

The Damage Index Characteristics Research of Ms6.5 in Hualian County, Taiwan in 2018

Zongchao Li, Xueliang Chen, Qing Wu, Tiefei Li, Changlong Li
Institute of Geophysics, China Earthquake Administration
Beijing 100081, China
lizongchaoigo@163.com

2018 年台湾地区花莲县 Ms6.5 级地震损伤指数特征研究

李宗超, 陈学良, 吴清, 李铁飞, 李昌珑
中国地震局地球物理研究所
北京 100081, 中国
lizongchaoigo@163.com

Abstract: On February 4, 2018, a Ms6.5 occurred in Hualien County in Taiwan Province. The source depth was 10 km. This earthquake killed 17 people and injured 285 people. The earthquake also caused huge property losses. Most of the casualties of the earthquake were caused by the collapse and damage of the buildings. The near field strong ground motion was the direct reason which caused the collapse of the building. The collapse of the buildings was greatly related to the amplitude and frequency of circulation of ground motion. The seismic response of system accumulated damage under cyclic load depends not only on the maximum amplitude of motion but also on the duration of motion. Many researchers suggest that the effective number of ground motion cycles is more reflective of seismic damage than the duration. The destructive ability of seismic ground motion depends on the amplitude of the movement and the number of cycles. In the geotechnical earthquake engineering, the number of motion cycles is the most important. Many researchers believe that the number of motion cycles is also an important factor in structural seismic design and damage assessment. Because the strength, stiffness and energy dissipation of the structure decreases with the increase of the load cycle, the amplitude itself is not sufficient to evaluate the seismic performance of the structure. In this paper, the spatial distribution characteristics of the damage index of Hualian earthquake is analyzed, and the correlation between the damage index and seismic intensity is analyzed.

Keywords—damage Index, Hualian earthquake, characteristics analysis, seismic intensity

摘要: 2018 年 2 月 4 日, 台湾省花莲县附近海域(北纬 24.2 度, 东经 121.72 度) 发生 6.5 级地震, 震源深度 10 千米, 地震造成 17 人遇难, 285 人受伤,

地震也造成了巨大的财产损失。本次地震的绝大部分伤亡是由于建筑物倒塌破坏造成的, 而近场强地震动是造成建筑物倒塌的直接原因, 建筑物倒塌与地震动的振幅和循环次数相关性极大。系统在循环荷载下累积损伤的地震响应不仅取决于运动的最大振幅, 还取决于运动的持续时间。许多研究人员提出, 有效的地面运动周期数比持续时间更能反映地震破坏能力。地震地面运动的破坏能力取决于运动的振幅和循环次数。在岩土地震工程中, 运动循环次数是最重要的。许多研究人员认为, 运动循环次数也是结构抗震设计和损伤评估方面的一个重要因素。由于结构的强度、刚度和耗能能力随着荷载循环次数的增加而降低, 因此振幅本身不足以评估结构的抗震性能。本文将着重分析研究了花莲地震的损伤指数的空间分布特征, 并结合实际的灾害烈度分布特征, 分析了震害指数与地震烈度的相关性。

关键词: 损伤指数, 花莲地震, 特征分析, 地震强度

I. 引言

2018 年 02 月 06 日, 台湾地区花莲县近海区域发生 Ms6.5 级地震, 震中位置 (121.680E, 24.158N), 位于花莲县政府北偏东 18.3km (图 1), 震源深度 9.5km。据台湾中央气象厅信息, 此次地震最大烈度为 VII 度, 其他附近县市烈度为 II-III 度 (图 2), 最大烈度出现在花莲县花莲市和宜兰县南澳市, 为 VII 度 (台湾国家实验研究院)。本次地震在台湾地区不算是地震动强度较大的地震, 但本次地震造成花莲市统帅大饭店、云翠大楼等多座楼房倒塌, 有 17 人遇难, 285 人受伤。

台湾东部是地震多发区, 花莲县历史上曾

发生多次破坏性地震，1951年10月22日，花莲近海连续发生7.3级和7.1级两次强烈地震。花莲县位于台湾东北方向，而台湾位于欧亚板块和菲律宾海板块的聚合交界地带（李宗超，2018）。花东纵谷（花莲）是这2个板块的交界线。由于这2个板块互相推挤、挤压，会产生地震。此次花莲县也同样发生了两次较强地震，表明该地区有不同一般的地震孕育机制，一旦发生大的地震，可能会伴随多个破坏

