

22 品質管理

場所打ち杭の無溶接工法による鉄筋かごの課題と対応について

(一社) 建設コンサルタンツ協会 近畿支部技術委員会

(前) 技術委員長

技術委員長

技術委員会委員

高井 久一〇

土橋 昌弘

山本 智弘

(東洋技研コンサルタンツ株式会社) (パシフィックコンサルタンツ株式会社)

1. はじめに

場所打ち杭などの鉄筋かごは、平成24年道路橋示方書の改訂で「鉄筋の組立てにおいては、組立て上の形状保持などのための溶接を行ってはならない。」と明確に記載され、その後、平成27年3月25日の事務連絡『「場所打ち杭の鉄筋かご無溶接工法的设计・施工」について』が国土交通省内にて通達された。

また、同時に杭基礎設計便覧および杭基礎施工便覧が平成27年3月に改訂され、鉄筋かごの無溶接工法に関して明確に記載された。

現在、設計者または施工者が新技術NETISに登録された「固定金具」部材等を用いて、無溶接工法による鉄筋かごの設計を実施している状況である。

2. 無溶接工法の設定理由と固定方法について

無溶接工法の設定理由と固定方法について、以下に記載する。(杭基礎施工便覧より参照)

(1) 無溶接工法の理由

溶接による仮止めは、局部的に急加熱、急冷却することで鉄筋の材質劣化や断面減少(アンダーカット)等の欠陥が生じるおそれがある等、施工品質の確保が困難であることを考慮したものである。

溶接による仮止めを行わない方法として、なまし鉄線を用いる方法の他、近年、特殊金物等によ

り構造設計上考慮する鉄筋を固定する方法(無溶接工法)による鉄筋かごの組立てが数多く行われてきている。

(2) 補強材

無溶接工法における補強材には、平鋼や形鋼が使用されることが多く、特に2,000mm以上の杭では形鋼が使用される例が多い。

(3) 組立て

⇒溶接によらない形状保持方法

① なまし鉄線を用いる方法

② 特殊金物等により構造設計上考慮する鉄筋を固定する方法(無溶接工法)

無溶接工法の鉄筋の組立て方法には、様々な方

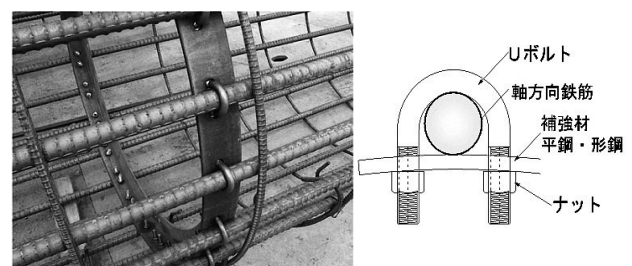


図-1 Uボルトを用いた例

法がある。組立て方法の一例を図1に示す。

3. 設計・施工上の課題

国土交通省より事務連絡『「場所打ち杭の鉄筋かご無溶接工法的设计・施工」について』が出されているが、設計・施工上において以下の課題があると考えられる。

※平成31年2月建設コンサルタント協会近畿支部
道路橋示方書改定WGの12社への調査結果参照

◆WG委員へのアンケート調査内容

場所打ち杭の無溶接工法に伴う補強リング
や固定金具の設計時期及び使用部材に関する
実態と対応について、以下の調査を行った。

- ① 設計費の有無、②発注機関
- ③ 設計時期（当初設計時か、工事段階か）
- ④ 杭径、⑤主鉄筋径、主鉄筋本数、
- ⑥ 補強リング材料、
- ⑦ 吊部の補強リング材料

課題1：無溶接工法の設計歩掛かり

杭の補強リング等の設計は、従前の杭基礎の設計歩掛りに考慮されていないため、設計段階において、補強リング等の設計・図面作成が行われていないケースもある。しかし、最近は設計段階で依頼があったりし、発注者によって設計対応がばらばらな状況である。

課題2：設計のばらつき

補強リングに関しては、事務連絡の事例（φ1500）ではL型鋼での設計事例となっているが、設計者によって、使用材料のばらつきが大きく、同規模の杭径・杭長・配筋条件でもL型鋼やFB、鉄筋で設計されている。

