地下鉄仮設構造物の耐震性について

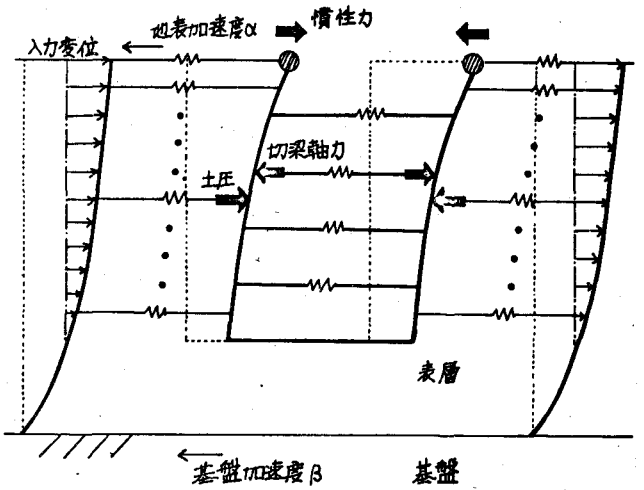
神戸大学工学部　正員　桜井春輔
神戸市交通局　正員　○泉並隆二

1.まえがき

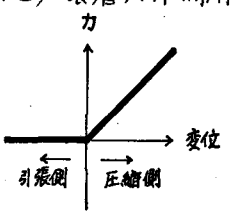
都市交通網の根幹としての地下鉄の建設が全国の主要な都市で行なわれ，常に日本のどこかで建設工事中であるといっても過言ではない。すなわち，地震の多い日本では地下鉄建設工事が常に地震による被害を受ける危機にさらされているとも言える。さらに地下鉄は軟弱な沖積平野に多く敷設されること等，耐震上不利な点が多い。にもかかわらず現在の地下鉄仮設構造物には耐震設計上の考慮が全くなされていない。このような状況から，本報告では地下鉄仮設構造物の地震時の挙動を定量的に議論する第一歩として概略的な解析方法を提案し，その結果について考察を加えるものである。

2.構造物横断方向の解析

図－1に示すように剛な基盤上に，厚さD，平均N値N_mの表層をバネで表わし，この表層中に構造物が設置される。土留杭の支持条件は上端自由，下端固定，切梁は両端ヒンジのバネとする。このような構造物－地盤系に鉛直下方からのせん断波にもとづく図示の変位を入力として与え，解を求めるものである。入力変位を得るために用いる地表加速度α，基盤加速度βの間には，地盤振動特性を表わす金井の式[1]を用いて$\alpha=(\sqrt{T_n}/0.2)\beta$なる関係が得られる。ただし地盤固有周期$T_n$は地震動周期に一致させる。表層地盤の諸定数はせん断波速度$V_s=19N_m^{0.61}$，せん断弾性定数$G=WV_s^2/g$，バネ定数$K=\sqrt{2}(1+\nu)Gd$[2]，固有周期$T_n=4D/V_s$，土の内部摩擦角$\phi=\sqrt{12N_m}+15$，常時土圧係数$K_A=0.8\tan^2(45°-\phi/2)$のように求め，地盤振動と表層厚，N値および地表加速度の関数として考える。ここに，W,g,ν,dはそれぞれ土の単位体積重量，重力加速度，表層のpoisson比，表層バネ間隔である。なお，切梁および表層のバネは図－2のとおりの非線形で，この特性にもとづく結果を算出するためNo Tension法[3]を適用した。対象とした構造物の諸元は掘削深さ15m，掘削幅10m，土留杭および切梁はH300×300で切梁は鉛直方向3m間隔に4段設置した。



図－1 解析モデル



図－2 バネ特性

3.構造物縦断方向の解析

構造物縦断方向の変形は地盤変形に支配されることから，縦断方向

部材(腹起し)は地盤と全く同様に動くものとし，せん断波を水平面内で構造物軸線と45°をなす方向から入射させる。深さ方向の地盤変形は2.で述べた鉛直下方からのせん断波に準じて考える。なお，腹起しはH400×400を対象とし，無限に長い一様な梁としている。

