

V-61

弾塑性解析によるRCラーメン高架橋の地盤の影響について

J R 東日本東北工事事務所 石橋 忠良
 斉藤 俊樹
 ○館石 和雄

1. はじめに

現在、ラーメン高架橋の設計は地上部分と地下部分とに分けて行われており、地上部分の設計法が限界状態設計法に移行しつつあるのに対し、地下部分では依然、許容応力度設計法で設計されている。限界状態設計法と許容応力度法では設計荷重体系が異なるため、実際の設計においてはそれぞれ別個の荷重を載荷して断面を決定しなければならない非効率的である。よって地下構造物においても終局状態を考えた荷重体系で設計できるようにすることが望ましい。

杭の終局状態においては地盤の塑性化、杭体の剛性低下によるモーメントシフト等の影響が大きくなり、弾性理論による解析結果とはかなり異なった挙動を示すことが予想される。また、地盤による支持があることから、杭体の降伏後における考え方に地上部のものをそのままあてはめることは過大設計につながる恐れがある。そこで本研究では、大きな荷重が作用したときの杭体に生じる部材力特性を把握するとともに、弾性解析の結果から簡易に弾塑性解析の結果を推定する方法について検討した。

2. 解析モデル

図1に解析対象としたラーメンのモデルを示す。ラーメン部材の曲げモーメントと曲率の関係にはTri-linear型と仮定し、各部材のひびわれ・降伏モーメント・剛性低下率は建築学会規準によった。地盤バネは弾性とし、N値は5と20の場合について解析した。

3. 弾性解と弾塑性解の比較

荷重は（死荷重）+ $\lambda \times$ （地震荷重）とし、 λ を変化させて解析した。 $\lambda=2.3$ で、系全体が崩壊と見なせる状態に達した。

例として、 $\lambda=1.5$ 、N値が20のときに杭体に生じる曲げモーメントについて弾性解と弾塑性解との比較を図2に示す。左側（引張側）の杭のモーメントが減少、右側（圧縮側）の杭のモーメントが増加しており、杭の剛性低下によるモーメントの再配分が生じていることがわかる。

4. 杭体の剛性低下によるモーメントの再配分

杭体の剛性低下による荷重負担の減少分は、地盤およびラーメンの他の部材に再配分される。杭体に最大モーメントが発生する位置で系を分割し、引張杭（左側）のモーメントをML、圧縮杭（右側）のモーメントをMR、地盤反力によりA点回りに生じるモーメントを $\sum K_i \times l_i$ とする（図3参照）。ここで $(ML+MR+\sum K_i \times l_i)$ に対するML、MR、 $\sum K_i \times l_i$ の割合をそれぞれ左杭、右杭、地盤の荷重分担率と考える。なお、 λ が同じときには弾性解、弾塑性解で $(ML+MR+\sum K_i \times l_i)$ の値に大きな差はないことが確かめられた。

図4にN値5、20のときの荷重分担率を λ に対して示す。着目点はNo.14とした。N値が20の場合は最大モーメントはNo.15の位置で生じるが、No.14での値との差は小さい。図中の点線は弾性解によって求

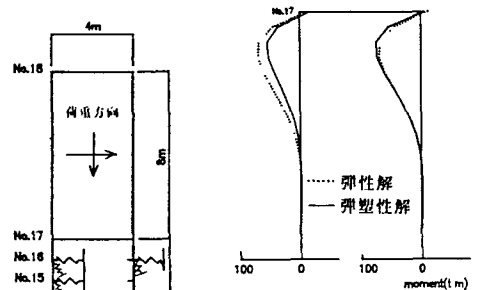


図2. 弾性解と弾塑性解の比較

図1. 解析モデル

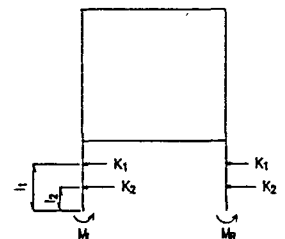


図3. 分担率の考え方

めた荷重分担率であり、 λ が小さいときには各分担率の値はこの線上にのる。

ひびわれ発生後の分担率の変化性状はN値によらずほぼ似通ったものとなっている。すなわち、引張側の杭のひびわれ発生直後にはその剛性低下分は圧縮側の杭に分配され地盤にはほとんど移らない。圧縮側の杭にひびわれが発生した後に地盤への荷重分配が生じ、その際には両杭間での荷重シフトはほとんど無い。

今回の解析は部材の鉄筋量を一定として行ったため、N値の違いによってひびわれ発生時の λ が異なる。そこで、図4のx軸を圧縮側の杭のひびわれ発生時の λ で無次元化し、y軸にモーメントの弾塑性解と弾性解との比をとったものを図5、図6に示す。図5はML（引張側杭のモーメント）について、図6はML+MR（両杭のモーメントの和）についてのものである。N値が変化してもほぼ同じ傾向を示しているといえる。図5、図6を使うことにより、ひびわれ発生時の λ を定めることができれば任意の λ の場合について弾性解析の結果から弾塑性解を推定することができる。

なお、地盤バネをBi-linearの復元力パターンを持つ弾塑性バネとして同じように解析した結果、最も表層に近い地盤はおおよそ $\lambda = 0.98$ (N値5), 0.84 (N値20)で降伏した。荷重分配の様子は、載荷荷重の大きさによる地盤の塑性化の発生のしかたによってかなり複雑な挙動を示す。また、地盤の降伏後さらに荷重を上げた場合には地盤から杭体へ荷重の分配が起こり、杭体の荷重負担が弾性解による結果よりも増加する傾向が認められた。地盤の塑性化の影響については、地盤モデルの決め方によって大きく異なるものと考えられるので、さらに検討が必要であると考えられる。

5. まとめ

杭の終局状態の荷重分担は、杭体の剛性低下の影響により弾性解析により得られる結果とは異なる。N値が20までの場合、引張側の杭にひびわれが発生した直後にはその剛性低下分は圧縮側の杭に分配され地盤にはほとんど移らない。さらに荷重が増加して圧縮側の杭の剛性低下が生じた後には、ほとんどが地盤に分配され両杭間での荷重分配はほとんど無い。ひびわれ発生後の地盤への荷重分配の割合は、N値にはほとんど影響されず、 λ をひびわれ発生時の λ で除した値とよい相関を示す。

今回検討したのは一つの構造モデルについてであるが、鉄筋量の違いにより部材の剛性低下率が異なった場合や、地中梁の剛性が異なった場合について、複数の解析モデルによる検討が必要である。また、さらにN値が小さい地盤についての検討も必要であると思われる。

