

文章编号: 1008-2786-(2009)4-496-05

# 汶川地震区青川县乔庄镇地震断裂问题

刘根亮,李渝生,陈佳,谢莉

(成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室 四川 成都 610059)

**摘 要:** 汶川特大地震导致了青川县乔庄镇(主城区)遭遇了较为惨重的特大灾难。县城的恢复重建工作受到地震断裂、山体变形、强烈的余震活动等严重制约。尤其是地震断裂问题,更是对能否原址重建起决定性作用。在参考以往研究成果的基础上,结合实地调查,对该镇的地震断裂问题进行了评估,确定了青川—平武断裂(龙门山后山断裂主断裂之一)分三条分支断裂(北支断裂、中间断裂、南支断裂)穿过乔庄镇主城区的大致方位和走势,并且现场发现该三条分支断裂均发生了不同程度的地震破裂(如地表破裂、山体震裂等)已逐渐发展成为中强震的孕震构造。

**关键词:** 断裂构造;地震断裂;乔庄镇;地震破裂

**中图分类号:** P315.2 P342文献标识码: A

2008-05-12 14:28 四川汶川发生 M<sub>s</sub>8.0级强烈地震,震中位于龙门山中央断裂带北川—映秀断裂带上,以汶川的映秀镇为中心。这次地震来势凶猛,波及范围广,几乎在同一时刻,位于龙门山断裂带的另外两条巨大断层(都江堰—江油断裂和龙门山后山断裂)附近周边的什邡荃华、绵竹汉旺、江油、平武、青川、茂县等许多地方,也跟随发生强烈地震,全国大部分地区有震感。本文拟就在此次地震位于龙门山后山断裂之主断裂之一的青川—平武断裂带构造范围内的青川县乔庄镇的地震断裂问题作初步探讨,为灾后该镇的重建或搬迁工作提供较为客观的科学依据。

## 1 区域地质构造特征

青川县位于川西北断块与四川盆地之间的 NE 向龙门山推覆褶皱断构造带。其中龙门山推覆褶皱断构造带由一系列大致平行的叠瓦状冲断带构成,具典型的逆冲推覆褶皱断构造特征,主要由边缘断裂(前山断裂或称都江堰—江油断裂)、中央断裂(或称映秀—北川断裂)、后山断裂等三条 NE 向断裂束及一

系列褶皱推覆构造组成。其中,后山断裂带由青川—平武断裂及汶川—茂县断裂两条呈斜列分布的断裂组成。而此次调查的青川县乔庄镇即位于后山断裂之主断裂之一的青川—平武断裂带的构造控制范围内。

## 2 乔庄镇的断裂构造及其活动性

### 2.1 乔庄镇断裂构造的发育及特征

#### 2.1.1 断裂构造分布

以往各方面研究资料表明,青川县城所在的乔庄镇恰位于龙门山后山断裂主断裂之一的青川—平武断裂带。本次调查进一步证实青川—平武断裂在通过乔庄镇地段分为三条分支断裂(北支断裂、中间断裂、南支断裂)(图 1 及照片 1)。该三条断裂组成的断裂束,总体上沿 N70°E 走向穿过县城主城区,断裂带总体产状 N70°E/NW∠65°。

#### 2.1.2 断裂构造的特征

区域上,青川—平武断裂带总体上控制着区域沉积建造及构造发展形式。断裂北西侧属印支期松潘—甘孜地槽褶皱系,地壳介质以巨厚的地槽型海

收稿日期(Received date): 2008-11-11; 改回日期(Accepted): 2009-03-15.

