

III-169 火薬爆発によって発生した剪断波の歪み量

北海道大学大学院 学生会員 ○塩野 計司
 東京都立大学工学部 正会員 国井 隆弘
 北海道大学工学部 太田 裕

1. まえがき

耐震工学の分野では、構造物への入力地震動が地盤の影響を強く受けている事が認められ、地盤の性質を考慮した入力地震動の研究が広く行なわれている。近年では、従来の地盤の線形弾性体仮定による研究に加え、土の剛性や減衰性の歪み依存性を、主に、各種の室内試験の資料を整理する事によって明らかにし、強震時の土の力学的非線形性の影響を入力地震動の性質に反映させる試みも行なわれている⁽¹⁾。室内試験はその性質上、大歪みを導入し易い利点のある一方、供試体による地盤の代表性の問題や試料採取に伴う試料の攪乱の問題を持ち、更に、供試体内と原地盤内との応力や歪みその他の力学的状態の相似性の問題は重大である。従って、より良く地盤の性質を知ろうとする為には、原位置的な地盤の測定⁽²⁾の重要性が認められ、その実現化が強く望まれる。しかし、その様な試みは、今日でも、一、二を挙げ得るのみである。

ここでは、土の歪み依存性の原位置測定の可能性を追求する試みの第一歩として、人工震源による波動を、主に歪みの大きさの観点から調べ、更に強震時に土にもたらされるであろう大歪みを原位置的かつ人工的に発生させる為の方法の展望について考えてみた。

強震時に、土にもたらされる剪断歪みは $10^{-3} \sim 10^{-1}$ 程度と言われるが、これを局所的にしても、人工的に地盤内に発生させる為には、強力な震源の導入の必要性が自明である。この点の考慮から、本研究では火薬(ダイナマイト)震源を用いて実験を行い、かつ大歪みの観測という点から、震源近くの地震動を観測した。

2. 実験

実験は1974年8月、勇払原野(苫小牧市)において行なわれた。実験場の地質は地表付近の数メートルは火山灰であり、最も地表に近い地層での剪断波速度は78 m/秒である。

図1に震源と受振器との位置関係を示した。震源にはダイナマイト(50, 500, 5000 g)を用い、それを深さ約10 mのボーリング孔底に設

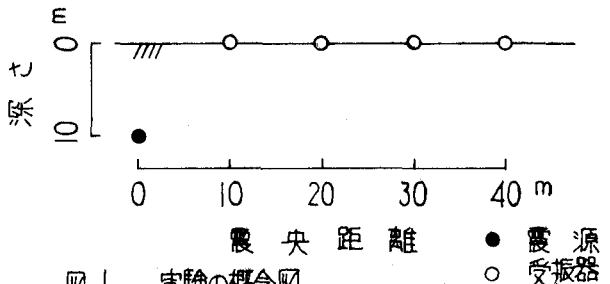


図1. 実験の概念図

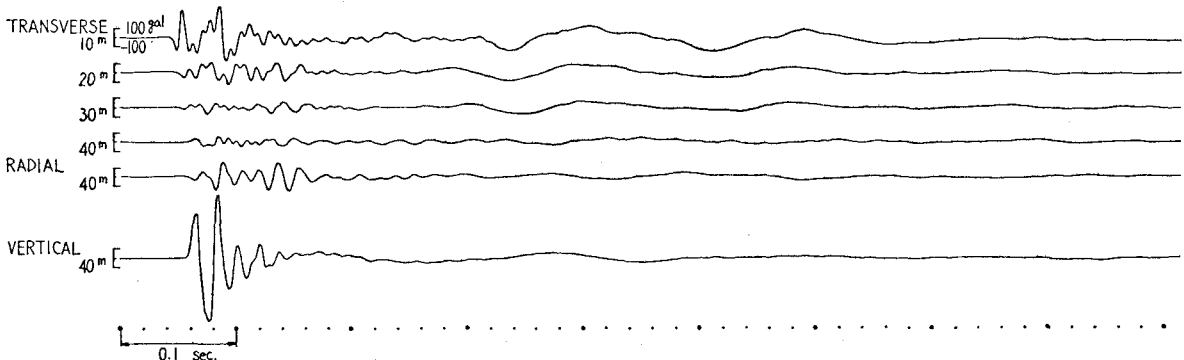


図2. 記録の例 (震源の薬量5000gのもの)