性地震同时出现。

地震损伤指数是与加速度有很大相关性的可以表征地震造成的灾害程度的地震动参数。损伤指数的计算方法是将加速度记录中各周期的振幅相加，得出c指数，然后确定不同振幅周期的相对权重，并乘以Malhotra(2002)提出的C线性比例因子，并通过雨流计数算法识别加速度记录的周期和相应的周期振幅（ASTM, 1985）。

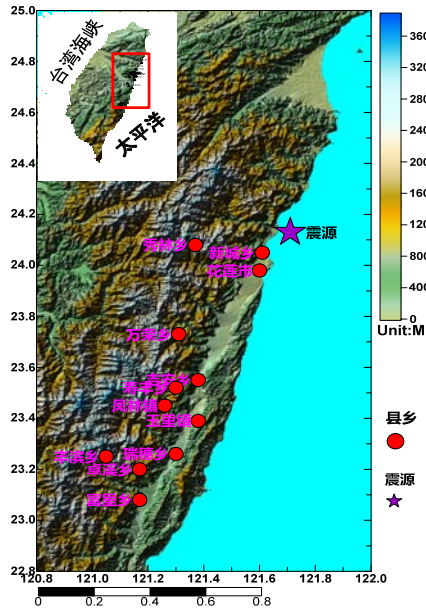


图1 花莲地震震中位置及台站分布. 红色实心圆点为震区周边行政县乡，紫色五角星为震源位置.

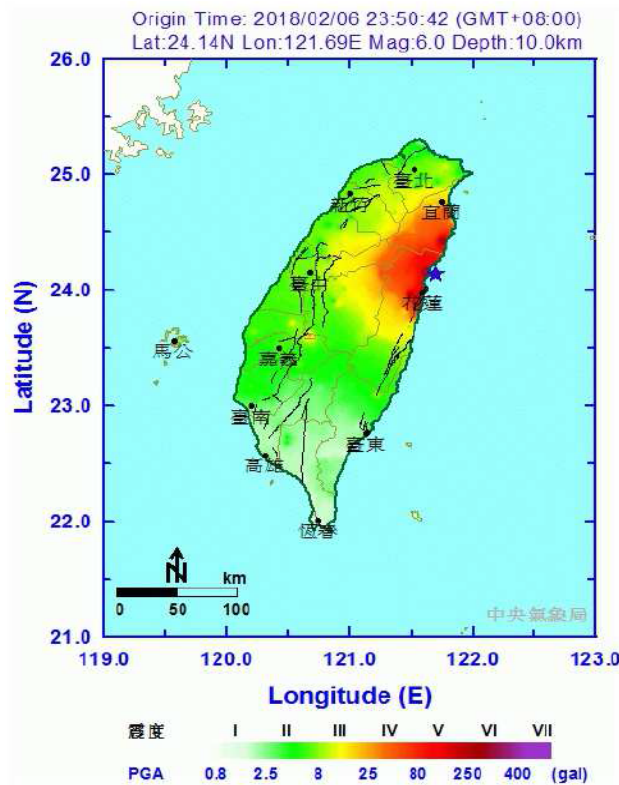


图2 花莲6.5级地震PGA空间分布等震线图及地震烈度分布图（台湾省中央气象厅绘制）

II. 地震损伤指数空间分布特征分析

本文以花莲地震加速度记录为基础,分析此次地震的地震损伤指数的分布特征。我们选取了花莲地震震源周边 20 个台站的强震记录进行分析研究(表 1)。地震损伤指数是与加速度有很大相关性的可以表征地震造成的灾害程度的地震动参数。损伤指数的计算方法是将加速度记录中各周期的振幅相加,得出 c 指数,然后确定不同振幅周期的相对权重,并乘以 Malhotra(2002)提出的 C 线性比例因子,并通过雨流计数算法识别加速度记录的周期和相应的周期振幅(ASTM, 1985)。

