

文章编号: 1672 - 058X(2009)05 - 0494 - 06

钢筋混凝土结构工程质量事故分析与预防措施

贺 渝¹, 葛 新²

(1. 重庆市渝北区建设工程质量监督站, 重庆 401120; 2 重庆市第二建设有限公司, 重庆 400030)

摘 要:首先从建筑材料、工程地质、混凝土结构工程、施工过程控制等方面系统分析了可能造成钢筋混凝土结构工程事故的因素,在此基础上,对预防该类工程事故、保证工程质量等提出了相应的参考建议。

关键词:钢筋混凝土,结构设计,施工控制

中图分类号: X913.5

文献标志码: A

造成钢筋混凝土结构工程质量事故的原因很多,既有可能是设计、施工及使用方面的原因,也可能是管理和体制方面的原因。一次重大事故的实际发生,往往是由于设计计算和施工图纸中出现重大错误,或者由于施工现场出现重大质量问题,或者由于使用单位盲目使用不加维护,或者由于设计、施工甚至使用多种因素复合作用的结果。因此总结分析钢筋混凝土结构质量的影响因素,并就设计和施工等方面提出合理的建议,对保证结构的质量、避免相似的质量事故发生显得尤为重要,从建筑材料、工程地质、混凝土结构工程、施工过程控制等方面展开讨论。

1 建筑材料

建筑工程材料是构成工程实体的最基本要素,其质量是否符合设计及材料标准的要求,将直接影响到整个建筑物的质量等级和结构安全。工程建筑材料应有出厂合格质保书,同时必须按国家规范进行抽样复检。承重结构材料质量不合格会导致结构承载能力下降,造成结构变形和开裂,甚至倒塌。

2 工程地质

2.1 地勘问题

造成工程质量事故的诸项原因中,地基缺陷的影响占相当大的比例,主要问题是无勘察资料或勘察资料不全、有误、未能发现和识别软弱地基土,导致基础不均匀沉降,结构因倾斜、变形或裂缝过大而无法使用。有的因未探明地表和地下的水文实际情况致使设计方案存在缺陷,造成对结构的不利影响。地勘问题往往导致建筑物基础产生严重破坏并难以修补,应引起高度重视。

2.2 地基不均匀

在建筑物的各类荷载组合作用下,作用在地基土上的荷载标准值应小于地基承载力,以保证地基不会产生破坏。各类持力层应满足整体稳定性要求,不产生滑动剪切破坏。若地基承载力或稳定性不能满足要

收稿日期: 2009 - 06 - 10; 修回日期: 2009 - 07 - 20。

作者简介: 贺渝 (1978 -), 男, 重庆市人, 工程师, 从事混凝土结构研究。

求,地基将产生局部剪切破坏或冲切剪切破坏,或整体剪切破坏。地基破坏将导致建筑物结构失稳或倒塌。

另一方面,当结构的基础不均匀沉降值较大,而在设计中又没有采取措施(如设置沉降缝、控制沉降差、设缝后未考虑施工顺序等)时,将导致建筑物产生裂缝、倾斜,影响其正常使用和安全。

3 混凝土结构工程

混凝土工程质量事故主要包括混凝土自身质量事故和混凝土裂缝事故。混凝土自身质量事故多为材料质量不能达到要求和配合比不当造成的。

3.1 混凝土开裂

裂缝在混凝土结构或构件中是普遍存在的,不少钢筋混凝土结构或构件的破坏都是从裂缝开始的。因此必须十分重视混凝土裂缝的分析。混凝土裂缝主要分为 3 类:(1) 由荷载(包括施工和使用阶段的静荷载、动荷载)引起的裂缝;(2) 由变形(包括温度、湿度变形、不均匀沉降等)引起的裂缝;(3) 由施工操作(如制作、脱模、养护、堆放、运输、吊装等)引起的裂缝。