作者简介(Biography): 刘根亮(1983-)男(汉族),山西临汾人,成都理工大学环境与土木工程学院岩土工程专业在读硕士研究生,主要从事地质与岩土工程方面的研究工作。[ Liu Genliang (1983-), The Institute of Engineering Geology, Chengdu University of Technology

Chengdu 610059] E-mail: 279631700@qq.com; tel: 13541076216

相沉积建造为主, 塑性特征较明显; 南东侧为扬子准地台边缘龙门山褶断推覆构造。

发育于乔庄镇的三条 NEE向断裂, 均属青川—平武断裂的主体构造分支。断裂破碎带大多疏松未胶结, 且以强烈的片理、糜棱化、塑性柔皱、高炭化等为特征。

1. 北分支断裂

北支断裂沿麒麟观—东桥一线发育, 地貌特征表现为直线型沟谷—垭口。根据麒麟观垭口地质露头 (图 2) 观察, 破碎带总体产状为  $N65^{\circ}\sim86^{\circ}E/NW$

$\angle45^{\circ}\sim69^{\circ}$ , 宽度大于 7 m, 主要为片状构造岩。

2. 中间分支断裂

中间断裂沿道观—城郊村叶家盖组一线发育, 沟槽地貌特征较为清楚。由于地表覆盖较为严重, 仅在道观东侧坡脚见到破碎带局部露头。破碎带可见宽度大于 3.5 m, 主要为构造角砾岩及碎粒岩 (照片 2), 带内次级断面走向  $N23^{\circ}E$  倾角近直立。

3. 南分支断裂:

南支断裂沿东山—青川中学、武装部附近一线切过城区 (见照片 1)。

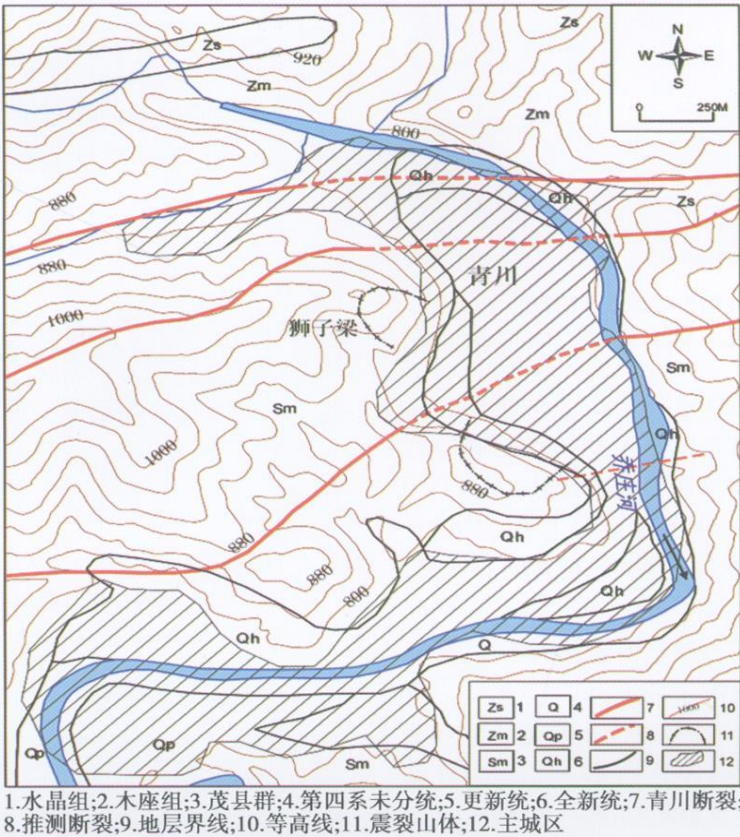


图 1 青川县地震断裂分布图

Fig. 1 Map about the earthquake fault of Qingchuan town



照片 1 城区断裂发育分布全貌 (镜向 W)

Photo 1 Panorama of development and distribution about the fault in Qingchuan county ( to the mirror W)



