

山口大 正員 大原資生
同上 ○山本哲朗

1. まえがき 埋設管は地下構造物のうちで重要なものの一つであるが、それが地震によって被害を受けた例はいくつか報告されている。それによると、一般に、埋設管の震害は埋設管周辺の地盤が不均質の場合、および管の埋設深さが浅い場合において多いようである。しかし、現在のところ、地震時における埋設管の挙動はあまり調べられていないようである。本報告は図-2に見られるような埋設管を取り付けた砂箱に砂を充填し、それに振動を与える実験を行なって埋設管軸に直角方向に作用する振動土圧を測定した。そして振動土圧と震度、砂層の密度、エカぶり厚および岩盤からの埋設管の埋設高さとの関係について実験結果を整理したものである。

2. 試料および実験方法 実験の対象とした試料は豊浦砂であり、その粒度組成は図-1に示されるとおりである。試料の物理的性質は次のようである。比重：2.63，均等係数：2.0，最大間げき比：1.09，最小間げき比：0.64。

実験は次のようにして行なった。まず図-2に示される振動台上に置かれた砂箱（長さ：100cm，幅：58cm，高さ：30cm）にアフリル製の埋設管（内径：5cm，肉厚：0.5cm，長さ：55cm）を取り付けた。取り付け高さHは砂箱の底部から4，14および24cmの3通りとした。次に、砂箱に均一な砂層を作るために気乾状態の砂を高さ50cmのホッパーから所定量流し込んだ。この時の砂の密度はおおむね $1.32\text{g}/\text{cm}^3$ であった。このようにして準備した砂層に水平あるいは垂直振動を与え、振動土圧を埋設管を支持したアルミ棒（10mm径）にはりつけられたひずみゲージによって測定した。水平振動の場合には、震度はおよそ0.1，0.2，0.3および0.4の4段階に変化させた。垂直振動の場合は、震度はほぼ0.1，0.2とした。

3. 埋設管のエカぶり厚の振動土圧に及ぼす影響 埋設管を砂箱の底部から高さ14cmの位置に取り付けた場合の水平振動および垂直振動実験結果はそれぞれ図-3，4に示されている。図中の曲線は7~8個の測定点を平均して描かれたものである。また、hは埋設管底部から上にある砂層の厚さを表わしている。さらに、破線で示される曲線は2回目の振動時の結果で砂が締められた状態（砂の密度： $1.38\text{g}/\text{cm}^3$ ）の結果である。本実験においては、埋設管に作用する振動土圧の長さ方向の分布は測定していないので便宜上、振動土圧の合力の作用点が管の中央部にあると考えて、実験結果を整理した。

さて、図-3から、砂を締めめる前とほぼ0.4の水平震度で砂を締めめた後の両者における埋設管に作用する振動土圧は震度が増加するにつれて大きくなっていることがわかる。また、砂層が締められることによって砂層の密度が大きくなると、振動土圧が小さくなること注目される。さらに、砂の密度の大きさによらず、同じ震度におい

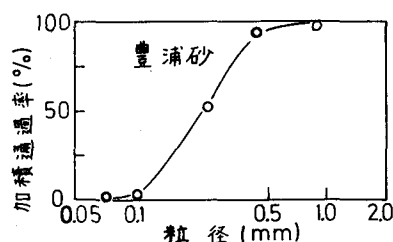


図-1 粒度組成

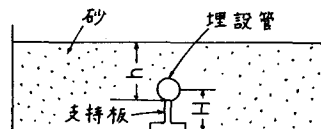


図-2 埋設管を取り付けた砂箱

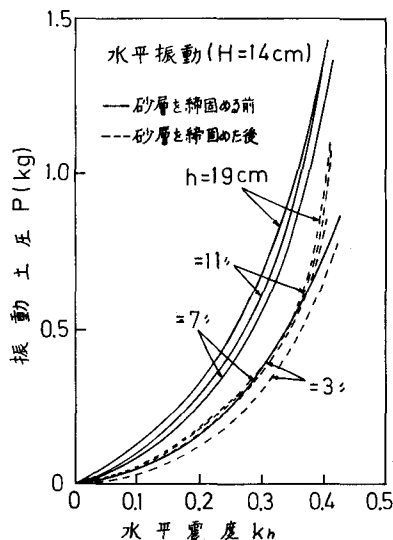


図-3 $P \sim k_h$ 関係

て、砂かぶり厚が大きくなるほど、振動土圧はいくらか大きくなる傾向が見える。このような振動土圧と震度、砂層密度および砂かぶり厚との関係は $H=4$ および 24 cm で行なった実験においても観察された。以上のことから、まず、埋設管の周囲の砂層を締め固めることによって埋設管に作用する振動土圧が減少するのは、振動による砂層の動きが小さくなるためと考えられる。次に、振動土圧が砂かぶり厚が増加するのにもなって大きくなるのは、振動土圧に寄与する砂の体積が増すためと思われる。このような砂かぶり厚と振動土圧との関係は擁壁に作用する振動土圧の深さ分布を測定した実験結果(図-5)とよく対応している。

