

首都高速道路公団（正員）齊藤 亮

㈱建設技術研究所（正員）五瀬 伸吾（正員）易 鋒

1. はじめに

道路橋杭基礎の規模は地震時で決定される場合が多い。設計法は震度法を用いた静的設計であり、道路橋示方書V耐震設計編における2段階設計の中規模の地震を想定したものと考えられる。大規模地震における設計法や照査法は用意されていない。現在、大規模地震までを想定して、杭基礎の設計に限界状態設計法を導入すべく各方面で研究が鋭意進められている。その際、実際の挙動を反映した動力学的な面からの検討を行い、静的な取り扱いとの相違を把握しておくことは重要であり、本研究の目的はここにある。

上記の目的の一貫として、東京大学生産技術研究所所有の大型振動台1（10×2×4m）を利用して、橋脚つき杭基礎（3×3の9本杭）の振動実験を行った。模型は、橋脚を質量を持った剛体とし、杭はフーチングで剛結合している。杭材にはφ60、杭長1980mm（t=3）のアルミニウム管を用い、乾燥した小名浜砂を地盤材料とした。

2. 実験条件

振動台の諸元を表1に示すように最大400galまで加振できるようになっている。。振動試験の種類は表2に示すように、共振実験と強振実験の2種類で、いずれもsin波による入力とした。フーチングと橋脚に相当する重量として2tfを考慮した。図1に試験模型の概要を示した。加振方向の両側の土槽壁には地盤のせん断振動に配慮し、地表面部を厚くしたウレタンウオームを設置している。

表1 振動台の諸元

1	砂箱の大きさ	長10×深4m×幅2m
2	振動台の重量	空量時 35t 最大積載時 170t
3	振動周期	0.2～1.0秒
4	最大変位	±100mm
5	最大加速度	400cm/sec/sec
6	モータ	100馬力 2台
7	アクチュエータ出力	20t

表2 振 動 試 験 の 種 類

ケース名	基礎の大きさ（cm）	加 振 方 法	模型総重量（tf）
D-GP-3×3-1	50×50×20	共振振動試験	2.0
D-GP-3×3-2		履歴ループ確認試験 (50, 100, 150, 200, 300gal)	

杭先端は、基礎地盤（厚さ50cm）である粒調碎石に18cm程度貫入させ、支持力を十分とるため杭全長の1/3程度まで杭体内に砂を埋めた。杭は予め設置しておき、杭頭を固定した状態で砂の巻き出しを行った。砂は、一定の高さから落下させ、所定の地盤高さまで盛った段階で整地した。その後、フーチングを現場打ちで設置しその上に橋脚に相当する鉄板を載せた。図2に杭体のひずみの測定位置を示した。

なお、加振前の軸力は、フーチングおよび鉄板の設置過程で測定した。また、密度測定は加振前およびそれぞれの加振実験の終了ごとに測定している。

3. 共振実験結果

3Hz～25Hzで共振実験を行った。加速度の大きさは、3galのsin波である。その結果を図3に示す。地盤の応答倍率のピークは、18.5、12.5および9.5Hz付近に、構造物は7Hz付近であり、これらの付近にそれぞれの固有周期が存在することが判った。強振実験時は、加速度の小さい共振実験時に比べ地盤の剛性が小さくなり、固有周期が大きくなることが予想されるため、これらの固有周期は強振実験のための参考とする。

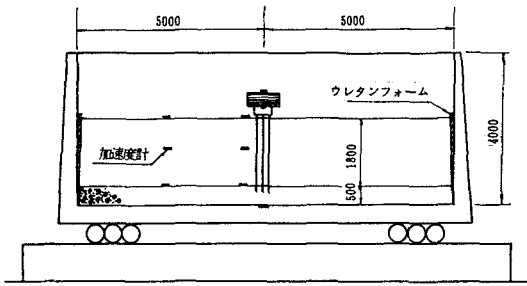


図1 杭基礎模型振動試験概要図

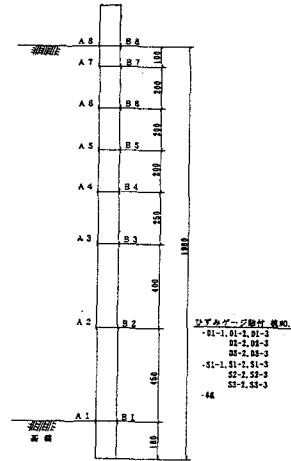


図2 ひずみゲージ位置図

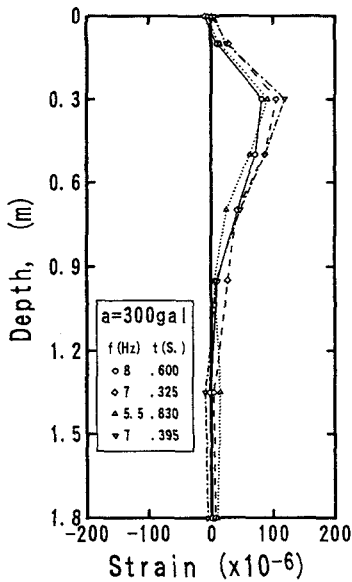


図4 杭体のひずみ分布 (D1-1)

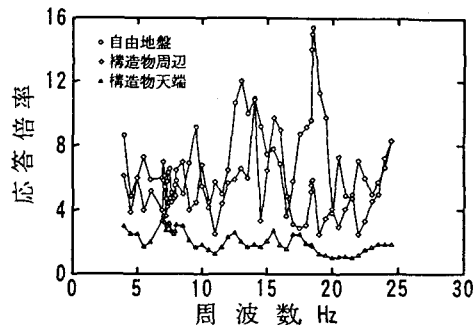


図3 共振実験

4. 強振実験結果

強振実験は、数種類の周波数で50gal～350galまで約50gal刻みで行った。定常状態での加振時間は10秒程度とした。図4に加振加速度300gal時の杭体の平均曲げひずみ分布を示す。振動中に基礎の重心がドリフトするため曲げひずみは対称となっていない。これから、加振加速度が300galを超えても、杭体の曲げひずみはせいぜい200 μ 程度と降伏ひずみ(2845 μ)に比べ小さいことが判る。この時の構造物天端の加速度は488galであり、(周波数7Hz)構造物には非常に大きな加速度が働いている。また、このときの地表面の加速度は850gal程度であり、構造物の応答加速度に対して1.74程度の加速度が作用している。

5. おわりに

上記の実験の他、地盤だけの振動実験や同じ条件での静的実験も行っており、これらの結果とも合わせて別の機会に報告したいと考えている。これらの実験を行うに当たり、東京大学生産技術研究所の龍岡教授、小長井助教授、山崎助教授、永田講師および群馬大学鶴飼教授から有益な助言を頂いた。ここに、感謝の意を表します。