

北大工学部 正員 金子 孝吉
北大工学部 正員 渡辺 昇
函館高専 正員 三浦 登

1. まえがき

本研究は弾性波探査法などで得られた人工地震波の性質について、自然地震波の性質と対比しながら明らかにしようとするものである。またその人工地震波を入力とする構造物の応答スペクトル曲線において、火薬の量あるいは震央距離の差異がどのように影響するかについて調べることにした。

2. 自然地震波と火薬による人工地震波との性質の比較

青森県津軽平野に架かる津軽大橋の付近では過去 12 年間、1968年十勝沖地震を始めとする自然地震の観測あるいは弾性波探査法など多方面の地盤振動測定を、資料の不足分を新たに補充しながら数回にわたり行なってきた。

昭和53年 9月には、上下動振動誘発を目的とした鉄塊(数10 kg) の落下試験を新たに加えた。火薬爆破による P波・S波の測定には薬量および震源位置を適当に変えて行なってきた。

得られた記録波形の分析を中心に整理したなかから、本研究の目的に添う地震波のみ適当に選択して、図-1 および表-1 にその測定資料としてのせた。

自然地震と火薬による人工地震を比較すると一般に表-2 のようになる。両者の間には発震、震源、伝播、波動および地動などに大きな相違があるが、あえて共通点を見い出すとすれば自然地震波も火薬による人工地震波も、ともに、

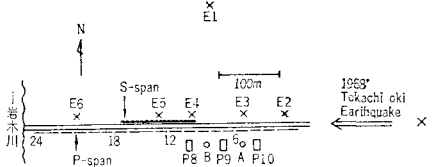


図-1 震源と測定点の配置

表-1 測定資料

記録	測定	測定値	震源	深度	規模・薬量	記録紙
1968年十勝沖地震(余震)	A	変位・速度・加速度(3成分)	N 40.7°, E 148.7°	20km	M 4以上	電磁オシロビシググラフ
	A	変位・速度(3成分)	E 1 E 1 E 2	20km 4 4	10kg 1 1	電磁オシロビシググラフ
	P 測線	加速度(3成分)	E 2 E 5 E 6	4 4 4	0.1, 1, 10 0.1, 1, 10 0.1, 1, 10	専用フィルム
	S 測線	加速度(3成分)	E 3 E 5 E 6	2.6 2 2	0.1 0.1 1	専用フィルム
	B	変位(3成分)	鉄塊落下	0	衝撃力	電磁オシロ

1) 同一地盤中を伝播する。
2) 波動論を適用することができる。
という 2点に集約できよう。1) においては観測地点の地盤特性が記録に現われるので、波形の周期性に類似点を見い出せる。また地表部の減衰性は同程度と見なせよう。一方、人工地震2) においては反射、屈折および干渉を平面波理論で扱え、大部分の波形に P波、S波および表面波がこの順に発生する。そして波形に部分的相似性があり、波動の最大振幅が S波あるいは表面波の部分にあるということである。

よって理論的には地盤の振動が強く反映する地点では、周期特性の共通性において自然地震の代わりに人工地震を構造物に入力波として使用することも可能であろう。そこで人工地震波を入力とする構造物の応答スペクトル曲線を求めて、強震記録による応答スペクトル曲線の代用品になるものかを調べてみた。

3. 人工地震波の応答スペクトル曲線

現在までに強震記録を使用した耐震設計用の応答スペクトルが多数提案され、非正常性を含んだ

表-2 自然地震と火薬による人工地震の比較

性質		自然地震	火薬による人工地震
発震	原因	地殻の大断せん断移動	火薬爆破
	機構	高エネルギーの放出	爆破エネルギーの放出
震源	時間	数秒〜数10秒	数秒以下
	領域	面積あるいは体積	点、線
伝播	深度	数km〜数100km	50m以下
	規模	マグニチュード	薬量 (kg)
波動	反射	地中深部からの反射	地盤端で反射、消失
	屈折	たとえば地殻とマントル	たとえば地殻と基盤
地動	干渉	カク乱	カク乱
	種別	P, S, 各種表面波	P, S, Rayleigh波, Love波
	波形	複雑な非定常ランダム波	単純な非定常ランダム波
	周期性	あり、分散性あり	あり、分散性あり
時間特性	時間	数10秒〜数10分	数秒〜数10秒
	特性	発震時、地中深部、地殻	地殻、基盤

統計的な解析が行なわれ、期待値や超過確率の検討を組み込んだ危険度解析が行なわれるようになってきた。色々なパラメーターによって応答スペクトルも変わるが、ここでは薬量を変化させた人工地震波による場合、つまり地震のエネルギーの違いによる応答スペクトルの変化を見ることにした。

