

CS 115

立坑の地震時挙動に関する動的遠心模型実験（その1）

— 周波数領域における加速度応答について —

鹿島建設技術研究所 正会員 鈴木理恵 正会員 本田満彦
同 上 正会員 大保直人 正会員 鄭 京哲

1. はじめに 立坑のような鉛直地下構造物の地震応答については、まだ明らかにされていない部分が多く、周辺地盤との動的相互作用をどのように評価するかについて現在多くの研究が行われている。そこで筆者らは、立坑の深さが地震時に周辺地盤に及ぼす影響を解明するために、遠心模型実験装置を用いた加振実験を行った。本論は、地盤や立坑の加速度応答を周波数領域において整理し、その動的相互作用について調べたものである。

2. 実験方法及び条件

2.1 加振システム 実験に用いた加振装置は加速度及び変位をフィードバック信号とするサーボ機構により制御され、正弦波や実地震波が再現可能である。また、本システムは48ch同時サンプリング可能な計測システムを装備している。

2.2 実験土槽 実験土槽には片面をアクリル板としたアルミ製で、内り $w200 \times b500 \times h350\text{mm}$ （加振方向の内り寸法を b とする）の剛体土槽を用いた。

2.3 立坑モデル 実験に用いた立坑モデルはアルミニウム製の円筒で、地下連続地中壁で構築された多角円形のシールド発進立坑を参考にした深さ15m、外径3m、壁厚0.3mの立坑を想定し、断面剛性を揃えるように相似則（1/50）を適用し寸法（ $H/D=5$ ）を決定した。また、図-1に示すように円筒の長さを変化させて直径 D と長さ H の比を変えた2種類の立坑モデルを使用した。

2.4 地盤モデル 地盤材料として豊浦標準砂を用い、立坑を図-2のように実験土槽の中央に設置し空中落下法により高さ33cmの一樣地盤を作成した。なお、土槽の内面には地盤モデルに境界の影響を少なくするための対策を施している¹⁾。

2.5 実験条件 表-1に実験ケースの一覧を示す。El Centro NS波の時間刻みを1/50にしたものを加振波として、実験は全て50g（ g は重力加速度）の遠心力場で実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 立坑の深さを変化させた場合の立坑天端面の加速度応答 加振レベルが低い場合の実験結果を、土槽基盤Aに対するケース1（立坑無し地盤モデル）、ケース3（ $H/D=1.5$ ）及びケース5（ $H/D=5$ ）の測点B（図-2参照、立坑天端面）の伝達関数を図-3に示す。全てのケースにおいて伝達関数の形状は同じであり、振動数約230～250Hzで応答倍率のピークが見られ本実験モデルの一次固有振動によるものと思われる。ケース1より、ケース3の方がピーク部分の応答倍率は小さくなり、さらにケース5の方が小さくなっている。図-4には、加振レベルを高くした場合の土槽基盤Aに対するケース2（立坑無し地盤モデル）、ケース4（ $H/D=1.5$ ）及びケース6（ $H/D=5$ ）の測点Bの伝達関数を示す。加振レベルの大小にかかわらず立坑を設置すること

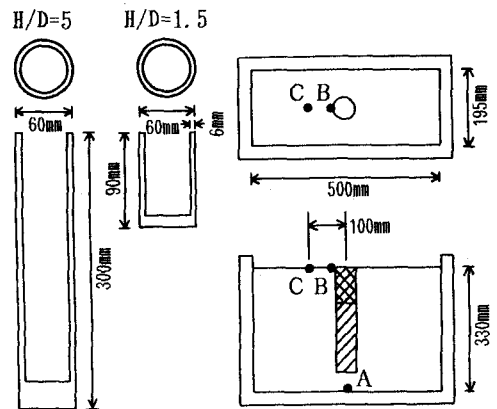


図-1 立坑モデル

図-2 地盤モデル

表-1 実験ケース

	立坑の長さと同径の比 H/D	加振加速度 (g)	地盤の相対密度 (%)
ケース1	立坑無し (一様地盤モデル)	1.2	82
ケース2		9.2	83
ケース3	1.5	1.1	87
ケース4		9.8	88
ケース5	5	1.2	83
ケース6		10.0	85

