

地域ごとの地盤特性の違いが及ぼす加速度と SI 値への影響

中央大学 ○学生会員 中北 英貴
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

地震被害を評価、または予測するうえで地震動の強さにどのような指標を用いるかは大変重要である。地震動の強さを表す代表的な指標として、震度や最大加速度、最大速度、SI 値などがある。その中でSI 値は地震による建物被害との相関が高いことが先行研究よりわかっており¹⁾、近年では地震発生時のガス供給の遮断や列車の停止の指標に用いられている。

このように、非常時での地震動強さを測る指標としてSI 値は採用されているが、設計基準では加速度応答スペクトルや速度応答スペクトルが用いられている。そのため、特に加速度を指標とした場合に被害の程度を正しく評価できるのか、またはSI 値との大小関係に相関があるのかという問題が重要である。

筆者らは、これまで地域ごとに地震時の加速度スペクトルとSI 値を距離減衰式や重複反射理論を用いて推定し、それぞれを評価尺度とした場合の地震動強さの大小関係に差異が発生する地点の、地盤の特徴を把握することを目的としていた。しかし、これらはいくまで加速度やSI 値を推定した値であり、想像の域を超えない。そのため、実地震での観測値を用いて大小関係をみる必要があると考えられる。

そこで、本研究では横浜市を対象地点とし、3月11日に起きた東日本大地震の際に観測された加速度やSI 値を用いてその大小関係を調べる。その結果から、差異が見られる地点の地盤の特徴を、データマイニングを用いて把握した。

2. 対象地点と観測記録

本研究では横浜市18区を対象地点と設定した。また、各区の代表地点は区役所の所在地点としている。各区における加速度記録は、横浜市消防局が所有する高密度強震計ネットワークによって3月11日の東日本大地震の際に観測された加速度記録を用いた。また、SI 値は東京ガス(株)の超高密度リアルタイム地震防災システム(SUPREME)の観測記録を用いた。

2.1 加速度応答スペクトルの算出

強震計高密度ネットワークでの加速度記録は、EW, NS, UD の3成分があり、それぞれ加速度の大きさは異なる。各地点での平均的な加速度を評価するため、本研究では図-2に示すEW, NS成分の合成波を用いることとする。また、加速度記録は防災科学技術研究所のK-netの強震計記録のデータと同じフォーマットである。そのため、加速度記録から加速度応答スペクトルを算出する際にはK-netの強震計記録の

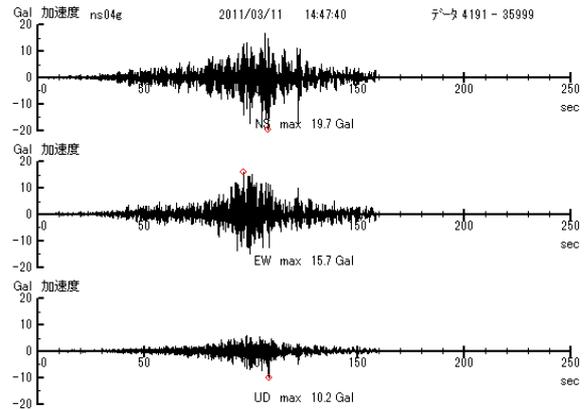


図-1 EW, NS, UD 加速度波形記録 (西区)

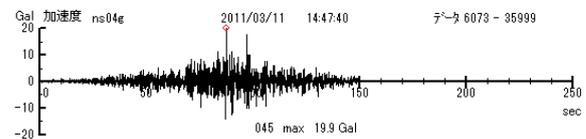


図-2 EW, NS 加速度合成波形 (西区)

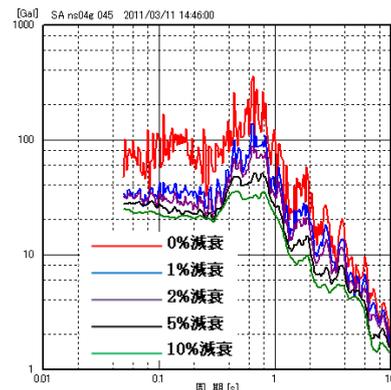


図-3 加速度応答スペクトル (西区)

データの表示, 計算に用いられる Waveana4 を用いた。

3. 加速度応答スペクトルと SI 値の大小関係

加速度応答スペクトルは、代表的な建築物の固有周期の値を採用している。具体的には、旧木造住宅の固有周期である周期0.4~0.5s, 新木造住宅の固有周期0.1~0.2s, 15階相当のマンションの1s, 15階相当のビルの2sの4つの周期における加速度応答スペクトル値を用いた。

なお、RC造, S造の固有周期Tの算出には、高さHを用いて下の式を用いた。

$$T = 0.02 \times H \quad (\text{RC造}) \quad (1)$$

$$T = 0.03 \times H \quad (\text{S造})$$

表-1に、周期0.4~0.5sにおける加速度応答スペクトルとSI 値をそれぞれ、値の大きい地点から順に並べたものを示す。この表から、加速度応答スペクトルを指標とした場合には上位に位置する西区は、SI 値を指標とした場合は下位に位置しており、反対

