

## 質問 (20 条関連)

### I. 複数杭が剛接合された基礎スラブの上端配筋について

1. 基礎梁が両方向にある場合でも、複配筋とする必要はありますか？ 柱脚曲げ応力は全て基礎梁で負担するため、上側引張にはならないと思いますが・・・
2. 基礎梁が両方向にある場合でも、基礎主筋端部はスラブせいを中心を越えて  $10d_b$  以上延長させる必要はありますか？ 基礎梁がある場合は、従来のように  $20d$  立上げでは問題ありますか？

(匿名希望 1)

3. 複数の杭が剛接合された基礎であっても従来の方法により算定する(杭頭曲げの影響は別途検討する)場合は、iii) の構造規定に従わなくてよろしいか。

(匿名希望 2)

### II. 複数杭が剛接合された基礎スラブの複筋比について

1. 20 条 5. (3) iii) a) において、複筋比は 0.5 以上とあり、解説 (p368) に「断面算定位置で上端引張となることが想定されるので・・・」とありますが、想定しうる上端引張の必要鉄筋があれば複筋比 0.5 以上の縛りを設ける必要はないのでしょうか。13 条の梁においても、軽量コンクリートでなければ複筋比の縛りはありません。

柱の長期軸力が大きい場合、下端筋の鉄筋量がかなり多くなるため、上端筋に不必要な鉄筋量を配筋しなければならなくなります。

(匿名希望 3)

2. iii) 基礎スラブの構造規定 a) の複筋比 0.5 以上の規定は、計算上必要な袴筋を設けた場合、準拠しなくてもよろしいでしょうか。また、許容せん断力の  $\alpha$  は、上記の複筋比 0.5 以上を満足しない場合でも、考慮してよろしいでしょうか。(併せて、複筋比 0.5 以上の根拠を教えてくださいましたら幸いです。)

(匿名希望 4)

## 回答

### I. 複数杭が剛接合された基礎スラブの上端配筋について

複数杭が剛接合された基礎スラブを 20 条 5 項 (3) に準拠して設計する場合は、『基礎スラブは上下の主筋を有する複筋梁とし、複筋比は 0.5 以上』とする必要があります。この規定は、2 方向に基礎梁を有する基礎スラブにも適用されます。例えば、解説図 20.20 (b) に示す 4 本杭の基礎スラブは 2 方向に基礎梁を有していますが、『杭頭曲げモーメントは 2 方向に拘束された基礎スラブを介して基礎梁に伝達される』ために、基礎スラブには地震時に上端引張の応力が発生する可能性があり、構造規定では複筋梁を推奨しています。この場合は、基礎スラブの主筋端部はスラブせいを中心を越えて  $10d_b$  以上延長させ、『上下の主筋とせん断補強筋や腹筋を組み合わせ、かご状に配筋する』ことを推奨しています。

なお、複数杭が剛接合された基礎スラブを 20 条 5 項 (3) に準拠しないで設計する場合は、iii) の構造規定が必須ということにはなりません。その場合の基礎スラブは、設計者が適切に設計を行い、配筋を決定する必要があります。20 条 5 項 (3) は、複数杭が剛接合された基礎スラブについて、 $M/(Qd)$  による割増係数  $\alpha$  を考慮する場合の考え方を新たに示したものであり、従来の方法を否定するものではありません。

## II. 複数杭が剛接合された基礎スラブの複筋比について

複数杭が剛接合された基礎スラブは、地震時に正曲げモーメントと負曲げモーメントが作用することを想定し、複筋比が 0.5 以上の複筋梁とすることを規定しています。通常は、正曲げモーメントが負曲げモーメントよりも大きいので、下端筋が上端筋よりも多い配筋となります。

### (1) 正曲げモーメントに対する配筋

正曲げモーメントに対しては、基礎スラブの下端筋が引張力、上端筋とコンクリートが圧縮力を負担します。この場合の複筋比 0.5 の規定は、下端筋の引張力の 1/2 相当の圧縮力を上端筋が負担し、残りの圧縮力をコンクリートが負担することを想定したものです。これは、圧縮側コンクリートの負担を軽減し、コンクリートの圧壊や圧縮鉄筋の座屈の発生を遅らせて、引張鉄筋降伏後の変形性能を確保することを意図しています。

