



浙江省体育场馆地震灾害风险隐患评估分析及探讨

顾沛怡, 路建波, 朱奕非

Analysis and discussion on potential earthquake hazards of gymnasiums in Zhejiang Province

Gu Luoyi, Lu Jianbo, and Zhu Yifei

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzcxjz.2023-162>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

宁波市地震灾害风险初步评估

Preliminary risk assessment of earthquake disasters in Ningbo

地震科学进展. 2020(4): 22-27

工业开采诱发地震(二): 监测技术和危险性研究

Industrial mining induced earthquakes (II): Monitoring techniques and risk studies

地震科学进展. 2019(5): 11-16

区域与城市地震风险评估与监测技术研究项目及研究进展

Project plan and research progress on regional and urban earthquake risk assessment and monitoring technology

地震科学进展. 2020(3): 1-19

日本地震灾害评估信息系统概述

Earthquake disaster assessment information system in Japan

地震科学进展. 2020(4): 28-33

新一代区划图对浙江省震害防御工作影响分析

Influence of new generation zoning map on earthquake disaster prevention in Zhejiang Province

地震科学进展. 2019(10): 19-23

2019年全球地震灾害概要

Overview of worldwide earthquake disasters in 2019

地震科学进展. 2020(9): 1-7



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

顾涿怡, 路建波, 朱奕非. 浙江省体育场馆地震灾害风险隐患评估分析及探讨 [J]. 地震科学进展, 2024, 54(5): 311-315. doi:10.19987/j.dzcxjz.2023-162

Gu L Y, Lu J B, Zhu Y F. Analysis and discussion on potential earthquake hazards of gymnasiums in Zhejiang Province[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2024, 54(5): 311-315. doi:10.19987/j.dzcxjz.2023-162

学术论文

浙江省体育场馆地震灾害风险隐患 评估分析及探讨

顾涿怡* 路建波 朱奕非

(浙江省地震局, 浙江杭州 310013)

摘要 为了提高基础设施抗震能力,降低重要基础设施的地震灾害风险,基于浙江省地震灾害风险普查工作数据成果,综合考虑体育场馆的建造年代、场地类别、设防标准、建筑面积、建筑物现状等情况,对浙江省部分体育场馆进行地震灾害风险隐患调查与评估。根据调查与评估结果,深入探讨影响体育场馆地震灾害风险等级的主要因素,并提出针对不同风险隐患等级体育场馆的建议,包括局部加固、专项评估、民众科普等。开展此次地震灾害风险隐患专项评估有利于进一步了解省内体育场馆地震灾害风险隐患情况和摸清体育场馆抗震设防能力底数,为后续开展大范围重要基础设施地震灾害风险排查打下良好基础,同时为有效推进浙江省风险普查成果应用提供经验。

关键词 风险普查;地震灾害;隐患评估;体育场馆

中图分类号: P315.9 文献标识码: A 文章编号: 2096-7780(2024)05-0311-05

doi: 10.19987/j.dzcxjz.2023-162

Analysis and discussion on potential earthquake hazards of gymnasiums in Zhejiang Province

Gu Luoyi, Lu Jianbo, Zhu Yifei

(Zhejiang Earthquake Agency, Zhejiang Hangzhou 310013, China)

Abstract In order to improve the seismic resistance of infrastructure and reduce the seismic disaster risk of important infrastructure, based on the results of earthquake disaster risk census in Zhejiang Province, comprehensively considering the construction age, site type, fortification standards, construction area, building status of sports venues, etc., the investigation and assessment of potential earthquake hazards of gymnasiums in Zhejiang Province was carried out. The main influencing factors of the earthquake disaster risk level of gymnasium were discussed, and then suggestions were put forward for gymnasiums with different risk hazard levels, including local reinforcement, special assessment, popular science among the people, etc. The assessment of earthquake disaster risk of sports venues is conducive to further

收稿日期: 2023-11-09; 采用日期: 2024-03-20。

基金项目: 浙江省地震局科研项目“基于性能的嘉兴地区典型砌体结构地震易损性分析研究”(2023zjj07)资助。

* 通信作者: 顾涿怡(1997-), 女, 助理工程师, 主要从事工程抗震及风险评估等研究。E-mail: 592166170@qq.com。



understanding the potential earthquake hazard of gymnasiums and the real seismic fortification capacity of gymnasiums, and at the same time it can provide experience for effectively promoting the application of risk survey results in Zhejiang Province.

