

つけることが容易ではなかった。そこで、特別の場合を除き、通常地震探査で行われるように上下動のみの観測に徹してきた。P波の地下構造を、地震波速度のみS波のそれに置き換えることによりS波の地下構造を得ようとしたのである。ところで、図3に見られるように変換S波と思われる位相は出安い場所とそうでない場所があるようであり、どこでも明瞭に出現するものとは限らないようである。なぜそのようなことが起こるのかは将来の解明に残された問題である。直接S波地下構造を決めるための強力なS波震源が得られない現在、将来とも上下動の観測に加えて水平動観測を続ける必要があるであろう。

4 おわりに

第20回夢の島爆破地震動観測で上下動の他にradial方向の水平動観測が行われた。その結果水平動記録にP波初動の約1秒後に顕著な後続位相がみられた。位相速度がP波のそれと一致することから基盤層または第2層でP波からS波に変換した波であると考えて解析を試みた。

まず、変換S波が第1層と2層の境界面で発生したものとする。この場合は第1層の層厚は第1層のS波速度が分かれば求めることが出来る。また、観測点のP波のタイム・タームから第2層の厚さを決めることが出来る。これを当たってみると表1のS波速度構造モデルBでは地下構造が一応決定出来るが第2層の厚さが極めて薄くなり、S波速度構造モデルAでは第2層は存在しないことになり現実的なものとは考えられない。

先の検討では(Shima, 1992)、初動の直後にみられる位相に着目し、それが第1層または第2層内における反射波であると考えて構造解析を行った。それぞれの場合を構造a(表3)、構造b(表4)とする。その時、構造aに地表から順に、S波速度として0.6、1.3、2.6Km/s(S波速度構造モデルB)を与えた時に観測結果に最も近い値が得られることが分かった。

このように、S波地下構造の決定に際しP波からS波への変換波の利用が有効であることが分かった。強力なS波震源の実現が期待できない現在、この種の手法の開発が望まれる。

文 献

嶋 悦三・太田 裕・柳沢馬住・工藤一嘉・河角 広, 1969, 東京都内各所におけるS波の測定結果(第4報), 地震研究所彙報, 47, 819-829.

Shima, E., 1992, Three dimensional underground structure of Tokyo Metropolitan area, Proc. 10th WCEE, 2, 985-990.

山水史生・高橋 博・後藤典俊・太田 裕, 1981, やや深い構造のS波速度(I I I) - 府中2,750m観測井における測定とまとめ, 地震 [ii] 34, 465-479.

表 5 各ケースの計算走時差と観測走時差

震源距離 (km) ケース	aA (s)	aB (s)	bA (s)	aB (s)	Observed (s)
23.53	1.23	1.55	1.07	1.39	1.64
25.62	1.18	1.52	1.03	1.34	1.50
27.52	1.05-1.20	1.47-1.54	0.92-1.00	1.24-1.31	1.45
29.52	1.18	1.51	0.95	1.22	1.45

表 2 と同時に震源距離の異なる表 6 のデータについても計算を試みた。

表 6 観測データ

震源距離 (km)	タイム・ターム (s)	初動と後続位相との時間差 (s)
33.18	0.67	0.52
35.95	0.61	0.32

表 7 計算走時差と観測走時差

震源距離 (km)	Z 1 (km)	Z 2 (km)	aB (s)	Observed (s)
33.18	0.98	0.50	1.33	1.29
35.95	0.60	0.92	1.07	1.09

表 8 第 1 層と第 2 層の境界面で P 波から S 波への変換したと仮定して求めた地下構造

震源距離 (km)	モデル A Z1 (km)	モデル B	
		Z1 (km)	Z2 (km)
23.53	1.84	1.47	0.19
25.62	1.69	1.35	0.32
27.52	1.63	1.30	0.32
29.52	1.63	1.30	0.32

後続位相が表層での反射波と考え
ると、表 7 の結果が得られ aB のケ
ースが観測結果をよく説明しているこ
とが分かる。

次に検討しておかなければならな
い事は、著しい位相が第 1 層と第 2
層の境界面で発生した P 波から S 波
への変換波である可能性である。そ
の場合第 1 層の層厚は第 1 層の S 波
速度が分かれば求めることが出来る。
また、観測点における P 波のタイ
ム・タームが表 2 に示したように分
かっているから、これを用いれば第
2 層の厚さも求めることが出来る。
実際に当たってみると、速度構造が
モデル B の時は地下構造が表 8 のよ
うに決定できるが、モデル A の場合
は第 2 層は存在しないことになる。

