

基礎構造物の限界状態設計法の考え方

九州大学工学部 正員 大塚久哲 (株)建設技術研究所 正員 松井謙二
フジタ工業(株) 久賀富美男 東和大学工学部 正員 川副嘉久

1. はじめに 限界状態設計法は、コンクリート構造や鋼構造に対してはこれまでの許容応力度設計法よりも合理的な設計法であるということが、わが国でも一般に広く認識されつつある状況であるが、基礎構造物に関してはまだほとんど論議されていない段階であると思われる。本文では、世界で初めて限界状態設計法で統一された示方書として知られているカナダオンタリオ州の道路橋設計規準（以下、OHBDC と略称する）の第2版（1983年）と第3版（1990年改訂予定）の原案とを参考にして、基礎構造物の限界状態設計法の概要を紹介し、本設計法を導入するにあたってこれから解決すべき事項について基礎的な考察を行う。

2. 設計規範 OHBDCで採用している限界状態設計法の設計規範は次のように書くことができる。

$$\phi R_n \geq S_j \text{ の最大のもの}$$

ここに、 ϕ は強度係数、 R_n は公称支持力（または支持力の規格値という）、 ϕR_n は支持力の設計用値である。 S_j は全荷重効果の設計用値であり、線形挙動を示す構造物に対しては、 $S_j = \sum (a_{ij} \cdot i \text{ 番目の荷重効果})$ と書ける。 a_{ij} はj番目の荷重の組合せにおける、i番目の荷重に対する荷重係数である。

3. 限界状態の定義

終局限界状態：1)地盤または岩盤内において破壊機構が形成されるような限界状態および2)地盤の移動によって、構造断面の破壊や静的なつり合い状態が保たなくなることが起きるような限界状態。使用限界状態：地盤または岩盤の変形（全体的であれ相対的であれ）によって、構造物の使用性が損なわれるような限界状態。

第2版の解説によれば、使用性が損なわれないためには、基礎の移動量は下記の条件を満足しなければならないとしている。・鉛直方向の空間の大きさが規定値を下回らないこと・支持性能が許容水準以下に減少しないこと・構造物が、構造上の被害または過大な補修を要せずに変形に追従できること・構造物の外観が許容しうる程度以上に影響を受けないこと。

4. 荷重の組合せおよび荷重係数 土圧は死荷重などと同じく、いかなる荷重の組合せに対しても必ず考慮する永久荷重としている。使用限界状態での荷重係数は1であるが、終局限界状態では土圧の種類と組合せに応じて表1に示すような最大値と最小値のうち、厳しい荷重効果を与える方を選択することとしている。ただし、表1の数値は第3版においては少し見直される予定である。

表1 土圧の荷重係数の最大値と最小値

受働土圧	1.70-0.80
静止土圧	1.40-0.65
主働土圧	1.25-0.60

5. 土圧の算定 第2版においては土の強度定数（粘着力、摩擦力）に掛けられるべき強度係数が規定されており、強度定数の規格値（代表的な平均値）にこの強度係数を掛けて土の強度定数の設計用値を算出していた（表2）。この設計用値を用いて土圧係数の設計用値や支持力の設計用値を求めていたが、第3版においては土の強度定数はすべて特性値を用いることとし、土の強度係数が姿を消した。

表2 土の強度係数

フーチングと杭	粘着力	0.50
	摩擦力	0.80
安定と土圧	粘着力	0.65
	摩擦力	0.80

6. 直接基礎および深い基礎の支持力の計算 第2版では、土圧同様、地盤の支持力の設計用値は、土の強度定数を用いる場合にはその設計用値を用いて支持力公式によって求めていたが、第3版では、地盤の支持力にシステム支持力係数を掛けて求めることとしている。地盤の支持力は、強度定数の規格値を用いて支持力公式によって求めるものとして