Keywords risk survey; earthquake hazard; risk assessment; gymnasium

0 引言

随着国内经济迅速发展、城市化进程不断加快,人口密度急剧增加,城市财富也越加集中,受到地震等自然灾害带来的损失风险也越来越高。近年来,世界各地地震等自然灾害频繁发生,给全世界人民造成了不可磨灭的伤害;国内自然灾害多发频发,曾发生过汶川地震、玉树地震、芦山地震等大规模地震,这些灾害暴露了我国房屋设施抗震能力较为薄弱的问题。当前我国正处于全面建成社会主义现代化强国的关键阶段,不断增加的地震灾害风险隐患对经济社会可持续发展和人民美好生活的威胁与影响越加严重。党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视防灾减灾救灾工作,多次就防范化解重大风险、提高自然灾害防治能力作出重要指示批示。2018年10月10日,习近平总书记在中央财经委员会第三次会议上提出了“针对关键领域和薄弱环节,推动实施灾害风险调查和重点隐患排查工程等自然灾害防治九项重点工程,掌握风险隐患底数”。抗震设防能力底数摸不清已经成为制约地震灾害防治能力提升的首要问题和关键短板,在应急管理部和中國地震局的领导下,各省省级地震局积极开展相关灾害普查工作^[1]。

如何评定建(构)筑物抗震能力,明确风险隐患底数是一个亟待解决的问题。近些年来,不少学者提出了针对单体建(构)筑物的抗震能力评估方法,包括:①建筑抗震鉴定标准^[2]中提到的抗震能力指数法,该方法根据房屋高度、层高、墙体材料的强度、房屋整体性连接构造的可靠性、局部易损易倒塌部位、构件自身及其与主体结构连接的可靠性等指标,通过数值计算得到楼层的抗震能力指数,以此来判定房屋是否满足抗震要求。②高杰等^[3]提出震害因子法,该方法是在对历史震害数据调查统计的基础上,结合以往的震害经验,确定7个震害因子,包括设防烈度、场地环境、场地类别、结构类型、层数、建造年代和使用现状,并根据计算得到的破坏度指数确定房屋在不同烈度地震作用下的破坏程度,以此来判定房屋的抗震能力。③地震灾害重点隐患排查工程旨在掌握风险隐患底数,该工程中提出了《建(构)

筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4],该方法综合考虑了建(构)筑物的建造年代、场地类别、设防标准、建筑面积、建筑物现状等因素,得出各承灾体的单体隐患指数,最后给出各承灾体的地震灾害隐患等级。

此前未针对体育场馆进行单体专项地震灾害隐患评估,但大型体育场馆作为一个可容纳上千甚至上万人的场馆,不仅可作为文体娱乐场所,还可作为救灾的避难场所^[5-6],体育场馆的抗震性能关乎大量民众的生命安全,摸清体育场馆地震灾害风险隐患底数具有十分重要的意义。

建筑结构安全分析技术在理论方法、仿真等方面已有一定发展,但不能很好满足实际风险评估与应急管理的需求,也不利于提升城市区域韧性^[7-8]。为了提高地震灾害风险管理水平,地震部门需要掌握各类承灾体的风险隐患,与研究型工作不同的是,地震部门更倾向于利用较为基础且易获取的承灾体数据进行初步风险评估,有利于后续进一步开展精细化评估,而不是直接选用精细化的仿真模拟进行抗震能力研究。例如抗震能力指数法和震害因子法均需依赖较为精细的建筑物信息,包括结构和细部构造等,同时建筑物层数也影响计算因子取值。这两种方法不适用于在现有资料基础上进行体育场馆地震灾害风险隐患评估。因此,本文拟选取第一次全国自然灾害综合风险普查工作中提出的《建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4]作为评估方法,结合风险普查工作数据成果,对浙江省内一些体育场馆进行地震灾害隐患评估,并给出对策建议,旨在掌握浙江省体育场馆等重要基础设施抗震能力底数。

