

(株) 応用地質調査事務所

正会員

兼 森 孝

殿 内 啓 司

今 井 章 雄

1. まえがき

地震時における地盤の症状化の可能性の判定に際して、地盤の地震時発生せん断応力を評価する必要がある。このため一般には、各種の応答解析が実施され、その大きさが見積られる。また一方、こうした手間のかかる解析手法とは別に、簡便な手法として、Seed の提案による地震時発生せん断応力評価法もよく用いられる。この方法は次の通りである。図-1 に示す様に、ある深さ Z までの土柱を剛体と考えて、その剛体底面のベースシェアーを求めれば、 $\tau = a \cdot G_v / g$ (a : 加速度, G_v : 上載圧すなわち土柱の重量, g : 重力加速度) で表わされる。しかし実際には、土柱は剛体ではなく変形を伴う弾性体であり、その補正を低減係数 rd により行なうものとするれば、地震時発生せん断応力 τ_d は、次式のように求められる。

$$\tau_d = \tau \cdot rd = \frac{a}{g} \cdot G_v \cdot rd$$

ここで、加速度 a は地表面最大加速度を用いる。この方法は上式の如く極めて簡便で、それ故、今日、症状化の判定に際して広く用いられているが、低減係数 rd については Seed や建設省土木研究所の提案があるものの、それほど詳細な議論がなされていないのが実状である。本報告は、我々がこれまで数多く実施してきた応答解析結果をもとにこの Seed の評価法における低減係数 rd について検討を加えたものである。

2. 使用したデータ

検討に供した rd は、土の非線形な動的変形特性を考慮した S 波の重複反射理論による水平成層構造地盤の応答解析結果から求めたものであり、総計 144 ケースの計算結果を用いた。その際使用した入力波形は、図-2 に示す 5 波形である。表-1 には、これらの波形の諸元を示す。

3. 低減係数 rd に関する検討

図-3 に、 rd の深度方向分布のすべてのデータを重ね合わせた図を示す。同図の右側には、Seed の示した rd 分布の範囲および建設省土木研究所の提案による $rd = 1 - 0.015Z$ の直線を示した。同図に示す様に rd 分布は極めて広い範囲に分布しており、これまで提案されている範囲を大きくはみあしている。すなわち、 rd 分布は必ずしも一律なものではなく、入力条件あるいは地盤条件により大きく異なっている。

図-4 は、入力波形による rd 分布の違いをみるために、入力波形別に rd 分布を描いた図である。同図の右下隅の図は、各入力波形における rd 分布のとり

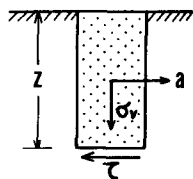


図-1 加速度とせん断応力

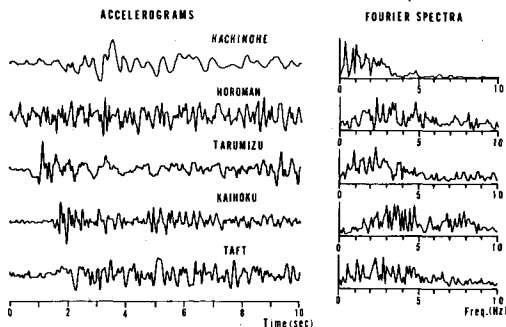


図-2 入力波形一覧

表-1 入力波形の諸元

Name	Date	Focal region	M	Depth (km)	Δ (km)	Comp.	Max. acc. (gal)	Notes
HACHINOHE	16 May 1968	Off Tokachi	7.8	0	186	NS	233	P.W.R.I.
HORONAN	16 May 1968	Off Tokachi	7.8	0	154	TR	52	P.W.R.I.
TARUMIZU	12 June 1978	Off MIYAGI Pref.	7.4	40	120	TR	177	P.W.R.I.
KAIHOKU	12 June 1978	Off MIYAGI Pref.	7.4	40	90	LG	193	P.W.R.I.
TAFT	21 July 1952	Central CALIFORNIA	7.7	0	44	S69E	158	

うる範囲を示したものである。同図によれば、 r_d 分布は各波形毎に明らかに異なり、傾向を示している。しかし、同じ波形でもその取りうる範囲は広く、 r_d は入力波形だけで決まるものではなく、地盤条件もこれに大きく影響していると推察される。