地震损伤指数在花莲市区西部是最大的,向北灾害指数越来越大,花莲市往南灾害指数越来越小。结合图 1 所示的花莲市地形特征,花莲市以南的局部区域为平原地带,花莲市西北的局部区域为山区地形,从花莲市区往西北方向的局部区域内,地震损伤指数有增大的趋势,地形特征对地震损伤指数有较大的影响。同时,在花莲市区及周边,E-W 方向分量上的地震损伤指数比 N-S 方向分量的地震损伤指数偏大,表现出水平方向的分量差异。

表 1 花莲地震强震台站基本信息

编号	经度	纬度	震中距 km	方位角
HWA007	121.6262	23.9865	19.76	196.0778
HWA008	121.603	23.9873	20.46	202.514
HWA009	121.6223	23.9903	19.48	197.5415
HWA010	121.6027	23.9783	21.4	201.5708
HWA011	121.5948	23.9953	19.99	205.6954
HWA012	121.6313	23.992	18.91	195.0823
HWA013	121.5985	23.9755	21.85	202.3103
HWA014	121.6057	23.9712	22.02	200.0763
HWA019-2-HWA	121.6135	23.975	21.37	198.4643
HWA020-ESL	121.4417	23.812	45.35	212.372
HWA023-TWD	121.6045	24.0812	11.45	222.0724
HWA048	121.5805	24.0095	19.31	211.6151
HWA050	121.5908	23.9878	20.92	205.7148
HWA058-ETM	121.4928	23.9658	28.56	221.8458
HWA060-EYL	121.6017	23.9035	29.29	195.7945
HWA062-HWAP	121.6198	23.9797	20.67	197.2356
HWA063	121.593	23.9935	20.25	205.9161
HWA067	121.4688	23.7545	49.59	205.7305
ILA050-2-ENA	121.5908	23.9878	20.92	205.7148
TRB042	121.6038	24.0003	19.11	203.9351

III. 地震损伤指数与花莲地震灾害的相关性

我们分析地震动的水平方向的东和南方向的差异是导致此次花莲市区较多建筑损坏的原因之一(图 3)。本次地震倒塌的建筑物有一个共同的特点,即低楼层柱子多、墙

体少,建筑物又位于米仑断层带附近,再加上水平向地震动在两个方向分量上的差异。一遇到强震,脆弱的一楼支撑不住上方楼层的重量,出现倾斜倒塌。

(3a)



(3b)



图3 花莲地震主要建筑物倒塌破坏位置(台湾国家实验研究院). (3a)花莲地震主要破坏性建筑物的位置; (3b)云翠大楼破坏倒塌情况。

地震作用下, 导致建筑物倒塌的因素很多, 比如建筑物抗震设防过低, 建筑物年久失修, 建筑物自身振动周期与地震卓越周期一致导致建筑物共振等众多的原因, 在本文的研究中, 我们发现地震损伤指数的空间分布特征以及该参数在水平方向上 E-W 方向分量和 N-S 方向分量上的差异与建筑物倒塌的较为相似, 我们认为地震损伤指数在一定程度上是可以表征花莲地震建筑物损害主要的特征的。更加深入的研究地震损伤指数与建筑物倒塌损坏的相关性对于提高建筑物抗震能力也将具有重要的科学参考价值。

致谢

本研究所用数据来自中国台湾地区中央气象局官(<https://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/>), 本研究受国家重点研发计划“地震保险损失评

估模型及应用研究(2018YFC1504601), 以及中国地震局地球物理研究所基本科研业务费专项(DQJB19B06, DQJB19A0131, DQJB19A0133)资助, 在此表示感谢。

参考文献

- [1]李宗超,陈学良,吴健,吴清.台湾地区花莲地震($M_s6.5$)工程地震动参数特征分析[J]. 建筑结构,2018,48(S2):308-313.
- [2]台湾“国家实验室研究院”(NARlabs)花莲地震概要.2018.2.6, Ver 5.0.
- [3] Malhotra PK. “Cyclic-demand spectrum” Earthquake Engineering and Structural Dynamics; Vol. 2002, 31, pp. 1441-1457.
- [4] ASTM. *Cycle counting in fatigue analysis*, Annual Book of ASTM Standards, 1985, Vol. 03.01, Designation E1049-85