で応答倍率は小さくなり、これは加振レベルが高くなったために地盤に非線形性が現れたため、応答が小さくなったものと考えられる。

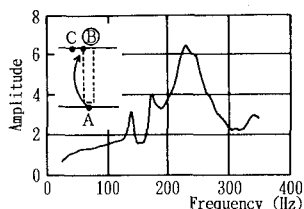


図-3(a) 加振レベル小・立坑無の場合の伝達関数

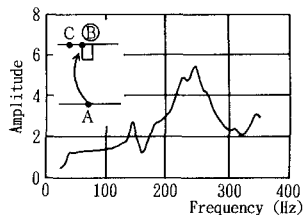


図-3(b) 加振レベル小・立坑 $H/D=1.5$ の場合の伝達関数

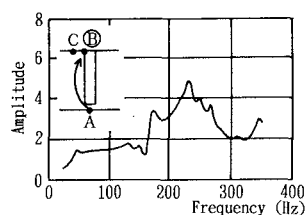


図-3(c) 加振レベル小・立坑 $H/D=5$ の場合の伝達関数

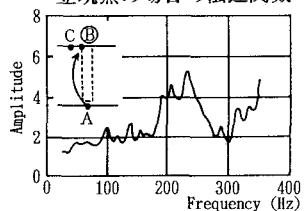


図-4(a) 加振レベル大・立坑無の場合の伝達関数

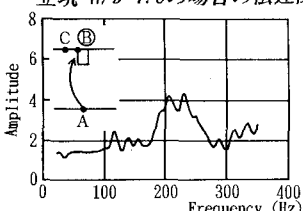


図-4(b) 加振レベル大・立坑 $H/D=1.5$ の場合の伝達関数

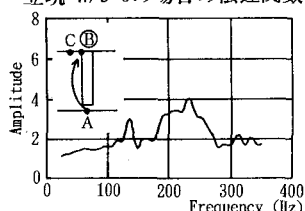


図-4(c) 加振レベル大・立坑 $H/D=5$ の場合の伝達関数

3.2 立坑の有無と周辺地盤の加速度応答

図-5には加振レベルが低い場合の土槽基盤Aに対するケース1(立坑無し地盤モデル)とケース5($H/D=5$)の測点C(図-2参照、立坑中心より100mm離れた地表面地点)の伝達関数を示す。立坑の中心より立坑半径の3倍以上離れた地点の応答は、立坑に影響を受けないことを示している。図-6は図-5の加振レベルが高い場合の伝達関数であるが、加振レベルの低い場合同様立坑の有無はC地点の加速度応答に影響を及ぼさない。

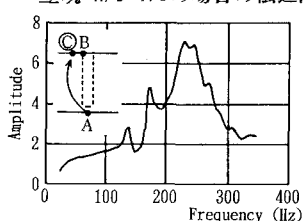


図-5(a) 加振レベル小・C点の場合の伝達関数

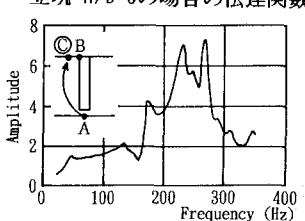


図-5(b) 加振レベル小・C点の場合の伝達関数

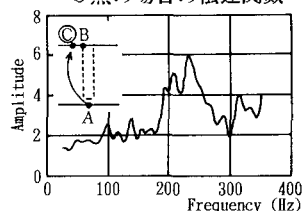


図-6(a) 加振レベル大・C点の場合の伝達関数

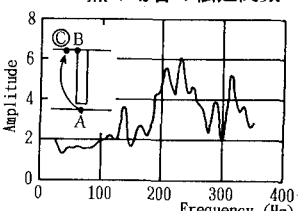


図-6(b) 加振レベル大・C点の場合の伝達関数

4. まとめ 本論では立坑の直径と深さ比をパラメータとし、立坑の深さが地表面の加速度応答に与える影響について遠心実験を実施した。得られた結果をまとめると以下のようになった。

1) 加振レベルの高低に関わらず、立坑を設置することにより立坑の拘束効果が作用し、立坑地表面の加速度応答が立坑を設置しない場合に比べて小さくなる。さらに、拘束効果は立坑が深い場合の方が浅い場合に比べて大きいと思われる。

2) 立坑の中心より立坑半径の3倍以上離れた地点では立坑の有無に関わらず加速度応答は変化しないことが明らかになった。なお、本研究はCUREEとの共同研究の一環として行ったものである。本研究の計画・実施にあたってはカリフォルニア工科大学Scott教授から貴重な御助言を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

【参考文献】 1) 鈴木他：動的遠心模型実験における土槽の境界処理方法について，第27回土質工学研究発表会，1993。