

I-475 地震観測記録に基づく地盤の伝達関数同定

日本国土開発 技術研究所 正会員 ○石原哲哉

日本国土開発 技術研究所

三浦 篤

1. はじめに

筆者等は、SH波の重複反射を対象に、フーリエ変換を利用した1次元のせん断波動論により2層から成る地盤の伝達関数の定式化を行った上で、拡張加マフイルタを用いて実地震記録から伝達関数に含まれるパラメータを同定する方法を研究してきた。これまでに、シミュレーションデータを用いて同定方法の数値精度を検討し、次に実地震記録を用いて同定した結果と速度検層により得られた結果を比較することにより、同定方法の妥当性と同定精度の高いことを示した。ここでは、1987年1月から12月までに得られた25の地震記録を用いて同定した結果について報告する。

表-1 同定結果の平均値と標準偏差

2. 同定結果と考察

地震観測地点の地質は、第一層がN値7程度の μ -M層、第二層がN値50以上の砂礫層である。速度検層によると μ -M層のS波速度は223~228 m/s、砂礫層のそれは620~680m/sである。

第二層の減衰定数が地表の地震動強度に与える影響は極めて小さい。そこで、これを0.03に固定して同定を行った（表-2参照）。また、0.001として同定を行ってもほとんど大差のない結果になることを確めた。表-2で地震名に*印を付けたものは、インピーダンスが負に同定されるか、S波速度が速度検層の結果の1/2程度に同定されているものである。これらの波形は明らかに他のものと異なっており、SH波以外の波が卓越しているものと推定される。これらの結果を除いて、平均値と標準偏差および変動係数を求めた

（表-1参照）。S波速度は、 μ -M層で 228 ± 4 m/s、砂礫層で 631 ± 46 m/sとなっており速度検層の結果と良く一致している。

また、変動係数も小さく非常に安定した結果が得られている。また、 μ -M層の減衰定数は、 0.05 ± 0.02 となった。 μ -M層の減衰定数は、一般的に0.01~0.1とされている。同定結果は、その中間の値であり調和のとれた結果といえる。また、変動係数も40%であり、減衰定数の同定結果としては安定した結果であると思われる。インピーダンスは重複反射波の透過・反射係数のパラメータであるが、同定結果は 0.0044 ± 0.0037 となった。インピーダンスが0となるのは剛基盤を仮定した場合であるが、0.01以下であればほとんど0とみなせる（図-1参照）。変動係数が82.3%と大きいのは、分散を考慮しても0.01以下になるためである。同定結果がこのような小さくなったのは、この地盤の第一層と第二層で土質条件が大きく変化している為と考えられる。しかし速度検層の結果から理論的に算定されるインピーダンスの値が0.324であり、地震記録から同定された値が0.01以下であったことは、理論上考慮しなければならない要因が他にあることを示唆しているものと考えられる。

3. おわりに

昨年1年間に観測された25の地震記録(50ケース)について同定を行った。その結果、①同定方法として拡張加マフイルタを用いることにより非常に安定した同定結果が得られる。②これまでN値50以上の地盤を耐震工学上の基盤として扱ってきたが、第一層がN値7程度の μ -M層で、第二層がN値50以上の砂礫層といった地盤では、こうした仮定が十分に成り立つことを実地震記録からインピーダンスを同定することにより実証した。

	S波速度 第一層	S波速度 第二層	インピーダンス	減衰定数 第一層	残差 (%)
平均	228	631	0.0044	0.05	26.2
標準偏差	4	46	0.0037	0.02	14.3
変動係数	1.9	7.3	82.3	40.0	54.7