これまでの東京都内で行われてきた一連の S 波速度調査（嶋ほか，1969）において P 波地下構造と S 波地下構造が必ずしも一致しないことが知られて居た。夢の島爆破実験による地震動観測では初期には上下動の観測に加えて水平動の観測が行われた。それは、火薬爆発により SV 波の発生が期待されたこと、そしてそれに基づく S 波の地下構造を求めること、P 波の地下構造と比較検討することが主な目的であった。しかし、観測者がそれぞれ手持ちの地震計を持ち寄ったこともあり、変換波を見

3 解 析

前回の観測データ見直しに際しては(Shima, 1992)、上下動観測記録の初動の直後に見られる位相に着目し、それが地表層内の重複反射波であることを利用して地下構造解析を行った。この地下構造に他の調査で得られたS波速度を与えて走時の観測結果が説明できるかどうかを調べた(山水他、1981)。彼らの下総観測井を利用したS波大砲による探査結果によれば、S波速度は、第1層が0.49–0.82km/s、第2層は1.2km/s、基盤層は2.6km/sである。

表1 観測点付近での速度構造

	P波速度(km/s)	S波速度(km/s)
第1層	1.8	0.7 0.6
第2層	2.8	1.5 1.3
基盤層	5.9	2.6

表2 観測データ(第20回夢の島爆破)

震源距離(km)	タイム・ターム(s)	初動と後続位相との時間差(s)
23.53	0.83	0.53
25.62	0.81	0.53
27.52	0.79	0.52–0.60
29.52	0.79	0.56

表3 各観測点における層厚

後続位相が第1層内での反射波と考えた場合

震源距離(km)	Z1(km)	Z2(km)
23.53	1.00	0.96
25.62	1.00	0.89
27.52	0.98–1.13	0.85–0.61
29.52	1.06	0.73

表4 各観測点における層厚

後続位相が第2層内での反射波と考えた場合

震源距離(km)	Z1(km)	Z2(km)
23.53	0.57	1.69
25.62	0.53	1.69
27.52	0.51–0.36	1.66–1.91
29.52	0.43	1.75

表1に観測点付近で想定される速度構造を示す。表のS波速度構造で左側の組をモデルA、右側のそれをモデルBと呼ぶことにする。基盤速度は夢の島付近では5.6km/sと得られているが、夢の島から16kmの地点からやや早くなり表に示すように5.9km/sと得られている。夢の島の構造を考慮して観測点におけるタイム・タームを計算し表2に掲げる。同表には初動と後続位相との時間差を掲げてある。この後続位相がP波の反射波であると考えて各層の厚さを決めるのである。この後続位相は第1層あるいは第2層内で1回反射したものであるが、そのどちらであるかはただちに分からない。これが第1層内での反射波と考え第1層の厚さを求め、次に観測点のタイム・タームと時間差の差が第2層内でのdelay timeとなるのでこれから第2層の層厚を決めることが出来る。その結果を表3に示す。同様にして第2層内での反射波と考えて決めた構造を表4に示す。

表3、4にそれぞれ構造a、bと呼ぶことにする。これにモデルA、Bの速度を与えた4ケースについて基盤層での変換波と初動との走時差を求め観測結果と対比する。結果は表5に示してある。これから観測結果に最も近いのはaBであることが分かる。

それ以下の震源距離ではあまり目立っていない。この位相について検討した結果基盤層でP波からS波に変換された波を観測していると考え、観測結果をよく説明できることが分かったので報告する。

2 データ

図 2 に P 波及び顕著な後続位相付近のクローズ・アップの

例を示す。図には水平・上下両成分の記録を重ね書きしてある。これを見ると、初動付近では上下水平の位相が揃っているが、問題にしている顕著な位相のところでは位相が逆になっていることから、この顕著な位相は S 波である可能性がある。そして、図 1 を見ると分かるように、この位相の見かけの位相速度は初動のそれと一致している。これを説明するためには、我々は基盤層または第 2 層で P 波から S 波に変換したものを観測しているのだと考えなければならない。なお、図 2 の例は今回得られた記録の中では最も良い記録である。我々の用いた観測計器は地震計こそ Geo Space 製の固有周

