

清水建設(株) 正会員 石井 清  
 東京ガス(株) 正会員 片山 隆夫  
 清水建設(株) 正会員 〇広瀬 利光

### §1 はしがき

構造物の重心と剛心にずれのない対称形構造物の場合にも、地震時には接れ振動が発生する可能性がある。すなわち、構造物にラブ波あるいはS波の斜め入射を想定すると容易に理解されるように、基礎寸法と地表における地動の(みかけの)波長との比が小さくなると構造物は接れの慣性力を受け(図-1参照)。

また、接れ振動に関する解析的研究からは、たとえばSH波の斜め入射を想定した場合、その入射角によっては上述の現象が工学上無視できないことがあると指摘されている。

しかしながら、実在構造物の地震観測記録からこの現象を解析した例は現在までのところ報告されていない。本研究では根入れ深さの異なる2つの円筒形構造物の地震観測記録より、接れ振動成分を抽出考察するとともに、解析的な検討よりの定量的な評価を試みる。

### §2 実測データによる地震時の基礎の接れ振動

#### (1) 根入れの浅い基礎—手賀沼B基礎—の例

B基礎は図-2に示すように直径30m、深さ2mの根入れの浅い円筒形基礎であり、その材料はソイルセメント系改良地盤である。ここで、改良地盤のせん断波速度は220m/sであるから、周辺地盤のせん断波速度の21.5m/sと比べれば十分に剛く、改良地盤は基礎としてみなすことができる。図-3は基礎の両端C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>の地震記録の平均波形と両者の差の2分の1(基礎端部の接れ動による加速度)を地盤C<sub>3</sub>と比較したものである。また、図-4には波形の卓越振動数成分の位相を見らため、0.4~0.6Hzのバンドパスフィルターの波形を示している。図-3,4から以下のことがわかる。①接れ動の最大値は水平動の最大値の7割近くもあり、この例では接れ動は相当に大きい。②基礎の接れ動の卓越振動数成分は水平動と約90°の位相ずれを持っている。(SH波の斜め入射モデルに対する基礎の水平動と接れ動との位相ずれは90°となる。) 図-5は基礎の接れ動と地表(C<sub>1</sub>)の水平動との伝達率を示す。C<sub>1</sub>は基礎中心より7.5m離れている。伝達率には0.6Hz, 1.3Hz, 1.95Hz, 3.0Hzにピークがあり、振動数が高くなると振幅が小さくなることからわかる。

#### (2) 根入れの深い基礎—大型地下タンク—の例

地下タンクの外形寸法を図-6に示す。タンクの直径は67.9m、高さ26.2m、側壁厚さ1.8mおよび底板厚5.5mの円筒形RC構

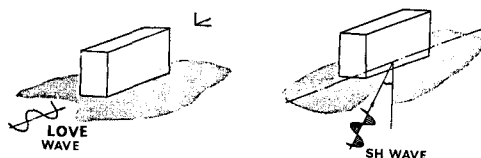


図-1 対称構造物の接れ振動

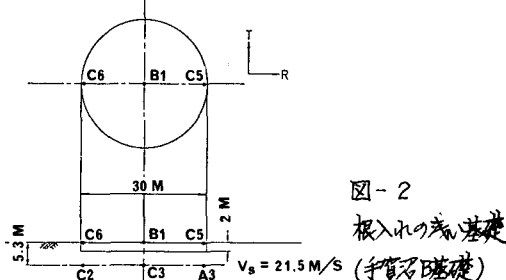


図-2  
根入れの浅い基礎  
(手賀沼B基礎)

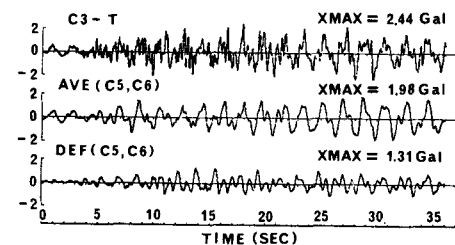


図-3 地震波形記録

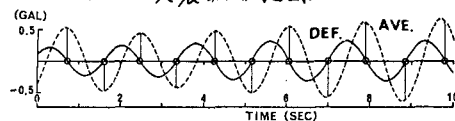


図-4 0.4~0.6 Hzの Band Pass Filter 波形 (10~20s)

