# 东屏幼儿园抗震设计专篇

## 一、项目概述

东屏幼儿园位于云南省昆明市禄劝县，2019 年建成投入使用。建筑地上 2 层，无地下结构，属于多层公共建筑，总建筑面积 3719 平方米。鉴于该地区抗震设防烈度为 7 度，设计使用年限 50 年，本项目采用基于性能的抗震设计方法，旨在合理提升建筑抗震性能，确保在地震发生时能最大程度保障师生生命安全及建筑结构的完整性。

## 二、抗震性能目标设定

### （一）性能水准确定

根据幼儿园建筑的重要性及使用功能特殊性，将其抗震性能水准设定为 C 级。在此水准下，不同地震作用场景有明确性能要求。

### （二）多遇地震性能指标

在多遇地震（重现期约 50 年）作用下，结构应基本维持弹性状态。具体量化指标为：层间位移角需控制在 1/550 以内，结构构件内力严格满足弹性设计规范要求，钢筋混凝土构件的裂缝宽度不得超过规范允许值，以此保证建筑结构及内部设施正常使用，不产生明显损坏。

### （三）设防地震性能指标

设防地震（重现期约 475 年）作用时，部分框架梁、连梁等构件允许出现塑性铰，但结构整体稳定性必须保证。关键构件如框架柱应基本处于弹性，层间位移角控制在 1/100 以内。此时虽部分构件有一定损伤，但通过合理修复可恢复建筑使用功能。

### （四）罕遇地震性能指标

面对罕遇地震（重现期约 2475 年），结构需具备足够变形能力避免倒塌。层间位移角不得超过 1/50，框架柱等主要承重构件不能发生严重破坏，确保结构拥有充足耗能及变形能力，为人员疏散争取时间。

## 三、结构体系设计

### （一）结构选型

本工程选用钢筋混凝土框架结构体系。该体系空间灵活性佳，能满足幼儿园大空间需求，且在地震作用下展现良好延性与抗震性能，有效吸收和耗散地震能量。

### （二）结构布置

依据建筑功能布局，框架柱与框架梁布置遵循规则、均匀原则，规避扭转不规则、凹凸不规则等不利于抗震的情况。柱网尺寸依据建筑空间需求确定，保证规整性，提升结构整体受力性能，增强结构在地震作用下的稳定性。

### （三）结构计算模型

运用专业结构分析软件构建三维计算模型。模型精确考虑梁、板、柱实际尺寸与连接方式，模拟结构真实受力状态。同时，充分考量填充墙等非结构构件对结构刚度的影响，采用等效弹性支撑或有限元实体模型模拟，使计算结果更贴合实际。

## 四、荷载分析

### （一）恒荷载

屋面恒荷载经计算为 3.83kN/㎡，涵盖防水层（SBS 改性沥青防水卷材，0.35kN/㎡）、50mm 厚聚苯板保温层（0.2kN/㎡）、20mm 厚水泥砂浆找平层（0.34kN/㎡）及 120mm 厚钢筋混凝土结构层（2.94kN/㎡）。楼面恒荷载总计 2.79kN/㎡，包含 20mm 厚水泥砂浆抹面（0.34kN/㎡）与 100mm 厚钢筋混凝土结构层（2.45kN/㎡）。墙体方面，外墙（240mm 厚加气混凝土砌块，双面抹灰）每延米自重 2.26kN/m，内墙（120mm 厚加气混凝土砌块，双面抹灰）每延米自重 1.58kN/m。

### （二）活荷载

教室、活动室活荷载取值 2.5kN/㎡，走廊、楼梯取值 3.5kN/㎡，屋面活荷载取值 0.5kN/㎡，均依据《建筑结构荷载规范》(GB 50009 - 2012) 确定。

### （三）风荷载

昆明市禄劝县基本风压值 Wo 取 0.35kN/㎡，建筑高度约 8m（地上 2 层，每层 4m），地面粗糙度为 B 类。经计算，风振系数 βz = 1.0，体型系数 μs = 1.3，风压高度变化系数 μz = 1.00，风荷载标准值 ωk = 0.455kN/㎡ 。

### （四）地震作用

多遇地震时，抗震设防烈度 7 度，设计基本地震加速度 0.10g，设计地震分组第一组，场地类别假设为 Ⅱ 类。结构总重力荷载代表值约 35000kN（依实际图纸计算），水平地震影响系数最大值 αmax = 0.08，结构总水平地震作用标准值 FEk = 2142kN 。设防地震时，αmax = 0.23，考虑结构超强系数等因素对计算结果调整。罕遇地震时，αmax = 0.50，采用合适方法计算考虑结构弹塑性阶段性能变化后的水平地震作用标准值。

## 五、结构抗震计算

### （一）多遇地震作用计算

采用振型分解反应谱法分析结构内力，考虑恒载、活载、风载及多遇地震作用组合。精确计算梁、板、柱的弯矩、剪力和轴力等内力。依据内力结果，进行构件承载力计算，选用 C30 混凝土与 HRB400 钢筋确定构件截面尺寸及配筋，确保满足弹性设计要求。同时严格控制结构位移，层间位移角不得超过 1/550，对位移大的部位加强处理。

### （二）设防地震作用计算

采用弹性时程分析补充计算，选取至少两组实际强震记录和一组人工模拟地震波。结合反应谱法结果调整结构构件内力，允许框架梁、连梁出现塑性铰，保证框架柱基本弹性。对出现塑性铰的构件进行变形验算，确保满足可修复要求，同时验算结构整体稳定性。

### （三）罕遇地震作用计算

运用弹塑性时程分析，考虑结构材料非线性特性与构件破坏模式。精确计算罕遇地震作用下结构层间位移角，控制在 1/50 以内。对层间位移角大的楼层，采取增加耗能构件、加强构件连接等措施，提高结构变形与耗能能力，对框架柱等主要承重构件进行抗倒塌验算。

## 六、围护结构抗震设计

### （一）外墙设计

承载力计算充分考虑墙体材料强度等级及在地震、风荷载作用下的受力情况，合理确定填充墙与框架相互作用下的受力状态，确保满足承载力要求。保温性能计算满足当地节能标准，同时确保保温材料在地震时稳定。外墙选用耐久性好的加气混凝土砌块，做好防水、防潮处理，设置变形缝满足地震变形需求。

### （二）屋面设计

屋面结构层承载力计算涵盖恒载、活载、风载及地震作用，确保各工况安全。对屋面突出部分如女儿墙进行专项抗震计算，防止倒塌。防水构造设计合理，保温层厚度满足要求且连接可靠，女儿墙设置构造柱、拉结筋等抗震加固措施。

### （三）门窗及幕墙设计

门窗选择满足抗风压、水密性、气密性要求的产品，采用合适连接与限位装置保证地震时开启安全。幕墙进行结构计算，满足保温、隔热、防火要求，采用柔性连接适应主体结构地震变形，保证自身稳定。

## 七、结论

经基于性能的抗震设计计算分析，东屏幼儿园主体结构在多遇地震、设防地震和罕遇地震作用下，分别满足弹性、可修复及抗倒塌性能目标。围护结构也满足安全、耐久、防护及节能要求。合理的结构选型、布置与构件设计，以及对围护结构的抗震处理，有效提升了建筑整体抗震性能，为幼儿园师生提供安全可靠的学习生活环境。