表-1 加速度応答スペクトルとSI値の順位

加速度順位		SI値順位	
1	神奈川県	67.68	1 保土ヶ谷区 26.6
2	戸塚区	48.72	2 南区 26.3
3	西区	48.32	3 戸塚区 26
4	栄区	44.22	4 瀬谷区 24
5	瀬谷区	42.02	5 中区 23.1
6	青葉区	36.18	6 港北区 21.1
7	緑区	33.4	7 栄区 20.6
8	南区	31.9	8 青葉区 18.7
9	中区	31.66	9 金沢区 18.4
10	港南区	24.94	10 鶴見区 16.6
11	鶴見区	21.97	11 神奈川区 16.2
12	磯子区	20.87	12 緑区 15.4
13	港北区	20.85	13 港南区 14.6
14	泉区	19.24	14 西区 13.8
15	都筑区	19.08	15 泉区 13.1
16	金沢区	18.26	16 旭区 12.2
17	保土ヶ谷区	16.74	17 都筑区 11.4
18	旭区	16.03	18 磯子区 10.7

にSI値では上位に位置する保土ヶ谷区は、加速度応答スペクトルでは下位に位置していることがわかる。ここでは周期0.4~0.5sの加速度応答スペクトルとSI値との大小関係を示したが、本研究で設定したその他の3つの周期域においても同様の結果となった。

そこで、指標の違いによって大小関係に差異が見られる地点の特徴として、地盤条件に何か共通のルールが存在するのではないかと考えた。そのルールを探し出すため、データマイニングによる相関ルール分析を用いた。

4. データマイニングによる相関ルール分析

ルールとは、「ある条件XのもとYという結論が得られる」という形のものである。データマイニングでは、支持度、確信度、リフト値などを用いてルールの良し悪しを評価する。支持度は「全データの中であるルールが存在する数の割合」、確信度は「条件Xを含むデータの中でYが発生する割合」、リフト値は「Xの出現を条件としたときのYの発生確率の上昇率」をそれぞれ表した値である。

条件部に各地点での地盤条件を設定し、相関ルール分析を行っていく。なお、各地点の地盤条件は横浜市環境創造局のHPに掲載されているボーリングデータ²⁾の地盤柱状図から、地盤を4層の地盤にモデル化したものを用いる。

4.1 地質種別に着目した相関ルール分析

ルール分析の条件部と結論部を設定する。地域ごとに加速度とSI値の順位を比較し、SI値に対し加速度の順位が高いものを「加速度>SI値」、SI値に対し加速度の順位が低いものを「SI値>加速度」、順位の誤差が1以下のものを「加速度=SI値」とし、これを結論部に設定した。また、各地域の表層地盤の各層ごとの地質分類を条件部とした。

分析結果を表-2に示す。いくつかルールが得られたが、その中でも「ロームとシルトを含む地盤の地域ではSI値>加速度となる」というルールは確信度、リフト値が総合的に高く興味深いルールであることがわかる。

表-2 地質種別を条件部とした分析結果

条件部	結論部	支持度	確信度	リフト値
ローム,粘土質砂	加速度=SI値	0.111111	1	4.5
ローム,シルト	SI値>加速度	0.111111	1	3
ローム,砂質粘土,シルト質砂	加速度>SI値	0.111111	1	2.25
粘土,シルト,砂礫	加速度>SI値	0.111111	1	2.25
粘土,砂,粘土質砂	加速度>SI値	0.111111	1	2.25
粘土,シルト質砂	加速度>SI値	0.111111	1	2.25

表-3 N値を条件部とした分析結果

条件部	結論部	支持度	確信度	リフト値
A,B,B'	加速度=SI値	0.111111	0.666667	3
C,D	SI値>加速度	0.111111	1	3
A,D	SI値>加速度	0.222222	0.8	2.4
A,A',D	SI値>加速度	0.166667	0.75	2.25
A,A',F	加速度>SI値	0.111111	1	2.25
B,C,G	加速度>SI値	0.111111	1	2.25
B,E	加速度>SI値	0.111111	1	2.25

4.2 N値に着目した相関ルール分析

前述の分析と結論部は同じものとし、条件部を各層ごとのN値に変更して同様の分析を行った。なお、N値は「1≤N値<5」、「5≤N値<10」、「10≤N値<15」、「15≤N値<20」、「20≤N値<30」、「30≤N値<40」、「40≤N値<50」に分類し、順にA, B, C, D, E, F, Gとする。

こちらの分析結果を表-3に示す。この結果から、N値が20未満であるD以下の地層が多い地盤ではSI値>加速度となり、N値が20以上、つまりE以上の地盤を含む地盤では加速度>SI値となっていることが確認できる。この結果は、地盤が軟弱な地域ほどSI値が大きく算出されているためであり、SI値のほうが軟弱地盤による地震被害の拡大という一般的な傾向をよく表していることがわかる。

5. おわりに

本研究では、横浜市を対象地点とし、3月11日に起きた東日本大地震の際に観測された加速度やSI値を用いてその大小関係を調べた。

その結果、加速度とSI値の大小関係には差異があり、加速度が小さい地点でもSI値が大きくなるなどの傾向が見られた。また、それらの傾向に共通する地盤条件を探し出すため、データマイニングにおける相関ルール分析を行った。その結果、地質種別、N値共にいくつかのルールが存在することが確認できた。

今後の予定として、本研究で示したルールから分類モデルを作成し、地盤条件だけでSI値と加速度の大小関係を評価できるのか、検証していく。

【謝辞】

本研究では、横浜市における東日本大地震の本震記録として、横浜市消防局による高密度強震計ネットワークの観測データ、東京ガスによるJisin.netを使用させていただきました。ここに感謝いたします。

【参考文献】

- 1)安藤陽一, 山崎文雄, 片山恒雄: 地震動の強さ指標による構造物損傷の評価, 第8回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 715-720, 1990
- 2)横浜市環境創造局地盤地図情報「地盤 View」
<http://www.city.yokohama.jp/kankyo/>
- 2)横浜市消防局「高密度強震計ネットワーク」
<http://www.city.yokohama.jp/me/anzen/kikikanri/eq/>