表3 直接基礎のシステム支持力係数

支持力の種類	支持力係数
鉛直支持力	0.50
滑動	粘性土 0.65
	粒状土 0.85

いる。システム支持力係数は直接基礎および深い基礎に対して表3、4に示す値が提示されている。

7. 使用限界状態での支持力および変形量

使用限界状態をどのような量で規定するのがよいかは判断が難しい。支持力、全体変形量、不同沈下、ひびわれなどが利用されることになろうが、これに関する規定は第2版では不十分であった。第3版の原案はまだ完成していないが、現時点での原稿から関係箇所を抜粋すれば、以下のような記述をみることができる。・使用限界状態での支持圧、不同沈下およびその他の移動に寄与する力は、土の強度定数の規格値を用いて、承認された土質工学的的方法により決定するものとする。・基礎の接地圧は線形分布とする。・構造技術者は使用限界状態での全体変形量を構造物ごとに規定するものとする。その場合、25mmを超える全体変形量が構造あるいは地盤条件より提示された場合には、構造と地盤の相互作用を考慮して具体的数値を決めるものとする。・使用限界状態での支持圧の決定に仮定された不同沈下量などを明示しなければならない。

8. 直接基礎 8.1 終局限界状態での支持力照査

鉛直支持力に関し； $Q_r > V_f$ 水平抵抗に関し ； $H_r > H_f$
 Q_r ：水平または傾斜地盤上の基礎の鉛直支持力の設計用値で、合成荷重の傾斜および偏心の影響を含む。
 V_f ：基礎および裏込め材料の重量を含んだ、基礎に対する鉛直荷重効果の設計用値。
 H_r ：地盤の水平せん断抵抗の設計用値と、基礎と地盤の接触面の水平せん断抵抗の設計用値の内の小さい方。
 H_f ：荷重効果の設計用値の水平成分

8.2 終局限界状態での接地圧 地盤の支持力照査のためには、等分布接地圧とし、基礎フーチングの構造設計のためには等分布接地圧と線形分布接地圧のうち、より厳しい方を用いるものとする。線形分布の場合には、最大接地圧は終局限界状態における支持力の設計用値の制限を受けないものとする。

9. 深い基礎 9.1 支持力 深い基礎の支持力の設計用値は、

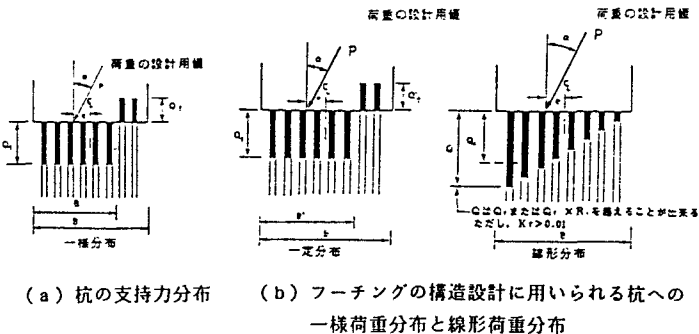
表5 許可される方法

地盤または岩盤内の杭の地盤支持力の設計用値と杭の断面耐力の設計用値の小さい方を取るものとする。杭の地盤支持力の設計用値は表5に示す方法のうち少なくとも1つ以上から決定する。ただし、作用する力の種類によって許可される方法は表5に示すように制限される。得られた支持力に対して、表4のシステム支持力係数が適用される。

方法	力の種類		
	圧縮	引張	水平
静的解析	可	可	可
静的载荷試験	可	可	可
動的解析	可	—	—
推定支持力	可	—	—

終局限界状態での接地圧の考え方は8.2と同様である。図1にその概念図を示す。

10. おわりに 基礎構造物の許容応力度設計法で用いられてきた安全率の概念が、限界状態設計法では荷重係数とシステム支持力係数とに分離されたと考えてよい。元々、安全率は国により、また示方書により異なるものであるから、わが国において



てこれらの係数を決めるにあたっては、現行規準類とのキャリブレーションが必要となることは勿論である。本研究発表会提出の別稿において、直接基礎の比較設計を示す。