

I-B 399

人工島護岸構造物の耐震設計に関する基礎的研究

埼玉大学大学院 学生員 ○片山理志

埼玉大学工学部 正会員 渡辺啓行

1. 目的

近年、港湾関連施設の人工島立地が多数行われ、強振時における防波護岸（ケーソン）の非線形挙動および背後地盤の液状化を考慮した設計法の確立が急務である。本研究ではケーソンの非線形挙動に重点を置き、実験と解析によりその動的応答特性を定性的に把握することを目的とする。本報告は、そのうち、水の有無によるケーソンの応答特性の差異を検討するために行った実験結果をまとめたものである。また、水無しのケースのみ、どの程度実験結果を再現し得るかを検討するために2次元FEMによる数値解析を行った。

2. 模型振動実験

図-1に示す実験モデルを、コンクリート製のケーソン模型を用い鋼製の土槽内に作成し実施した。このモデルで、水で飽和した場合（以下、飽和地盤）と、水のない場合（以下、乾燥地盤）の2ケースを最大加速度400gal、20Hzの正弦波を入力波として行った。計測項目は、ケーソンの応答加速度、応答変位、背後地盤の応答加速度、沈下量、およびケーソン側壁に作用する動土圧とした。尚、飽和地盤では液状化時の間隙水圧の上昇・消散過程を確認するために背後地盤内の動水圧も測定した。

3. 実験結果

図-1に示すモデル図の右向きを海方向、反対に左向きを地盤方向とする。本実験では、加速度およびケーソンの水平変位については海方向を正とし、土圧については圧縮を正としている。図-2には、実験結果としてケーソン水平方向加速度応答、動土圧、ケーソン変位また飽和ケースでの動水圧をそれぞれ時刻歴で示す。まず最初に言えることは、ケーソンの水平変位は、背後地盤による土圧の影響を受けているということである。それは、まずケーソンが海方向から地盤方向へと運動を反転させたとき、土圧はその運動を抑制する。反対に、海方向へと運動を始めたときには、地盤がケーソンから剥離をする様な状態となり、土圧はケーソンを押し出すような働きをしない。この土圧の影響と自身の慣性力により、ケーソン水平変位は海方向へ蓄積していることが説明できる。次に、乾燥地盤の動土圧波形において、負の山のピークに頭打ちの状態が見られる。それが前述したケーソンと背後地盤間の剥離の様子を示している。しかし、飽和地盤ではこの様子は顕著に表れず、それより大きな引張方向の動土圧が見られる。このことは、ケーソンにごく近い背後地盤内の間隙水に負圧が生じたことが要因と思われる。それにより、ケーソンが海方向へ滑動することを抑制する力が働いたと考えられ、飽和地盤におけるケーソン水平変位の減少の一つの要因となっている。

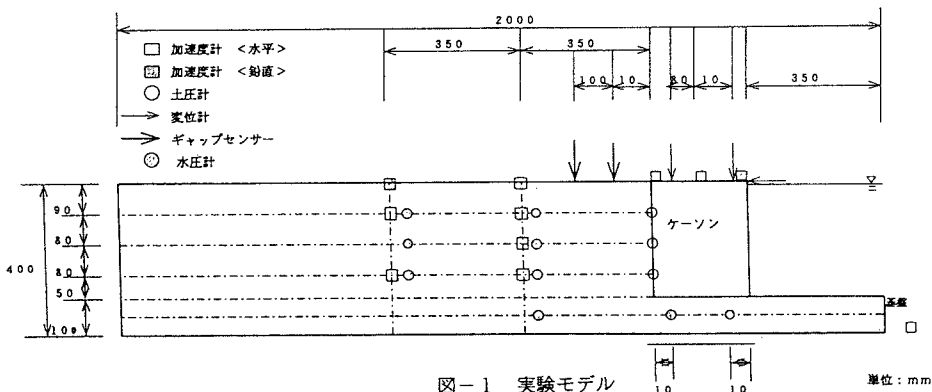


図-1 実験モデル

単位：mm

最後に、飽和地盤において液状化が生じるとケーソン、背後地盤変位とも乾燥地盤の実験結果を上回ることが予想されたが、反対に下回る結果が得られた。このことは間隙水圧と初期有効応力の比をとった間隙水圧比が、本実験では1に達することが無く、完全液状化状態に至らなかったことが原因と考えられる。このため、間隙水圧の上昇による有効応力の減少が加速度応答の低下を招き、ケーソンを押し出す働きを担う圧縮土圧を減少させ、ケーソン、背後地盤の変位を抑制したと考えられる。

