得出 τ_{mov} 值和 a_{max} 。

(2)其周期应力比(τ_{mov}/σ_v)等级为:

$$(\tau_{mov}/\sigma_v) = 0.65 \tau_{max}/\sigma_v \quad \text{式中, } \tau_{max} = (\sigma_v/g) \cdot a_{max} \cdot r_d$$

归入曲线图表中,并使 N1(SPT 的校正震动冲击数)列于曲线图中(图 2),在该图中示出塞德所确定的淤泥或砂土材料的液化与非液化带之间的极限范围。

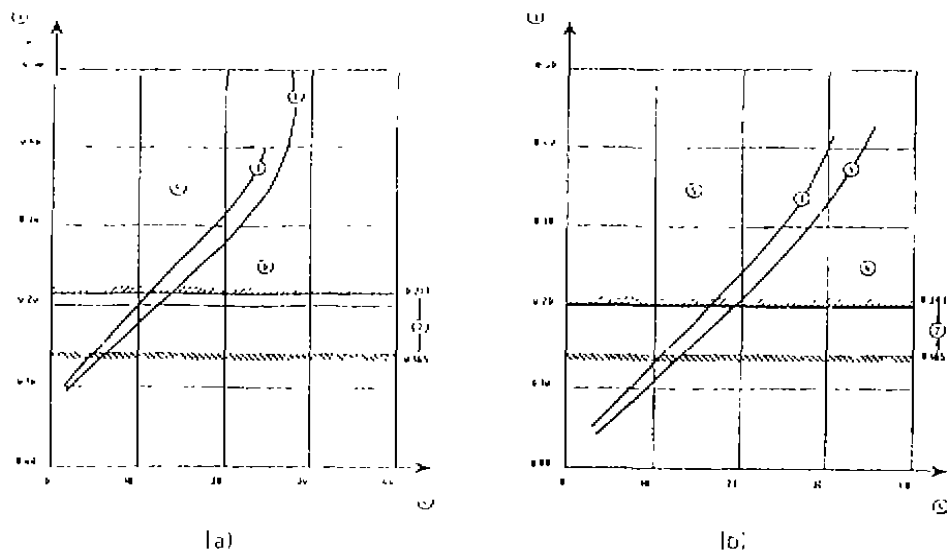


图 2 大坝基础的液化风险分析

(a)淤泥土 (b)砂土 ①7.5 级 ②6.75 级 ③平均周期应力 ④校正冲击数
⑤可能的液化 ⑥不可能的液化 ⑦表示地层反应的周期应力比的最大和最小值

3.1.2 阿尔瓦达和西迪厄萨埃德大坝情况

要计算标准周期应力比 $\tau_{\text{moy}}/\sigma'_v$, 需遵照以下两个规范: 塞德规范和科库索规范以及约西达规范。后一个规范曾应用于阿尔瓦达坝。

