

III-487 地盤変形を考慮した上・下部構造一体設計法の適用例

石川高専 正会員 ○出村禮典  
 金沢大学 正会員 太田秀樹  
 富山県庁 竹内敏博

1. はじめに

近年、ウォーターフロント開発に伴い軟弱地盤上に構造物を建設しなければならないケースが増加してきているが、このような軟弱地盤上構造物の設計においては基礎の沈下の発生を無視することはできない。現行では、一般に、基礎の寸法を大きくして基礎の沈下を極力押える設計がなされる。ところが、このような設計法を層厚の大きい軟弱地盤に適用すると、基礎の規模が非常に大きくなる。そこで、著者らは、これまでに、沈下に対して、基礎のみならず上部構造も含めた構造システム全体として対処する上・下部構造一体設計法について検討を加えてきた。そして、昨年度の年次講演会において一体設計の基本的考え方を提案した<sup>1)</sup>。今年度は実際構造物への適用について述べる。

2. 最適化の基本的考え方

上・下部構造一体システムの最適化においては、上・下部構造間の力学的、機能的な関連のみならず、作用荷重や使用材料の力学的、統計的特性、建設費、損傷の影響度などの各種の相違も考慮しなければならない。これらの要因を最適化に考慮に入れるためには建設費と損傷に対するリスクを上・下部構造全体について算定した期待総費用を評価関数に設定するのが適当である<sup>2)</sup>。ところが、ここで取上げているような構造物の場合、現時点では、損傷の生起確率の算定のための統計的データの把握が困難であるので、本報告では次式で示される最適化手続きを採用した。

$$C_c = C_{cu}(A_u) + C_{cl}(A_l) \rightarrow \min \quad (1)$$

$$G_i(A_u + A_l) \leq 0 \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

ここに、 $C_{cu}$ は上部の建設費、 $A_u$ は上部の設計代替案、添字 $l$ は下部を、 $G_i()$ は制約条件を示す。

3. 対象構造物

図-1に示す六甲アイランド埋立地の南西地角に建設された建築構造物<sup>3)</sup>を例にとろう。建物は隣接して2棟あり、最適化の対象としているA棟は91.0m×37.1mの鉄骨平屋建倉庫であり、沖積粘土層の上に埋立てられた砂層上に建てられている。埋立てが北から南の方へ順次施工されたため、場所によって沈下に時間差が生じた。土質調査結果を図-2に示す。沖積粘土層はかなりの未圧密状態にある。基礎には桁高3.0m、幅0.5mの鉄筋コンクリート基礎梁、摩擦杭(節杭Φ400~500、長さ12m)を用いている。

4. 沈下計算

数値計算に用いた構造モデルを図-3に示す。地盤の変形は、砂層は弾性体、粘性土はBiotの圧密方程式に従うとして有限要素法を用いて求める。粘土の応力~ひずみの関係は関口・太

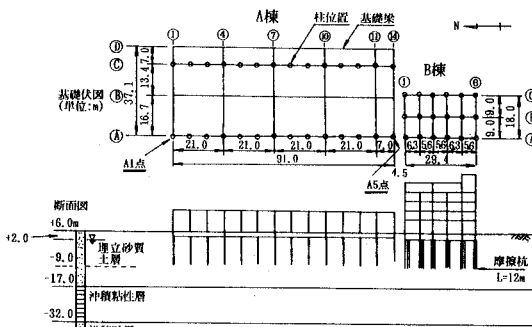


図-1 建物概要<sup>3)</sup>

柱状図	N-value	γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> )	γ <sub>L</sub> (t/m <sup>3</sup> )	Pc(L/m <sup>2</sup> )	α <sub>o</sub> , C <sub>c</sub>
+6.0m	10 20	50 100	1.4 1.6	10 20 30	1 2
+2.0m					α <sub>o</sub> , C <sub>c</sub>
埋立砂質土層					α <sub>o</sub> , C <sub>c</sub>
-17.0m					
沖積粘性土層					
-32.0m					
洪積砂層					

図-2 土性図(着工時)

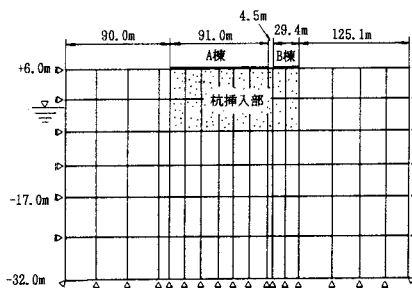


図-3 要素分割

田のモデルを採用した。杭の影響については挿入された砂地盤の剛性を5倍に高めることにより考慮した。なお、計算に用いた土質パラメータは塑性指数PIから算定した<sup>4)</sup>。

