

ゼラチンゲルを用いた動的弾性実験方法について

On Dynamic Photoelastic Experiments using Gelatin Gel

——地盤内を伝播する波動の解析——

——Especially on Analysis of Elastic Wave Propagation through the Ground——

田 村 重四郎*・森 地 重 暉*

Choshiro TAMURA and Shigeaki MORICHI

1. は し が き

地盤内を伝播する地震波動の解明は、構造物の耐震性を検討する上で基本的なものである。フィルダムのようなマッシブな土構造物の地震時の挙動を究明する場合には、地盤と提体における地震波の伝播状況を調べることは構造物の安定に重要な意味をもっている。また、地盤内に構築される構造物、特に地下埋設管等の長大な地下構造物の耐震性を検討する場合にもこのことは重要な要素である。

筆者らは、ゼラチンゲルで製作した地盤模型内での衝撃波の伝播状況を高速撮影機を用いて光弾性学的に捉えることができたので、ここに紹介する。

2. 実 験 材 料

ゼラチンゲルは、その濃度によって弾性係数を 100 gr/cm²~1 kg/cm² 程度まで調節でき、比重は 1.03 程度で、ポアソン比は 0.5 に近い。しかも光弾性感度はきわめて高く 0.04 cm/gr 程度であり、また、加工性もよい。このようなことから、せん断波の伝播速度は 2~6 m/sec となり、せん断波のみを対象とすればエポキシ樹脂、ポリウレタンゴム等の光弾性材料に比べて波動伝播速度がきわめて低い。そのために波動伝播状況を記録する場合、後者が数万~数 10 万コマ/sec もの高速撮影機が必要であるのに比べて、前者は 500~1,000 コマ/sec 程度の撮影装置で十分である。そのうえ、衝撃発生源の物理的制御も比較的容易に行なうるので、例えば波動源が運動するような場合の波動現象の実験等、種々の条件の下での実験を行なうことが可能である。

使用した材料は日本皮革 K. K. のゼラチン: pH である。本材料は淡黄色の粉末状のもので、ゲル化後は著しく透明度がよい。また、弾性範囲も広く弾性限度は数 % にも達する。光弾性感度は濃度に応じてわずかしこ変化しない。しかしながら、温度によって弾性係数が影

響をうけるので取扱いは注意を要する。

3. 実 験 例

(1) 弾性率の異なる 2 つの層の境界近傍での波動伝播状況について

平面を境にして弾性率が異なる地盤における波動伝播状況を調べるために図 1 に示す 28×15×10 cm の角鋳形

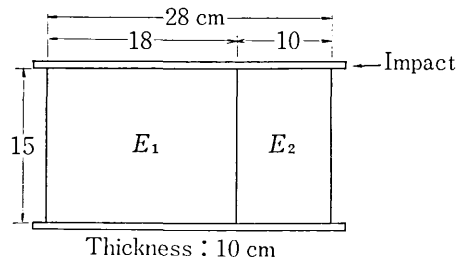


図 1

の模型を作製した。模型上面には 2 mm 厚のアルミニウム板をおき、これに衝撃を加えて、アルミニウム板に平行な波面をもつ平面波動が、模型内に伝わるようにした。衝撃を発生させるために、プラスチック弾頭をもつ重さ 9.1 gr の真鍮製の弾丸を 2.3 m/sec の速度でアルミニウム板に衝突させた。現象の記録には次の撮影機、ならびにフィルムを使用した。

撮影機: 名称 ミリケン

撮影速度 400 コマ/sec, 露光時間 1/2,000 秒

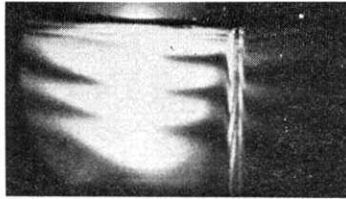
フィルム: Kodak 4X, 幅 16 mm

模型の E₁, E₂ 部分の各々の濃度, せん断振動試験より得られた弾性率, せん断波伝播速度は次に示すごとくである。

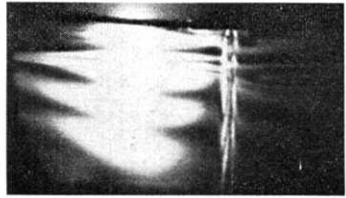
	濃度 (%)	弾性率(g/cm ²)	せん断波速度(m/sec)
E ₁	8.5	195	2.49
E ₂	11.5	270	2.93

