A Preliminary Seismic Risk Assessment for Diqing, Yunnan

Changlong Li

Institute of Geophysics, China Earthquake Administration

Beijing 100081, China

changlongli@163.com

云南迪庆地震损失风险的初步评估

李昌珑

中国地震局地球物理研究所

北京 100081, 中国

changlongli@163.com

Abstract—Diqing is located in Northwestern Yunnan, where has many strong earthquakes. It is worth to study the seismic risk of Diqing. In this paper, we investigated the numbers, taxonomy and vulnerability of the buildings in Diqing and assessed the distribution of each type of buildings in every town. Then we made an scenario-based seismic risk assessment for the towns in Diqing. Our study indicated that if a M7.0 earthquake happened in Lijiang, it may cause serious casualties in Diqing with a casualty more than 1000 and more than 18000 houses destructed.

Key words: Diqing, Seismic risk, Building taxonomy, Structural Vulnerability

摘要迪庆州位于云南西北部, 强震频繁, 地震风险值得研究。本文基于迪庆的人口统计和建筑数据, 对州内的建筑进行了类型划分及数量分配, 根据藏区建筑在几次大地震中的震害资料建立了建筑的易损性模型, 并对迪庆基于设定地震的地震损失风险进行了初步评估。本文研究表明, 若丽江发生 7.0 级地震, 可能造成迪庆州 3 区县千余人的伤亡, 可能有 1.8 万余间房屋受损。

关键词: 迪庆; 地震风险; 建筑类型; 结构易损性

I. 引言

迪庆藏族自治州位于云南省西北部, 活动断层分布广泛, 历史上多次发生强震(图 1), 地震危险性很高。同时, 迪庆州近年旅游业等产业快速增长, 成为国内外关注的热点地区。因此, 迪庆州的地震风险是值得研究的问题。近年来地震危险性和地震风险研究已在世界范围内广泛开展[1]。本文基于迪庆的人口统计和建筑数据, 对州内的建筑进行了类型划分及数量分配, 根据藏区建筑在几次大地震中的震害资料建立了建筑的易损性模型, 并对迪庆基于设定地震的地震损失风险进行了初步评估。

图 1 迪庆附近断层分布和历史上 M≥6 地震分布图

II. 迪庆人口数据

迪庆州共有 3 个区县, 人口分布数据来自第六次人口普查和各县市的年度报告[2]。可收集到的数据有每个县的总人口和总户数, 以及城镇人口数和农村人口数。各区县的城镇、农村人口和户数如表 1 所示。

表 1 迪庆各区县城镇、农村人口及户数统计表

区县	户数	最新人口	城镇人口	农村人口	城镇户数	农村户数
香格里拉市	39419	145265	26788	118477	7269	32150
德钦县	13758	60081	7509	52572	1719	12039
维西县	44370	154127	16410	137717	7006	37364
合计	97547	359473	50707	308766	15994	81553

III. 迪庆建筑结构分类和数量分布

迪庆州为藏族聚居区, 该地区的建筑分类参考西藏东南部的建筑类型, 即公建房、自建新房、老旧房、木结构(图 2)。确定各区县各类型建筑的数量时, 使用西藏东南部的建筑数量分布的抽样考察结果[3], 如表 2 所示。将香格里拉市的城市户数按照市主城区的各类型建筑比例分配, 农村户数按照市郊农村的比例分配; 德钦县和维西县的城市人口按照县城城区的比例分配。考虑到迪庆州位于横断山区, 与藏东南木结构分布区自然条件类似, 因此将德钦县与维西县的农村户数按照藏东南木结构分布区的县辖乡村的比例分配。各区县各类型建筑数量分布如表 3 所示。