3.1.1 温度变化

混凝土由于温度变化发生体积变形、膨胀或收缩受到约束时就会产生内应力,这种应力如果超过了混凝土的抗拉强度,就会引起开裂。

3.1.2 混凝土收缩

混凝土的收缩分为自身收缩、塑性收缩、碳化收缩、湿度收缩。收缩使混凝土的体积变小,在其内部也会产生内应力,当这种应力超过了混凝土的抗拉强度时,也会引起混凝土裂缝。

3.1.3 化学反应

例如碱骨料反应将引起混凝土体积膨胀而产生裂缝。氯离子的浸蚀引起钢筋锈蚀膨胀也会造成混凝土开裂。

3.2 设计的不合理

混凝土结构设计必须充分考虑各种不利因素,如施工过程中混凝土构件的受力变化;设计方案在实际施工中的可行性,以及合理的构造措施等。

3.3 外加剂使用不当

外加剂使用不当是最常见的一类事故。外加剂使用不当造成的工程事故表现为:(1) 混凝土浇筑后,局部或大部长时间不凝结硬化;(2) 已浇筑完的混凝土结构物表面鼓包。

3.4 施工养护不足

混凝土的养护效果直接影响其强度,如养护不当,会造成混凝土强度降低或表面出现塑性收缩裂缝等。

夏季养护:主要考虑混凝土表面的保湿。

冬季养护:注意混凝土的防冻和保温,主要为:(1) 冬季浇筑的混凝土,由正温转入负温养护前,混凝土的抗压强度不应低于设计强度的 40%。(2) 采用的保温材料(草帘、聚苯板等),应保持干燥;(3) 在模板外部保温时,除基础可随浇筑随保温外,其它结构必须在设置保温材料后方可浇筑混凝土,钢模表面可先挂草帘、聚苯板等保温材料并扎牢,然后再浇筑混凝土;(4) 保温材料不宜直接覆盖在刚浇筑完毕的混凝土层上,可先覆盖塑料薄膜,上部再覆草帘、聚苯板等保温材料。保温材料的铺设厚度为:一般情况下 0 以上铺 1 层;0 以下铺 2 层或 3 层;大体积混凝土浇筑及 2 次抹面压实后应立即覆盖保温,其保温层厚度及材质应根据计算确定;(5) 拆模后的混凝土也应及时覆盖保温材料,以防混凝土表面温度的骤降而产生裂缝。

4 施工过程控制

施工阶段是建设产品最终形成的关键时刻,也是资金投放量最大、生产周期最长的阶段。因此,它也是各方最为关注的环节。要以“预防为主”——工程质量预控,作为日常工作指导方针,把质量管理从事后验收转变为事前控制,将施工中常见的质量通病消灭在施工开始以前。

4.1 施工项目质量问题

施工项目质量问题表现的形式多种多样,诸如建筑结构的错位、变形、倾斜、开裂、倒塌、渗漏、刚度差、强度不足、断面尺寸不准等。许多工程质量问题,往往是由施工和管理所造成。比如:不熟悉图纸,盲目施工;不按图施工;不按有关施工验收规范施工;不按有关操作规程施工;缺乏基本结构知识,施工蛮干;施工管理紊乱,施工方案考虑不周,特别是施工过程中未认真准确地收集现场各种重要数据和情况,致使未能及时对设计或施工方案进行有效调整,避免质量事故的发生。

4.2 模板工程施工中的问题

模板是混凝土结构或构件成形的工具,本身应具有与结构构件相同的尺寸和外形,还要有足够的强度和刚度承受现浇混凝土的荷载和施工荷载。

模板工程质量事故多发生在模板和支架系统上。如施工支模前,底层基土没有夯实,使基土承载力达不到承载要求,浇筑混凝土时支架在上部压力作用下产生下沉。造成支架系统破坏的主要原因是:支模前不进行设计,没有可实行的技术方案,支模后又不仔细检查支架是否稳固。另外施工人员的技术水平也对工程质量有一定的影响。

