

某钢筋混凝土剪力墙住宅楼混凝土构件鼓包影响及后续加固修缮处理

文 / 汪 盛 湖南建院建设工程检测有限责任公司

摘要：以工程实例中某钢筋混凝土剪力墙住宅楼在使用工程中混凝土构件局部鼓包脱落为背景，介绍混凝土构件鼓包原因分析流程及方法，并对已产生鼓包的混凝土构件进行检验检测及承载力计算分析，结合检验检测结果、鼓包成因、承载力现状对已产生鼓包的混凝土构件提出综合的加固处理建议。

关键词：混凝土鼓包；承载力；试验；检验检测；加固

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.15.016

引言

对于已建成的钢筋混凝土剪力墙结构中，混凝土构件鼓包、脱落现象较为少见，但对混凝土结构承载能力、正常使用等影响巨大，因此对混凝土构件鼓包、脱落现象对结构的影响分析及后续加固、修缮处理至关重要。

一、工程概况

某住宅楼为地下1层、地上32层的高层剪力墙结构，建筑平面形式不规则，分为1、2两个单元（地库顶板以上以抗震缝分开），东西向总长66.6m，南北向总宽25.6m，总建筑面积30301.4m²（其中地上面积29249.31m²）。基础采用桩筏基础，桩径800/1000mm，剪力墙设计墙厚200~300mm。在房屋交付使用1年左右，部分业主家中混凝土剪力墙、梁、板构件存在局部鼓包、脱落现象。该住宅楼平面布置详图1，混凝土构件鼓包、脱落现象详图2。

根据《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384-2016、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》(JGJ/T23-2011)^[3]的有关规定，采用回弹-钻芯修正法抽样检测地下一层至六层剪力墙混凝土实测推定抗压强度为47.7MPa；七至十层剪力墙混凝土实测推定抗压强度为40.7MPa；十一至十五层剪力墙混凝土实测推定抗压强度为35.7MPa；十六至三十二层剪力墙混凝土实测推定抗压强度为33.5MPa；地下一层至六层梁板混凝土实测推定抗压强度为40.0MPa；七层至屋面梁板混凝土实测推定抗压强度为32.1MPa；抽检的混凝土强度均满足原设计要求。检测结果详见表1、现场抽芯详图3。

图1 某住宅楼平面布置图

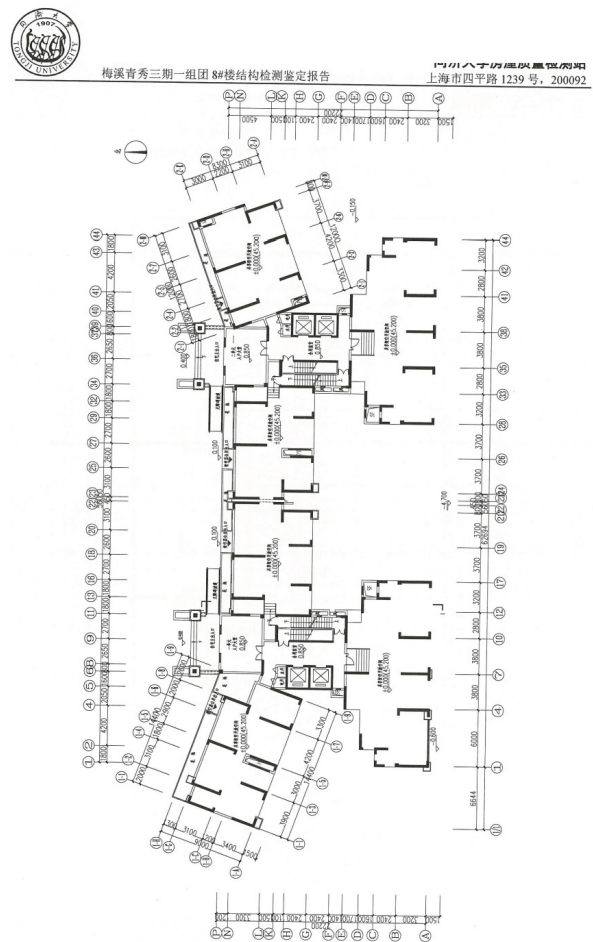


表1 混凝土强度按检测批评定结果汇总表

序号	名称	钻芯数	回弹数	最小值 (MPa)	最大值 (MPa)	平均值 (MPa)	推定值 (MPa)	设计强度
1	B1~6层墙	10	84	38.3	78.8	56.0	47.7	C45
2	7~10层墙	6	52	38.0	60.7	48.7	40.7	C40
3	11~15层墙	7	52	35.9	55.8	43.3	35.7	C35
4	16层以上墙	19	130	34.3	78.0	42.4	33.5	C30
5	B1~6层梁板	5	59	35.1	65.7	48.8	40.0	C35
6	7层~屋面梁板	25	217	27.0	61.7	40.8	32.1	C30