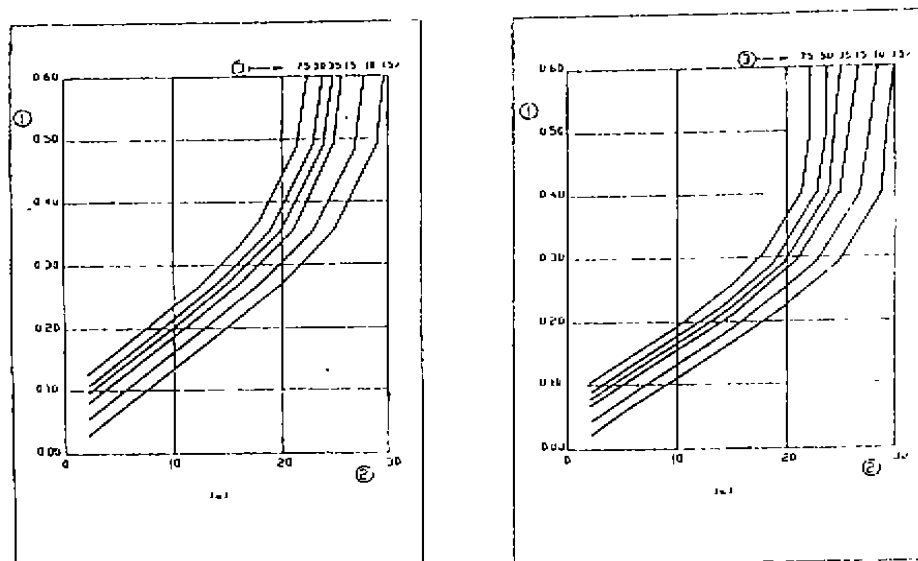


图3 产生液化的周期应力比和 $(N1)_{60}$ 值之间的关系曲线

(a) 震级 7.5 (b) 震级 6.5 ① 周期应力比 ② $(N1)_{60}$ 校正冲击数 ③ 细粒含量 (%)

3.1.2.1 塞得规范

该规范采用了由以下培加系数校正的 SPT $(N1)_{60}$ 冲击数。

(1) C_n (深度影响), $C_n = 170 / (\sigma'_v + 70)$ (σ'_v 单位为 kN/m^2)。

(2) C_r (钻杆长度影响); 该系数根据深度不同而取以下值:

— 0 到 4m: $C_r = 0.75$

— 4m 到 6m: $C_r = 0.85$

— 6m 到 10m: $C_r = 0.95$

— $>10\text{m}$: $C_r = 1.00$

(3) 细粒材料含量的影响 (粒径小于 0.08mm 的颗粒); 其影响根据细粒含量百分比通过冲击数 $(N1)_{60}$ 的增大显示出来, 见下表:

表 2

细粒 (%)	10	15	25	50	75
$\delta N1$	+2	+4	+5	+6	+7.5

标准周期应力值 ($\tau_{\text{moy}}/\sigma'_v$) 是从塞德曲线图获得的, 这些图表是针对细粒含量为 5% 至 75%, 震级为 7.5 和 6.5 的地震情况而制定的 (如图 3)。

考虑到大坝的作用, 由地震所产生的标准周期应力值接着用以下的简化表达式进行计算。

$$(\tau_{\text{moy}}/\sigma'_v) = 0.65 \cdot (a_{\text{max}}/g) \cdot (\sigma_v/\sigma'_v) \cdot r_d$$

式中比率 $a_{max}/g=0.2$, 系数 $r_d=0.7$, 在坝下游填筑层中(非饱和土)比率 $(\sigma_v/\sigma'_v)=1$, 而在坝上游全部被水淹没的填筑层中(饱和砂土) $(\sigma_v/\sigma'_v)=2$ 。

安全系数为 1.3, 应用于标准周期应力的计算值。

3.1.2.2 科库索和约西达规范

地震震级为 6.5 时, 对于 10 个循环周期和变形 $e=5\%$ 的情况, 科库索和约西达提出采用以下适当的表达式:

$$\tau_{max}/\sigma_v = 0.076[N1^{0.5} + (0.042 \times N1)^{1.77} - 14.8 + (0.225 \log_{10}(D50/0.35))]$$

已采用该规范计算的结果与阿尔瓦达坝所采用的塞德规范所得的结果进行了比较。

3.1.3 计算结果

3.1.3.1 阿舍夫和斯米尔大坝情况

3.1.3.1.1 大坝基础的液化风险

对于震级为 7.5 级的地震, 在用萨克(Shake)型线性模型进行计算的情况下, 图 2 表明, 只需分析阿舍夫坝低于或等于 19、斯米尔坝等于 14(校正 SPI 冲击数)的量测总数即分别为量测总数的 25% 和 30% 就足够了。

3.1.3.1.2 大坝效应

在坝的效应通过基础内的有效应力的增大而显示出来, 由此而产生密闭效应, 在仅针对基础而言的情况下, 通过降低其周期应力比而改善基础的抗液化风险能力。上覆填筑层越高, 这种效应越大, 在与坝轴线相垂直处, 这种效应是最大的。