さて、これまでは、縦軸を地表面からの深度でとる深度表現による r_d 分布について検討を加えてきた。しかし、地盤モデルを考える時、その変数は深度だけでなく、 S 波速度もまたその変数と考えられる。そこで、この両者を合わせた形の、地表面からの S 波の走時（深度 / S 波速度）に着目して、これを縦軸にとり、時間表現による r_d 分布を描いてみた。図-5 に、 r_d 分布が比較的幅広く分布する HACHINOHE, TARUMIZU, KAIHOKU の S 波形を例として、 r_d 分布を S 波の走時について描いた図を示す。ここで走時を算出するための S 波速度は、応答解析における最終収れん時の S 波速度を用いた。さて同図において、 S 波の走時について描いた r_d 分布は、図-4 の深度について描いた r_d 分布と比較してその分布曲線がよく集中しており、またその低減の傾向は各入力波形により異なっている。

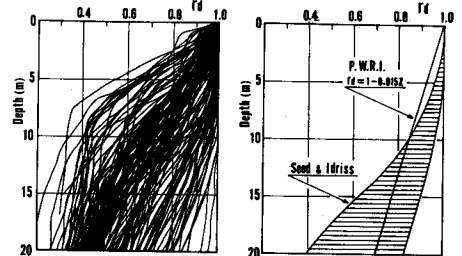


図-3 r_d 分布

この結果から、低減係数 r_d は、入力波形毎にこの S 波の走時を変数とする一つの関数として表現できようである。

4. まとめ

以上の様に本報告では Seed の地震的発生せん断応力評価法の低減係数 r_d について種々の検討を加えてきた。その結果
① r_d はこれを深度について描けば、その取りうる範囲は極めて広く、従来提案されている様な一様な分布にはならない。
② しかし、これを地表面からの S 時の走時について描けば、各入力波形毎に、ほぼ同一の分布曲線になる

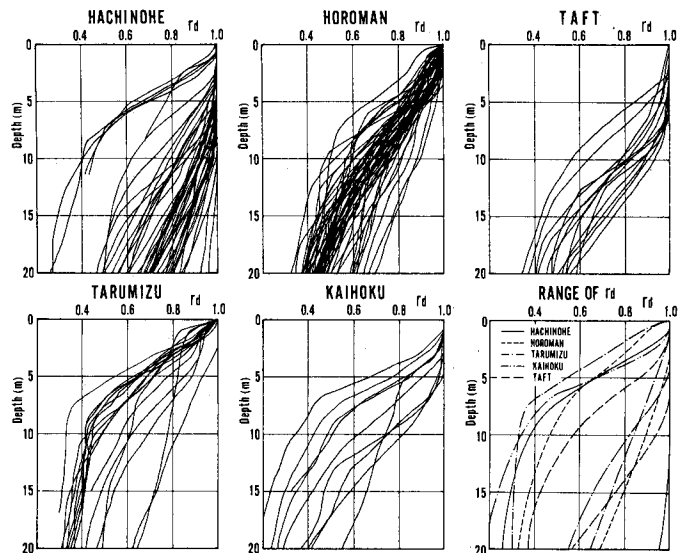


図-4 入力波形別 r_d 分布

事がわかった。今後は、この検討結果を踏まえて地震時発生せん断応力を推定するための r_d の適切な設定の方法について実用面を考慮しながら検討を行なう、て行きたいと考える。

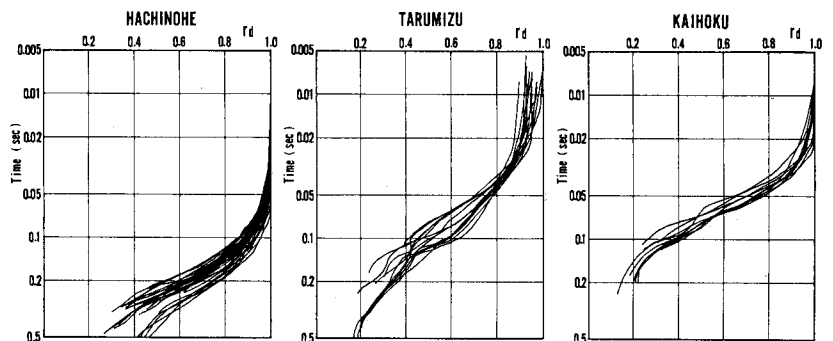


図-5 時間表現における r_d 分布