

# 飽和粘土内の応力波伝搬に関する実験的研究

京都大学工学部 正員 赤井浩一  
 京都大学大学院 学生員 ○榎田肇夫

**よまがき** 本研究は特に粘性土地盤を対象として、地震動などによる急激な応力波伝搬時に粘性土内部でどのような応答現象が生じるかを実験的に調べたものである。

**実験装置** 実験装置を図-1に示す。供試体(S)は粉末粘土を練りまぜて大型土槽で圧密し、そこからサンプリングしたもので径6.0cm長さ70cm前後である。この各点に超小型圧力計(P)を埋め込み布張りホンを台枠につり下げる。反力端(R)は自由砂柱鋼製台座の3条件にした。枠からつり下げた重錘(M)と振り子式

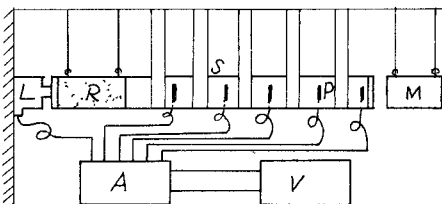


図-1 実験装置

に落下させ供試体の一端を打撃し発生したパルス応力を各点の圧力ゲージ(P)で反力端での力を荷重計(L)でヒックアップし増幅器(A)を通して電磁オシログラフ(V)に記録させた。

**結果と解析** 得られた結果の一例を時間位置に対して模式的に描くと図-2のようになる。深さに対する応力の減衰立ち上がり時間の増加、反力端からの反射波の逐進などの様子が見える。この場合 wave front の伝搬速度は75%であり、ピーク応力の伝搬速度はこれよりかなり低速である。反力端近くでは入射反射波が重なってひとつの頂点をもった波形になっている。

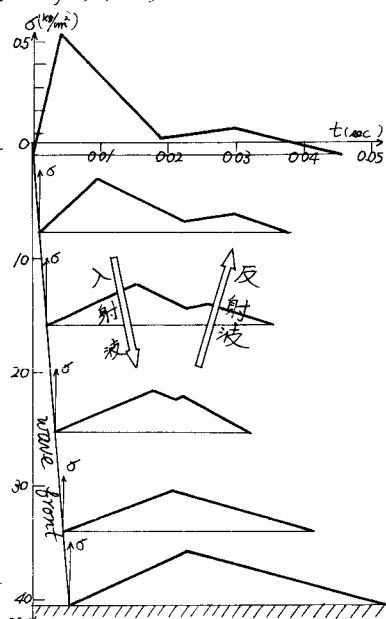


図-2 応力-時間位置図

衝撃により発生する各点でのピーク応力の打撃点でのそれに対する比を打撃点からの距離に対してプロットすると図-3が得られる。図より明らかなようにピーク応力は距離に対して指数的に減衰しており各データ点の平均値を連ねた曲線は  $\sigma_x = \sigma_0 \exp(-0.062x + 2.30)$  (ここに  $\sigma_0$  は打撃点でのピーク応力、 $x$  は打撃点からの距離 cm) であり、各点の応力か距離  $x$  に関して  $\sigma_x = \sigma_0 \exp(ax + b)$  なる指数関数を与えられるようである。反力端(図の  $x=60\text{cm}$ )では入射反射波の相互干渉の結果ピーク応力はかえって大きくなっている。

供試体および反力端でのインピーダンス  $PC$  と考慮し  $\frac{A_{R1}}{A_{L1}} = \frac{(P_{C2} - P_{C1})}{(P_{C1} + P_{C1})}$  ( $A_{L1}, A_{R1}$  は入射波の振幅) なる式より鋼製台座の場合は反力端では入射波の約2倍の応力が発生していることになる。反力端における圧力記録から上の関係を用いて反射波をとり除くと図の点線のようになる。また重錘落下高による応力減衰への影響は顕著ではない。

反力端条件を自由砂柱鋼製台座の3状態および含水比を変化させて同じ整理としたのが図-4である。反力端条件の違いにより応力減衰は影響を受けないようであるが、反力端においては明らかな差が現われており、反力端が剛であるほど発生する応力は大きい。含水比の影響