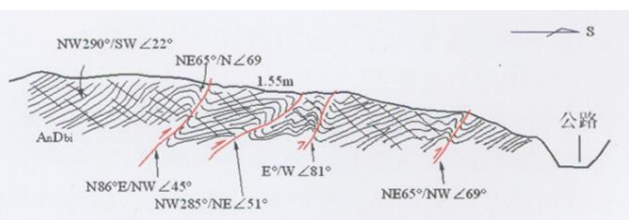


图2 青川—平武断裂北分支断裂破碎带地质剖面图

Fig. 2 Geological profile about broken fracture zone on the North Branch fault



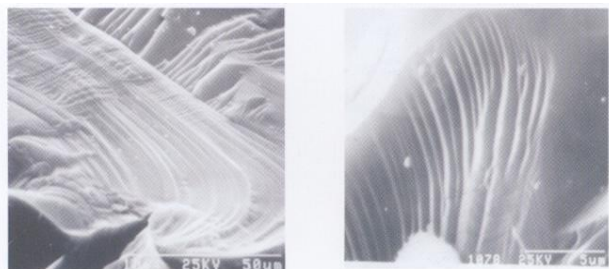
照片2 中间分支断裂破碎带结构特征

Photo 2 Structure of broken fault zone on the Middle Branch fault

县城东山断崖下部破碎带露头显示,断面产状  $N72^{\circ}E/NW\angle 79^{\circ}$ ,上盘碧口群 (AnDbi)厚层状白云质灰岩 ( $N70^{\circ}E/NW\angle 45^{\circ}$ )逆冲于茂县群 (Sn)千枚状片岩之上 ( $N75^{\circ}E/SE\angle 21^{\circ}$ ),破碎带主要由片状岩及构造透镜体组成,片理及透镜体轴面走向  $N44^{\circ}E$ 。

## 2.2 断裂活动问题

青川—平武断裂带控制着地貌及水系发展,切割 I ~ II 级阶地及其他晚第四系沉 (堆)积层。断层带样品测年成果显示,该断裂带在晚更新世末期~全新世初期 (距今  $2.8 \pm 0.2 \sim 1.23 \pm 0.04$  a)曾发生强烈活动。断层带石英颗粒扫描电镜分析 (照片3)亦显示属全新世活动断裂,历史平均错动速率



照片3 青川—平武断裂带石英颗粒扫描电镜分析 (贝壳状断口)

Photo 3 SEM analysis on quartz particles inside the faulted zone (Conchoidal fracture)

$0.6 \sim 1.2 \text{ mm/a}$ 。断裂带早期为韧性剪切、后期为脆性破裂。

## 3 乔庄镇的地震断裂问题

从现场调查情况我们发现,青川—平武断裂乔庄段在“5·12”大地震及其余震序列中已发展为地震破裂,主要可以从以下几方面识别:

### 1. 地貌标志

乔庄镇及附近地段的三条分支断裂,在地貌形态上均表现为以沟槽、垭口等为主的典型负地形特征 (照片4)。在“5·12”大地震过程中,这些负地形的某些部位均不同程度地出现地表张裂变形。如北分支断裂带上的麒麟观垭口、中间分支断裂带东端沟槽—垭口等多处可见张裂变形。



照片4 断裂带负地形地貌特征 (左:中间分支断裂,右:南分支断裂)

Photo 4 Geomorphological features of negative landform on fault zone (left: Middle Branch fault, right: South Branch fault)



照片5 麒麟观垭口北分支断裂破碎带张裂变形

Photo 5 Tensile crack deformation of broken fault zone On the North Branch fault at the Qilenguan pass

### 2. 地表的构造破裂变形

乔庄镇强余震活动极为频繁,在现场调查中我们从众多杂乱无章的地表破裂中,分辨出构造成因

的变形迹象。较为典型的现象有以下几处:

(1) 在北分支断裂通过的麒麟观垭口, 可见宽度约  $7 \sim 8 \text{ m}$  的断裂破碎带内, 在“5·12”地震过程中, 形成四处张性破裂 (照片 5) 破裂面产状与主断裂一致 ( $N65^\circ \sim 86^\circ \text{ E} / \text{NW} \angle 45^\circ \sim 69^\circ$ ) 张裂  $3 \sim 5 \text{ m}$ 。

(2) 在中间分支断裂通过的城郊村叶家盖组 66 附近, 与震害有关的地表破裂极为发育, 其中构造破裂缝走向  $N70^\circ \text{ E}$  与下伏断裂走向近于一致 (图 3)。破裂缝右旋位错  $5 \text{ mm}$  张裂变形  $20 \text{ mm}$ 。