图 2 混凝土构件鼓包、脱落现象



图 3 现场抽芯



二、试验分析

现场清除部分鼓包处的深色粉末后对残留颗粒进行观察，发现其表面有锈迹。另对混凝土芯样切割面进行清理后观察，发现 16 层及以上楼层混凝土芯样中含有大小不一的多孔黑色骨料，其切割面有明亮点状分布的金属颗粒（灯光照射下尤为明显），且不同部位的芯样，该类型骨料含量不一，16 层以下芯样基本未见该类型骨料，初步判定 16 层及以上楼层混凝土中含有疑似钢渣骨料。

为进一步调查鼓包颗粒及其水化产物成分，现场对不同部位、不同颜色的鼓包粉末及残留颗粒进行取样后，选取有代表性的同类样品进行组合，对其进行化学及矿物成分分析。混凝土鼓包化学分析样品详图 4。

图 4 混凝土鼓包化学分析样品一览表

		
8131T-1 (X)	8131T-1 (X)	8129T-1 (X)
		
812703-1	812701-5	812701-2
		
822906-1	8224T-1	8224T-1
		
8225T-1	8223T-1	822208-1

经试验分析，鼓包处粉末样品的化学成分主要为 CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、MgO、SiO₂、MnO 等，矿物成分主要为 Ca(OH)₂、3CaO·Al₂O₃·3CaSO₄:32H₂O、2CaO·SiO₂、2CaO-Fe₂O₃、3CaO·SiO₂、MgO 等。鼓包处颗粒样品的化学成分主要为 CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、MgO、SiO₂、MnO 等，矿物成分主要为 2CaO·SiO₂、2CaO-Fe₂O₃、

3CaO·SiO₂、MgO、3CaO·Al₂O₃、3CaSO₄:32H₂O、Ca(OH)₂、CaCO₃ 等，上述均与钢渣及其水化产物的化学成分、矿物成分吻合。其次，Fe₂O₃ 含量相对较高的样品呈黄褐色、棕色、棕褐色等深色，Fe₂O₃ 含量相对较低，Al₂O₃ 含量相对较高的粉末样品呈淡黄（绿）、青灰色等浅色。

三、结构影响分析

(一) 原因分析

由检测试验数据及资料可知,该住宅楼16层及以上楼层混凝土剪力墙、楼面梁、板表面存在数量及严重程度不一的点状鼓包,其产生原因主要为混凝土硬化后,原材料中部分钢渣骨料含有的体积不安定的CaO矿物开始水化并生成氢氧化钙(Ca(OH)₂),体积膨胀导致表层混凝土鼓包、胀裂、剥落。另由检测过程及结果可知,16层及以上楼层混凝土剪力墙、梁、板内部亦含有类似颗粒。

(二) 结构验算

结构验算时分两种情况进行:一是不考虑鼓包影响,按原设计及现场检测所得结构材料强度进行;二是根据大多数鼓包分布现状及影响深度,对16层及以上剪力墙厚度进行折减后近似分析、评估8#楼的结构安全状况。因大多数鼓包深度小于15mm,结构验算分析时16层及以上楼层原设计200mm厚剪力墙的结构计算厚度取170mm,250mm厚剪力墙的结构计算厚度取220mm。剪力墙墙厚折减后荷载保持不变。

两种情况计算的结构扭转、平动振型周期比,前18个振型参与结构抗震组合计算时的有效质量参与系数,结构在地震及风等水平荷载作用下的最大弹性层间位移角,在规定水平力作用下的楼层最大位移与层平均位移之比(位移比)、楼层受剪承载力及楼层侧向刚度比、剪力墙轴压比及剪力墙承载力等均满足规范要求。

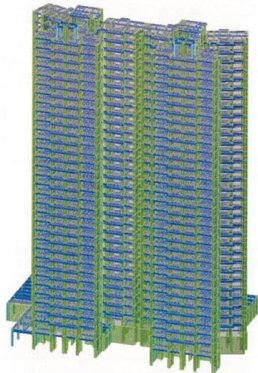


图5 三维计算模型示意图

(三) 已有鼓包影响

住宅楼16层及以上楼层剪力墙及楼面梁、板等结构构件表面鼓包分为两种类型:一种是浅层点状独立分布、损伤面相对较小,体积不安定的CaO矿物已水化完毕的鼓包;另一种是已暴露出来,尚有残留颗粒、在继续发展的鼓包。以上两类鼓包引起了剪力墙、楼面梁、板等构件局部截面削弱,但未造成结构构件因承载力不足而出现的开裂、变形等结构性损伤。同时现有鼓包以点状独立分布为主,虽已造成部分剪力墙及楼面梁、板等结构构件面层破损,但影响深度一般未超过钢筋保护层厚度。有少数鼓包造成局部露筋,但外露钢筋未见明显损伤及锈蚀。综合上述情况及结构验算结果判断,现有鼓包目前尚未对房屋主体结构的安全及耐久性现状造成显著影响。

