

杭基礎を有する地中ダクトの地震時応答特性に関する研究

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○岩田 直樹
 同上 清田 亮二
 埼玉大学工学部 正会員 渡辺 啓行

1. はじめに

直接基礎形式の地中構造物については、様々な振動模型実験や解析がなされ、地震時の地盤及び構造物の応答や構造物の動土圧について解明されてきている。しかしながら、杭基礎形式の地中構造物についての研究は少なく、未解明な部分が多い。そこで、本研究では、杭基礎形式の地中構造物の動的応答特性を定性的に把握することを目的とした模型振動実験を行った。本論文では、実験結果のうち、地盤及び構造物の加速度応答についての報告を行う。

2. 振動模型実験の概要

実験は、図-1 に示すように気乾状態の岐阜砂で作成した地盤内に、図-2 に示す 1 連ボックスの地中ダクトを浅く埋設した場合（以下 Shallow Case と呼称）と深く埋設した場合（以下 Deep Case と呼称）について正弦波による加振実験を行い、地盤及び構造物の加速度、構造物のひずみ及び構造物に作用する動土圧の計測を行った。ダクト模型は、火力発電所放水路を対象とした相似モデルをアクリル板により作成したモデル-1 のほかに、地中ダクトの剛性による影響を検討するために、相似モデルの板厚を 1/3 としたモデル-2 とアルミ製の模型を用いたモデル-3 について実験を行った。実験は入力加速度 50, 100, 200Gal の順で行い、入力加速度を一定にして振動数を 10Hz から 50Hz の範囲で変化させて計測を行った。

3. 実験結果

(1) 地盤の加速度応答

図-3 に Deep Case における共振時の地盤の最大水平応答加速度を入力加速度で基準化した加速度応答倍率の分布を示す。直接基礎形式のダクトを埋設した場合、剛性が小さいモデル-1, 2 ではダクト埋設部の見掛けの剛性が低下することにより、ダクト上下板位置の増幅率が大きくなる傾向となるが、剛性の大きいモデル-3 では、増幅率はさほど大きくならない。また、加速度応答倍率は、入力加速度が大きくなるにしたがって地盤の非線形性が顕著となり、剛性が低下することによる加速度応答倍率の低下が生じる。一方、杭基礎形式のダクトを設置した場合、直接基礎で見られた入力加速度の増加に伴う加速度応答倍率の低下や、ダクトの剛性の違いによるダクト近傍での応答分布の違いはほとんど見られない。これは、杭基礎により深い位置の地盤の見掛けの剛性が大きくなったことや、杭基礎がダクトの運動を抑制していることが原因だと考えられる。上下動については、地盤のダイレタンシー特性により入射波の 2 倍の振動数を持つ応答が生じるが、図-5, 6 に示すダクト近傍の地盤の加速度応答波形に見られるように、杭基礎の場合は地盤の非線形挙動が抑制されるために直接基礎よりかなり小さな応答となる。

図-4 に Shallow Case においてモデル-1 を設置した場合の地盤の応答と自由地盤の応答の比較を示す。

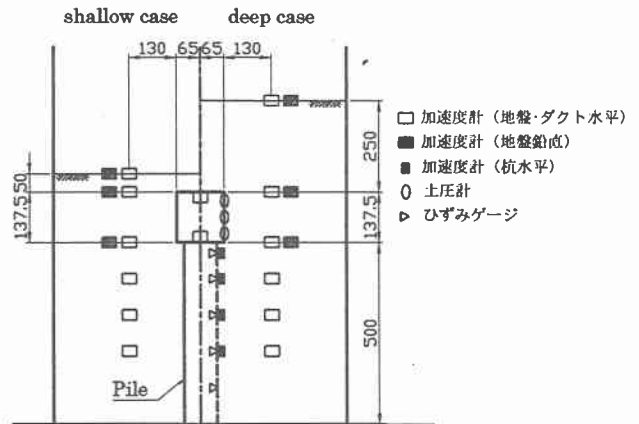


図-1 計測機器設置位置

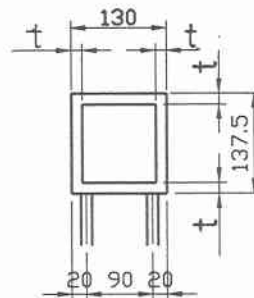


図-2 ダクト模型断面図

表-1 ダクト模型諸元

モデルケース	ダクト厚 t(mm)	材料
1	15	アクリル
2	5	アクリル
3	5	アルミ

50Gal 入射の場合を除き、直接基礎では、ダクト設置位置より深い位置から自由地盤に比べ大きな応答を示し、増幅形状もせん断モードに近い形となる。一方、杭基礎では、ダクト設置位置より深いところは自由地盤と同様の応答を示すものの、浅い部分では直線的かつ急激に増幅する。この杭基礎の浅部の急激な増幅は、ダクトの剛性が大きいほど大きくなる。

(2) 構造物の加速度応答

Deep Case の共振時の直接基礎、杭基礎の地盤と構造物の加速度応答波形を図・5, 6 に示す。直接基礎、杭基礎ともにダクト近傍地盤と構造物は同様の応答を示し、直接基礎では、底版の加速度応答は地盤の非線形性に伴いピークが潰れた応答となる。一方、杭基礎では、直接基礎に比べ地盤の非線形性挙動が抑制される傾向にあることから、直接基礎で見られた応答波形のピークの潰れはあまり見られない。なお、この傾向は、ダクトの剛性によらずほぼ同様である。また、直接基礎の上下動は、地盤の挙動と同様に入射波の 2 倍の振動数を持ち、左右の側壁では同位相の応答を示すことから、ダクトはロッキング運動ではなく、地盤の非線形挙動により構造物の上下動が発生していることがわかった。