4.数値計算結果

横断方向の検討に際し図-3のように2通りの入力を考え，それぞれcase-I，case-IIと呼ぶ。case-Iの土留杭曲げ応力とN値および表層厚との関係を図-4，図-5に示す。同図中実線は掘削底面部で，点線はオ一段腹起し接続部で曲げ応力が最大値になることを示し，破線は降伏応力2500kg/cm²を示す。パラメーターは地表加速度である。同図からN値の減少は急激な応力の増加を招くが，表層厚の増加は緩慢な応力増加しか引き起さない。case-IIの土留杭の曲げ応力はcase-Iとほぼ同様な値が得られている。case-Iの切梁軸応力は常時の応力と変わらないが，case-IIでは図-6，図-7に示すように大きな軸応力が得られる。図中の破線は両端ヒンジ支承の場合のEuler座屈応力で1168kg/cm²である。

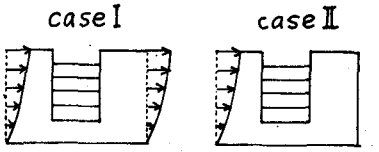


図-3 地盤変位

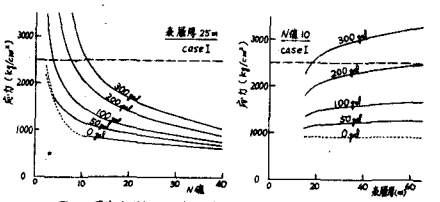


図-4 土留杭曲げ応力とN値の関係

図-5 土留杭曲げ応力と表層厚の関係

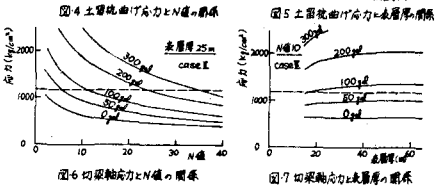


図-6 切梁軸応力とN値の関係

図-7 切梁軸応力と表層厚の関係

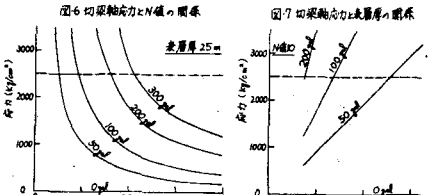


図-8 腹起し軸応力とN値の関係

図-9 腹起し軸応力と表層厚の関係

縦断方向の検討に際しては最も不利な状況にあるオ一段腹起し(G.L.-3m)を対象とした。この腹起し軸応力とN値および表層厚との関係は図-8，図-9のとおりで図中破線は降伏応力である。同図からN値との関係は土留杭や切梁とほぼ同様な性状であるが，表層厚との関係は直線状となり，土留杭や切梁よりも表層厚の影響が大きい。

以上の横断，縦断方向のすべての場合を総合して，どれか一つの部材でも降伏応力あるいは座屈応力を越えた場合を構造物の破壊と考えて作成したのが図-10である。図中実線部分はcase-IIの切梁が，破線部分は腹起しがそれぞれ最も危険な部材であることを示す。たとえば表層厚30m，N値25の地盤に設置した構造物では地表加速度200galで切梁が座屈して構造物が破壊することを示している。

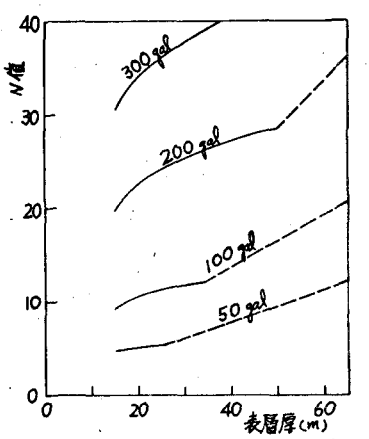


図-10 破壊領域

最後に，本報告は筆者らの一試案であることを付記するとともに，本報告を作成する機会を与えて下さった関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

参考文献 1) 金多潮：土木建築耐震設計施工 pp 31~40 2) L. Zeevaert : Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions, 1972, pp553~570, 3) O.C. Zienkiewicz : Stress Analysis of Rock as a "No Tension" Material, Geotecnique 18, 1968, pp 56~66