

岡山大学大学院	学生員	横山 勝彦
岡山大学工学部	正 員	竹宮 宏和
東洋建設㈱	正 員	赤本 弘文
岡山大学大学院	学生員	福井 智

1. まえがき

本研究は、地盤-構造物系の耐震解析システム：SUBSSIP-2D¹⁾を開発して、2,3の例題解析を試みたものである。地盤-構造物系の耐震解析用プログラムとして、これまでFLUSHあるいはそのバージョン・アップしたものが発表されて使用されているが、これらの解析法は一般に全体系解析法と称され、地震波の基盤面入力に対する応答を振動数応答法で計算している。本研究で開発したプログラムは、動的サブストラクチャ法²⁾を根幹としており、地盤-基礎-上部構造物系としての定式化を採っている。以下、その概要およびそれによる解析例を紹介する。

2 SUBSSIP-2Dの概要

耐震解析システムSUBSSIP-2Dは大別して、(イ)自然地盤解析、(ロ)地盤-基礎系としての下部構造解析、(ハ)上部構造系の解析、および(ニ)上下部構造の連成系解析から成り立っている。

まず、自然地盤の波動伝播解析では、実体波(SV波、P波あるいはSV+P波)に対しては、ある深さに入力基盤面を想定する。このとき、表層地盤の影響が入らない深さ、例えば岩盤の上面等では剛基盤面とし、そしてまたそれより以深は一樣地盤が続くと見なせる場合は半無限基盤と仮定する。いずれの場合も表層地盤に対しては深さ方向に波動方程式を離散化するが、後者の解析では半無限基盤層については弾性波動論解を併用し、基盤面上の連続性から表層部の有限要素解と結合する³⁾。つまりハイブリッド方式を採る。従って任意の入射角の実体波が入射波として扱え、入射振幅に関して正規化された表層地盤応答が各振動数ごとに得られる。表面波(レーリ波)に対しては、表層地盤下に半無限基盤層を近似的に表現するための各振動数で可変する深さの層を設けてその下端を剛とする。この場合、入力点は地表面とする。

基礎およびその周辺の不規則領域の解析に有限要素法を適用するにあたり、仮想境界を設定しなければならない。本定式化では、不規則領域内の波動場を自然地盤内の波動と構造物からの放射波の和として捉えているため、それぞれに対して側方半無限遠への地盤の広がり効果を考慮できる側方伝達境界を導入している。領域内部は、地盤に対するソリッド(アイソパラメトリック)要素、基礎構造物にはソリッドおよび梁要素から構成される。解析法としては、一体解析法、動的サブストラクチャ法が選択できる。後者の手法では、地盤と基礎の間の共有節点の採り方によって、さらに接触面モデルと接触体モデルが作成できる。接触面モデルは剛体基礎を対象とする場合に、また、接触体モデルは弾性基礎を扱う場合に使用すると便利である。動的サブストラクチャ法では、上記共有節点に関する地盤インピーダンスおよびそれへの有効地震入力を評価するため、基盤入力下での地盤-基礎系に縮合操作を施し、共有節点のみに関する式に帰着させる。ただし、後者は自然地盤内の波動伝播が得られておれば、これと地盤インピーダンス・マトリックスの積から容易に求まる。従って、異なる地震入力に対する解析には、既に算出済の地盤インピーダンスが使用できるという利点がある。

上下部構造物の慣性連成の動的解析には、動的サブストラクチャ法の接触面法モデルから定式化している。つまり上部構造物は軽減減衰系であるため、一時完全固定支持状態として固有モード分解を実施する。そして下部構造系との連成は、上の一時固定支持を基礎との切断面での自由度をもって解除する。この手法では入力地震動の振動数成分を考慮して、応答評価に必要な上部構造物の固有モードのみを抽出することができ、大きな多自由度上部構造物に対しても連成系解析のための自由度を大巾に、かつ合理的に縮小することができる。また、上部構造物系と複数の下部構造物系との連成解析も可能で、長大な構造物に対する入力地震波の伝播効果を評価できる。

以上、いずれの部分解析においても、応答計算にはフーリエ変換法を採用しており、そのため時間領域と振動数領域の間の変換には高速フーリエ変換アルゴリズムを使用する。また、絶対座標系での振動数応答は加速度あるいは変位の応答倍率を表わしていること、および地震入力が、通常、加速度記録で与えられるため、加速度応答の評価ではそれほど問題

は生じないが、変位応答を算出する場合は、地震波の変位成分を、基線修正を経て求めている。

3. 解析例

SUBSSIP-2Dを使用して、図1の埋設構造物の地震応答解析を実施した。図3は、2種の異なる地盤(図2参照)内の管路部の歪応答を、入力波に実体波と表面波を選び調べたものである。これより表面波の方が実体波入力より大きな応答値を与えている。また立坑近傍では曲げ歪もかなり現われていることが判かる。図5は、群杭基礎を有する橋脚(図4参照)の応答性状を調べたもので、上下部構造系の慣性連成効果を適切に評価することの重要性を示している。