波数 4.5Hz の規格品を用いたが、増幅器及びレコーダーは研究室における手造りでアナログ方式であったから位相特性まで完全に合わせることはなかなか困難である。そのこともあって、図 3 に示した震源距離 20-40 km のペースト・アップ記録のクローズ・アップでは全ての記録が図 2 で説明したように位相関係がうまくはいっていないが、顕著な位相の到達時刻は明瞭に読み取ることが出来る。

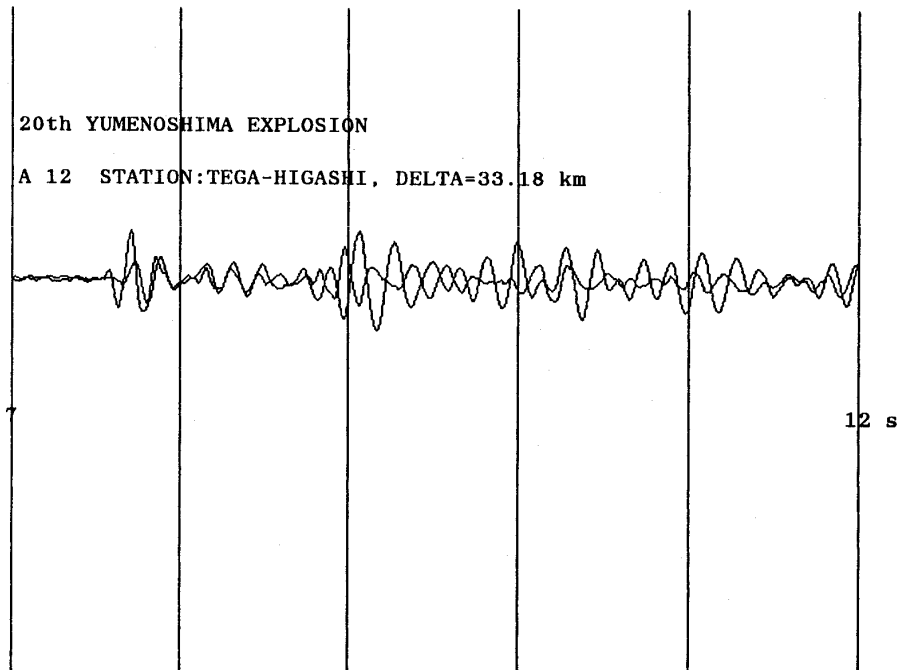
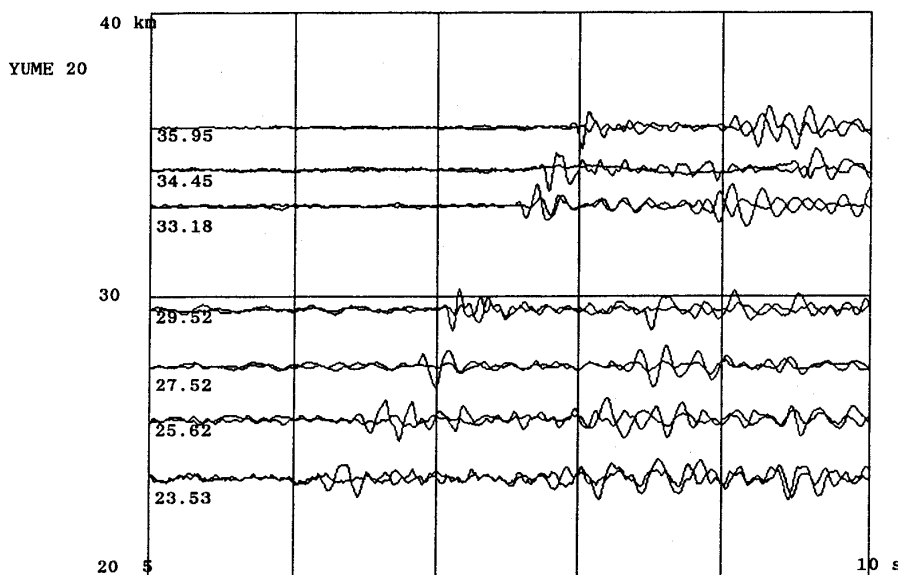


図 3



夢の島人工地震実験データの見直し

その1 変換S波による構造解析

嶋 悦 三

Reexamination of Yumenoshima explosion data
Part 1.