通过对压实填土简单模型化, 就可模拟出大坝的作用(图 4)。计算表明可能产生液化危险的范围其校正冲击数低于或等于 7, 即占阿舍夫(图 5)坝冲积层中所作的量测不到 4%, 而斯米尔大坝冲积层测量的 20%。

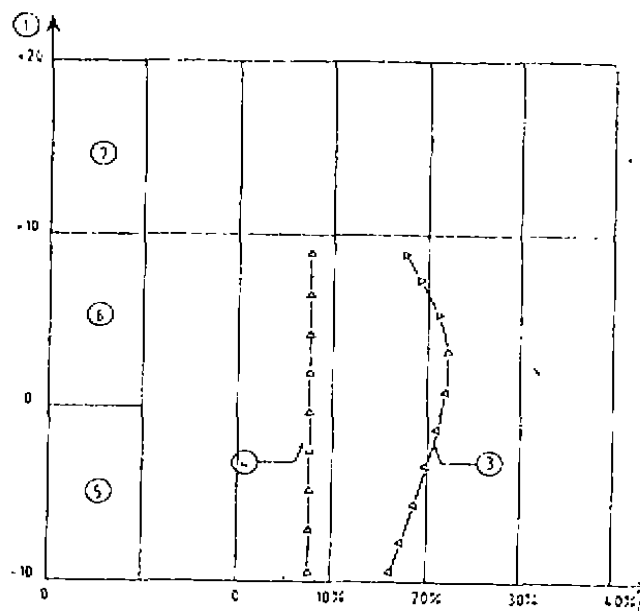


图 4 阿舍夫坝, 有坝和无坝的液化危险

①高程 ②周期应力比 ③无坝 ④有坝 ⑤粗颗粒冲积层 ⑥细颗粒冲积层 ⑦填土

3.1.3.1.3 小 结

用萨克模型所作的计算结果表明,阿舍夫坝坝基粗颗粒冲积层液化风险很小,相反,斯米尔坝基冲积层则通常处于疏松状态,应挖除或增加冲积层密实度。

鉴于斯米尔大坝范围内冲积层填筑量适中(约为 110000m^3),决定将这些冲积层全部挖除。

3.1.3.2 阿尔瓦达和西迪厄萨埃德大坝情况

3.1.3.2.1 塞得规范

阿尔瓦达大坝的计算结果表明计算地震在坝上游填筑层(全部被水浸没的情况)所产生的标准周期应力(τ_{\max}/σ_v)约为 0.2,高于塞德规范所得的大部分值(τ_{\max}/σ_v);下游填筑层的标准周期应力约为 0.1,低于通过同一规范所得的大部分值。

