

〈山崎賞〉

1 1 「地震波と初期微動継続時間」

1 研究の動機

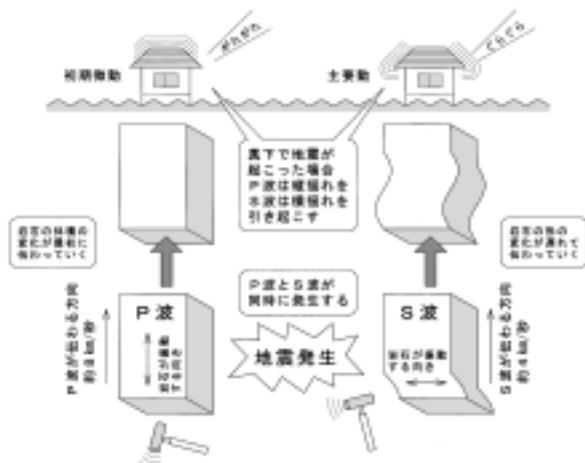
近い将来、静岡県で起こると予想されている「東海地震」の危険性とその被害の大きさについて、広報などでよく目にするようになり、1年生の時から東海地震と地震によって引き起こされる自然現象について調べてきた。1年生では「地盤の液状化」、2年生では「津波」の研究を行い、次第に地震についての興味や疑問が増していった。

2年生の夏休み、宮城県沖地震で、「初期微動をとらえ、新幹線が緊急停止する」というニュースを聞いた。それは気象庁が地震の初期微動をとらえ、強い揺れが来る前のP波とS波の時間差の間に地震の発生を知らせるシステムだった。このニュースを聞き、P波、S波についても、授業では習わなかった部分まで詳しく調べ、地震をさらに深く理解し、私の住んでいる袋井市の被害を少なくする方法を研究したいと思った。

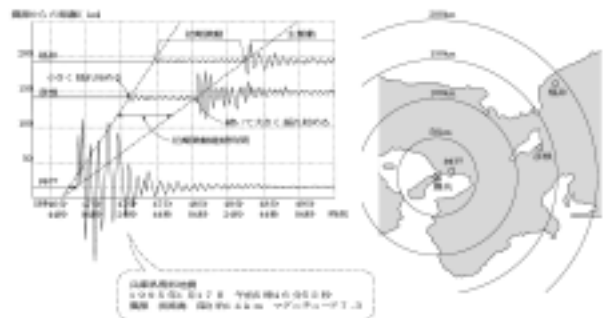
2 準備調査

(1) 地震波

大きな地震が発生した時、最初に遠くからの地震のような音とともに、「がたがた」という小さな揺れを感じる。これが、最初にやって来る地震波の「P波」で「初期微動」を引き起こす。その後「ぐらぐら」と大きな揺れを感じる。これが、P波に遅れて伝わる地震波で「S波」と呼ばれ、「主要動」を引き起こす。



P波は進行方向と震動方向が同じ「縦波」で、地盤を約7～8 km/秒で伝わり圧縮または伸長した状態を作る。S波は進行方向に対して震動方向が垂直な「横波」で、約3.5～4 km/秒で伝わる。S波はP波よりはるかに大きいエネルギーを持ち、地震の規模に応じてS波の振幅（揺れる幅）は大きくなり、激しく揺れれば地表にある様々なものを破壊する。S波、P波とも、その伝わる速度は地盤の固さで違い、地下の深い部分で堅い地殻中では速く、地表近くの軟弱な堆積層では遅くなる。



P波とS波は、同時に発生しているが、P波はS波の2倍近い速度で地中を伝わるため、P波の後からS波が来る。このP波が来てからS波が到着するまでの時間を「初期微動継続時間」という。

(2) 震度とマグニチュード

同じ地震でも観測した場所によって震源からの距離が近ければ大きく揺れ、遠ければ小さく揺れる。このような各場所の地面や建物の揺れる激しさを示す尺度が「震度」である。

一方、規模の大きい地震は、広い範囲で揺れ、規模の小さな地震は、揺れる範囲が狭くなる。このような揺れる範囲の大小は、地震のエネルギーの大きさにより違い、この地震エネルギーの大小を示す尺度が「マグニチュード」である。