(四) 潜在鼓包影响

检测结果表明,16层及以上楼层剪力墙、梁、板内部分钢渣含有体积不安定的CaO矿物,其水化反应可能会随着环境条件成熟而开始并形成鼓包。现根据结构

特点、鼓包颗粒最不利埋深、分布方式及可能造成损伤的程度来分析其对房屋主体结构的可能影响。

该住宅楼为高层剪力墙结构住宅,16层及以上竖向承重及水平抗侧力构件主要为剪力墙,墙厚一般为200mm(局部墙厚250mm),楼板板厚一般为120mm(客厅130mm),楼面梁宽度一般为200mm,混凝土设计强度等级C30。鼓包颗粒最不利埋深应接近构件截面的中间部位,即剪力墙内100mm(125mm),楼板内60mm(65mm),梁内100mm,理论上此时鼓包造成的损伤最为严重。根据混凝土破坏规律、构件受力状态及约束条件判断,当位于剪力墙及楼板中间部位的鼓包颗粒水化膨胀时,其胀裂方向必垂直于墙面一侧或板底,理想损伤面应为近似圆锥形,损伤面直径剪力墙表面250mm左右、楼板表面120mm左右,最大损伤深度接近构件厚度的一半,其他部位的鼓包颗粒水化膨胀所造成的损伤程度应小于上述情况。此外,因墙、板垂直厚度方向的约束较弱,有害颗粒水化膨胀可能会导致局部露筋,但一般不会造成墙板分布钢筋胀断现象。

另由鼓包分布现状及检测结果判断,剪力墙内潜在鼓包颗粒以点状独立分布为主,不同埋深的鼓包颗粒因所处环境条件不同,出现时间亦不相同。潜在鼓包以这种分散、间隔性的方式出现,会造成剪力墙局部截面削弱及承载力下降,其损伤程度随鼓包颗粒所处部位及深度不同而不同,须及时对鼓包进行排查并对其进行所造成的损伤进行清理、置换及补强,避免损伤叠加、累积而对剪力墙的安全及耐久性产生不利影响。对于楼板及楼面梁,浇筑过程中因钢渣骨料容重较大,振捣过程中会出现沉底现象,经过前期的反应,后续鼓包应以零星分散出现为主,及时进行排查及修复处理,不会对梁、板构件的安全和耐久性造成长期不利影响。

四、加固修缮

根据现场检测检验及结构技术分析,因粗骨料中混杂破碎的钢渣,颗粒锈蚀膨胀导致构件表面混凝土鼓包和脱落,存在耐久性问题。可在清理构件表面有害物质后,通过增加修复面,起到有效隔离空气中水分和氧气,增强构件表面约束力的作用,防止鼓包现象再次发生,以满足房屋原设计使用性、耐久性的要求。

结语

综上,因混凝土内骨料含有钢渣等物质,引起混凝土构件表面鼓包、脱落对房屋整体结构安全和耐久性造成长期不利影响,必须引起重视。通过工程实践表明,在含有钢渣的混凝土面增加修复面,起到有效隔离空气中水分和氧气,增强构件表面约束力的作用,对鼓包修复作用明显,可推广使用。

参考文献

- [1] 王志鹏. 高层钢筋混凝土剪力墙住宅置换加固技术研究[D]. 河北: 河北科技大学, 2021.
- [2] 高骥, 徐自国, 万怡秀, 等. 某超高层混凝土剪力墙结构缓粘结预应力设计[J]. 建筑结构, 2021, 51(11): 59-65.
- [3] 齐常军, 杨珏, 金立赞. 某剪力墙高层住宅施工过程中剪力墙偏移变形检测鉴定[C]// 第三届全国工程结构安全检测鉴定与加固修复暨第一届中国钢结构协会钢结构质量安全检测鉴定技术研讨会论文集. 2013: 171-177.

作者简介: 汪盛(1985-), 男, 汉族, 湖北通城, 硕士, 高级工程师, 研究方向为结构安全鉴定及加固改造设计。