

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	トルコ共和国ブルサ都市圏の強震観測点における地盤増幅特性
Title(English)	Site amplification at strong motion stations in Bursa, Turkey
著者(和文)	山中浩明, 守田正志, 三宅弘恵, 佐藤大樹, 笠松健太郎
Authors(English)	Hiroaki Yamanaka, Masashi Morita, Hiroe Miyake, Daiki Sato, Kentaro Kasamatsu
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, II, , pp. 99-100
Citation(English)	, II, , pp. 99-100
発行日 / Pub. date	2022, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

トルコ共和国ブルサ都市圏の強震観測点における地盤増幅特性

正会員 ○山中浩明*1 正会員 守田正志*2 正会員 三宅弘恵*3
正会員 佐藤大樹*1 正会員 笠松健太郎*4

トルコ ブルサ 強震観測
地盤増幅 地震動 S波速度

はじめに

トルコ共和国北西部のブルサは、マルマラ海の南東側に位置し、人口約 300 万を有するトルコ第 4 の都市圏であり、同国の社会および経済にとって重要な地域である。ブルサの都市としての基礎は、紀元前 2 世紀ごろのヘレニズム期の都市プルサ（もしくはプロウサ）として構築された。1326 年に、ブルサはオスマン帝国に征服され、1335 年には、オスマン帝国の初代の首都に制定された。ブルサの占領の直後から都市再建が行われ、城郭内の古い都市遺産を利活用しながら、城郭外の周辺地域に都市開発が広げられた (Cagaptay, 2021)。そのために、ブルサには、様々な時代の歴史建築物が多く残っている。2014 年には、オスマン帝国発祥の地として世界遺産にも認定されている。

ブルサの歴史建築物は、戦争、火災、地震などに晒されてきた。とくに、ブルサは、北アナトリア断層帯に近く、多くの被害地震が発生している。1855 年には、ブルサ地域において M7.1 の地震が発生し、歴史建築物も含めて多くの建物被害が生じた (Ambraseys and Jackson, 2000)。この地震による地震動の特性はほとんど解明されておらず、建物被害との関係も十分にわかっていない。この地震による地震動特性を明らかにすることは、今後のブルサ都市圏の地震防災だけでなく、歴史建築物の保存にも重要であると考えられる。

本研究では、ブルサ都市圏における 1855 年の地震の地震動強さと建物被害の関係を明らかにすることを目的として、同地域の地盤震動特性を明らかにすることを試みた。

ブルサ周辺地域の地形地質

ブルサ都市圏は、トルコの行政区画であるブルサ県とほぼ同じであり、図 1 に示すようにマルマラ海東端部から南に広がる地域である。ブルサ都市圏の中心部は、マルマラ海の海岸部から 10km 程度南側の内陸部に発達した東西に長い平野に位置している。このブルサ平野は、肥沃な地域であり、古代から農業用地としても注目されてきた。ブルサ平野の南東側には、標高約 2400m のウル山 (Uludag) などを有する山地がある。また、北側には、丘陵地域がマルマラ海沿岸まで発達している。歴史建築物

が多く存在するブルサの旧市街地は、平野の南側の山麓から北に向かって広がる地域にある。一方、新しい都市部は、平野の東西方向に広がっている。

図 1 には、北アナトリア断層帯 (NAFZ) の位置も示されている。ブルサ周辺にも、北アナトリア断層帯に属する東西走向の複数の活断層 (図 1 の下図の実線) が認められる。とくに、ブルサ平野南部の平野と山地の境界に活断層が多い (Kop et al., 2016)。ブルサ周辺で発生した地震の震央の位置も図 1 に示されている。多くの被害地震が平野南部の活断層沿いで発生している。前述の M7.1 の地震 (1855 年 2 月 28 日) の震央は、ブルサ都市圏の西側に位置している (図 1 の 1855a)。この地震の発生約 2 か月後には、2 つの規模の大きな余震が発生している。