同时,在模板工程中经常出现的质量问题还有涨模和早拆。涨模导致混凝土构件不能按照设计成形,使结构失去设计功能。造成涨模的主要原因是:模板的侧向支撑刚度不够,模板本身强度不足,夹档支撑不牢固。早拆模板是工程中常犯的错误,在混凝土没有达到足够强度以承受后续荷载的情况下,而过早的拆除模板导致梁、板变形开裂甚至倒塌。

5 偶然作用

工程中的偶然作用也是造成工程质量事故的因素之一,比如爆炸、撞击、罕遇地震等。这些偶然作用发生的几率不大,在工程事故分析中不占最主要地位,但是一旦发生,其带来的危害是巨大的。究其主要原因,并非现行规范的不尽合理,更多的还是归结到工程各环节不按要求办事,致使工程质量达不到标准。所以必须要求工程从设计、施工到使用都要严格遵守相应标准,以确保工程在遇到偶然事故时虽不能避免,但也能够把灾害程度降到最低的效果。

6 工程实例

某体育馆地下室底板起拱开裂事故分析。

6.1 工程概况

某大跨度公共建筑体育馆,总建筑面积约4万 m^2 ,体育馆主体2层,地下室1层(层高5.4m),总高度为37m。主体为钢筋砼框架结构,屋顶为弦支穹顶结构,框架结构柱距为7~9m,屋盖结构跨度约为80m,基础采用柱基,持力层为中风化基岩(图1)。

6.2 事故的起因及采取的应急措施

2008年5月10日施工单位开始搭设地下室顶板结构支撑架。然而6月14日23:00至次日15:00暴雨

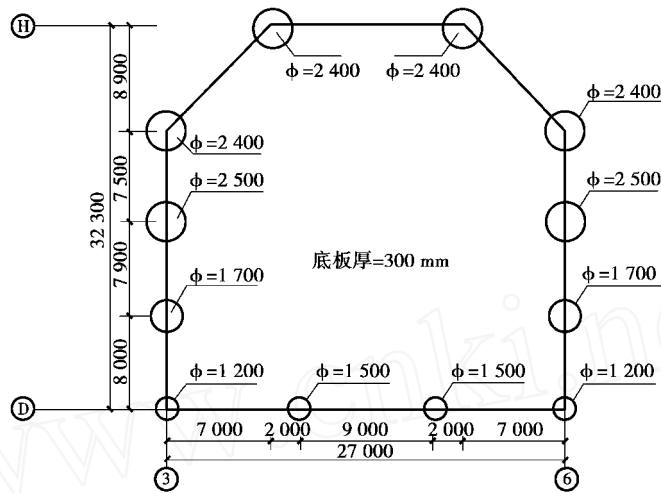


图1 地下室底板及桩基平面布置图

不断,现场停止施工。施工单位 6 月 16 日复工时发现地下室底板中部范围有不少宽约 3 mm 的裂缝,板面向上拱起约 300 mm,并将已搭设满堂架支撑抬升相同的高度(约 300 mm)。施工单位及时向相关部门做了汇报,经现场开会研究采取了应急措施。首先责成施工单位立即测量标高,并在已建成的墙、柱上做好标记;同时,施工单位在地下室底板上开凿泄水孔(φ25),减小底板的水压力,作好墙、柱标记的沉降观察。

6.3 事故分析

为确保建筑物的安全,分析地下室底板起拱是否对桩、柱产生破坏影响,从两个方面进行了分析判断。

6.3.1 观察记录表分析

从观察记录表中得出,在墙、柱上所注的标高并未因底板开孔泄水产生竖向位移,因而可以判定桩和柱子未发生竖向位移。原设计单位根据观察记录表也认为桩、柱未产生沉降变化,表明除板底以外其他结构未受到破坏,结构是安全的。

6.3.2 结构理论分析判断

结构理论计算主要验算桩基抗拔和桩基抗拉强度。

(1) 算在多大的水压力作用下,桩基被拔出(表 1)。

考虑图 1 中 (D)~(H)轴间的大板,其大板四周共计有 12 根挖孔桩,桩基的抗拔力由桩嵌岩深度范围内的岩石侧阻力来抵抗。

岩石侧阻力(《建筑桩基技术规范》5.2.11 条):

$$Q_{tk} = \mu \cdot s \cdot f_{rc} \cdot h_r$$

参数: μ (周长) = $\pi \cdot d = 3.14 d(m)$

s (侧阻力系数) = 0.065 (3 d, 《建筑桩基技术规范》表 5.2.11)

f_{rc} (岩石抗压标准值) = 4 520 kn/m^2

h_r (嵌岩深度) = 3 d(m)

