

## 基礎に不同沈下のある構造物の最適設計に関する一研究

京都大学工学部 正員 山田 善一  
 京都大学工学部 正員 古川 若平  
 京都大学大学院 学生員 〇片桐 一成

## 1. まえがき

近年、水島事故以来大型タンクの不同沈下の問題がにわかにクローズアップされている。従来の骨組構造物の設計は地盤が沈下しないものとして行なわれてきた。しかし実際には地盤は不同沈下をおこし構造物に付加的応力を生じさせ、致命的損害を与えることも少なくない。本研究では上部下部構造一体としての解析および最適設計をし、よりすぐれた不同沈下の対策を考へる。ここで不同沈下の対策として考へられるものを以下に列挙する。

- 1) サンドドレーンなどによって圧密をきめめて速く進行させ短期間に地盤の強度を増大させ圧縮性を小さくする方法。
- 2) 上部構造物の剛性を大きくさせる方法。不同沈下がおこっても構造物の剛性によって不同沈下量を小さくすることができると思われる。
- 3) 基礎幅を広くする方法。フーチングの幅を広くすることによって沈下が減少し同時に不同沈下も減少すると思われる。

以上3つの方法が考へられるが1)の地盤改良については将来の研究の方向として、ここでは2)と3)を採りあげる。不同沈下を減少させるのに剛性を大きくした方が有効であるか基礎幅を大きくした方が有効であるかを最適設計の手法を用いて考へる。

## 2. 構造解析

構造解析は、沈下計算の部分と固定端が不同沈下した時の骨組構造物の応力計算とに分けられる。

- 1) 解析モデル Fig. 1に示すような正方形フーチングを基礎に持つ1スパン鉄骨ラーメンをモデルと考へる。地盤は粘土層をはさんだ砂層を考へ、圧密沈下は粘土層のみでおこるとする。不同沈下が生じる原因は種々のものが考へられるが、ここでは粘土層の不均一性のみに限り圧縮指数 $C_c$ で代表させる。 $C_c$ の値はフーチング1の直下で0.4フーチング2の直下で0.7とする。

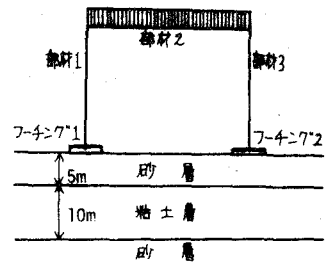


Fig.-1

- 2) 沈下計算<sup>1)</sup> 地盤内応力は Boussinesq の帯状荷重の式によって求める。フーチングは全く独立して沈下するわけではなくラーメンの剛性によって地盤反力の再配分を行ないつつ沈下する。したがって剛性を考慮して圧密沈下量を求める。応力分布は、深さによって異なるため、粘土層を分割し、それぞれについて圧密沈下量を求めてその総計を全沈下量とする。また応力と沈下量との関係が線形でないため沈下計算をするのに収束計算を必要とする。

3) 上部構造解析 固定端が次下計算で求められた量だけ変位するとし、剛性法を用いて解析し部材応力を求める。

4) 荷重条件 不均一な荷重は不同次下の原因となりうるが、Fig.1に示すような等分布荷重を考える。

データ番号	1	2	3	4	5	6
スパン (m)	20	20	20	20	40	40
高さ (m)	20	20	20	20	20	20
等分布荷重 (t/m)	10	10	5	5	5	5
不同次下1 (cm)	—	7.0	—	4.5	—	6.0
次下量1 (cm)	11.8	9.3	8.6	6.0	10.8	8.1
次下量2 (cm)	20.4	16.2	14.9	10.5	18.8	14.1
不同次下量 (cm)	8.6	6.9	6.3	4.5	8.0	6.0
断面2次モーメント (m <sup>4</sup> )	0.0108	0.0103	0.00417	0.00414	0.0359	0.0351
フーチング幅 (m)	3.10	4.22	2.39	3.84	4.14	6.07
材料費	407.3	410.2	252.1	265.5	978.3	997.2

3. 最適設計

1) 設計変数 鉄骨の断面2次モーメントを上部構造物の設計を決定する設計変数とし断面積や断面係数は断面2次モーメントの変数と仮定する。同様に基礎の設計はフーチングの幅で代表させる。

データ番号	7	8	9	10
スパン (m)	10	10	10	10
高さ (m)	10	10	10	10
等分布荷重 (t/m)	5	5	10	10
不同次下1 (cm)	—	2.5	—	4.0
次下量1 (cm)	4.3	8.0	7.3	10.1
次下量2 (cm)	7.5	10.5	12.8	14.1
不同次下量 (cm)	3.2	2.5	4.5	4.0
断面2次モーメント (m <sup>4</sup> )	0.0000364	0.0989	0.000176	0.0533
断面積 (m <sup>2</sup> )	0.00142	0.0308	0.00486	0.0452
材料費	4.52	519.0	74.58	437.2

2) 制約条件 制約条件として、①梁と柱の応力、②フーチングに対する砂層の支持力、③不同次下量の3つを考える。

3) 目的関数 目的関数を鉄骨の材料費とフーチングに使われるコンクリートの材料費との和とする。なお単位重量に対する鉄骨とコンクリートの材料費の割合を10:1とする。

4) 最適化の手法<sup>2)3)</sup> 以上のようにして最適化の定式がなされる。非線形計画法としては偏微分する必要もなく。しかも global な最適解に収束する可能性が最も大きいとされている Powell の直接探索法を用いた SUMT を用いた。

4. 計算例

データを table-1,2 に示す。table-1 は断面2次モーメントとフーチングの幅を設計変数とした場合で、table-2 はフーチングの幅を3m に固定し柱と梁の断面2次モーメントを設計変数とした場合である。また偶数番のデータは、不同次下を制約条件に導入した場合を示す。

5. 考察

- ① 不同次下の制約を加えると鉄骨の最適断面2次モーメントが減少し、フーチングの幅が増加している。このことから、不同次下を抑えるにはフーチングの幅を大きくした方が経済性が高いことがわかる。わずかに断面2次モーメントが減少したのは付加的応力が減ったためである。
- ② 剛性によるのみ不同次下を抑えようとすると、かなり断面2次モーメントを大きくする必要がわかる。

6. 参考文献

- 1) Jorge Diaz Padilla, Erik H. Vanmarcke, "Settlement of Structures on Shallow Foundations A Probabilistic Analysis" MIT, January 1974
- 2) 日本鋼構造協会編「骨組構造物の最適設計」1972
- 3) 坂本良夫「構造物の最適設計に関する研究」京都大学卒業論文 1970