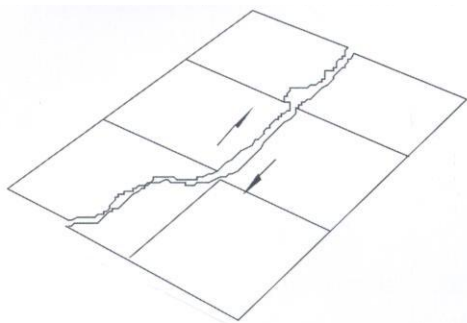


图 3 中间断裂地表破裂 - 右旋张裂素描图  
(城郊村叶家盖组 66#)

Fig. 3 Geologic sketch map on surface rupture-clockwise tensile crack about the Middle Branch fault  
(Yejiagai group 66# of Chenjiao village)

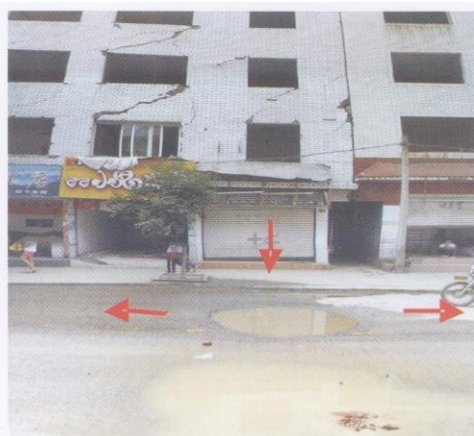


照片 6 南支断裂影响带宝莲寺走向  $N60^\circ \text{ E}$  的构造地裂缝

Photo 6 Tectonic ground fissure which strikes  $N70^\circ \text{ E}$  along Baolian temple on South Branch fault's affected zone

(3) 沿南分支断裂带的地表破裂范围较宽, 与下伏基岩断裂错动有关的变形现象主要有三种基本类型:

① 构造地裂缝。城区南侧宝莲寺 (桅杆梁子) 附近, 地表破裂沿  $N60^\circ \text{ E}$  方向延伸。地裂缝水平拉张  $0.08 \text{ m}$  右旋错移  $0.035 \text{ m}$  NW 侧抬升 (逆断)  $0.04 \text{ m}$  (照片 6)。



照片 7 秦兴路 48# 地面震陷

Photo 7 Ground subsidence deformation along Qingxing road 48#



照片 8 南支断裂影响带 - 狮子梁山体张裂变形

Photo 8 Tensile crack deformation of Shizi Hill on the South Branch fault's affected zone

② “地堑”式沉陷。城区地面变形较为明显, 多发生在南分支断裂带西侧 (上盘)。较为典型的有秦兴街 37 附近, 在“5·12”地震过程中, 地面沿  $N80^\circ \text{ E}$  方向形成  $15 \text{ m} \times 28 \text{ m}$  的地面沉降变形, 垂直沉陷  $0.15 \text{ m}$ 。该沉陷变形延伸方向与狮子山梁山体张裂方向近于一致 (照片 7)。

③ 山体震裂裂缝。“5·12”地震期间, 受南分支断裂带活动的影响, 县城西侧狮子山梁发生强烈的震裂变形。裂缝带沿  $N80^\circ \text{ E}$  延伸约 200 余  $\text{m}$ , 单条裂缝宽  $0.15 \sim 0.35 \text{ m}$  (照片 8)。

### 3. 地震及地表烈度异常

#### (1) 地震破裂问题

M8.0 级主震发生后, 随着时间的推移, 强余震活动明显地向青川 - 平武断裂收敛。地壳岩体破裂逐渐转向青川 - 平武断裂; 强余震沿青川 - 平武断裂分布是十分明显的, 迄今为止共发生余震两千余次, 最大震级 6.4 级。显然, 青川 - 平武断裂已逐渐