3 研究の目的

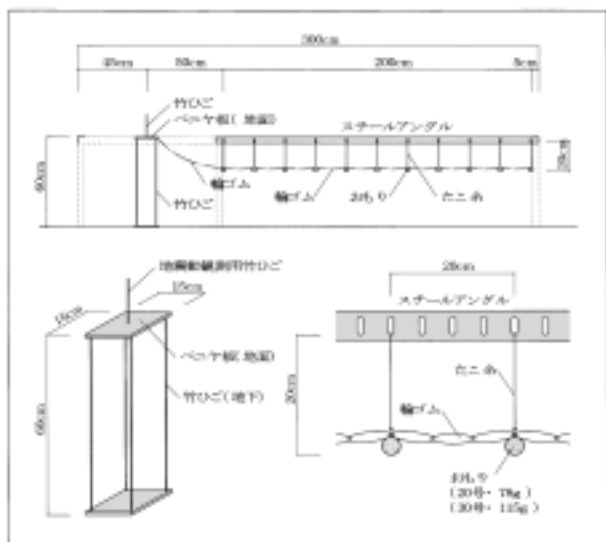
- (1) 地震波を起こし、その種類と伝わり方、地面の揺れ方との関係を調べる。
- (2) 地盤の固さと地震波の伝わり方や地面の揺れ方との関係を調べる。

- (3) 地震エネルギーと地震波の伝わり方や地面の揺れ方との関係調べる。

4 準備物

(1) 地震発生装置の制作

P波とS波が同じ装置で同時に観察できる装置には、「岡久式地震発生装置」があり、この装置を改造して地震波の実験を行う。



- ア 棚用のスチールアングルを組み立て、実験台を作る。
- イ 20号の釣り用おもりにたこ糸を結んだ振り子を11個作り、実験台に20cm間隔で取り付け、輪ゴム3個で各振り子をつなげる。
- ウ 竹ひごで支えたベンヤ板を、振り子の一方側の端から50cm離れた所に設置し、輪ゴム9個で振り子とつなげる。



(2) 地震発生装置の改造

各振り子や地面となる板をつなぐ輪ゴムは、振り子が揺れれば張力が働き伸縮する。輪ゴムを二重にすれば、張力も2倍になり、仮想の地盤の固

さが変えられる。

振り子のエネルギーは、おもりの質量や持ち上げられる位置(高さ)によって変化する。振り子の長さを一定にして、おもりの質量を変えれば仮想の地震エネルギーを変えられる。

5 研究1…震波の種類と伝わり方

(1) 研究の方法

ア 端の振り子を斜め前方へ持ち上げてから手を離し、地震波を起こす。

イ 振り子の震動が輪ゴムを通して、次の振り子へと順次伝わっていく様子を観察し、P波とS波やその違いを見つける。

ウ 地面への伝わり方を観察し、揺れ方の違いを見つける。

(2) 結果の予想

P波とS波が同時に発生し、P波がS波よりも速く進むと思う。地盤の揺れは、P波の到達時には縦に、S波の到達時には横に揺れると思う。

(3) 実験結果

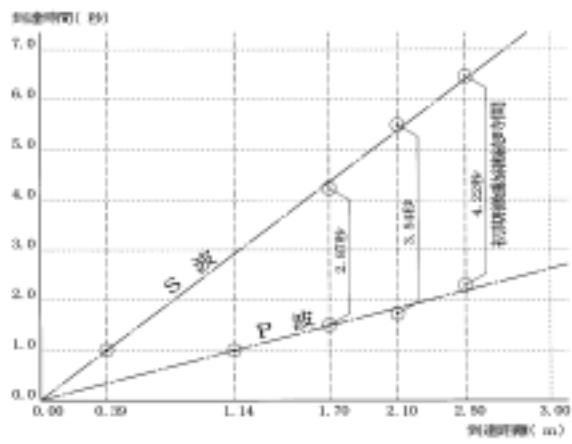
振り子は輪ゴムを通し、前後と左右の2種類の揺れを伝えた。前後の縦揺れは輪ゴムの間を伸縮させ、速い速度で地面まで伝わり、地面を前後に揺らした。左右の横揺れは、縦揺れよりも少し遅れて伝わり、前後の揺れにかわって地面を左右に揺らした。



