

(株) 大成建設 正員 ○高橋 正美
 長岡技術科学大学 正員 小長井 一男
 長岡技術科学大学 学生員 市村 浩二

1 まえがき

近年の数値計算技術及び計算機の性能の向上に伴い、基礎構造物と地盤の動的挙動に関し、多くの巧緻な数値解析手法が提唱されている。これらの解析手法の妥当性を検証するうえでも、また数値解析では扱いきれない複雑な境界条件を有する基礎構造物の動的挙動を解明するうえでも、模型実験の重要性は大きいといえる。模型実験により杭加振時の応答特性を検討する場合、半無限の広がりをもつ地盤内への波動の逸散をどのように評価するかが問題となるが、これについては杭に立ち上りりの鋭い衝撃力を加え、模型境界よりの反射波を解析対象から除外することで対処する。従来このような衝撃力を発生させるために、火薬の爆発等による衝撃音波を利用する方法や、重錘落下、ハンマーによる打撃等の機械的方法が用いられてきた。しかしいずれの方法も再現性の点で問題があり、特に後者の場合、インパルスの継続時間を短くすることは難しい。そこで本研究では、構造、原理が簡単で入力波形の制御が容易であり、再現性にすぐれているという諸条件を兼備した電磁誘導型送波器をこの目的に供することも考え、本装置による模型杭の打撃実験を実施した。

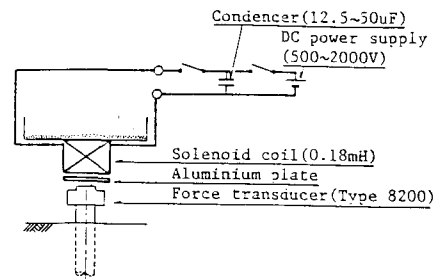


Fig.1 Electromagnetic induction type shock wave source.

2 実験手法

電磁誘導型送波器は図1に示すように電源部、うず巻コイル、および打撃対象に取り付けられたアルミニウム円盤からなっており、コンデンサーに充電した電気エネルギーをコイルに加えた瞬間、コイルとこれに対置したアルミニウム円盤との間に衝撃的な反発力が生じる性質を利用したものである。模型地盤は、近年開発された透明度の高い水硬性ウレタン(MYH-T3~T6)を用いて作製された。この材料は弾性波速度を $2\text{ m/s} \sim 6\text{ m/s}$ と低い値に調整できるため、現象の把握が容易になる。また光弾性感度がゼラチンゲルにくらべて $1/5 \sim 1/10$ 程度と小さいので、ウレタンの模型地盤内にこれと弾性的性質の酷似するゼラチンゲルの薄板をはさみこみ、一断面内の波動伝播状況を光弾性学的に観測することができる¹⁾。そこであらかじめ模型杭、加速度センサー等を図2に示すように埋め込んだゼラチンゲルの薄板を作製し、これを水硬性ウレタン水溶液を満たしたアクリル水槽中に挿入して所定の寸法の地盤模型(均質一様及び二層地盤の2体)を作製した(図3)。

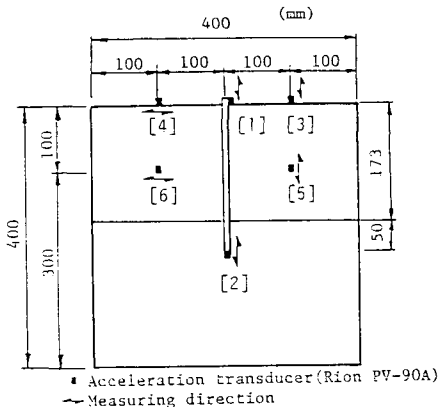


Fig.2 Location of acceleration transducers.

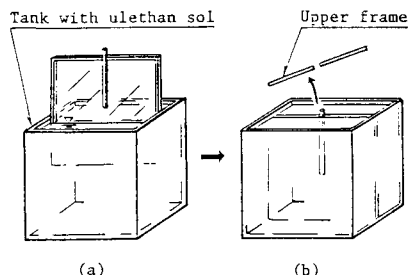


Fig.3 Process of making model ground.