发展为中强震的孕震构造。

## (2) 乔庄镇的地表烈度异常

受下伏北分支及中间分支断裂地震破裂的影响与控制,沿城区解放路—东桥及城郊村叶家盖组 66 附近,出现一呈条带形分布地表烈度异常区,沿断裂带建(构)筑物破坏程度明显超过城区一般水平,特别是道观庙宇、东桥旅馆完全破坏并造成严重的人员伤亡,损失极为惨重。县城其他地段建(构)筑物虽未彻底塌毁,但多数建筑物均已出现较为严重的结构性破坏。

从上述可以看出,乔庄镇构造成因的地表破裂变形均在该三条分支断裂的附近发育分布,并且破裂走向同各分支构造断裂的走向基本一致,局部破裂变形有逆冲兼右旋特征;同时地震和地表烈度异常均是受到各分支地震断裂的影响和控制,从而可以进一步断定青川—平武断裂乔庄段在“5° 12”大地震及其余震中已发展为地震破裂。

## 4 结论

1. 青川—平武断裂(龙门山断裂带后山断裂主断裂)分三支沿 NEE走向穿过乔庄镇主城区,断裂带总体产状  $N70^{\circ}E/NW\angle 60^{\circ}$ 。该断裂在晚更新世末期—全新世初期曾发生较为强烈的构造活动,总体上表现为逆冲为主兼走滑特征,历史平均错动速率约为  $0.6\sim 1.2\text{ mm/a}$ 。变形机理上早期为韧性剪

切、后期为脆性破裂。

2 汶川“5° 12”M8.0级强震发生后,强余震活动明显地向青川—平武断裂收敛,青川—平武断裂已逐渐发展为中强震的孕震构造。切过乔庄镇的三条分支断裂,均发生了不同程度的地震破裂。沿断裂带发生的地表破裂现象,主要有构造地裂缝、拉分式沉陷及山体张裂变形等三种形式;尤其是桅杆梁及狮子山梁震裂裂缝及山体变形问题,严重地威胁着主城区的安全。相对安全的建设场地,仅限于乔庄镇南侧白井坝附近狭小地带。

本文得益于笔者在近期所参与的青川县乔庄镇地震断裂评估的专项研究,在写作过程中重点参阅了由王士天、李渝生等所完成的一系列研究成果。对此深表谢意。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhang Zhuoyuan, Wang Shitian, Wang Lansheng, et al. The Engineering Geology Analysis Element [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993 [张倬元, 王士天, 王兰生, 等. 工程地质分析原理 [M]. 地质出版社]
- [2] Review and Reflection on Wenchuan Earthquake in Sichuan [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2008, 16 (2) [刘兴诗. 汶川大地震的回顾与反思 [J]. 成都理工大学学报, 2008, 16 (2)]
- [3] Li Long, et al. Surface rupture, thrusting and strike slipping in the Wenchuan earthquake of Sichuan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2008, 35 (2) [李勇等. 汶川地震的地表破裂与逆冲—走滑作用 [J]. 成都理工大学学报, 2008, 35 (2)]

# The Problem of Earthquake Fault about Qiaozhuang Town in the Qingchuan County after Wenchuan Earthquake

LIU Genliang, LI Yusheng, CHEN Jia, XIE Li

(State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Wenchuan earthquake resulted in that Qiaozhuang town of Qingchuan county suffered more serious disaster. The country's reconstruction was seriously restricted by many issues such as the earthquake faults, the deformation of the mountain and the strong aftershock. In particular, the earthquake fault problems played a decisive role in whether the county was rebuilt in situ or not. In this paper, we assessed the earthquake faults about the Qiaozhuang town by adopting the method that combining previous research and on-site investigation. We furtherly identify the general direction and trend of which three branch fault (North Branch fault, Central Branch fault, South Branch fault) belonged to Qingchuan-Pingsu fault, one of main faults locating at back of Longmen mountain fault, go through the Qiaozhuang town and the three branch fault have developed into different levels earthquake rupture (such as surface rupture, shattered hill and so on), having gradually developed into tectonic earthquake which may induced strong earthquake.

**Key words:** faulted structure, earthquake fault, Qiaozhuang town, earthquake rupture