図-2 と図-3 は表-1 にみる爆破点 E5 における記録でそれぞれ NS と UD の場合である。1968年十勝沖地震と NS の場合は板たたき法による記録、UD では鉄塊落下試験による記録を加えてある。いずれも火薬の量が多く、震源のエネルギーの大きいもののほど曲線が右に移つり、長周期の増幅性がある。

図-4 は建設省土木研究所の土研資料第1185号にある最大加速度応答スペクトルのなかから、震央距離 $20 \text{ km} \leq \Delta < 60 \text{ km}$ で第1種地盤(実線)と第4種地盤(破線)について、マグニチュードが図にあるように変わった場合のスペクトル曲線である。震源の規模が大きくなるほど曲線が右に移動し、長周期の増幅度が大きくなる。言い換えれば大きな地震ほど大領域の地層を揺すり、継続時間が長く、表面波が発生しやすく持続性があるため、長周期の応答倍率が増幅されるわけである。

以上のことはすでに各方面で指摘されていることであるが、規模の小さな人工地震においても同様のことが言える。

一方、震源距離の違いは応答スペクトル曲線に与える影響度が小さい。このことは地震の規模が同じであれば近い地震は遠い地震より振幅が大きく曲線が右によるが、遠い地震は長周期の表面波が発生するためやはり右によるためと考えよう。

人工地震波の場合においても同様の結果を得た(省略)。

4. あとがき

主として火薬による人工地震波の性質を構造物の応答スペクトル図をとおして調べたが、その特性を十分に整理、自然地震波との間に地盤の特性を含んだ適当なパラメーターが決まるならば、強震記録による設計用応答スペクトルにばかり頼る必要もなくなるだろう。常時微動あるいはやや長周期微動を利用する方が強震記録による応答スペクトルに近いものを得ているが、それについては別途発表の予定である。

(参考文献)

- 1) 建設省土木研究所振動研究室：土木研究所資料、1968～1976、
- 2) 片山、岩崎、佐伯：地震動加速度応答スペクトルの統計解析、土木学会論文報告集、1978、7

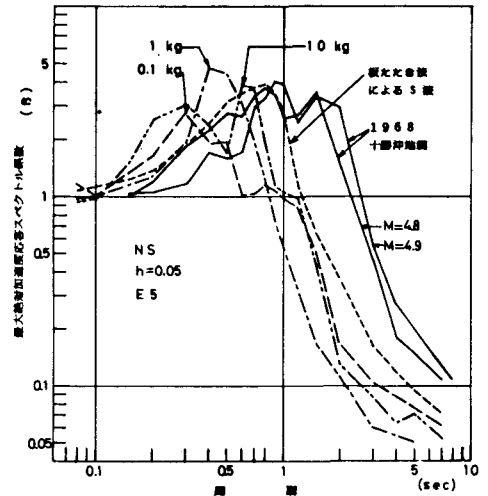


図-2

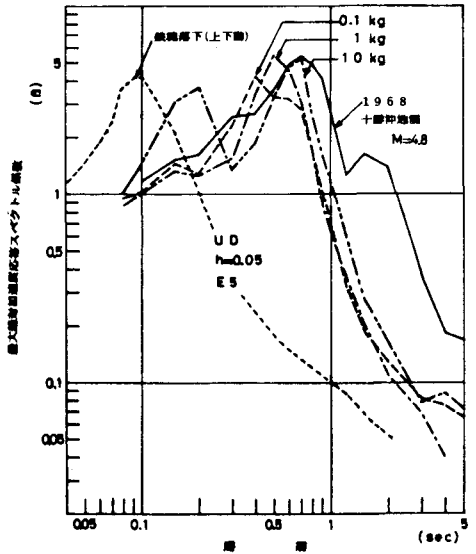


図-3

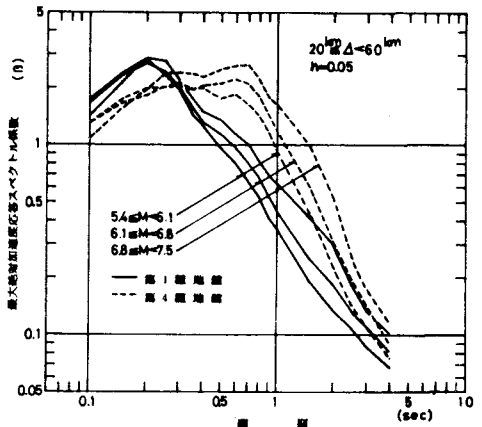


図-4 (土研資料 1185 より)