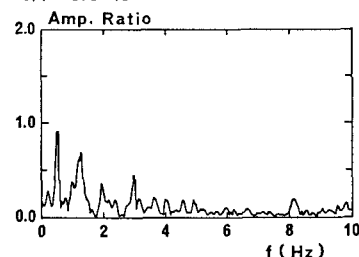


図-5 接れ動(DEF)と地盤(地表)との伝達率

造物である。また、埋込み深さは24.5mであり、タンク本体はほとんど土中に埋込まれた形となっている。地盤はGL-14mを境にして上部は埋立土と沖積層、下部は成田層になる。S波の平均速度はGL $\pm$ 0~-14mで150m/s、GL-14~-40mで380m/sである。ここではタンクは剛性基礎として巨視的振動を見ん。図-7はタンク側壁天端T-1、T-2(X)の波形より求めたタンクの水平動および接れ動の波形である。図にはGL-1mの波形も示している。図-8は基礎の接れ動とGL-1mとの伝達率である。伝達率は振動数0Hzで振幅比0.2で始まり、1.7Hzで振幅比0.2のピークを持ち、それ以上の振動数領域では振幅比0.0~0.2にばらつき、平均値は約0.1となっている。

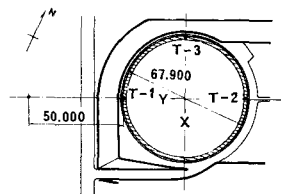


図-6 地下タンクの外形寸法

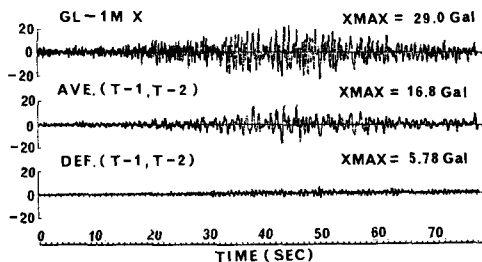


図-7 地震波記録

### §3. SH波の斜め入射モデルによる解析

基礎/地盤の伝達率には基礎の質量効果 (Dynamic Interaction) と地動に対する基礎の幾何学的拘束効果 (Kinematic Interaction) が入っている。ここで、基礎の質量効果は基礎の接れ動の固有振動数と減衰定数より表わすことができる。B基礎では、基礎を地表面設置の円形基礎と仮定すれば均等分布のとき、固有振動数0.88Hz、減衰定数50%程度と概算できる。また、大型地下タンクの場合には単位体積重量が0.7~1.0 t/m<sup>3</sup>と小さく、埋込みを深いため、基礎は地盤の動きに支配される。質量効果は小さく無視できよう。次に、地動に対する基礎の幾何学的拘束効果を評価する。ここで、地動をSH波の斜め入射モデルとしたときの近似解が井口により与えられている。近似解はImpedance係数を既知としてGreen係数を用い定式化されている。解析結果を図-9、図-10に示す。B基礎の検討結果では固有振動数0.88Hz、減衰定数50%として基礎の質量効果を考慮している。また、地下タンクの場合には地盤のせん断波速度を全接地面の平均として252m/sとしている。解析解の入射角を70°程度としたとき、実測解と同じような傾向を示す(入射角 $\theta$ は水平面からの角度をとる)。

(謝辞) 手賀沼における地震観測資料の使用に際して千葉県手賀沼下水道事務所、(財)電力中央研究所土木技術研究所の両関係者の方々に感謝したい。また、この研究の重要性を教えたいただき、データの見方についても種々の御助言をいただいた東京理科大学理工学部 井口道雄助教授に感謝の意を表す。

(参考文献) 1) Iguchi, M.; An Approximate Analysis of Input Motions for Rigid Embedded Foundations., 1981.5, 2) 澤田, 矢島, 佐々木, 江刺; ソイルセメント系地盤改良の耐震効果に関する研究, 電力中央研究所報告, 38022, 1980. 3) 石井, 山原; 大型地下タンクの実測記録による地震波の入力損失の検討, 日本建築学会論文報告集, 第312号, 1982.2.

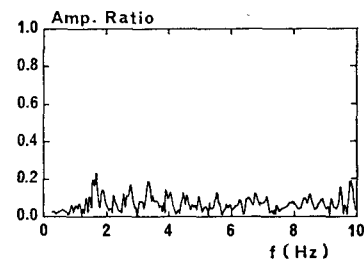


図-8 接れ動(DEF)と地盤との伝達率

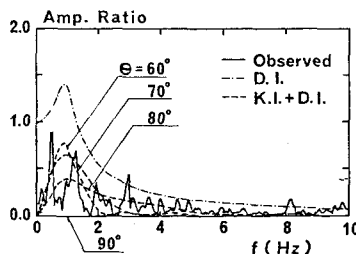


図-9 伝達率(根入れの浅い基礎)

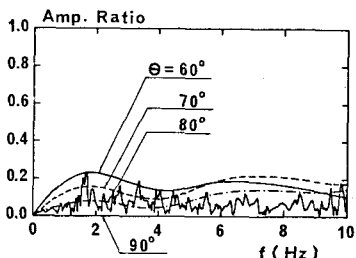


図-10 伝達率(根入れの深い基礎)