四川省都江堰の断層近傍における地震被害と表面波探査による地盤構造

神戸大学大学院工学研究科	学生会員	○齊藤	栄
神戸大学大学院工学研究科	正会員	鍬田	泰子
神戸大学大学院理学研究科		宮田	隆夫
神戸大学都市安全研究センター		洪	景鵬
四川省地質調査院		付	小方

1. 研究の目的

2008 年 5 月 12 日 14 時 28 分(中国現地時間)に中国四川省汶川県(Wenchuan) で汶川地震が発生した.震源断層は,四川省の四川盆地と龍門山(Longmeng shan) の境界に沿って 3 本の断層が走向する龍門山断層である.龍門山断層とは別に平 行・分岐して走向する断層がこの断層周辺に多数確認され,それらの断層でも本 地震で地表に断層変位が現れたことが確認されている.図1に龍門山断層に隣接 する都江堰(Dujiangyan)市の地質図を示す.都江堰市には地質の境界線付近に 断層が走向していると考えられるが,現在の活断層地図には断層線は描かれてお らず,今後これらの調査が急務であるといえる.これまで活断層の評価手法とし てはトレンチ調査のような地質・地形学的な方法が中心であったが,近年では人 工振動源を用いた物理学的な手法も取り入れられている.著者らは 2009 年 6 月



図1 都江堰地質図¹⁾

21 日から 27 日まで都江堰市で人工震源を用いた地盤調査法の一つである表面波探査を実施した.表面波探査は深度 20m 程度の浅層地盤のS波速度構造を推定する手法であり、宅地・盛土地盤の調査に利用されている.本研究では都江堰市の2箇所で踏査による断層調査と表面波探査による地盤調査の適用性について検討したので報告する.

2. 表面波探査の概要

今回の表面波探査では応用地質(株)の McSEIS-SXW を使用した. 探査では 24 個のジオフォンを 2m間隔で直線上 に配置し, 隣り合う地震計の間の地表面をかけやで起振し,表面波を測定する. 波形の分析においては²⁾,まず得 られた波形データにクロスコリレーション処理を施し,CMP 編集を行う. 今回は CMP 距離を 4m として解析を行 った. 次に,CMP 編集により得られた疑似共通起振記録を周波数領域への変換し,見かけの速度の設定を行い,さ らに受信点間隔に応じて位相をシフトさせ分散曲線を得る. 交通振動などの低周波数域のノイズや高次モードにつ いて修正を加えた後,分散曲線をもとに非線形最小二乗法を用いて逆解析を行い,S波速度構造を求めている.

3. 都江堰市内の現地調査とその結果

3.1 南華村調查結果

南華村は、都江堰市街地の外れにある農業集落である.市街地の中層鉄 筋コンクリート構造の住宅と比べ、平屋または二階建ての戸建住宅が多く、 鉄筋コンクリート柱が入っていない焼レンガの組績造住宅もある.図2に 調査箇所の概要図を示す.測線1,2は舗装されていない農道上にある. 住民の話によると、地震時には各測線上に地盤の隆起や亀裂が見られた. 路面上の走行方向の亀裂は埋め立てられ、地震直後の様子は分からなかっ たが、測線1の40mの位置で道路を横断するように亀裂が入り、その延 長線上では西側でA地点に位置する住宅の基礎にも亀裂が伸展し(写真1), 1階南側の部屋にのみせん断亀裂が入っていた.建物のせん断亀裂から、



キーワード 表面波探査 断層 都江堰 四川地震 連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1神戸大学大学院工学研究科 TEL078-803-6047 北側地盤が南側に押し出すような力が加わったと考えられる.また,測線1の東側の畑B地点にも地盤の北側が30cm ほど隆起(写真2)していることを確認した.

測線 1,2のS波速度構造を図3に示す.地表に近い浅層 地盤ではほぼ同じ速度構造を有しているが,10m以深ではい ずれの測線についても深度12m付近で測線の北側でS波速

度の速い硬質地盤が隆起している.速度構造の変化 は測線1-37~43m,測線2-47~63mの位置であり, 現地調査で確認した測線上の地盤の隆起の位置と ほぼ一致している.古い地層が隆起したまま地表に 新しい地層が堆積しているものと考えられる.表面 波探査では,顕著な段差ではないが亀裂地点より少 し北側で基盤層が隆起していることを確認できた.

3.2 金叶宴調查結果

世界遺産である都江堰の堰近傍にある金叶宴は山麓にあり,斜面地 は集合住宅の団地が建設されている.本地震により建設中の3階建 RC 集合住宅に甚大な被害を受け,周辺の既存集合住宅と比べても本地域 の被害は局所的で甚大であった.図4に調査箇所の概略図を示す.現 地調査により被災構造物の基礎地盤(C地点)に北東に42°傾斜した 三畳紀の砂岩層と黒色泥岩層とが露出しており(写真3),さらにその 南側 I 地点では3m 近くある鉛直壁の直下に露頭している北に42°傾斜 した白亜紀の地層(写真4)が確認できた.したがって,地層が破砕 している地盤境界地域には断層があると考えられる.

測線3,4のS波速度構造を図5に示す.層厚はやや異なる が、いずれの測線についてもS波速度の値はほぼ一致してお り、地層の連続性があることが確認できる.しかし、調査に より確認した断層面のようなS波速度構造の変化は見られな かった.測線3については黒色泥岩が確認できた位置に速度 構造の変化が期待されたが、深度22mまでのS波速度構造に

顕著な地盤の起伏は現れなかった.しか し, 測線4では中央部分に硬い基盤層の 起伏がみられた.表面波探査では小規模 ながら断層変位が読み取れるので,地形 や現地の地盤の状態, 地震の被害などか ら総合的に判断して断層があると考え られる.

写真1 (A 地点) 写真 2(B 地点) N30W S55E S-velocity 0.50 0.33 0.24 0.18 0.14 0.10 53 57 49 53 57 61 65 69 33 37 45 41 (km/s) Distance Distance (a) 測線 1 (b) 測線 2 S 波速度構造図(南華村) 図3





写真3 (C地点)



写真4(D地点)



4. まとめ

中国四川省で発生した汶川地震の震源近傍の都市、都江堰で表面波探査を行った.

- 南華村では地盤の亀裂や隆起,建物の倒壊などが北西方向に連続して発生しており,探査の結果から北側地盤が 隆起していることを確認することができた。
- 金叶宴では地層が破砕され、その周辺で地質が逆転していることからも断層があることが現地調査で確認することができた、表面波探査においては、S波速度がやや速い層において上盤地盤が隆起していることが確認できた、
 【参考文献】
- 1) 中国科学院地理科学与資源研究所:汶川地震区域, 2008
- 2) 応用地質株式会社:高精度表面波探査マニュアル, 2004