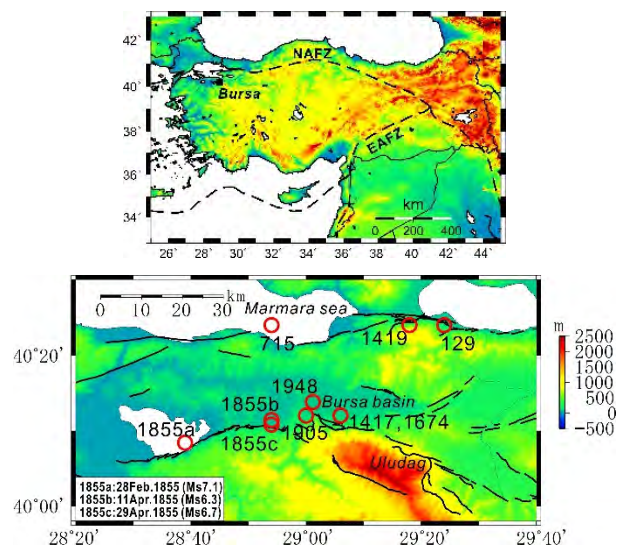


図 1 ブルサ周辺の地形と歴史地震の震央の位置

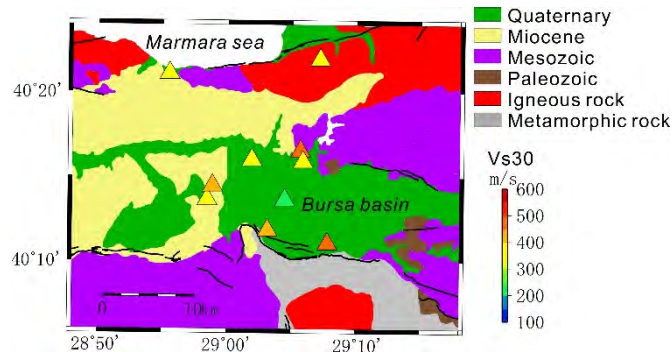


図 2 ブルサ地域の表層地質と強震観測点の平均 S 波速度の値 (トルコ鉱物探査調査総局による地質図を参考)

図2には、ブルサ周辺の表層地質が示されている。ブルサ平野の東側は沖積層が覆われている。西側にも沖積層が存在するが、一部は第三紀中新世のやや古い地質で覆われている。一方、南側の山地と北側の丘陵部の地質は、変成岩、中生代の堆積岩および火成岩から成る (MTA, 2021)。

強震観測とS波速度構造

トルコ全域を対象とした強震観測は、主に AFAD (内務省災害緊急事態対策庁) によって実施されている。最近、ブルサ地域では、強震観測機器の更新や観測点の再整備などが行われ、観測点が増加した。図3には、2018年の時点での AFAD による強震観測点の位置が示されている。ブルサ平野だけでなく、北アナトリア断層帯に近いマルマラ海の東端部地域 (ゲムリック市周辺) にも強震観測点が新しく設けられた。なお、2018 年以降にも、さらにブルサ県では強震観測点が追加され、現時点で 40 地点で強震観測が継続されている。

これらの強震観測点では、表層地盤の S 波速度構造が微動探査 (Özmen et al., 2016) や表面波探査 (Sandikkaya et al., 2010) などによって調査されている。これらの探査では、S 波速度 500m/s 程度以上の工学的基盤面まで S 波速度の分布が得られている。その結果による深さ 30m までの平均 S 波速度が図2に示されている。最近設置された強震観測点の一部では、S 波速度構造が調査されておらず、ブルサ平野では S 波速度情報がやや少ない。しかし、平野部では、平均 S 波速度が 220m/s と小さく、平野と山地の境界部では、平均 S 波速度が 300~400m/s となり、山地では 500m/s 程度となっていることがわかる。この地域では、工学的基盤よりも深い深部地盤に関する S 波速度情報は、非常に少ない。

