

地震観測記録に基づく濃尾平野の地盤震動性状と地盤物性の同定に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科建築学コース

福和研究室 成田忠祥

1. はじめに

近年の技術の進歩に伴い、超高層建築物や免震構造物など長周期構造物が増加している。これらの建物は主に地震基盤以浅の地盤の増幅特性の影響を大きく受ける。また、濃尾平野は不整形な基盤構造を有しており、神戸同様、「震災の帯」が発生する可能性は十分考えられる。近い将来、東海地震や東南海地震が懸念されていることを考えても深部まで含めた地盤構造の把握の必要性が増してきている。

こうした背景の中、図 1 に示すように平成 11 年度から濃尾平野地下構造調査が行われている。様々な調査により濃尾平野の地下構造が解明されつつあるが十分であるとは言い難い。物理探査は時間やコストの面で多用できるものではなく、その他の方法による補完が必要となってくる。

そこで本論では、大都市圏強震動総合観測ネットワーク¹⁾により収集された強震観測記録と濃尾平野地下構造調査の結果を相互に検討することで、濃尾平野の地盤震動性状を把握するとともに、地震動予測を行う際に重要になってくる S 波速度の同定を試みる。

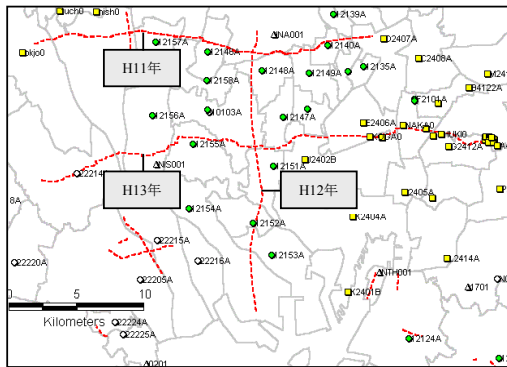


図 1 H11～H13 年度探査測線及び強震計の配置

2. 実測値と理論値の対応性に関する検討

PS 検層により地盤データが詳細に分かっている KIK-net の羽島において実測値と理論値の対応性を検討する。

2.1 Coda 波部の地震動 H/V スペクトルの適用性

図 2 に KIK-net の羽島の鳥取県西部地震における Coda 波部の地震動 H/V スペクトルと、表 1 の地盤データから計算した Rayleigh 波水平上下振幅比、S 波増幅度を示す。Rayleigh 波基本モード、S 波増幅度とも 1 次ピークが一致し、0.25Hz 付近のやや長周期のピークは深部地盤構造と対応していると考えられる。

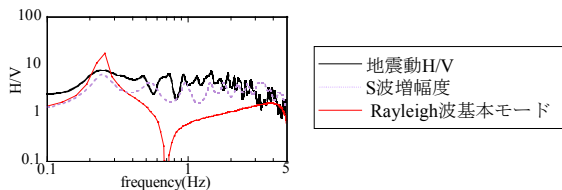


図 2 H/V スペクトルと Rayleigh 波水平上下振幅比、S 波増幅度

表 1 羽島における地盤データ

No.	深さ (m)	層厚 (m)	単位体積重量 (t/m ³)	V _s (m/sec)	V _p (m/sec)	減衰定数
1	10.00	10.00	1.7	140	620	0.071
2	150.00	140.00	2.0	340	1650	0.030
3	247.50	97.50	2.0	470	1800	0.021
4	337.50	90.00	2.2	670	2090	0.015
5	720.00	382.50	2.2	1030	2370	0.010
6	1538.20	818.20	2.6	3040	4770	0.003

2.2 PS-P 時間の適用性

観測記録の P 波の後には、P 波が層境界に入射した際に変換された S 波 (PS 変換波) が見られる。この PS 変換波と直達 P 波は地表に達する際には時間差が生じ、この時間差を PS-P 時間と呼ぶ。この PS-P 時間を検出する手法としてレーザーフังก์ション (RF)²⁾ を用いた。図 3 に KIK-net の羽島地表の速度波形とそのレーザーフังก์ションを示す。速度波形より時間差を伴う同様の位相を確認でき、その時間差は 0.91 秒となる。レーザーフังก์ションでは 0.92 秒に PS-P 時間を表すピークが確認でき、PS-P 時間を検出する有効な手法であると言える。

