応答変位法における単杭の地盤抵抗に関する検討

(財)	鉄道総合技術研究所		正会員	\bigcirc	室野剛隆		
	同	上			畠中	仁,	棚村史郎

<u>1. はじめに</u>

軟弱地盤では地震時の地盤震動変位が大きいことから,杭の設計にも地盤変位の影響を考慮する必要性が あることが指摘されている.鉄道構造物の耐震設計¹⁾では応答変位法により地盤変位の影響を考慮している. その際,地盤ばねについては杭頭載荷試験結果から統計的に求められた地盤ばね特性を採用している.しか

し、杭頭載荷の状態と地盤変位が作用する場 合では地盤-杭の相互作用のメカニズムが大 きく異なると考えられることから、著者らは 地盤変位を考慮した載荷試験を行った²⁾.本 報告では、その載荷試験結果からばね特性を 求めるとともにシミュレーション結果により 地盤ばねの考え方について考察した.

2. 載荷試験から得られた p-y 関係

載荷試験は図-1 に示すように両壁が変形 するせん断土槽を用いて遠心力場(50g)で行 った.詳細は文献2)に詳しいが,杭頭載荷試



図-1 載荷試験装置

験の場合は両端の土層壁は固定し,地盤をせん断変形させる場合は土層壁を動かすことにより杭に地盤変位 を作用させている. 模型杭はアルミニウム製で実験範囲では線形性を保っている. 杭にはひずみゲージが貼 付されており,このひずみから曲げモーメント *M*(*z*)を算定し,*M*(*z*)を6次関数でフィッティングした.この 値を微分することによりせん断力 *Q*(*z*),地盤反力 *p*(*z*)を,積分することによりたわみ角,たわみる(*z*)を算定 した. 杭頭載荷により得られた *p*(*z*)~*y* 関係を図-2 に示す.既往の研究からも指摘さているように,*p*(*z*)~*y* 関係は非線形化により双曲線状の特性を有し,深さとともに地盤反力係数およびその上限値が大きくなって いる様子が分かる.地盤変位載荷の場合は,地盤変位量の算定精度が問題となる.本実験では地盤中に設置 したリン青銅板により計測したが,精度的に高くなかった.そこで,以下の方法により地盤変位を仮定した. まず,土槽下端は当然ゼロである.さらに,GL-75mm で地盤反力*p*(*z*)が概ねゼロになっており(図-5参照), そこから浅い位置と深い位置で地盤反力の符号が反転していることから,杭と地盤の相対変位がゼロになっ



Key wards:応答変位法,地盤ばね, *p-y*関係,単杭 連絡先:〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 (TEL)042-573-7262 ていると考えられる.よって、この2点での地盤変形量が既知量と考え、次式で地盤変位分布を求めた.

$$\delta(z) = a_g \cdot \cos(\pi z/2H) \tag{1}$$

ここに、Hは深さ、 a_g は地表面変位である.図-3は地盤変位 載荷の場合の $p(z) \sim y$ 関係である.なお、yは杭と地盤の相対 変形量である.地盤変位の算定結果の精度に依存して、p(z) $\sim y$ 関係が乱れている部分もあるが、定性的には杭頭載荷の 場合と同じ特徴が見られる.しかし、定量的には地盤変位が 作用したときの方が地盤抵抗が低減される傾向になっている.

次に,実験から得られた *p*~y 関係を双曲線モデル

$$P = P_{y} \frac{\delta/\delta_{y}}{1 + \delta/\delta_{y}}, \quad \delta_{y} = P_{y}/K_{0}$$
⁽²⁾



図−4 解析モデル

でフィッティングする(記号は図-4 参照). その結果を図-2,3 に実線で示す. 良好にフィッティングされている. ただし, 地盤変位載荷の場合には, 初期剛性 K_0 を杭頭載荷の場合の 0.5 倍にしている. 地盤と杭の相互作用力による非線形化の他に, 地盤のせん断変形による地盤自体の非線形化が発生しているためと考えられる. K_0 を自然地盤のせん断ひずみ γ の関数とすることにより, よりフィッティングが高まると思われる.

3. シミュレーション

ここでは、図-4に示すような骨組み モデルを用いた.図-5は杭頭載荷の結 果である.地盤ばね特性は双曲線でモ デル化したものを用いた.杭変形 $\delta(z)$, 曲げモーメントM(z), せん断力Q(z), 地盤反力p(z)とも小さい載荷から大き な載荷まで、良好に再現されている. 一方、地盤変位載荷の場合を図-6に示 す.この場合には杭頭載荷から得られ たばねを直接用いた場合(K_0 =1.0)よ りも、 K_0 を0.5倍した方が一致度が高 いことが分かる.

-100 Depth(mm) -200 600N 300N experiment -300 -60000 -30000 0 -500 0 500 1000 0 5 10 -200-100 0 Shear force(N) Moment(N*mm) Displacement(mm) Soil reaction force(N) 図−5 杭頭載荷の場合の実験値と解析値の比較 experimen -100 Depth(mm) -500 -300 0.5* 1.0*K₀ analysis -400-200 0 200 400 0 10 20 30-200 -100 0 100 Shear force(N) Displacement(mm) Soil reaction force(N) -30000 -15000 Shear force(N) Moment(Nmm) 図−6 地盤変位載荷の場合の実験値と解析値の比較

<u>4. 終わりに</u>

地盤変位が作用する場合には、地盤

と杭との相互作用力に加えて、地盤自体のせん断ひずみの発生による非線形化により、杭頭載荷の場合の地 盤抵抗よりも低減される可能性があることを明らかにした.今後は、地盤変形の測定精度の向上、 K_0 の設定 方法、および、動的実験による検証などが必要である.

参考文献:1)(財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準同解説-耐震設計-,2)棚村,室野他:地盤変位 を考慮した杭の載荷実験(その1)~(その3),第55回土木学会年次学術講演会 CD-ROM, 2000.9.

-71-