

地盤種別による地震動特性の違い

東北学院大学 学生会員 猪股 大
東北学院大学 正会員 吉田 望

1 はじめに

軟弱地盤では地震動が増幅するため、地震被害が大きいことはよく知られている。しかし、具体的にどの程度増幅するかということはよく分かっていない。たとえば、Idriss は入力地震動が大きくなると軟弱地盤の増幅率は相対的に小さくなることを示している¹⁾。しかし、これは最大加速度に議論が限られている。また、道路橋示方書の液状化判定に用いる地表の設計震度は、海溝型地震については軟弱地盤ほど大きくなっているが、より揺れが強い直下型地震では軟弱地盤の方が小さい震度となっている²⁾が、定量的な評価の根拠は示されていない。

加速度は、地震被害に直結する指標の一つであるが、すべてが加速度で説明できるわけではない。文献3)では構造物の被害は構造物で消費されるエネルギーであるとし、最大加速度は適切な指標ではないこと、文献4)では短周期領域(0.1~0.3秒)は最大加速度が適切であるが、0.3~1秒では最大速度、1秒以上では最大変位が簡便な地震動指標として適切としている。また、文献5)では被害と最大加速度が対応しないことを示している。

このような過去の研究を背景として、軟弱地盤と硬質地盤の地震動の違いを明らかにする目的で、筆者らは多賀城市の軟弱地盤と硬質地盤で地震観測を行ってきた⁶⁾。本論では、これに、昨年観測されたデータを加え、さらに地震動指標という視点を加えて、観測記録を制した結果を報告する。

2 観測地点と観測機器

強震計の設置位置を図1に示す。一つは多賀城市中央にある東北学院大学工学部多賀城キャンパスの六号館一階に設置され、以下、CHOと呼ぶ。この位置は松島丘陵の中にある。もう一つは、砂押川の洪水氾濫原に位置する、多賀城市桜木に設置され、以下SKGと呼ぶ。図2、図3に観測地点付近の柱状図を示す。CHOの設置された建物は直接基礎であり、N値は10~30程度の砂岩強風化を支持地盤としてい



図1 CHOとSKGの位置図

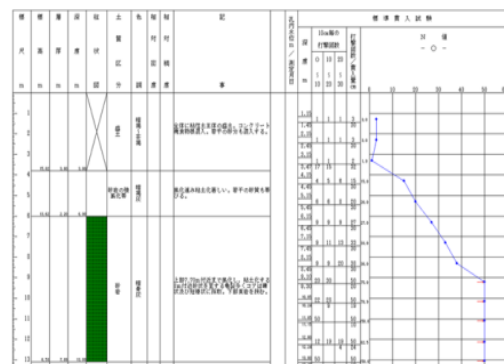


図2 CHOの柱状図

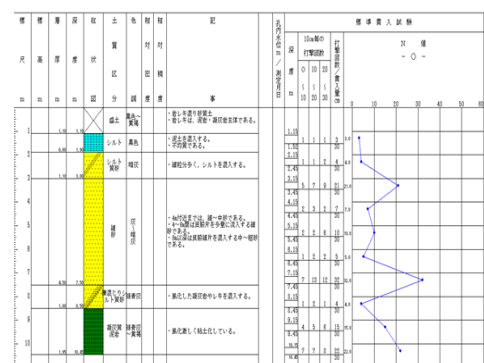


図3 SKGの柱状図

ると考えられる。一方、SKGは木造家屋横の庭に設置されている。地盤は、表層に盛土の下にシルト層があり、その下に細砂層があり、表層付近は、シルトを含んだ砂層である。

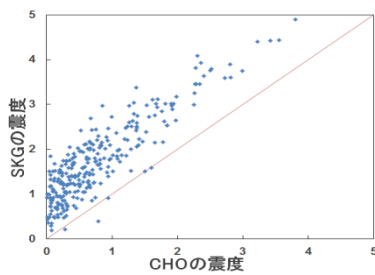


図4 計震震度の比較

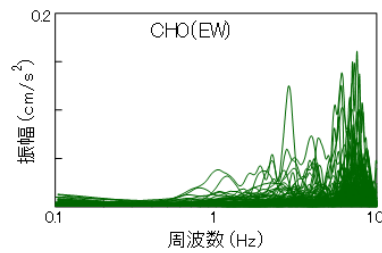


図6 フーリエスペクトルの比較

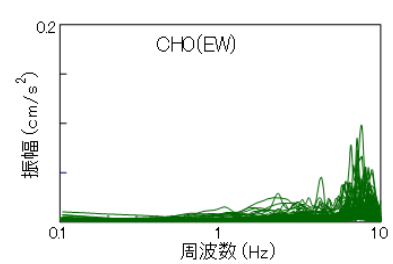


図7 フーリエスペクトル (南)