既往の研究（例えば、文献 1) 2) など）によれば、正曲げモーメントを受ける複筋梁の一方向加力実験において、釣合鉄筋比以下の試験体では初めに引張鉄筋が降伏した後、変形の増大により圧縮側コンクリートが圧壊して、最終的には圧縮鉄筋が座屈して耐力が低下することが明らかになっています。この実験結果からは、耐力低下に至るまでの変形性能は、複筋比が大きいほど増大し、複筋比が小さい場合はあばら筋の間隔が狭いほど増大することが判明しています。このような実験研究を参考にして、正曲げモーメントに対する複筋比を 0.5 以上と規定しています。

### (2) 負曲げモーメントに対する配筋

負曲げモーメントに対しては、基礎スラブの上端筋が引張力、下端筋が圧縮力を負担しますが、通常は下端筋が上端筋よりも多いので、圧縮鉄筋の座屈を懸念する必要はないと考えられます。この場合の複筋比 0.5 の規定は、上端筋の最小引張鉄筋比  $p_t$  を規定することになりますが、具体的には、断面寸法が大きい基礎スラブに曲げひび割れが生じて上端筋が降伏しない程度の引張鉄筋比を確保することを想定します。すなわち、上端引張時の短期許容曲げモーメント  $M_a$  が基礎スラブの曲げひび割れモーメント  $M_{cr}$  を上回ることを条件にして、最小の引張鉄筋比  $p_t$  を以下のように算定します。

短期許容曲げモーメントは次式により算定します。

$$M_a = a_t f_t j = a_t f_t (0.875d) = 0.875 f_t p_t b d^2$$

曲げひび割れモーメントは次式により算定します。

$$M_{cr} = 0.56\sqrt{F_c}Z = 0.56\sqrt{F_c}\left(\frac{bD^2}{6}\right)$$

$d = 0.9D$  と仮定し、 $M_a = M_{cr}$  と等値すれば、

$$0.875f_t p_t b (0.9D)^2 = 0.56\sqrt{F_c}\left(\frac{bD^2}{6}\right)$$

したがって、引張鉄筋比  $p_t$  は次式で与えられます。

$$p_t = \frac{0.56\sqrt{F_c}}{0.875f_t(0.9)^2 \times 6} = \frac{0.13\sqrt{F_c}}{f_t}$$

例えば、コンクリートを  $F_c = 24\text{N/mm}^2$ 、基礎スラブの主筋を SD345 と想定すれば、

$$p_t = \frac{0.13\sqrt{F_c}}{f_t} = \frac{0.13 \times \sqrt{24}}{345} = 0.0018$$

すなわち、上端筋の最小引張鉄筋比は、0.2%程度の数値となります。

土木学会のコンクリート標準示方書【設計編】<sup>3)</sup>では、『曲げモーメントの影響が支配的な棒部材の引張鉄筋比は、0.2%以上を原則とする』と規定されており、その解説では、『引張鉄筋比が極端に小さくなると、ひび割れ発生荷重よりも、降伏荷重や最大荷重が小さくなり、ひび割れが発生すると、ただちに鉄筋が降伏あるいは破断し、ぜい性的な破壊性状を示す。(中略)通常鉄筋とコンクリートを用いた場合には、引張鉄筋比を0.2%以上とすればこの種の破壊は避けられる』と記載されています。

RC 規準では、梁部材の引張鉄筋比を原則として0.4%以上と規定していますので、仮に、基礎スラブの最小引張鉄筋比を、下端筋が0.4%、上端筋が0.2%とすれば、複筋比は0.5となります。

複数杭が剛接合された基礎スラブの曲げ設計を20条5項(3)に準拠して行う場合は、iii) 構造規定のa)に従い、『基礎スラブは上下の主筋を有する複筋梁とし、複筋比は0.5以上』の規定を満足する必要があります。

また、複数杭が剛接合された基礎スラブのせん断設計を20条5項(3)に準拠して行い、かつ、許容せん断力に $\alpha$ 効果を考慮する場合は、 $p_w \geq 0.2\%$ のせん断補強筋を配筋するとともに、iii) 構造規定のa)とb)をともに満足する必要があります。

文献 1) 矢代秀雄，清水庸介：曲げを受けるはりの圧縮鉄筋の補強効果に関する実験的研究，第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1982.

2) 矢代秀雄，花井重孝，師橋憲貴：鉄筋コンクリートばりの靱性に及ぼす圧縮鉄筋の効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 14, No. 2, 1992.

3) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書【設計編】平成30年3月.