響は非常に顕著であり、高含水比のものほど応力減衰の割合は大である。

今波に対して垂直な単位断面をもつ厚さ $\delta$ なる版を考へ、この版に流入流出するエネルギーはそれぞれ  $P_0 \exp(-2\alpha x) / 2fc$   $P_0 \exp(-2\alpha(x+\delta)) / 2fc$  であるので、したがって版において毎秒当り消散するエネルギーは  $\Delta E = (P_0 \alpha \delta / fc) \exp(-2\alpha x)$  と与えられる。ここに  $\alpha = (P_0 / 4cc) (\Delta W / W)$  であり、 $\Delta W / W$  は物質の "specific damping capacity" と呼ばれるもので対数減衰率  $\delta$  とは  $\delta = \frac{1}{2} (\Delta W / W)$  なる関係にある。我々はこれまでの研究において、 $\delta$  が含水比の増加に従って指数的に増加することを知っており、すなわち上の関係より高含水比のものほど距離に対するエネルギー減衰が大きいということになる。

次に応力がヒーフに達するに要する時間 (rise time) ヒーフ応力の  $1/e = 0.368$  に減衰するに要する時間 (decay time) を無次元形で打撃端から距離に対してプロットすると図-3 である。図より打撃端から遠さかるとつれてどちらも長時間になつており、すなわち波形が時間に対してぼける様子がうかがえる。また高含水比のものほど rise time, decay time の増加が著しい。これは通常の応力シハルにおいては各位置における衝撃量が一定である、ということと考えると応力減衰の結果と当然相伴なつ結論である。

### 結論

(1) 衝撃により発生するヒーフ応力は距離に対して指数的に減衰し、その割合は打撃力の大小、反力端の固性、の影響を与へない。また高含水比のものほど減衰割合は大である。

(2) 反力端においては入射反射波の干渉のため特に固い反力端の場合には入射波の2倍もの応力が発生している。自由端の場合には引張り波が反射するがそのために反力端附近に引張り応力が発生するようないことは観察されなかった。

(3) 距離とともに rise time, decay time も増し、高含水比のものほどその増加割合は大い。

以上の結果と基礎地盤の耐震面に結びつけてまとめると「堅固な地盤では大きな応力が短時間作用し、軟弱な地盤では小さな応力が長時間(といふこともせいぜい数秒にすぎない)作用する」ということになる。地震時にはこのような現象が多少なくとも数10回くりかえされるのでそのような状況下でははたしてどちらの応力作用が避へない地盤にとってより有害であるかということになる。

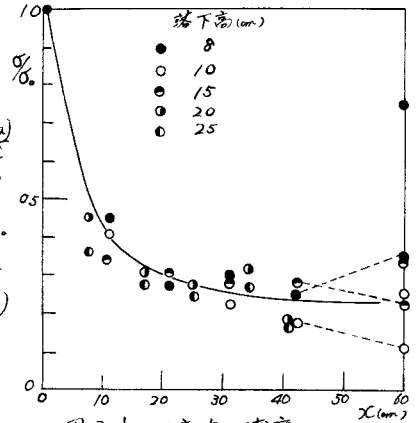


図-3 ヒーフ応力の減衰

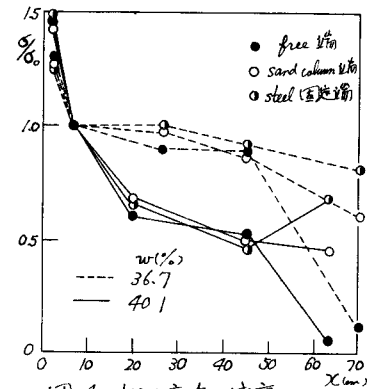


図-4 ヒーフ応力の減衰

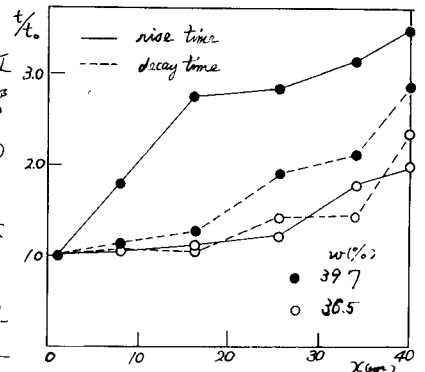


図-5 rise time, decay time