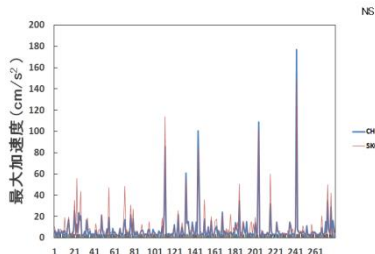


図5 最大加速度の比較

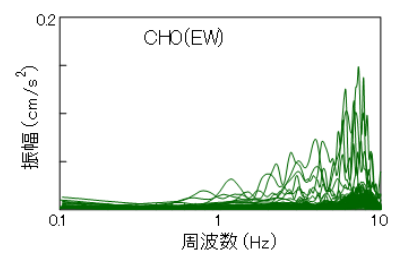
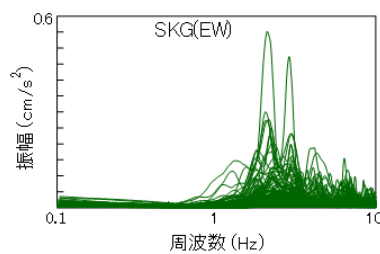


図8 フーリエスペクトル (北)

地震計は最小分解能 0.01cm/s^2 ，最大加速度 2940cm/s^2 のIT強震計(ITK001)で，インターネットを介してデータが収集される。二つの地震計の両方で震度1以上の記録が得られたとき，1分単位で地震動が収まるまで記録が行われる。

3 観測記録と考察

図4に計測震度を比較して示す。ほとんどの地震でSKGの方が1程度震度は大きく，軟弱地盤が揺れやすいという傾向が見える。また，平均的には1:1の線と平行であり，地震動が大きくなったら増幅度が小さくなるという傾向は見えない。

図5にはイベントごとのNS方向の最大加速度を比較したものである。計測震度と同様，SKGの方が大きいケースがほとんどであるが，3つの比較的大きな地震でCHOの方が大きくなっている。

図6にEW方向のフーリエスペクトルを示す。図は，すべての観測記録を重ねている。卓越周期はSKGで約3Hz，CHOで約9Hzであり，これは図2，図3に示した柱状図より求めた地盤の卓越周期と一致していることから，観測波形には表層地盤の影響が顕著に表れていることが分かる。なお，これら卓越周期以外に，小数の地震で震幅が大きくなっているものがある。

この様な個別による地震の違いの原因を検討する一つとして，震央が多賀城市より南にある場合と北にある場合に分けてフーリエスペクトルを比較した。

図7は震央が南にある場合，図8は北にある場合である。卓越周期は全体で比較した場合と変わりはない。しかし，図7では重なったデータが多いのに対して，図8では震幅が大きい波がいくつか明瞭に見ることができる。これは，北側では小さい地震が多いということと対応していると考えられる。

4 まとめ

多賀城市内の軟弱地盤と硬質地盤での揺れの違いを様々な地震動指標で比較した。軟弱地盤の揺れが大きいということが確認でき，さらに震源の場所による震動の違いもある可能性もあることが指摘できた。ページの都合でその他の地震動指標の違いは，発表の際に行う。

参考文献

- 1) Idriss, I. M. (1990): Response of Soft Soil Sites during Earthquakes, Proceedings, H. Bolton Seed Memorial Symposium, Berkeley, California, Vol. 2, pp. 273-289
- 2) 日本道路協会 (2012) : 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編
- 3) 山原浩 (1971) : エネルギーの平衡を考えた構造物の地震応答, 日本建築学会論文報告集, 第187号, pp. 69-74
- 4) 長橋純男, 小林啓美 (1971) : 地震動の強さを評価する簡便な尺度としての地震動最大振幅, 日本建築学会論文報告集, 第181号, pp. 15-22
- 5) 童華南, 山崎文雄, 佐々木裕明, 松本省吾 : 被害事例に基づく地震動強さと家屋被害率の関係, 第9回日本地震工学シンポジウム, pp.2299-2304, 1994.
- 6) 鹿又利行, 熊谷菜那, 吉田 望 (2013) : 多賀城市の地震動特性と地盤条件の関係, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, Paper No. III-31