しかし、一方で入射角等によってその性状は異なると考えられる。図 4 に震央距離を Δ 、震源深さを H とした時の見かけの入射角 ($\theta = \arctan(\Delta/H)$) 毎の PS-P 時間を示す。入射角毎に PS-P 時間にはばらつきがあり、より安定した PS-P 時間を検出するため図 5 に示すように重合処理を施した。重合レーザーフังก์ションから検出した PS-P 時間は 0.90 秒であり、図 6 に示すように地盤データより計算した PS-P 時間 0.84~0.87 秒と対応が良い。以上の考察より PS-P 時間は地震基盤以浅の地盤の速度構造を把握するための有効な指標であると言える。

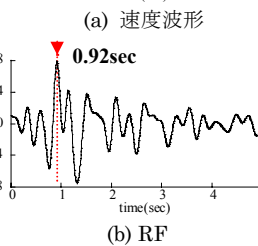
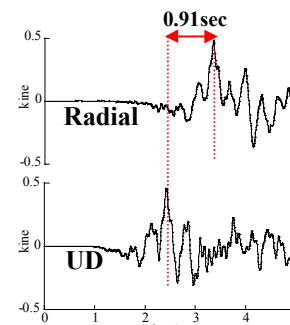


図 4 見かけの入射角と PS-P 時間

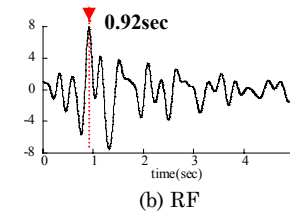


図 5 重合 RF

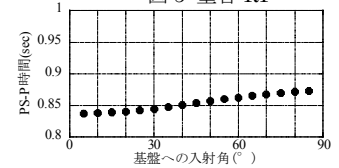


図 6 PS-P 時間の計算値

図 3 RF と速度波形の対応

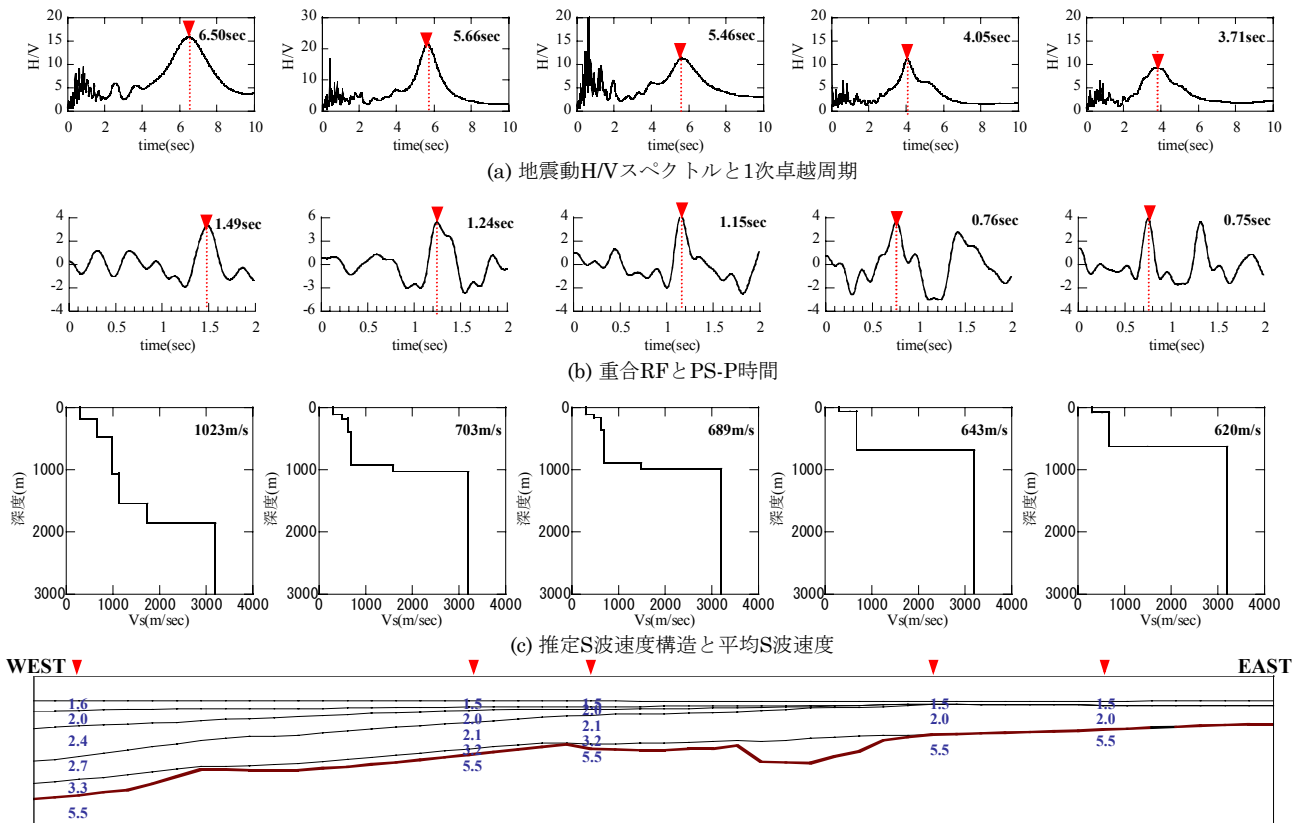


図 7 H13 年度地下構造断面図(P 波速度(km/sec)を記載)と H/V スペクトル、重合 RF、推定 S 波速度の対応性(▼は強震観測点)

3. H/V スペクトル、PS-P 時間に基づく地盤構造の把握

図 7 の(a)に各観測地点における鳥取県西部地震の Coda 波部の地震動 H/V スペクトルを、(b)に複数の地震の重合レーザーフランクションを示す。個々のレーザーフランクションの不安定な性状を相殺し、より安定した PS-P 時間を得るため重合処理を施した。東から西に向かって基盤面が深くなる地盤構造に対応して、1 次卓越周期は長周期側へ推移しており、深部地盤構造をよく捉えている。