3 実験結果とその検討

実測された加速度応答から反射波を除去し、後続のゼロを添付した記録のフーリエスペクトルを、衝撃力の力積で除して、各点の周波数応答関数の近似解を得た(図4, 一点鎖線)。これに対し、文献2)を参照して誘導した周波数応答関数の数値解析解を対応する図中に実線で併記した。この解析手法では、地盤を半無限の拡がりを持つ連続体とし、杭とこれと等しい長さの線形な梁にその中心を貫かれた有限個の剛体円盤列にモデル化している。半無限体中の剛体円盤のコンプライアンスは周波数の複素関数として与えられ、これが杭の表面より波動の逸散する影響をモデルに組み入れることになる。解析解と実測値より得られた周波数応答の近似値はどのケースでも定量的によく一致しており、本研究で提案した実験手法から、半無限地盤への波動逸散を考慮した杭地盤系の動的挙動を定量的に評価することが検証された。

図5は数値解析より得られた杭(円盤列)が地盤に加える力の分布を示したものである。均質一様、二層どちらの地盤模型でも、層境界、杭先等特異な点を除き、力の分布は深さ方向にほぼ一様であり、この状況は光弾性写真から認められる波頭の伝播状況(図6)とも符合する。これらの写真から、杭周辺から円筒状に広がる波頭Ⅰ, Ⅰ'等が鮮明な光弾性縞として捕捉される他、杭先端から球殻状に広がる波頭Ⅱ, Ⅱ', 層境界から球殻状に広がる波頭Ⅲ, Ⅲ'が認められる。さらに二層地盤模型においては、基盤と表層のせん断波速度の違いにより、波頭Ⅳの円筒と、層境界面の交線(円)を切り口とし、波頭Ⅴの球殻と内接球とする円錐状の波頭Ⅳ'が伝播する様子が確認された。

4 まとめ

電磁誘導型送波器による入力は、継続時間がきわめて短く(ゲル状材料のようなせん断波速度の小さいものを地盤の模型材料とした場合)、これをインパルス入力とみなしてさしつかえない。したがって、模型境界からの反射波を分離し、これを解析対象から除外することが容易であり、その結果半無限領域への波の逸散を考慮した杭基礎等の応答を定量的に把握することができた。また継続時間の短い衝撃力を加えることで光弾性による鮮明な波頭観測を実施できた。

〔参考文献〕

- 1) 森地重暉, 田村重四郎: ゲル状材料を用いた動学的模型実験解析の一方法について, 土木学会論文報告集, No. 310, 1981
- 2) 小長井一男: 鉛直加振を受ける杭の応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 325, 1982

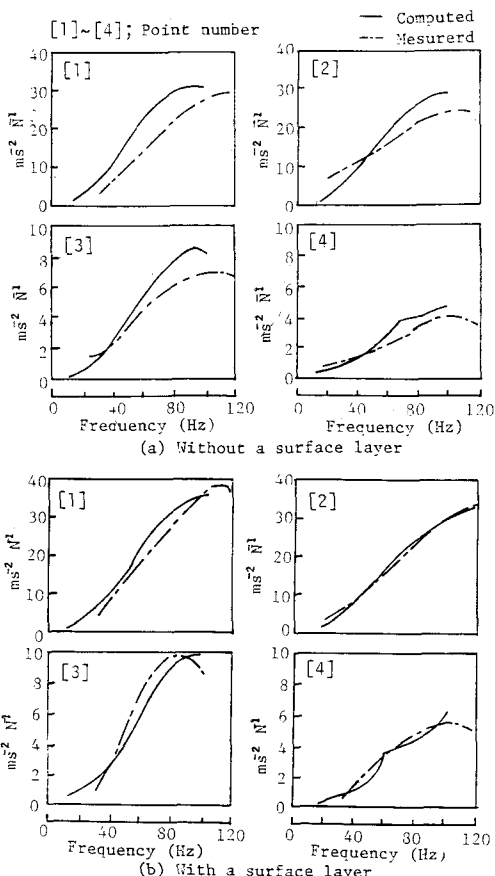


Fig.4 Frequency response of acceleration.

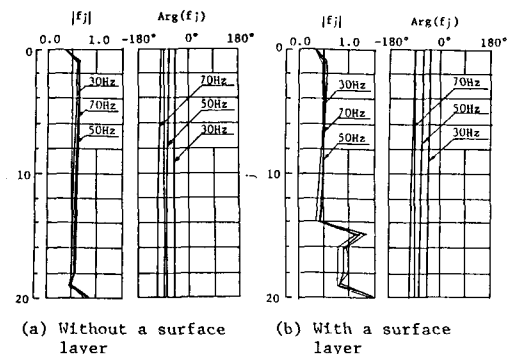


Fig.5 Interface forces between disks and model ground.

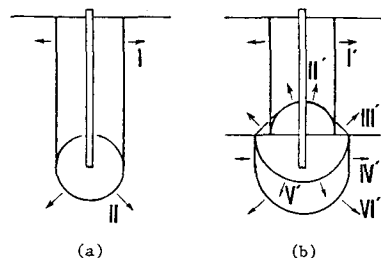


Fig.6 Observed wave fronts.