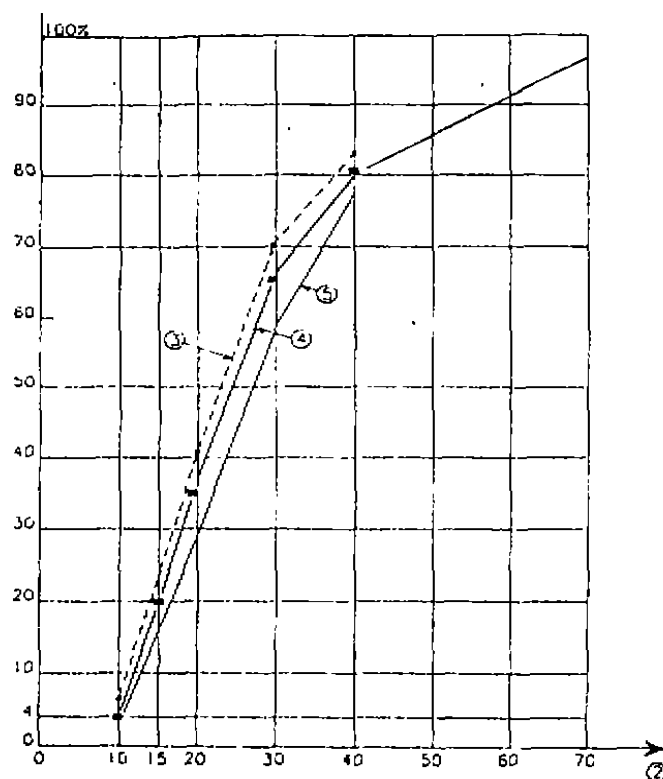


图 5 阿舍夫坝:累积频率—校正冲击数

①累积频率 ②校正冲击数 ③5m 至 10m 深的淤泥 ④深 10m 以上的冲积层 ⑤综合测量

在坝轴线上游谷底的砂子覆盖了粗颗粒冲积层,在某些区域处于疏松状态,应挖除或增加其密实度。

对于西迪厄萨埃德大坝,计算结果表明液化风险在下游填筑层中为零,上游填筑层中也很小,但在大坝上游坝踵下有几处已确定的可能液化的地带。

3.1.3.2.2 科库索和约西达规范

用上述规范获得的值(τ_{max}/σ_v')总是高于用塞德规范获得的值。该规范被认为较保守,因而在计算结果处理中未加以采用。

3.1.3.3 小 结

在西迪厄萨埃德坝址处,在覆盖谷底的冲积层中进行的 SPT 试验结果分析表明,除已确证的含砂量较多、抗贯入强度小的上游坝踵处外,这些沉积层不会出现任何液化的风险。

建议通过挖槽探测这些地层,一方面可直观了解地层,另一方面也可确定其延续范围。通过挖槽目测表明不必对这些地层进行开挖。

在阿尔瓦达坝址处,SPT 试验结果分析(通过跨孔试验进行,见以下 3.2 节)表明,无论在坝轴线上游或下游,覆盖谷底粗颗粒冲积层的砂子在某些范围处于松散状况,应挖除或增加其密实度。已进行有效开挖的松散地层的总方量大约为 40 万 m^3 。

3.2 地球物理探测方法(阿尔瓦达坝情况)

在对 SPT 试验进行补充试验即点状试验时,尽管阿尔瓦达坝址测网为 100m,仍可认为采用跨孔地球物理探测技术来补充这种探测是有用的,这种技术可用于基础材料方量较大的情况,可采取完全不同的方法来解决所存在的问题。

我们确定了多处位置以进行试验,总体而言,这是指 SPT 试验所得出的校正冲击数较小的地带。这种方法特别采用的是剪切波(S 波)传播速度测定。测量每 50cm 进一次直至泥灰岩层上部覆盖层为止。

结果表明,某些区域头 3m 至 5m 的细颗粒冲积层(砂和粉砂)的剪切波速度是在 200 至 300m/s 之间,在其它地带即密实度较高的粘土冲积层基础中相对应的部分的波速超过 400m/s。

在深处粗颗粒冲积层中,采用跨孔地球物理探测的所有区域中,记录到的波速超过 400m/s。

4 结 论

对阿尔瓦达、阿舍夫、斯米尔和西迪厄萨埃德大坝坝基冲积层进行了探测和现场试验,以估算其液化可能性。

用 SPT 探测结果表明,在西迪厄萨埃德和阿舍夫大坝坝基中产生液化的风险很小;而在阿尔瓦达和斯米尔坝基中存在局部或完全液化的可能。

鉴于斯米尔大坝坝基冲积层材料量(约为 11 万 m^3)不大,决定进行全部挖除。

在阿尔瓦达和西迪厄萨埃德坝址处,谷底冲积层填筑方量较大,决定采用竖井和槽探进行直接观测和采用跨孔地球物理试验(阿瓦达坝坝址)对 SPT 探测作补充。

补充探测结果表明,通常仅进行 SPT 探测不足以估算出液化风险,并且确证在阿尔瓦达坝冲积层基础中有松散砂层。已对大约 40 万 m^3 的这些松散地层进行全部挖除。

熊俊良 译自《第十九届国际大坝会议》论文集 Q. 73-R. 52 第 929~939 页
周静贤 校