前後の縦揺れはP波、左右の横揺れはS波で、伝わる速度が違い、P波が地面に伝わってからS波が伝わるまでに時間差があることが分かった。震源から地面までの距離を短くすると、P波、S

波とも、到達時間が距離に比例し短くなった。また、地面の揺れは、縦揺れ横揺れとも、震源までの距離が短いほど大きくなった。

実験結果表							
震源距離	1.70m		2.10m		2.50m		平均速度 (m/秒)
おもり数	7 個		9 個		11 個		
時間・速度	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	
P 波	1.50	1.13	1.73	1.21	2.30	1.09	1.14
S 波	4.23	0.40	5.50	0.38	6.47	0.39	0.39
継続時間	2.73		3.77		4.17		
P:S速度比		2.38:1		3.18:1		2.79:1	2.92:1
地震動	この中では一番大きく揺れた		基準よりも大きく揺れた		建て揺れは横揺れよりも速く伝わる (揺れの基準)		
柔らかい地盤：輪ゴム一重 エネルギー小：おもり 20 号							



(4) 考察

結果は予想の通り、振り子をP波は縦に、S波は横に振り子を揺らし、P波がS波よりも速く進んだ。このP波とS波には伝わる時間差の初期微動継続時間があり、距離に比例することが分かった。また、揺れの大きさは、震源までの距離が短いほど大きく、振り子のエネルギーを多く伝えることが分かった。

6 研究2・・・地盤の固さと地震波の速度

(1) 研究の方法

振り子をつなぐ輪ゴムを二重にし、地盤の固さを変化させ研究1と同様の実験を行う。

(2) 結果の予想

ゴムが二重になることで、地盤が固くなり、研究1のときよりも、地震波の伝わる速度が速くなると思う。また、地面の揺れは、地盤が固くなれば

小さくなると思う。

(3) 実験結果

P波S波とも伝わる速は研究1より速くなった。震源から地面までの距離を短くすると、輪ゴムが一重のときと同様に到達時間や初期微動継続時間は距離に比例し短くなった。しかし、地震の揺れの方向や大きさは、輪ゴムが一重のときとほとんど変わらなかった。

堅い地盤（輪ゴム二重）での実験結果表							
震源距離	1.70m		2.10m		2.50m		平均速度 (m/秒)
おもり数	7 個		9 個		11 個		
時間・速度	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	
P 波	1.03	1.65	1.37	1.53	1.60	1.56	1.58
S 波	3.10	0.55	3.73	0.56	4.37	0.57	0.56
継続時間	2.07		2.36		2.77		
P:S速度比		3.00:1		2.73:1		2.74:1	2.82:1
エネルギー小：おもり 20 号							

(4) 考察

波の伝わる速度は、地盤を固くしたことで、予想した通り速くなることが分かり、到着時間や初期微動継続時間は、研究1と同じく距離に比例した。しかし、地震の揺れは小さくすると予想したが、研究1とほぼ同じ揺れの大きさで、原因は分からなかった。

7 研究3・・・地震エネルギーと地震波

(1) 研究の方法

釣り用のおもりを20号から30号に変え、地震のエネルギーを大きくして、実験1と同様の実験を行う。

(2) 結果の予想

おもりが重くなるため、地震エネルギーが大きくなり、地面が実験1よりも大きく揺れると思う。

(3) 実験結果

到着距離が2.5mと2.1mのときでは、地震波がよく伝わらず、振り子の揺れが途中で小さくなってしまった。地面の揺れも地震波がよく伝わらなかったため、少し揺れただけだった。S波、P波の伝わる様子や速度は確認できた。