1 技术方法

首先,基于服务杭州第19届亚运会,充分收集了浙江省内开展运动竞赛项目的重要体育场馆的基本信息等资料,最终依据资料完整情况选择其中的18个不同建造年代及地区的体育场馆进行抗震能力评估。其次,在现场调查时对场馆现状进行初步评估。最后,根据现场调查及图纸资料等,对浙江省内

部分体育场馆进行地震灾害隐患评估。

根据《建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4], 地震灾害隐患由轻到重划分为3个等级: 轻微、一般、重点。地震灾害隐患等级不同, 其受地震造成的后果不同且需要采取的措施不同。轻微隐患表示承灾体的抗震能力符合或略低于抗震设防要求, 在相当于设防烈度地震作用下一般不发生严重破坏而引发人员伤亡或较大经济损失; 一般隐患表示承灾体的抗震能力明显低于抗震设防要求, 在相当于设防烈度地震作用下可能发生较中等的破坏而引发少数人员伤亡或较大经济损失; 重点隐患表示承灾体的抗震能力严重低于抗震设防要求, 在相当于设防烈度地震作用下可能发生严重破坏而引发重大人员伤亡和经济损失。

承灾体单体的地震灾害隐患指数的确定要综合考虑承灾体的地震易损性、所处场址的地震危险性及其在遭受地震破坏时所产生后果的严重程度3个方面, 按下式进行计算^[4]:

$$I_{FEH} = C \cdot R \cdot V \quad (1)$$

式中, I_{FEH} 表示承灾体单体地震灾害隐患指数; C 表示承灾体单体破坏后果影响系数, 参考《建筑工程抗震设防分类标准》等规范, 根据承灾体震后功能能否中断、是否会导致较大人员伤亡及是否会发生严重次生灾害等因素, 将承灾体分为I、II、III、IV四类; R 表示承灾体场址影响系数; V 表示承灾体易损性影响系数。

承灾体场址影响系数需考虑承灾体所在场址的地震危险性和场地类别影响, 按下式计算:

$$R = a_R \cdot R_1 + b_R \cdot R_2 \quad (2)$$

式中, R_1 表示考虑地震危险性的场址影响系数, 根据地震动参数区划取值; R_2 表示考虑场地类别的场址影响系数, 根据场地类别取值; a_R 、 b_R 表示权重系数, 本评估规范中均取值0.5。

承灾体易损性影响系数需考虑承灾体设防标准、建造年代和承灾体病害3方面影响, 按下式计算:

$$V = a_V \cdot V_1 + b_V \cdot V_2 + c_V \cdot V_3 \quad (3)$$

式中, V_1 表示考虑承灾体设防标准的易损性影响系数, 根据承灾体实际抗震设防水平与现行规定相比情况来取值; V_2 表示考虑承灾体建造年代的易损性影响系数, 根据承灾体建造年代及房屋建筑抗震设计依据规范取值; V_3 表示考虑承灾体病害的易损性

影响系数, 若无病害则取值为1.0; a_V 、 b_V 、 c_V 表示权重系数, 本评估规范中, $a_V = 0.9(0.2 V_1 + 0.8 V_3)/(V_1 + V_3)$, $b_V = 0.1$, $c_V = 0.9(0.8 V_1 + 0.2 V_3)/(V_1 + V_3)$ 。

承灾体单体地震灾害隐患等级应按表1确定, 其中, 地震灾害隐患指数越小隐患越严重, 可能造成的危害后果越严重。

表1 承灾体单体地震灾害隐患等级

Table 1 Potential earthquake hazard level of exposure

隐患等级	承灾体地震灾害隐患指数(I_{FEH})范围
轻微	(0.25, 1.0]
一般	(0.075, 0.25]
重点	(0, 0.075]

2 评估过程及结果

根据搜集到的体育场馆图纸资料及现场调查资料, 对浙江省内部分体育场馆开展地震灾害重点隐患评估。综合考虑体育场馆的建造年代、场地类别、设防标准、建筑面积、建筑物现状等因素, 得出各体育场馆的单体隐患指数, 最后给出各体育场馆的地震灾害隐患等级。其中承灾体单体破坏后果影响系数考虑地震灾害破坏后的后果影响, 因重要体育场馆承担文娱活动及灾后避难场所等重要功能, 本次评估统一将体育场馆归为II类(地震时可导致大量人员伤亡等重大灾害后果的建筑工程), 破坏后果影响系数统一取值为0.35。此次评估不展示实际体育场馆名称, 用样本建筑序号表示, 评估结果具体见表2。