図-4にA棟の沈下の時間経過の実測値と計算値を、図-5に建物の南北方向の沈下分布の実測値と計算値を示す。総沈下量については計算値のほうが実測値より小さいが、相対沈下量は逆に大きい。後の最適化計算では特に相対沈下量に注目しているので、この例では安全側の計算結果が得られたといえよう。

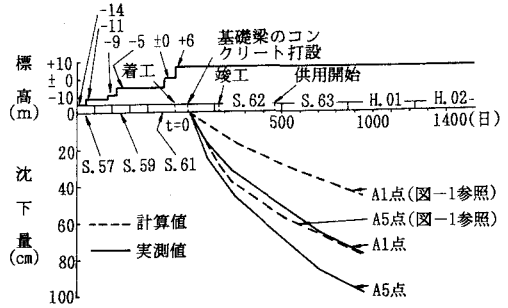


図-4 沈下の時間変化

### 5. 最適化計算結果

基礎梁の高さと杭長を代替案に設定したときの最適計算結果を図-6に示す。図中、BCなる線は相対沈下量の許容上限値を、CDなる線は基礎の傾斜量の上限值を、AB+C Eなる線は基礎梁の応力の上限值を示している。従って、斜線の施した領域は設計代替案の許容領域である。直線は評価関数、すなわち杭と梁の建設費の合計の等しい値を連ねた線で、左下に位置するほど建設費は小さい。相対沈下量の限界値としては、上部の構造物が鉄骨構造であるので比較的靱性が大きいこと、また本計算結果は構造物竣工後2年経過後の値であり、最終的な沈下量はその2倍ほどになると予測されるなどを考慮して1/700を採用した<sup>5)</sup>。また、傾斜量の限界値については1/200、さらに基礎梁の応力の許容値は50kg/cm<sup>2</sup>とした。

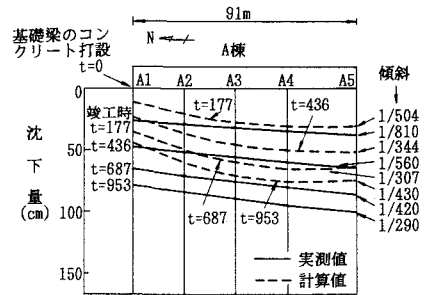


図-5 沈下の分布

典型的な現行設計法による値(△印)が計算で得られた最適値に比べて高価になることがわかる。

### 6. むすび

本数値計算結果は一事例についてのみであるのが、その結果からは上・下部構造一体化設計は軟弱地盤上に架設される構造物に対して有用であると判断できる。なお、本研究を遂行するに当たり、不動建設末松直幹氏、兵頭洋氏、石川高専宮下知治君、松岡隆司君に多大なる援助を戴きました。感謝申し上げます。

#### 参考文献

1) 出村禮典, 太田秀樹, 松尾稔: 杭基礎下の地盤変形も考慮した上・下部構造一体設計の考え方, 土木学会第45回年次学術講演会(平成2年9月)

2) 松尾稔, 出村禮典, 菅井径世: 杭基礎上橋梁の上・下部構造一体システムの最適化に関する研究, 土木学会論文集, 第412号, 1989年。

3) 兵頭洋, 末松直幹: 不動沈下を考慮した建築基礎の設計と実測(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1989年10月。 4) Iizuka, A. and Ohta, H.: A determination procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soils and Foundations, Vol. 27, No. 3, pp71-87, 1987。 5) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 昭和63年3月。

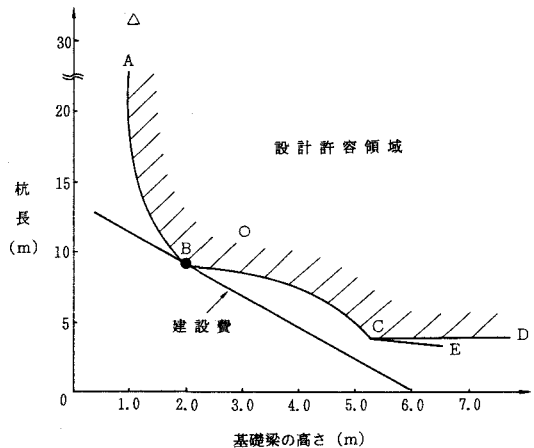


図-6 最適値