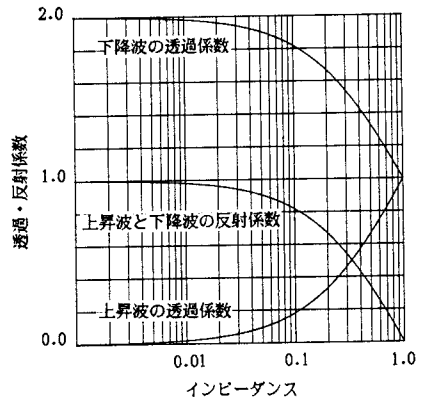


図-1 インピーダンスと透過・反射係数の関係

表-2 同定結果から求まる地盤の振動パラメータ

地震名	震源時刻 (観測開始時刻)	方位	観測値の 最大速度 (Kine)	S波速度 第一層 (m/s)	S波速度 第二層 (m/s)	インピーダンス	減衰定数 第一層	残差 (%)
岩手県北部地震 (M6.6)	01.09 15:14:46.0	NS	0.130	231	615	0.0019	0.063	12.1
		EW	0.096	228	605	0.0016	0.054	11.8
日高山脈地震 (M7.0)	01.14 20:03:49.6	NS	0.056	232	708	0.0103	0.025	25.6
		EW	0.036	231	641	0.0095	0.050	31.0
宮城県東方沖地震 (M5.5)	01.21 08:36:04.1	NS	0.022	228	689	0.0134	0.062	19.3
		EW	0.025	225	661	0.0093	0.034	18.1
銚子付近地震 (M5.1)	01.27 10:30:35.7	NS	0.028	232	652	0.0087	0.036	11.3
		EW	0.015	229	633	0.0022	0.034	17.1
福島県東方沖地震 (M6.4)	02.06 21:23:44.6	NS	0.219	228	660	0.0039	0.071	12.6
		EW	0.172	225	592	0.0023	0.081	11.2
福島県東方沖地震 (M6.7)	02.06 22:16:15.3	NS	0.419	222	615	0.0032	0.086	12.3
		EW	0.463	228	575	0.0005	0.069	11.5
*本州中部東方はるか沖 地震(M5.0)	02.11 01:42:50.4	NS	0.010	232	697	0.0021	0.046	29.9
		EW	0.005	221	366	-0.1342	0.051	72.6
ウラジオストック付近 地震(M6.4)	02.12 02:42:50.4	NS	0.028	226	626	0.0047	0.066	12.4
		EW	0.014	230	547	0.0000	0.077	15.9
茨城県東方沖地震 (M5.2)	02.13 19:01:37.7	NS	0.044	226	624	0.0019	0.051	22.2
		EW	0.026	229	574	0.0030	0.036	36.8
福島県東方沖地震 (M5.6)	02.28 15:52:01.6	NS	0.025	231	704	0.0049	0.035	12.5
		EW	0.014	232	653	0.0018	0.058	36.5
*新潟県南部沖地震 (M5.9)	03.24 21:49:47.4	NS	0.111	127	704	0.0001	0.416	8.5
		EW	0.081	150	702	0.0122	0.414	15.3
福島県東方沖地震 (M6.6)	04.07 09:40:43.4	NS	0.341	222	593	0.0028	0.086	18.7
		EW	0.367	221	578	0.0024	0.104	12.1
茨城県南西部地震 (M4.9)	04.10 19:50:40.2	NS	0.144	238	727	0.0082	0.010	63.7
		EW	0.109	231	663	0.0039	0.037	65.4
福島県東方沖地震 (M5.1)	05.02 08:06:13.2	NS	0.020	227	647	0.0105	0.068	18.8
		EW	0.018	218	621	0.0023	0.068	17.9
*和歌山県北東部地震 (M5.6)	05.09 12:54:32.4	NS	0.027	207	748	0.0070	0.252	5.2
		EW	0.018	205	484	0.0308	0.086	10.1
茨城県東方はるか沖 地震(M5.5)	05.10 01:51:21.1	NS	0.036	221	613	0.0006	0.082	12.2
		EW	0.023	223	603	0.0032	0.058	16.9
伊豆半島東方沖地震 (M5.0)	05.11 06:35:18.5	NS	0.131	239	679	0.0017	0.035	41.6
		EW	0.161	230	660	0.0077	0.034	39.5
金華山付近地震 (M5.7)	05.12 05:51:43.2	NS	0.014	222	606	0.0020	0.071	26.8
		EW	0.017	224	609	0.0024	0.056	31.2
*オホーツク海南部地震 (M7.0)	05.18 12:07:32.4	NS	0.029	222	341	-0.0276	0.066	14.6
		EW	0.021	215	370	-0.0959	0.055	11.5
宮城県東方沖地震 (M5.6)	05.26 21:07:49.8	NS	0.016	227	614	0.0036	0.030	24.3
		EW	0.014	236	558	0.0004	0.031	23.7
福島県東方沖地震 (M5.3)	06.26 16:11:59.7	NS	0.018	228	597	0.0006	0.053	23.0
		EW	0.014	225	557	0.0013	0.041	37.4
茨城県南西部地震 (M4.9)	06.30 18:17:07.7	NS	0.086	231	662	0.0042	0.042	56.1
		EW	0.060	232	632	0.0029	0.026	57.4
*福島県東方はるか沖 地震(M5.9)	07.11 22:31:38.2	NS	0.034	207	487	-0.0000	0.101	9.7
		EW	0.029	202	338	-0.1706	0.085	6.4
*東海地方南方はるか沖 地震(M6.3)	07.16 14:46:28.5	NS	0.061	228	388	-0.1519	0.059	34.7
		EW	0.054	233	528	0.0005	0.031	55.2
茨城県東方沖地震 (M5.8)	09.24 13:55:21.0	NS	0.052	233	621	0.0019	0.041	32.7
		EW	0.069	225	669	0.0063	0.038	26.1
(10.04 19:28:03)		NS	0.038	226	636	0.0040	0.059	31.2
		EW	0.037	226	540	0.0017	0.053	29.7
(12.12 13:53:18)		NS	0.066	228	694	0.0117	0.041	26.2
		EW	0.042	231	705	0.0045	0.035	47.5
(12.17 11:08:34)		NS	1.590	231	716	0.0145	0.016	19.5
		EW	1.327	229	622	0.0069	0.031	22.6

注1) インピーダンスはフィルタ・アルゴリズムのなかでは減衰を考慮して複素数で扱っているが、表の中では減衰を無視して実数で計算している。

注2) 残差は、観測値と理論値の差の二乗和と観測値の二乗和の比である。

参考文献

- 1) 石原・三浦: 拡張カルマンフィルタによる地盤の伝達関数同定、土木学会第41回学術講演会、I-402, S61
- 2) 石原・三浦: 拡張カルマンフィルタによる地盤の伝達関数同定、土木学会第42回学術講演会、I-459, S62
- 3) 石原・三浦: 地震観測記録に基づく地盤の伝達関数同定、日本国土開発技術研究報告No.7, PP99-114, S62
- 4) 石原・三浦: 日本国土開発における地震観測システムの概要、日本国土開発技術研究報告No.6, PP91-100, S61