図-3と図-4を比較してみると同じ震度、砂かぶり厚の場合、垂直振動によって埋設管に作用する振動土圧の大きさは同じ程度に締め固められた砂層での実験結果と比べると水平振動のそれとほぼ同じであった。

4. 埋設管の埋設位置の岩盤からの高さの振動土圧に及ぼす影響

前節の検討によって、気乾した砂層中に埋設された埋設管に作用する振動土圧は土かぶり厚に比例してやや大きくなることが示された。ここでは埋設管の砂箱への取り付け高さが振動土圧に及ぼす影響について調べてみた。本実験においては振動によって生ずる砂の沈下による埋設管の沈下を防止するために埋設管と箱の底部との間には支持板が装着されていたので、箱の底から 4 cm の位置に取り付けられた埋設管の箱への装着の程度は他の2つの位置に取り付けられた場合よりも大きいと考えられる。すなわち、底部に設置された埋設管は堅固な地盤の近くに取り付けられた状態を意味する。

さて、振動土圧 P を縦座標に、埋設管から上部の砂かぶり厚と砂箱の底部からの砂かぶり厚との比 h/H' を横座標にとり、両者の関係をプロットしたところ、図-6に示されるようになった。この図から、 h/H' が同じ値における P の値は埋設管を底部に取り付けた場合に著しく小さいことがわかる。ここに示されたデータは締め固め前の砂層中の埋設管に作用する振動土圧に対するものであるが、同じような傾向は締め固め後の場合にも認められた。

このように埋設管が堅い地盤の近くに取り付けられるほど、振動土圧が小さくなるのは管から下の砂層の動きが小さくなることに起因するのであろう。結局、埋設管に作用する水平振動土圧は岩盤からの埋設高さによって著しく大きくなると言える。

5. まとめ 振動時に埋設管に作用する土圧を測定して次の点が明らかにされた。埋設管に作用する振動土圧は砂かぶり厚が大きくなるにつれて増大する傾向が見られるが、砂かぶり厚が同じ場合には、振動土圧は埋設管が砂箱の底に近く埋設されているほど、著しく小さくなる。すなわち、振動土圧に対する影響は前者のそれより後者の方が著しく大きいことがわかった。

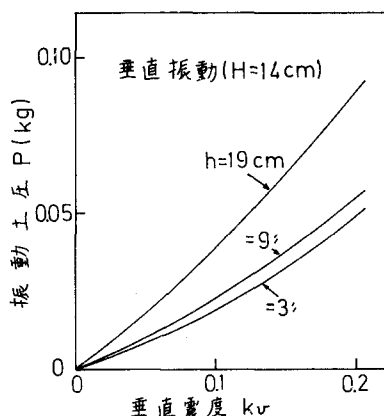


図-4 $P \sim k_v$ 関係

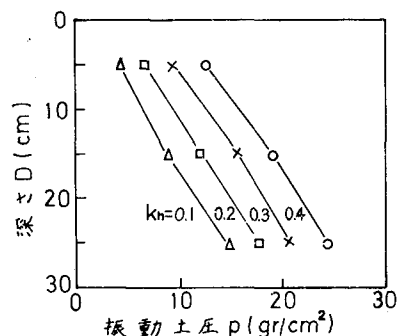


図-5 $p \sim D$ 関係

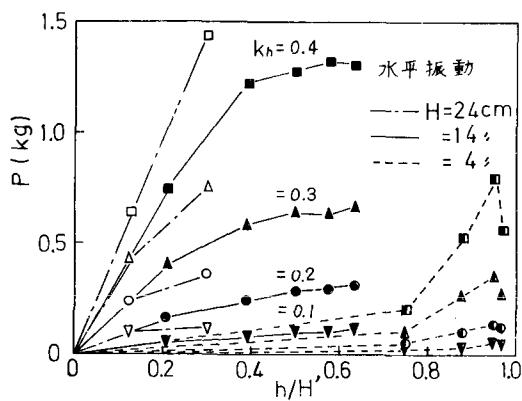


図-6 $P \sim h/H'$ 関係