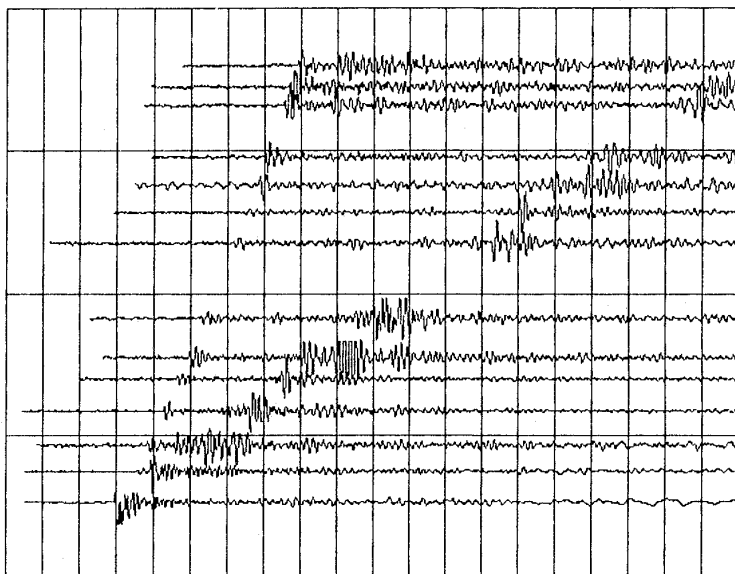
Analysis of underground structure by means of converted shear waves

By Etsuzo Shima

1 はじめに

第20回夢の島爆破地震動観測では、通常の上下動観測のみならず radial 方向の水平動の同時観測が行われた。観測される上下動記録と radial 記録の積を計算する時、P波の部分での積を正とすればS波部分でのそれは負となる筈である。このことから観測されているかも知れないSV波を効率的に検出する目的を持ってこのような観測を行ったのである。図1は上下、水平動記録のペースト・アップである。これを見ると、水平動記録のP波初動は上下動のそれに比べて小さいものの約1秒後に非常に顕著な後続位相がみられる。震源距離が30-40kmの上下動記録にも同様の後続位相が見られるが、

Yumenoshima
Shot 20 V
Travel time
0 - 20 s
Delta
0 - 40 km



Yumenoshima
Shot 20 H
Travel Time
0 - 20 s
Delta
0 - 40 km

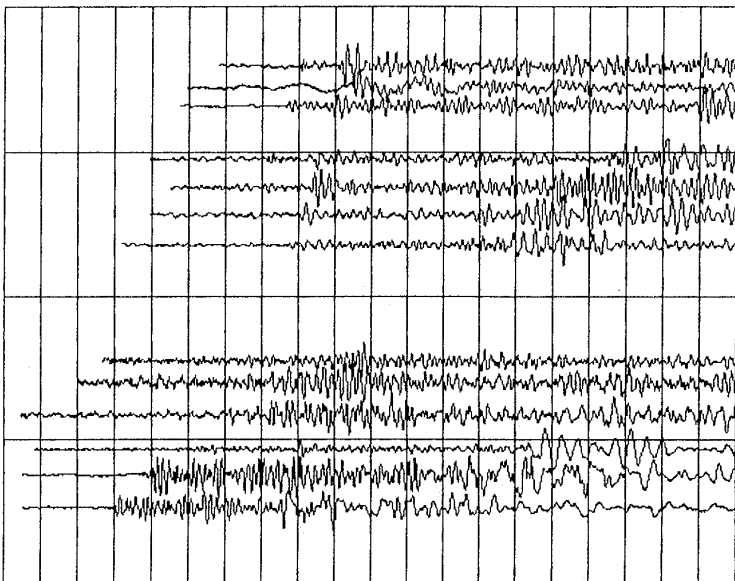


図1 上下水平動記録のペースト・アップ