所以 $Q_{tk} = 3.14 d \times 0.065 \times 4 520 \times 3 d = 2 769 d^2 (kn)$

表 1 桩基被拔出

桩直径 /m	1.2	1.5	1.7	2.4	2.5
桩数量	2	2	2	4	2
Q_{tki} (kn)	2 × 3 987	2 × 6 230	2 × 8 000	4 × 16 000	2 × 17 300
$\sum Q_{tki}$ (kn)	135 000				

基础底板面积: $32 \times 27 = 872.1 \text{ m}^2$

基础底板允许水压力: $= 135\ 000 / 872.1 = 150 \text{ kn/m}^2 = 15 \text{ T/m}^2$

此计算式假设地下室底板刚度较大,未被破坏的前提下,要使桩基从岩石中拔出,至少应有 15 T/m^2 以上的水压力作用。以现场情况来看,地下室层高为 5.4 m ,板底最大水压力 T/m^2 为 $5.4 < 15$,所以桩不能被拔出。

(2) 验算在多大的水压力作用下,桩基受拉破坏(表 2)。

仍考虑图 1 中 (D) ~ (H) 轴间的大板,大板四周有 12 根桩。桩基能承受的拉力全部由桩纵筋来承受。

(《砼结构设计规范》7.4.1条): $F_i = f_y \cdot A_s$ ($f_y = 300 \text{ N/mm}^2$ 钢筋)

表 2 桩基受拉破坏

直径 /mm	1 200	1 500	1 700	2 400	2 500
配筋	12 ϕ 16	18 ϕ 16	24 ϕ 16	30 ϕ 20	32 ϕ 20
钢筋面积 A_s (mm ²)	2 413	3 618	4 842	9 420	10 048
桩数	2	2	2	4	2
F_i (N)	1 447 800	2 170 800	2 905 200	11 304 000	6 028 800
$\sum F_i$ (kn)	23 856 600 N = 23 857 kn				

基础底板面积: 872.1 m^2

基础底板允许水压力: $= 23857 / 872.1 = 27.4 \text{ kn/m}^2 = 2.74 \text{ T/m}^2$

计算假定地下室底板刚度大,未破坏的情况下,桩受拉破坏时,底板能承受的水压力。若底板在 2.74 T/m^2 水压力作用时就已经破坏,那么桩就不会受拉破坏。

(3) 验算底板在 2.74 T/m^2 水压力作用是否破坏。

底板尺寸为 $27 \times 32.3 \text{ m}^2$, 四边嵌固板。

设计底板厚 300 mm , 配 $\phi 12 @ 150$, $[A_s] = 792 (\text{mm})^2 / \text{m}$

根据 $2.7 / 32.3 = 0.8395$, 查《静力计算手册》得分配系数为 0.065 。

弯矩: $M = 0.065 \times 272 \times 2.74 = 122 \text{ kn/m}$

$$A_0 = 122 \times 106 / [14.3 \times 1000 \times (300 - 40)^2] = 0.126$$

$$= 0.135$$

$$A_s = 0.135 \times 1000 \times 260 \times 14.3 / 300 = 1677.9 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

所以 $[A_s] < A_s$ 配筋小于计算配筋,强度不够,将会开裂或破坏。

同时按一般构造要求情况,板厚与跨度的最小比值为 $1/50$,最小板厚 $27\ 000 / 50 = 540 \text{ mm}$ 大于设计板厚 300 mm ,底板受水压力作用时,刚度较小,容易产生变形开裂破坏。所以底板在 2.74 T/m^2 水压力作用时就已经破坏,因而桩就不会受拉破坏。