4. 2次元FEMによる数値解析

模型振動実験の検証を行うため、ケーソンー地盤系基本断面において線形動的解析を行った。モデルは実験と同型としケーソン底面、側面にジョイント要素を導入した。また、背後地盤がケーソンの移動に追従し得るように背後地盤内にもジョイント要素を配した。その角度は、地盤材料の内部摩擦角より求めた主動崩壊角としたが、実験時においてもほぼ同様の破壊形態が確認できた。表-1に解析で用いた入力物性値を示す。

5. 解析結果および考察

実験結果の検証を行うにあたって、背後地盤内にジョイント要素を配置しないモデルとの比較も行った。その結果ジョイント要素を導入した方が背後地盤がケーソンに及ぼす影響をより忠実に表現し得るという結論に至った。そこで、図-3に実験における乾燥地盤と解析の応答波形の比較を示す。まず加速度波形を見てみると、実験ではほぼ正負両振りであるのに対して、解析では陸方向の加速度、即ちケーソンの変位が海方向に増加する時刻に頭打ちの形状が見られる。これは、ケーソンが海方向に変位するとき、ケーソン下のジョイント要素に滑動が生じたためである。また、全体的な波形の乱れは、ケーソンに追従できるようにした背後地盤の影響である。次に動土圧の時刻歴波形を見ると、負の山が崩れて一定値を示している。これは、ケーソンと背後地盤間のジョイント要素に剝離が生じたことを表しており、実験結果を良く再現している。線形解析である為どうしても定量的な比較には適さないが、定性的にはほぼ良好な結果が得られたと考えられる。また今後の解析では、有効応力解析による液状化実験の評価が必要不可欠であろう。

最後に、本実験に際し、有益な御助言を頂いた東電設計の佐藤氏、関電工の豊島氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 安田登・福井史朗・佐藤正行・豊田耕一・黒瀬浩公：護岸構造物の地震時挙動に関する研究(その1)、土木学会第47回年次学術講演会、平成4年
- 2) 土岐憲三・三浦房紀：地盤一構造物系の非線形地震応答解析、土木学会論文報告集、第317号、1982年

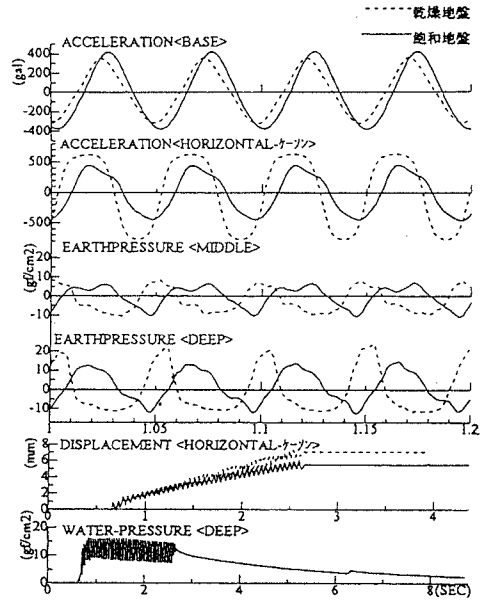


図-2 実験結果の時刻歴波形

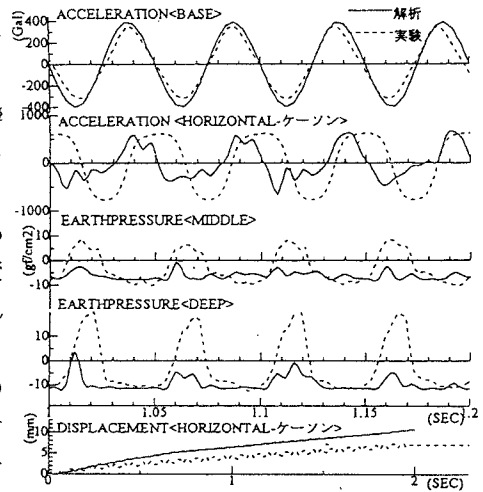


図-3 実験と解析の比較

	せん断剛性 (kgf/cm^2)	単位体積重量 (gf/cm^3)	内部摩擦角 (度)	境界面の摩擦角 (度)
ケーソン部	85690.0	2.35	—	—
地盤部	97.9	1.53	32	—
ケーソンー地盤	—	—	—	25.2

表-1 入力物性値