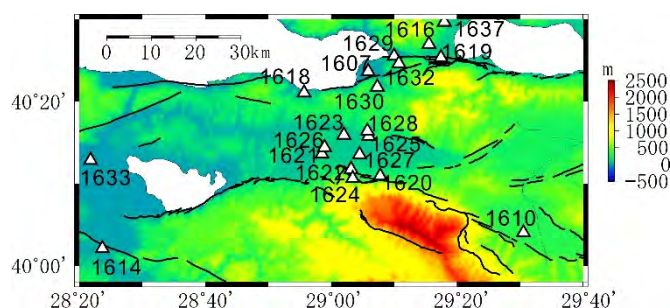


図3 AFAD による強震観測点の位置

地盤増幅特性の評価

トルコ全域での強震観測点での地震記録を用いた地盤増幅特性に関する検討が Yamanaka et al. (2017) によって行われている。最大加速度 100gal 以下の強震記録のスペ

クトル分離解析が行われ、各強震観測点での周波数 0.5-20Hz の地盤増幅特性が評価されている。この解析では、S 波速度 2.2km/s を持つ層が地震基盤として仮定されており、得られた増幅特性は、この地震基盤よりも浅い地層の影響による増幅効果と考えられる。ここでは、ブルサ地域の増幅特性を詳しく検討する。ブルサ平野の南北方向に位置している観測点での増幅特性を図4に示す。観測点 1624 は、平野の南側の山地に位置し、4Hz 以下の周波数帯域で増幅率が小さいが、より高い周波数において増幅率が大きくなり、極表層の影響であると考えられる。平野の北端の観測点 1628 や南端の観測点 1622 では、2Hz 以下の周波数帯域で増幅率がやや小さくなっている。一方、平野中央部の観測点 1627 では、5Hz よりも低い周波数帯域では、大きな増幅率であるが、5Hz 以上の周波数帯域で増幅率が急減している。これは、浅部地盤および深部地盤での減衰効果であると考えられる。

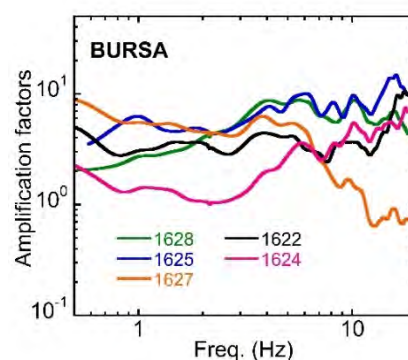


図4 ブルサ平野の強震観測点での地盤増幅特性

まとめ

歴史建築物が多く存在するトルコ・ブルサ都市圏での地震・地質環境および強震観測の現状をまとめ、強震記録のスペクトル分離解析による地盤増幅特性を整理した。ブルサ平野中央部では、低周波数帯域で増幅率が大きいですが、平野端部では高周波数帯域で増幅率が大きくなる。これらは、ブルサ平野の浅部および深部の地盤の影響であると考えられる。地盤増幅特性の定量的な理解には、同地域の深部地盤の S 波速度構造を調査する必要がある。今後、同都市圏における浅部および深部地盤の影響を考慮して歴史地震による地震動評価を試みることを考えている。

【謝辞】

本研究は、国際共同研究加速基金 (国際共同研究強化(B)) 課題番号 (21KK0075) の支援を受けて実施された。ブルサ地域の強震観測に関する情報収集および強震記録の分析に際しては、O. Özmen 氏にご協力を頂いた。記して感謝する次第である。

*1 東京工業大学 *2 横浜国立大学 *3 東京大学地震研究所
*4 鹿島建設技術研究所

*1 Tokyo Inst. Tech., *2 Yokohama National Univ.,
*3 Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, *4 Kajima Tech. Res. Inst.