実験より求めた 3/400 sec 毎の等色線写真を写真 1 に示す。写真 2 では E₁, E₂ 部分に水平な平面波面①, ②が観察されるが、E₁ 部分にはその他に水平軸とある傾

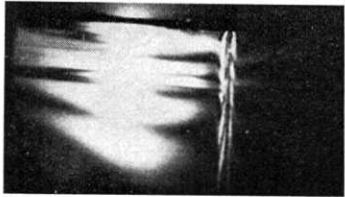
* 東京大学生産技術研究所 第 1 部



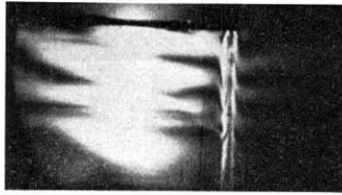
(a)



(b)



(c)



(d)

写真1

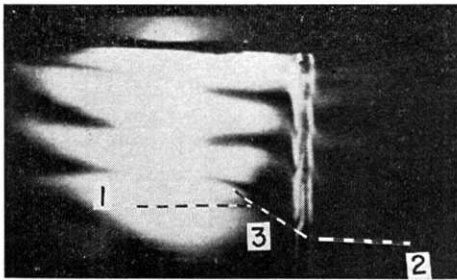


写真2

きを有する波面 ③ がみられる。また、速度を測定してみると、これらの波面はせん断波のものに対応している。

この実験で、せん断波のみ観察されたのは主として変容波の伝播速度がポアソン比の関係からせん断波の伝播速度に比べて著しく大きいことによるものと思われる。

次に E_1, E_2 の境界に関連して生ずる波面-③は通常ホイヘンスの原理から求められる。 E_1, E_2 部分は発振源が水平軸と並行しているため波面は水平となり、図2に示すごとく、 E_1, E_2 部分のそれぞれのせん断波伝播

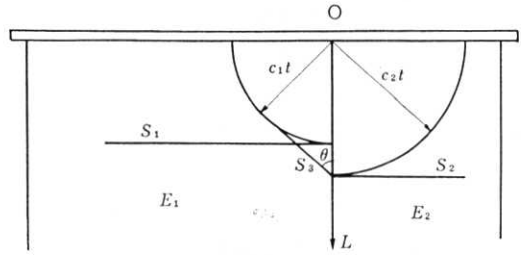


図2

速度 c_1, c_2 に応じて、時間 t 秒後には S_1, S_2 のごとくとなる。 E_1, E_2 部分の境界 OL も発振源となり、最終的には図2における S_3 のごとき波面が生ずる。本実験においては $c_1=2.49$ m/sec, $c_2=2.93$ m/sec であるから、波面と境界 OL のなす角度 θ は $\theta = \sin^{-1} \frac{c_1}{c_2} = 58.5^\circ$ となり、写真より求めた値 59° と大略一致している。

(2) 傾斜境界を有する地盤での波動伝播について

次に図3に示すような模型で、水平に波面をもつせん

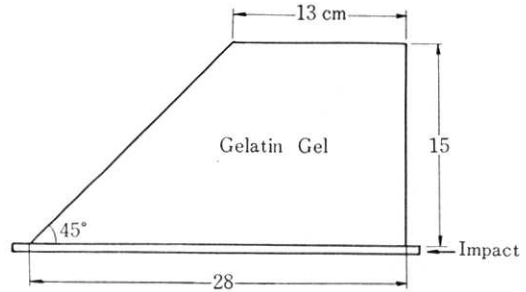


図3

断波が下面から上方に伝播してゆく場合についてのべる。模型の弾性率、せん断波伝播速度はそれぞれ 175 gr/cm², 2.36 m/sec である。模型底面にアルミ板をおき、アルミ板に重さ 16.2 gr の鋼製の弾丸を 2.3 m/sec の速度で衝突させ、底面から水平な波面をもつせん断波が上方へ伝播してゆくようにする。アルミニウム板は台などとの摩擦をとるために例えばその四隅に紐をとりつけ模型全体を空中に吊るようにする。この場合に使用した撮影機は日立製高速度カメラ 16 HD でコマ撮り速度は 1,000 コマ/sec である。

また、装填フィルムは Kodak 4X で、露光時間は 1/5,000 sec である。得られた写真のうち 1/100 sec 毎の等色線写真を写真3に示す。

これらの写真から本実験では次のことがわかる。

(1) 解析面 OH 上において各次数の等色線の O 点からの距離の時間的変化を示すと図4のごとくなる。図4からせん断波速度を算出すると 2.2 m/sec となり、せん断振動試験より得た値 2.36 m/sec と大略一致する。