3. まとめ

今回の実験結果から、杭基礎構造物は直接基礎に比べダクト近傍

の地盤の非線形性挙動を抑制することが確認された。また、ダクトの加速度応答はダクト近傍の地盤と同様の挙動を示し、地盤の非線形性の影響を大きく受けることもわかった。今後は、ダクトに作用する土圧についても実験データの整理を進めるとともに、地盤の非線形性を考慮したシミュレーション解析を実施し、地中ダクトの地震時挙動や動土圧について検討を行う予定である。

参考文献 1) 渡辺啓行・末広俊夫: 地中ダクト側壁動土圧に関する実験的検討, 土木学会論文集 No. 432 I -16, pp. 155-163, 1991. 7
 2) 渡辺啓行・末広俊夫: 数値実験による地中ダクトの動的水平直土圧の評価, 土木学会論文集 No. 432 I -16, pp. 165-174, 1991. 7

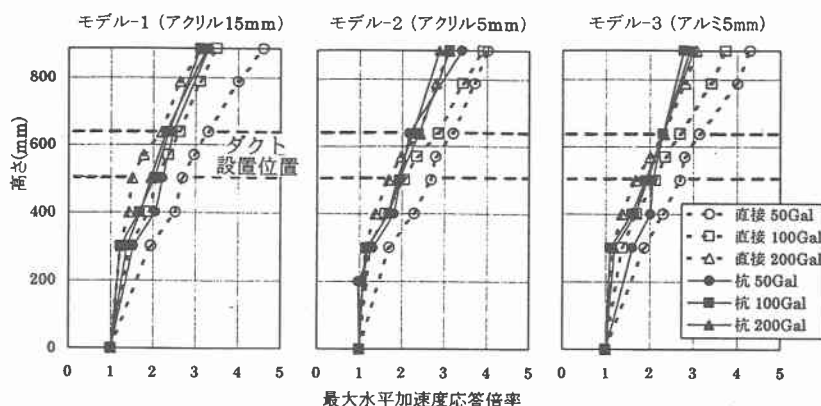


図-3 地盤の水平最大加速度応答倍率分布 (Deep Case)

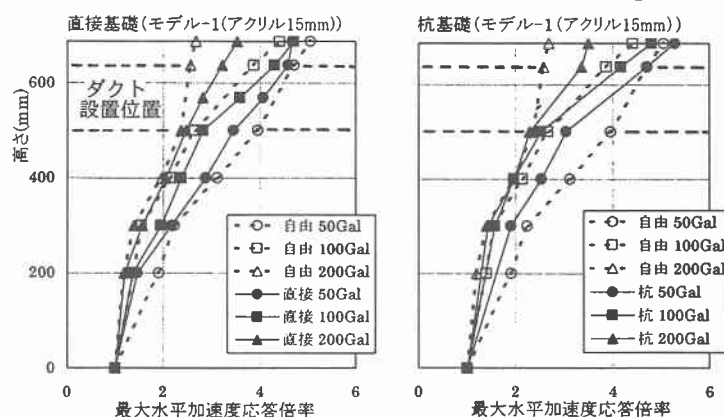


図-4 地盤の水平最大加速度応答倍率分布 (Shallow Case)

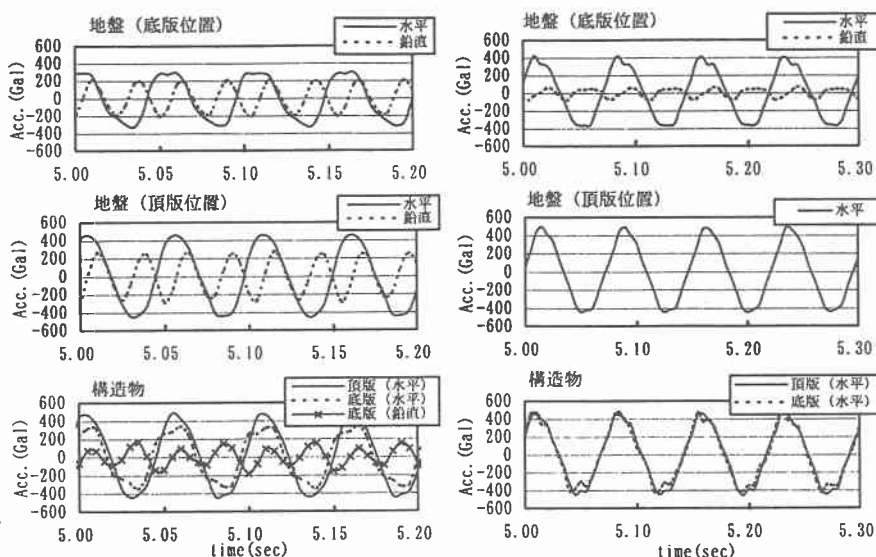


図-5 地盤と構造物の加速度応答波形 直接基礎, Deep Case モデル-1, 200Gal, 19.0Hz

図-6 地盤と構造物の加速度応答波形 杭基礎, Deep Case モデル-1, 200Gal, 13.5Hz