参考文献

1. 竹宮他: 動的サブストラクチャ法による地盤-基礎-上部構造物系の耐震解析システム, 第37回土木学会年次学術講演会概要, 1-265, 昭57.10月
2. 竹宮: 地盤-基礎-上部構造物系の地震応答解析-動的サブストラクチャ法の適用-, 土と基礎, 29-9, p.p. 27-34
3. Chen, J.C., Lysmer, J. and Seed, H.B., "Analysis of Local Variations in Free Field Seismic Ground Motion", Earthquake Engineering Research Center, EERC81-03, Univ. of Calif., Berkeley, CA, Jan. 1981

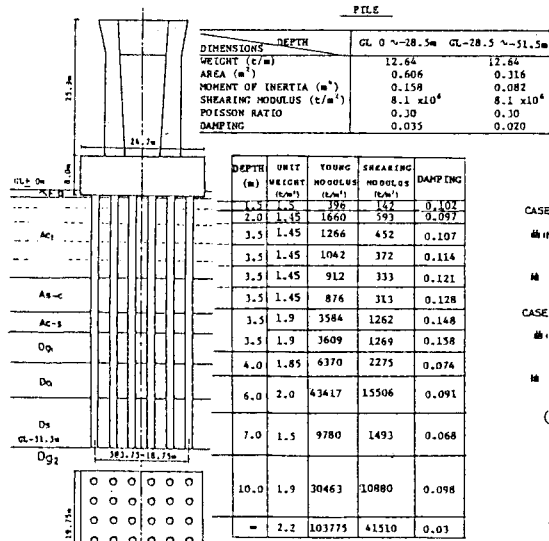


図4.群杭基礎と橋脚

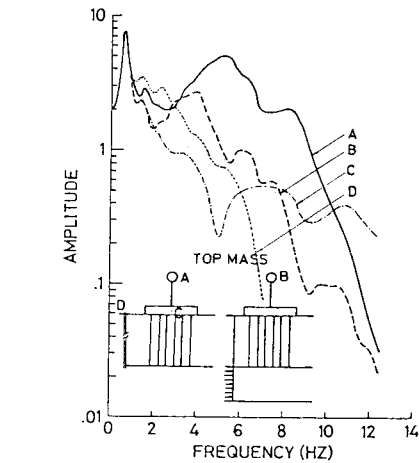


図5.振動数応答

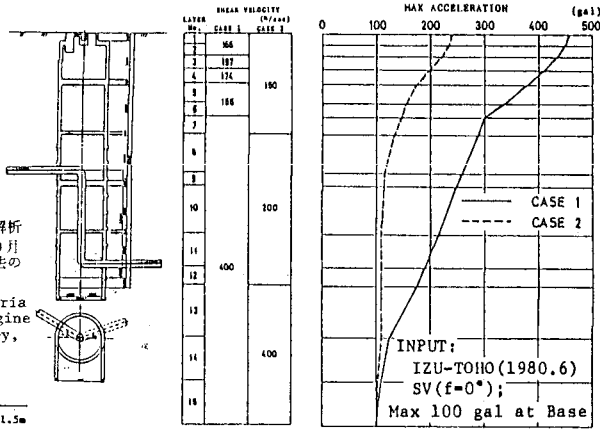


図1.埋設構造物、及び、地盤データ

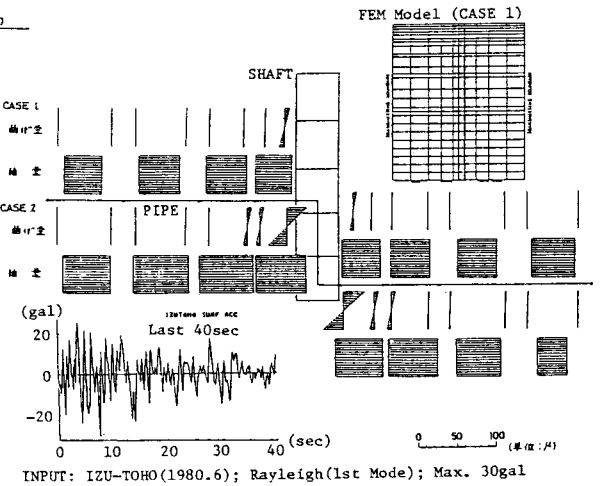


図2.自然地盤加速度応答

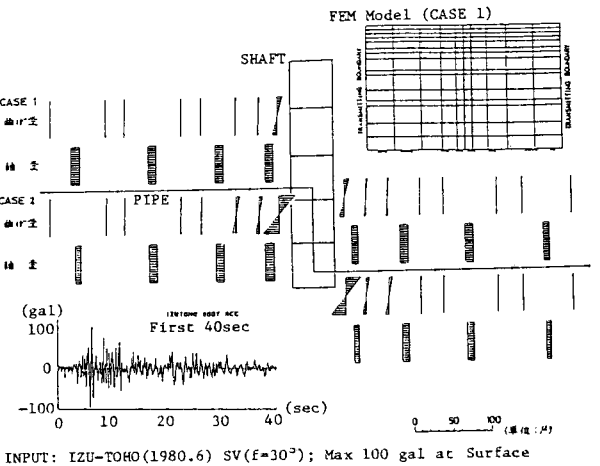


図3.埋設管の歪応答