6.4 事故产生的原因

(1) 持续大量降雨,地表水大量渗入,由于防水层和结构层的阻隔,在挡土墙(地下室侧墙)内外形成水位差,产生向上反作用力,导致地下室底板起拱开裂破坏。

(2) 地勘单位勘察时,未考虑到建筑物地形高差,对地面汇水流向及排流量的影响,结果导致暴雨之后周边地表水排泄缓慢而大量蓄积在地下室四周。

(3) 设计单位设计时,也未能充分考虑地表水的影响,对其不是采取防排结合,而只是简单采取抗的方案,没有有效的排泄措施降低水压,最终使水压力超过底板承载极限,在设计上存在缺陷。

(4) 施工单位在施工过程中,其施工方案未对场地环境作仔细研究,对地表也未作局部封闭或设置排水沟。同时也未将现场地表水的汇流情况及时向设计单位通报,使设计单位未能及时调整设计方案。

6.5 处理办法及结果

(1) 决定施工单位在集水坑壁距板面 500 mm 处继续开凿适量泄水孔,彻底排除积水,同时封闭地下室顶室外地表面,完善排水设施。

(2) 对于已损坏地下室底板全部拆除预埋泄水孔重新浇注,并在上面设架空层,引流积水至积水坑。

(3) 关于满堂架,因地下室中央部位标高泄水后已恢复,表明板底已全面回落,已搭设的满堂支撑可以利用。施工时采取紧固扣件和加设剪刀撑等措施对满堂架进行加固修复。为确保工程质量和施工安全,浇筑砼前,对已修复的满堂架进行预压。(预压荷载为实际梁板重 120%,时间为 24 h 以上,底板及支撑架未见明显变形和沉降)。

(4) 目前该工程主体结构已完工,从近一年的观察来看,处理措施效果明显,未再发生类似情况,虽此次事故对建筑物重要结构未造成破坏,但也应引以为戒。在地下室、挡土墙等设计施工时,一定要做好水的防排措施,以确保建筑物的安全。

综上所述,分析了引发质量事故的原因、特点,以及预防的措施。保证工程质量,既是一个技术问题,又是一个管理问题,我们必须以规范、规程为标准,严格操作、科学管理,用认真的态度控制好勘察、设计、施工的每一个环节,只有这样才能杜绝和预防质量事故的发生。

参考文献:

- [1] 谢文开. 混凝土工程事故防范与质量控制浅析 [J]. 科技咨询导报, 2007(7): 45-45
- [2] 李进. 现浇钢筋混凝土楼面裂缝的原因及防治措施 [J]. 山西建筑, 2009, 35(4): 182-183
- [3] 张建国. 浅析混凝土施工中几种质量通病的防治措施 [J]. 科技信息 (科学教研), 2008, 22: 470-471
- [4] 何旭明. 建筑工程质量事故分析 [J]. 黑龙江水利科技, 2007, 35(2): 130-131
- [5] 肖寒,徐劲. 建筑结构工程事故的分析总结 [J]. 中外建筑, 2003(6): 82-83
- [6] 吴晓云. 关于岩土工程勘察中常见问题的分析 [J]. 中国水运:下半月, 2008, 8(7): 181-183
- [7] 张静明,杨文捷. 浅议钢筋混凝土工程中不容忽视的几个问题 [J]. 科技创新导报, 2008(2): 106-106

Analysis of structural engineering qualitative accidents of reinforcement concrete and its prevention measures

HE Yu¹, GE Xi²

(1. Chongqing Yubei District Construction Project Quality Supervisory Station, Chongqing 401120;
2. Chongqing Second Construction Co., LTD, Chongqing 400030, China)

Abstract: This paper systematically analyzes the factors which cause reinforcement concrete structure engineering accidents in the aspects of building materials, engineering geology, concrete structure engineering, construction process control and so on, on the basis of this, puts forward related suggestions for preventing these kinds of accidents and ensuring engineering quality and so on

Key words: reinforcement concrete; structural design; construction control

责任编辑:田 静