3 结果讨论分析

根据评估结果显示, 本次评估对象中, 仅两个场馆地震灾害隐患为“一般”等级, 隐患相对较高, 其余的16个场馆地震灾害隐患均为“轻微”等级, 隐患相对较低。

地震灾害隐患等级为“一般”的两个场馆设计建造于2009年, 即第五代《中国地震动参数区划图》颁布以前, 当时该地区为不设防地区, 两个场馆均按非抗震设防进行结构设计, 而在新区划图颁布后, 该地区为0.05g(Ⅵ度)抗震设防地区, 从而导致承灾体易损性影响系数 V 取值较小, 因此其隐患等级评估结果较高。

而值得注意的是, 同样位于该地区的另一个体

表2 体育场馆部分基本信息及隐患等级评估结果

Table 2 Basic information of gymnasium and potential earthquake hazard level assessment results

样本建筑序号	建造年代	场地类别	设防标准	破坏后果 影响系数(C)	承灾体场址 影响系数(R)	承灾体易损性 影响系数(V)	单体隐患 指数(I_{FEH})	单体隐患 等级
1	10s	II	VI	0.35	0.975	0.904	0.308	轻微
2	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
3	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
4	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
5	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
6	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
7	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
8	90s	III	VI	0.35	0.95	0.889	0.296	轻微
9	10s	II	VI	0.35	0.975	0.904	0.308	轻微
10	10s	III	VII	0.35	0.925	0.904	0.293	轻微
11	10s	III	VII	0.35	0.925	0.904	0.293	轻微
12	10s	IV	VI	0.35	0.925	0.904	0.293	轻微
13	00s	III	VI	0.35	0.95	0.899	0.299	轻微
14	10s	III	VI	0.35	0.95	0.904	0.301	轻微
15	00s	III	VI	0.35	0.95	0.899	0.299	轻微
16	00s	II	不设防	0.35	0.975	0.491	0.168	一般
17	00s	II	不设防	0.35	0.975	0.491	0.168	一般
18	00s	II	VI	0.35	0.975	0.899	0.307	轻微

育场馆,设计建造于2007年,当时按照非抗震设防进行结构设计,于2019年进行了抗震加固,加固设计后续使用年限为30年,根据《建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4],对已采取加固措施的建筑,后续使用年限为30年的,其易损性影响系数按照原建造年代进行取值,设防水平按照加固后的设防水平取值,故该体育场馆的最终隐患等级评定为“轻微”,隐患等级较低。

其余“轻微”等级的15个场馆由于建筑面积、场地类别、地震危险性、设防水平的不同,其隐患指数也略有差别,但总体差别不大,均属于“轻微”等级,隐患等级较低。

基于以上评估结果,进一步分析及建议如下:

(1) “一般”隐患等级表示场馆的抗震能力明显低于抗震设防要求,根据评估结果显示,对未考虑抗震设防和不满足最新抗震设防要求的场馆进行结构抗震加固是有效降低地震灾害隐患的直接方法,建议尽快对“一般”隐患等级的场馆进一步确定其抗震薄弱环节,明确其后续使用年限并进行相应抗震加固。

(2) 建议对“一般”隐患等级的场馆明确设置地震避难区域,确定地震逃生路线,制定应急预案,并定期开展演练。

(3) 建议对体育场馆等重要基础设施开展抗震设防能力专项评估工作,特别是一些使用时间较长的重要基础设施,必要时可采取加固、改造等措施,提升其抗震性能。

(4) 建议在体育场馆外设置大屏幕,滚动播出地震避险、逃生等自救互救相关视频^[9],强化民众逃生和自救互救意识。

4 结论

本文结合第一次全国自然灾害综合风险普查工作成果数据,对浙江省部分体育场馆进行地震灾害风险隐患调查与评估,将《建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4]灵活应用在体育场馆的风险评估上,同时也初步了解了浙江省内体育场馆的地震灾害风险隐患情况,为今后针对重要基础设施开展地震灾害精细化风险评估奠定了良好基础,也为推进浙江省风险普查成果应用提供了有效

