

CS 112

護岸構造物の地震時挙動に関する実験的研究（その3）

－背後地盤のモデル化について－

東電設計（株） 正会員 佐藤正行 西村友次 黒瀬浩公
東京電力（株） 正会員 安田 登 藤谷昌弘

1. まえがき

筆者らは、ケーソン式護岸の模型振動実験¹⁾およびそのシミュレーション²⁾の研究を継続して実施している。このうち、シミュレーションに関しては、加振によってケーソンが海側へしだいに滑動していく状況は模擬できたが、ケーソンの滑動に背後地盤が完全には追従できず、背後地盤からの土圧がケーソンに十分伝達されないため、ケーソンの滑動量が実験値より小さくなる問題が残っていた。今回の報告では、ケーソンの滑動による背後地盤の崩壊現象をできるだけ再現できるように背後地盤のモデル化を行った。

2. 解析モデルおよび解析方法

解析には、完全弾・塑性のジョイント要素及びソリッド要素を持つ、土岐・三浦³⁾による2次元FEM解析プログラムを若干修正したものを用い、ジョイント要素を物性値の異なる接触面全てに配置した。室内試験等から設定した解析用物性値を表-1に、境界面の強度を表-2に示す。

3種類の解析モデルを図-1に示す。図中の①～⑤の点は図-2に示す応答波形の出力点である。図の(a)は比較的大きなソリッド要素を用いたモデル（Lモデルと呼ぶ）、(b)は背後地盤のソリッド要素のメッシュ分割を細かくしたモデル（Fモデルと呼ぶ）、(c)はソリッド要素の分割はLモデルとほぼ同様とし、背後地盤内にジョイント要素を配したモデルである（Jモデルと呼ぶ）。この背後地盤内のジョイント要素の角度は背後地盤材料の内部摩擦角から推定される主動崩壊角から設定したが、実験時に背後地盤内に生じた崩壊面の角度にほぼ一致している。

3. 解析結果と考察

図-2に実験結果と解析結果の時刻歴の比較を示す。最上位の波形は土槽底面において計測された加速度波形であり、解析における入力波形である。変位波形は振動台との相対変位を表わしている。いずれも海側方向を正としている。土圧波形は静止状態を零とし、圧縮を正としている。

ケーソンの土圧の波形を見るとモデルの差がよく現れている。Lモデルでは、ケーソンが最初に海側へ滑動した後④点に土圧が生じているものの、その後はケーソンとの間に剥離を生じており、また、深い位置の⑤点ではケーソンの滑動初期の段階から剥離が生じて

表-1 解析用物性値

	単位体積重量 γ (gf/cm ³)	せん断波速度 V_s (m/sec)	内部摩擦角 ϕ (度)
コンクリート製ケーソン	2.23	2000	—
シリコンゴム製マウンド	1.16	26	—
背後地盤	1.61	43	30.0

表-2 解析に用いた境界面の強度

	静摩擦角 ϕ_s (度)	動摩擦角 ϕ_d (度)
ケーソン～マウンド	15.2	12.5
ケーソン～背後地盤	20.0	20.0
背後地盤～マウンド	15.2	12.5

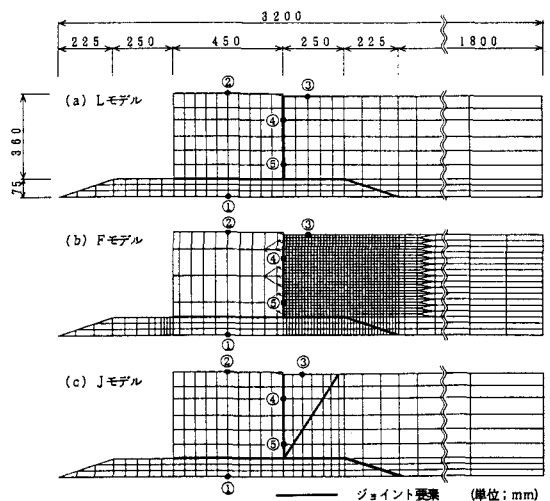


図-1 解析モデル図

いることから、他のモデルに比べて全時刻を通じて小さな土圧しか作用していない。Fモデルでは、最初のケーソンの滑動後に④点と⑤点の両方で土圧が生じており、二度目のケーソンの滑動後に④点に大きな土圧を生じている。これは、メッシュ分割を細かくしたことによりLモデルよりも背後地盤全体が塑性変形しやすくなったためと考えられる。一方Jモデルでは、⑤点においてほぼ全ての時刻で剥離は生じておらず、全時刻を通じて他のモデルよりも大きな土圧がケーソンに作用しており、実験結果と最もよく対応している。