また、重合レーザーフランクションから検出した PS-P 時間も基盤が深くなるほど長くなり、基盤構造の変化とよく対応している。

4. S 波速度同定の試み

前述したように H/V スペクトル、PS-P 時間はその実測値と理論値に高い相関がある。よって、この 2 つの手法を拘束条件とし、濃尾平野地下構造調査の結果である P 波速度、地盤構造(層厚)を用いることで S 波速度の同定を試みた。全体のフローは図 8 に示す通りである。その結果、図 7 の(c)に示すように、同じ層でも西に向かうほど S 波速度は増加し、また、層厚で重み付けした地震基盤が浅の平均 S 波速度も基盤面が深くなるほど速くなった。これは拘束圧力の増加の影響であると考えられる。

5. まとめ

強震観測記録に基づく検討により、H/V スペクトル及び PS-P 時間は地震基盤が浅の地盤構造の把握に非常に有効であることが分かった。また、濃尾平野地下構造調査の結果と H/V スペクトル、PS-P 時間を併用することにより速度構造の把握を試みた。しかしながら、より高い精度にするためには拘束条件を増やすなどの検討の余地がある。地震動予測のため、より精度の高い深部地盤モデルを同定し、濃尾平野の地盤構造の不整形性による地盤震動の影響を定量的に評価することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 飛田潤他:オンライン強震波形データ収集システムの構築と既存強震計・震度計のネットワーク化,日本建築学会技術報告集, No.13, pp.49-52, 2001.1.7.
- 2) 小林喜久二他:深い地盤構造評価のための PS 変換波の検出法に関する検討, 日本建築学会構造系論文集, No.505, pp.45-52, 1998.3.

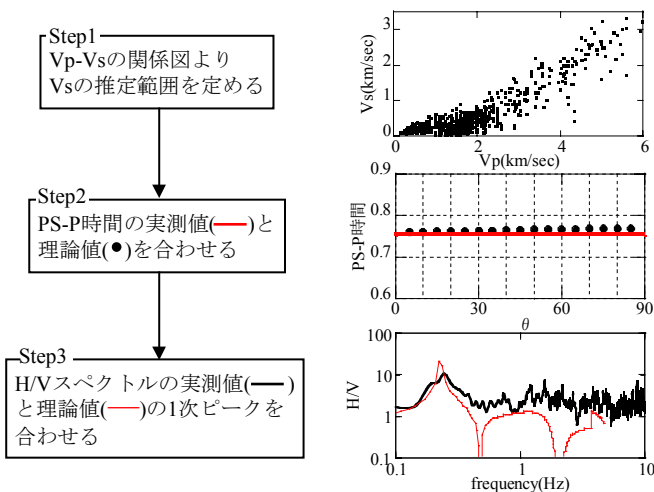


図 8 フロー図