经验。

基于本次地震灾害风险隐患评估,有以下几点展望:

(1)因本次地震灾害风险隐患评估依据第一次全国自然灾害综合风险普查工作中《建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法》(FXPC/DZ P-03)^[4]进行,综合考虑了承灾体破坏后果、所在场址、实际设防水平、建造年代及病害程度等多种影响因素,因素考虑虽较全面,但未灵活地将系数差值取值,可能导致评估结果略有偏差。

(2)本次针对重要体育场馆的隐患评估主要依靠体育场馆图纸信息及建筑物外观的病害程度,精确度不够高,对建筑物本身使用情况及细部损坏情况摸底不够完全,可能导致评估结果误差。

(3)因体育场馆大多为大跨度大开间的复杂结构,存在较多薄弱部位^[10],光从建筑物整体评估隐患较为片面,此评估结果仅能作为初步评估。

(4)后续研究拟将理论性评估结果与仿真模拟结果进行对比分析,增强安全分析评估结果的可靠性和精确度。

参考文献

- [1] 陈洪富,杨永强,陈相兆.台上一分钟 台下十年功:记工力所技术支撑“地震灾害风险调查和重点隐患排查工程”[J]. 防灾博览, 2021(6): 24-29
Chen H F, Yang Y Q, Chen X Z. A minute on the stage with ten-year practice: Record of “Earthquake disaster risk investigation and key hidden trouble investigation project” supported by technical support of Institute of Engineering Mechanics, CEA[J]. Overview of Disaster Prevention, 2021(6): 24-29
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑抗震鉴定标准:GB50023—2009[S].北京:中国建筑工业出版社,2009
Ministry of Housing and Urban Rural Development of the People’s Republic of China. Standard for seismic appraisal of buildings: GB50023—2009[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009
- [3] 高杰,冯启民,张海东.城市群体建筑物震害模拟方法研究[J].震灾防御技术,2007,2(2):193-200
Gao J, Feng Q M, Zhang H D. Simulation method for earthquake damage of urban group structures[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2007, 2(2): 193-200
- [4] 中国灾害防御协会.建(构)筑物地震灾害隐患等级评定方法:FXPC/DZ P-03[S].草案,2022
China Association for Disaster Prevention. Grading method of the potential hazard of structural earthquake disaster: FXPC/DZ P-03[S]. Draft, 2022
- [5] 武陈.体育场馆作为救灾的避难场所的功能和作用研究[J].灾害学,2018,33(4):175-179
Wu C. Research on the function and function of gymnasium as a refuge for disaster relief[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(4): 175-179
- [6] 刘圆芳.体育场馆的抗震性能探析[J].工程抗震与加固改造,2020,42(4):168
Liu Y F. Analysis on seismic performance of sports venues[J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting, 2020, 42(4): 168
- [7] 孙树立,韩旭东,陈璞.建筑结构安全分析方法与评估技术综述[J].中国安全科学学报,2022,32(9):37-48
Sun S L, Han X D, Chen P. Review on safety analysis methods and evaluation techniques of building structures[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(9): 37-48
- [8] 刘启源,刘金程.自然灾害视角下区域韧性评价方法及影响因素[J].中国安全科学学报,2023,33(5):174-181
Liu Q Y, Liu J C. Regional resilience evaluation methods and influencing factors from perspective of natural disasters[J]. China Safety Science Journal, 2023, 33(5): 174-181
- [9] 杨文涛,高进东,谷恒桦,等.城市安全文化体系构建[J].中国安全科学学报,2022,32(增刊1):17-22
Yang W T, Gao J D, Gu H H, et al. System building of urban safety culture[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(S1): 17-22
- [10] 张胜.大跨体育场馆的抗震鉴定、加固研究与实践[J].城市与减灾,2019(5):49-53
Zhang S. Study and practice on seismic appraisal and reinforcement for large span gymnasiums[J]. City and Disaster Reduction, 2019(5): 49-53