置した。受振器には、固有振動数 3 CPS, 過減衰, 動コイル型のものを使用し, 加速度記録を得た。

図2に記録の一例を示した。

3. 解析

得られた記録から, 種々の方法によって剪断波の相を識別し, その部分に対して解析を進めた。

線形弾性体内を一方に伝播する一次元の波動について,

$$r = (1/\beta) \cdot \dot{u} \quad (i)$$

ここに, 剪断波動に対して,

r : 剪断歪み

$\dot{u}$: 横変位速度

β : 剪断波位相速度

なる関係のある事を利用して発生した剪断波の歪み量を推定した。ただし, 本実験では, 受振器を地表に設置して観測した為, 自由表面の効果によって, 一方に伝播する剪断波の速度振幅は二倍に記録されており, (i) 式の $\dot{u}$ には記録振幅の二分の一を用いる事が妥当である。

記録は加速度として得られたが, それを速度記録とする為に, 記録紙上で十分な振幅を持つものはデジタル化して時間積分を行い, その他については, 加速度振幅 $\ddot{u}$ と, 対応する周期 T を読み取り, 波形を正弦波と考え,

$$\dot{u} = (T/2\pi) \cdot \ddot{u} \quad (ii)$$

によって計算を行い, 各々, 速度振幅を求めた。粒子速度の最大値を, 震源に用いた火薬量と観測点の震央距離とについて整理したものを図3に示した。また, 受振器の設置された地層の剪断波速度 $\beta = 78$ m/sec を用いて, (i) 式によって粒子速度から換算した剪断歪みも図3によって知る事ができる。即ち, 50 ~ 5000 g のダイナマイトの単純な爆発によって, 震源の近く (震央距離 10 ~ 40 m) に, およそ 10^{-6} ~ 10^{-4} の歪み振幅を持つ SH 波の発生をみた。

4. 検討 および 結論

強震時の土の力学的非線形性の原位置測定の可能性を追求する第一歩として, 地盤内の局所に大歪みの剪断波を発生させる事を試み, 従来は観測の達成されなかった 10^{-4} オーダーの歪みを持つ剪断波まで観測できた。また, 震源の強化, 観測点の震源への接近によって, 観測できる歪みが系統的に大きくなる事を確認できた。

図4は本実験で得られた剪断波の歪みの大きさを, 従来の原位置試験 (地震探査) におけるもの, 室内試験におけるもの, 強震時に発生しているであろうものと比較してみたものである。本実験で原位置的に観測できた剪断波の歪みは従来の原位置試験に較べ大きく増加したと言える一方, 強震時に発生すると考えられる歪みの最大値より, 1 オーダー以上小さい。しかし, 本研究で注目した火薬爆発による方法においても, 薬量の増加や震源の操作等をする事により, 更に大きな歪みの剪断波の発生の可能性があると考えられる。

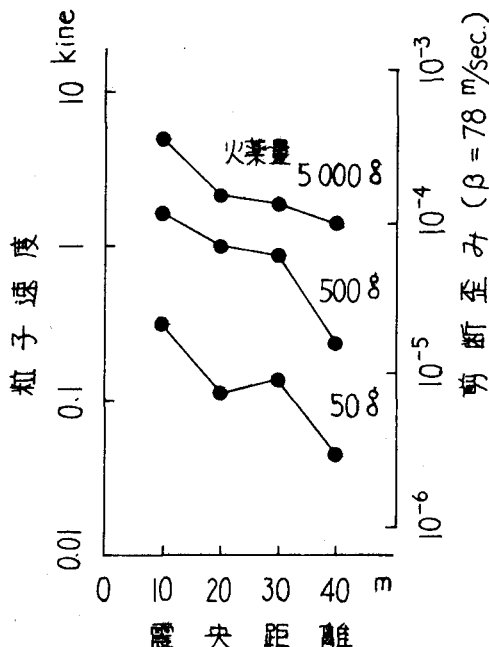


図3. 観測された粒子速度と剪断歪み

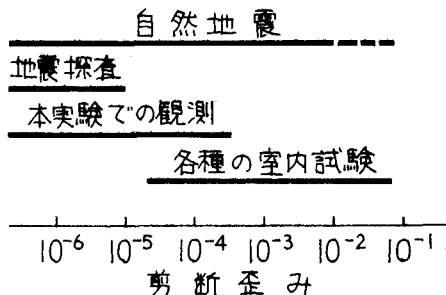


図4. 各種の試験法で用いられる歪み量

参考文献 (1) 例えば H.B. Seed and I.M. Idriss (1970) Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses, Rep. No. EERC70-10, UCB. (2) R.P. Miller and F.R. Brown (1972) Shear modulus determination of soils by in situ method for earthquake engineering. Proc. Microzonation Conference, Seattle, 1972.