(2) 写真4に示すごとく点線-①に進行波の波面、

研究速報

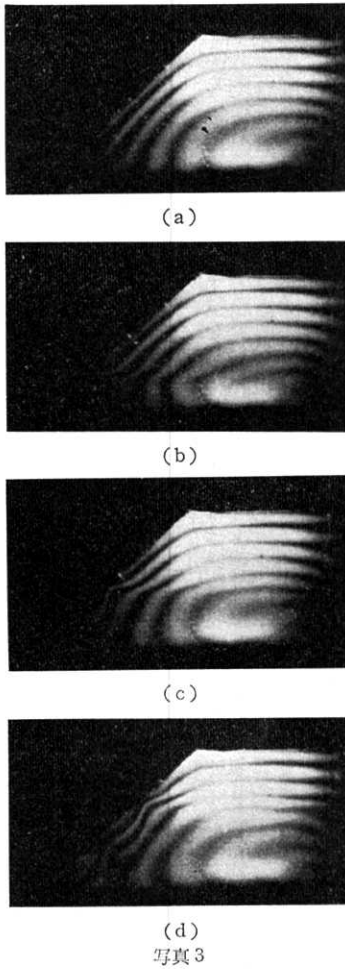


写真3

点線-② に反射波の波面が認められる。

(3) 傾斜境界近傍で等色線縞の最も大きく変化する点の軌跡, 点線-③ は自由境界と直交している。

(4) 傾斜面において最大応力の生ずる点の傾斜境界に沿った速度は図5の $A_1 \sim A_4$ から算定すると 3.2 m/sec であり, 傾斜面の角度は 45° であるから, この最大応力は下面より伝播するせん断波によって生じたものと考えられる。以上の実験より, ゼラチンゲルを用いた動的光弾性実験の波動問題に対する有用性を示した。

本研究をなすに当たり, 岡本舜三名誉教授に多大なご教示をうけたことを記して謝意にかえます。

(1972年8月18日受理)

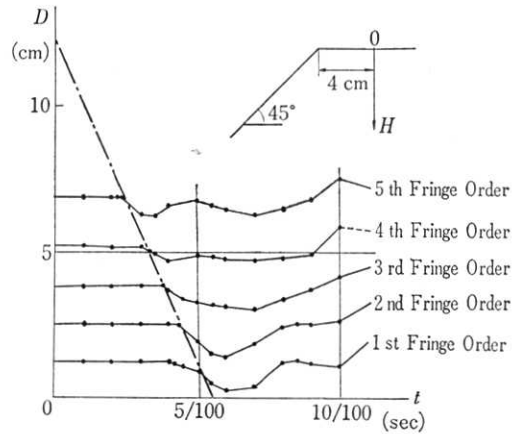


図4

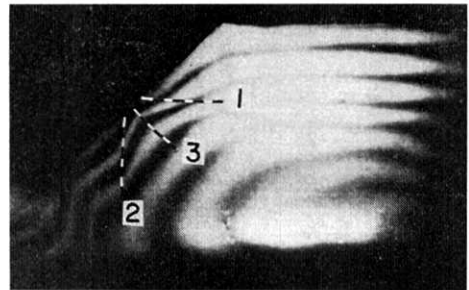


写真4

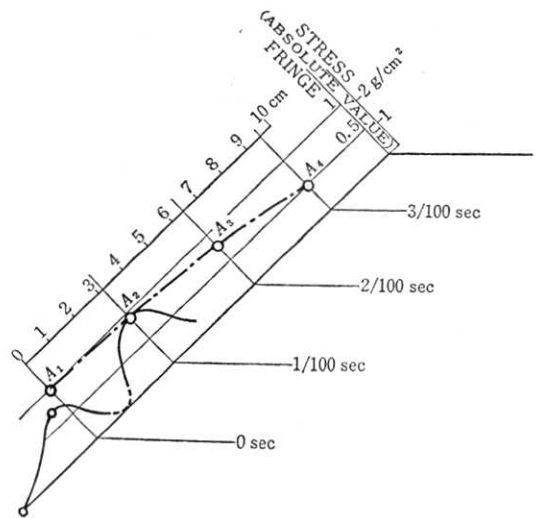


図5