图2 四种房屋建筑类型典型图（上左：公建房；上右：自建新房；下左：老旧房；下右：木结构。资料来源：中国地震局地球物理研究所地震保险项目组）

表2 建筑数量统计抽样地区

城乡类型	抽样地区
市主城区	山南市乃东区
市郊乡村	拉萨市城关区娘热乡
县城城区	拉萨市曲水县才纳乡
县辖乡村	林芝市鲁朗镇
木结构分布区	波密县岗堆村、米林县帮加村

表3 迪庆州各县各类型建筑总数统计表

区县	公建房	自建新房	老旧房	木结构	公建房人口	自建新房人口	老旧房人口	木结构人口
香格里拉市	8113	17402	13904	0	29896	64129	51240	0
德钦县	1421	2216	3925	6196	6206	9677	17140	27059
维西县	5446	7309	12383	19231	14233	24505	44506	70883

为计算地震造成的人员伤亡率，将各区县的人口按照建筑数量的比例分配到各建筑类型上，也列在表3中。

IV. 易损性模型

对第2章的四种建筑类型建立易损性模型。建立方法主要基于西藏及周边地区近年来地震灾害的震害统计资料，如2010年青海玉树地震M7.1级地震[4-7]，2015年尼泊尔Mw7.8级地震[8-12]、2017年西藏米林M6.9级地震等。玉树地震、尼泊尔地震的典型震害图片如图3所示。

图3 震害统计图片。上左：尼泊尔地震后的西藏樟木，烈度8度；上右：尼泊尔地震后的西藏吉隆，烈度8度；下左：玉树地震后的结古镇，烈度9度；下右：米林地震后的林芝市，烈度7度。图片来源：高锦瑞等（2015）；白国良等（2011）；曲哲，杨永强（2015）

为分别计算地震造成的经济损失和人员伤亡，本文对结构和人口都建立了易损性模型。四种建筑类型的结构和人口易损性曲线如图4所示。其中 $PGA < 0.6g$ 区间的损失率的标准差为0.3，其余区间标准差为0.1。

图4 四种类型建筑的易损性曲线，

上：结构易损性；下：人口易损性

V. 设定地震及损失获取

估算西藏东南部一次地震可能造成的损失情况。考虑一次历史地震的重现。由图1，丽江在1996年发生了7.0级地震。本节模拟这次地震并产出迪庆3区县遭受的损失情况。

设定地震使用的断层参数如表 4 所示。发震断层设为断裂。震级-破裂尺度的经验关系使用 Wells and Coppersmith (1994)[13]提出的关系,地震动衰减关系使用俞言祥等(2013)[14]对中国地震动参数区划图使用的衰减关系。模拟出的地震动分布如图 5 所示。

表 4 模拟丽江地震的断层参数

震级	震中位置	走向 (°)	倾角 (°)	滑动角 (°)
7.0	100.3°E, 27.1°N	20	45	30

图 5 模拟丽江 7.0 级地震的地震动影响场

根据地震动影响场、承灾体规模模型和易损性模型,计算丽江地震在西藏东南部各县造成的建筑物轻度以上破坏数量和人员伤亡分布。本文取轻度以上破坏为建筑物损失率超过 10%。各县建筑物轻度以上破坏数量和人员伤亡如表 5 和图 6 所示。可见,如果丽江发生 7.0 级地震,可能造成迪庆州 3 区县千余人的伤亡,一万余间房屋受损。

表 5 模拟丽江 7.0 级地震造成迪庆州各县人员伤亡列表

序号	区县	轻度以上破坏房屋	伤亡
1	香格里拉市	7042	348
2	德钦县	1493	81
3	维西县	10397	974
4	合计	18932	1403

图 6 模拟丽江 7.0 级地震造成迪庆州各县损失情况

VI. 结论与讨论

本文在对迪庆州各县的建筑类型、数量、易损性调查的基础上,结合当地的人口和住房特点,估计了不同类型建筑在迪庆州的分布情况,建立了不同建筑物的结构易损性和人口易损性模型,并且估算了西藏东南部各县分别在遭遇米林 M6.9 级地震和曲松-桑日 7.5 级地震的人员伤亡和财产损失分布情况。本文得出的结论有:

(1) 西藏东南部的公建房和木结构房抗震性能较好,自建新房有一定的抗震能力,老旧房的抗震能力较差。

(2) 若丽江发生 7.0 级地震,可能造成迪庆州 3 区县千余人的伤亡,可能有 1.8 万余间房屋受损。

对以上结论,本文做几点讨论:

(1) 本文建立承灾体规模模型的过程中,使用了诸多假设,如假设全县人口均集中在县城、假设城乡的人口/户数比例相同等。这些假设源自实地调研的认识,多数假设符合当地特点和实际,类似方法可在有相同特点地区推广。

(2) 本文估算不同建筑类型居住人口的方法,类似于“费米问题”[15]使用的估算方法,虽不精确,但应是合理的。今后如能获取更精确的数据,能改进本文的结果。

(3) 本研究随机不确定性主要来自于易损性模型标准差。认知不确定性主要来自于建立承灾体规模模型过程中的假设,以及建筑分类、抽样调查中认知不足造成的不确定性。

致谢

本文由中国地震局地球物理研究所基本科研业务费专项(DQJB17T04)、中国科学院国际合作局对外合作重点项目(131551KYSB20160002)联合资助。

参考文献

- [1] Li C L, Gao M T. 2019. Seismic Hazard Model Harmonization in Tianshan Area. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 9(2): 74-84.

- [2]国务院人口普查委员会, 国家统计局人口和就业统计司. 2010. 中国 2010 年人口普查资料. 北京: 中国统计出版社.
- [3]李昌珑, 李宗超, 吕红山, 等. 2019. 基于三维图像模式识别的西藏东南部地震灾害损失风险评估. 地球物理学报, 62(1): 393-410.
- [4]谭明, 李洋, 胡伟华, 等. 2010. 青海玉树 7.1 级地震房屋建筑震害调查和分析. 内陆地震, 24(2): 173-179.
- [5]秦松涛, 李智敏, 谭明, 等. 2010. 青海玉树 7.1 级地震震害特点分析及启示. 灾害学, 25(3): 65-70.
- [6]黄思凝, 袁一凡, 孟庆利, 等. 2011. 由玉树地震结构震害看村镇房屋抗震. 世界地震工程, 27(2): 77-82.
- [7]白国良, 薛冯, 徐亚洲. 2011. 青海玉树地震村镇建筑震害分析及减灾措施. 西安建筑科学学报 (自然科学版), 43(3): 309-315.
- [8]高锦瑞, 尼玛, 文升梁, 等. 2015. 尼泊尔 8.1 级地震对中国西藏地区造成的震害特征分析. 震灾防御技术, 10(4): 961—968.
- [9]王晓青, 黄树松, 丁香, 等. 2015. 尼泊尔 8.1 级地震建筑物震害遥感提取与分析. 震灾防御技术, 10(3): 481-490.
- [10]曲哲, 杨永强. 2015. 尼泊尔自建民居在 2015 年地震序列中的震害. 地震工程与工程振动, 35(4): 51-59.
- [11]张昊宇, 王涛, 林旭川, 等. 2016. 尼泊尔 8.1 级地震钢筋混凝土框架典型震害及讨论. 工程力学, 33(9): 59-68.
- [12]潘毅, 王忠凯, 时胜杰, 等. 2017. 尼泊尔 8.1 级地震加德满都—樟木沿线民居震害调查与分析. 湖南大学学报 (自然科学版), 44(3): 35-44.
- [13]Wells D L, Coppersmith K J. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84(4): 974-1002.
- [14]俞言祥, 李山有, 肖亮. 2013. 为新区划图编制所建立的地震动衰减关系. 震灾防御技术, 8(1): 24-33.
- [15]周小奋. 2011. 费米问题三例. 物理通报, 2011(5): 85-88.