変位波形を見ると、上記のケーソンに作用する土圧のモデルによる差が②点のケーソンの変位量の差となって現れている。即ち、背後地盤からの土圧が大きくなるLモデル、Fモデル、Jモデルの順に大きなケーソンの変位が生じており、Jモデルの変位波形が実験結果と最も良く対応している。

各モデルの解析終了時刻（1.5秒）における変位図を実験結果の変位図とともに図-3に示す。これらの図からもLモデルで背後地盤が完全に剥離している様子、FモデルではLモデルよりも背後地盤の変形が大きくなっている様子、Jモデルではジョイント要素に挟まれた背後地盤が滑り落ちることによってケーソンの移動に追従し剥離が生じていない様子が分かる。

5. あとがき

FEMが微小変形理論によるものであることから自ずとその適用限界はあるものの、メッシュ分割を細かくしたりジョイント要素を配することにより、滑りや塑性変形の問題に対して実験結果とよく対応する解析結果が得られ、塑性化後の挙動を解析的に表現するにはメッシュ分割等モデル化に詳細な注意を要することが分かった。特に今回の実験のように、地盤が塑性化する領域をある程度限定できる場合には、そこにジョイント要素を配置することは有効なモデル化手法であると思われる。

今回の解析および検討に際し、有益な御助言をいただいた山口大学工学部の三浦教授に謝意を表します。

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) 福井史朗・佐藤正行・西村友次・藤谷昌弘・三浦房紀：護岸構造物の地震時挙動に関する研究(その2)，土木学会第47回年次学術講演会，平成4年
- 3) 土岐憲三・三浦房紀：地盤-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

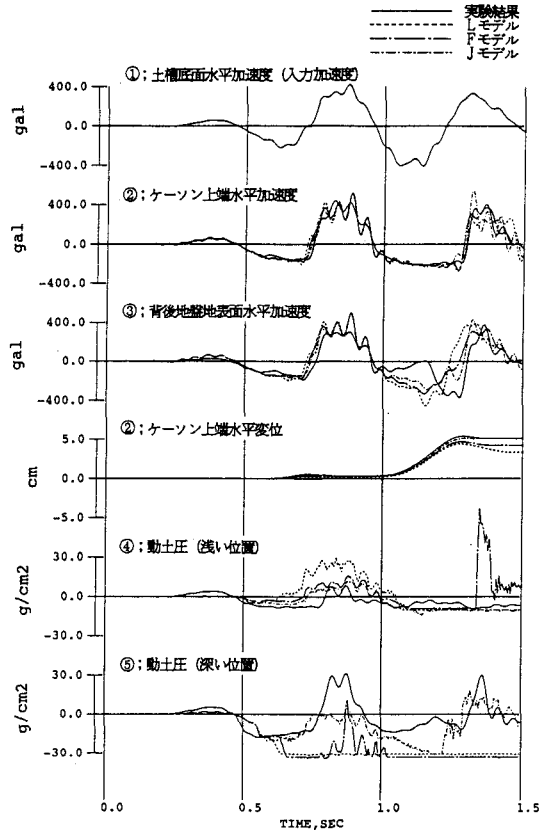


図-2 実験結果と解析結果の時刻歴の比較

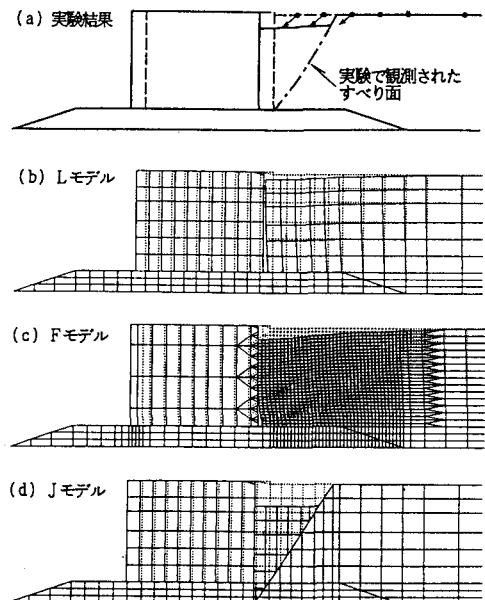


図-3 実験結果と解析結果の変位図の比較