到着距離を1.7mにすると、地震波はよく伝わり、地面が激しく揺れた。このときの揺れは、おもりが20号のときと比べると、縦揺れ、横揺れとも、

かなり大きく、地震エネルギーを大きくしたためだと思われる。P波、S波の伝わる速度は、おもり 20 号の時とあまり変わらなかった。

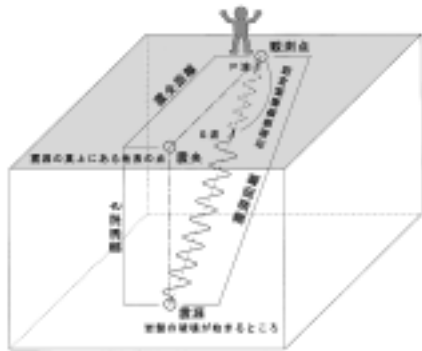
地震エネルギー大（おもり 30 号）での実験結果表							
震源距離	1.70m		2.10m		2.50m		平均速度 (m/秒)
おもり数	7 個		9 個		11 個		
時間・速度	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	到達時間 (秒)	速 度 (m/秒)	
P 波	1.53	1.11	1.73	1.21	2.43	1.03	
S 波	4.07	0.42	5.40	0.39	6.57	0.38	0.40
継続時間	2.54		3.67		4.14		
地震動	あまり揺れなかった		基準と同じくらいの揺れ だった		基準よりもとても激しく 揺れた		
柔らかい地盤：輪ゴム一重							

(4) 考察

結果では、2.5m、2.1m のとき、波が途中で小さくなってしまい、地震動も小さく、予想とまったく違った。1.7m のときは、予想どおり激しく揺れた。2.5m と 2.1m のときに、地震波や地震動が小さくなってしまった原因は分からなかった。

8 研究のまとめ

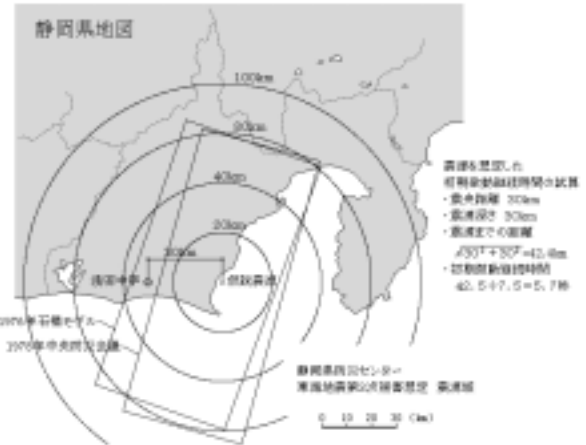
(1) 震源と初期微動継続時間



初期微動継続時間は、P波とS波の時間差で、震源から観測地点までの距離に比例するため、震源距離は、初期微動継続時間に、P波とS波の速度の差から求めた一定の数値を掛ければ推測できる。地震波の速度は伝わる地盤の固さによって異なるため、この数値には差があるが、様々な地震の観測結果から、標準で約 7.5 だと言われている。

震源から観測地点までの距離が分かれば、地図上に同じ距離の各地の観測点を中心とし、震源までの距離を半径とした円を描く。その円が重なったところが、震源の上にある地表面の位置（震央）

になる。震源は震央の真下にあり、観測地点からの震源までの距離は、震央までの距離よりも少し遠い。この差から震源の深さが分かる。



予想される東海地震は、御前崎沖に震源がある。浅羽中学校から震央と予想される場所までの距離と震源深さを想定して、震源距離を求めると、約 42.5km となる。係数 7.5 で震源距離を割って、初期微動継続時間を求めると約 6 秒と予想される。

(2) 緊急地震速報システム

気象庁の「緊急地震速報」の情報が、鉄道、工場、病院、百貨店、学校などに提供されることになった。地震の被害を減らすためには、緊急情報を広く一般的にも知らせることが必要だと思う。放送や広報無線はもちろん、サイレンや交通信号の特別な点滅、携帯電話への信号など様々な方法があると思う。静岡県は東海地震の予想震源域近くで、浅羽中学校の初期微動継続時間の予測は約 6 秒と短く、緊急地震速報システムは役に立たないかもしれない。しかし、初期微動の小さな揺れが、大きな主要動の前兆だと知っていれば、家具やブロック塀から遠ざかるなど、素早く避難行動を取ることができる。

9 感想と今後の課題

実験装置では、地震波が複雑な動きをするため、縦揺れと横揺れの様子を見極めることが難しく、何度もビデオをスローモーションで見て時間を測定していった。さらに、揺れの様子や大きさを表現することも難しかった。

今後は、地震についての研究を生活の中で生かすことを考え、ニュースなどで興味を持ったり疑問に感じたりしたことは調べ、さらに地震について理解を深め、知識として役立てていきたい。