課題3：金具メーカーのばらつき

固定金具メーカーによって、設計の考え方や使用材料に大きなばらつきが生じており、その結果、固定金具の材料費や施工費にも大きな差が生じている。

課題4：工事での補強リングや固定金具の使用材料は施工者の任意

無溶接工法に使用する材料、補強リング及びスペーサー用固定金具は、見積単価による計上となっていたが、最近は物価資料に掲載されており、規格が適合すれば使用できるようになった。

しかし、固定金具メーカーに場所打ち杭配筋図を提示して、無溶接工法の工事見積りをとっても、設計の考え方の違いから、金具配置、個数および使用材料のばらつき見られる。固定金具の費

用は、工事費に加算されているが、実際に採用する固定金具のタイプは施工者の任意であり、鉄筋かごの変形など不具合が生じた場合の責任は施工者となる。

施工者は本工法の目的や工事品質の確保に十分な配慮が求められる。

課題5：鉄筋の座屈事例の発生

鉄筋太径化に伴う重量増や長尺杭の鉄筋かご建て込み作業において座屈が発生している。

(図-2、3)

- ① 無溶接工法は、どのような金具でも完全固定とならず、一体化していない。オイラー式による固定の評価は、両端ピンでしかなく、ねじれ防止金具などの期待はできない。
- ② オールケーシング工法による場所打ち杭では、ケーシング引抜・切り離しのために、鉄筋



図-2 鉄筋かごの座屈事例①

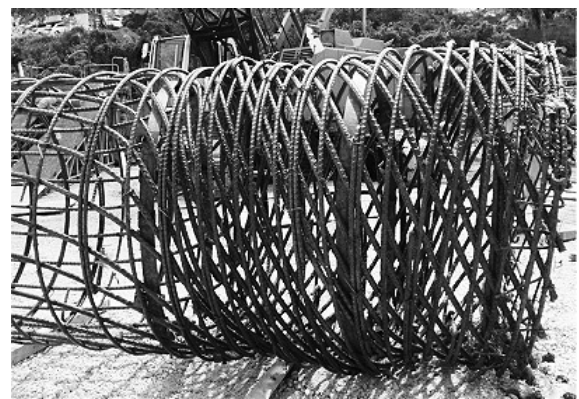


図-3 鉄筋かごの座屈事例②

かごが自立状態となる。その際、鉄筋自重とコンクリート沈下などの影響により、座屈が発生することもある。

- ③ 鉄筋かごの座屈事例は、情報収集や広く共有されておらず、当事者以外は問題としての認識不足が見受けられる。あくまでも施工者責任で処理されていることもあり、個別の突発的事故のように扱われるが、鉄筋かごの座屈は、ほとんど再発事故といえる。

4. 課題に対する対策案

「場所打ち杭の鉄筋かご無溶接工法の設計・施工」において、上記の課題があることから、今後、その課題解決に向けて以下の提案を行い、場所打ち杭の座屈防止や品質向上を図るものである。

課題1の対策：設計歩掛かりの明確化

設計手法（案）が事務連絡にて大筋、明確になっているが、杭の施工規模（最大鉄筋径や杭の長さ・重量）による影響が大きく、簡易な設計で終わるものではないと考える。

そこで、最適な補強リング等の設計を行うためには、仮設部材であっても設計責任が伴いものであるから、杭本体の設計段階にて適切な設計歩掛かりの考え方を明確にすべきと考える。

課題2、3の対策：使用する補強リング材料・固定金具のばらつき

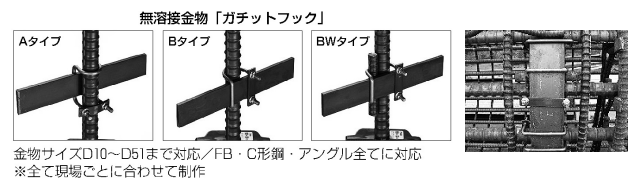
設計に用いる補強リング等の形状は、主鉄筋径・鉄筋本数・重量等から決まるものであり、本来は大きくばらつくものではないと考える。また、L形鋼の円形加工は高価で難しい問題があり、剛性が確保できれば、FBや鉄筋という材料の適用も十分考えられ、現状ではそうした材料の採用が多いと思われる。

そこで、「(一社)日本建設業連合会」または「(一社)日本基礎建設協会」に施工実績調査を行い、その結果を反映し、標準的な材料や規格を明確にすべきと考える。また、調査内容は、「3. 設計・施工上の課題」の項に示す建設コンサルタ

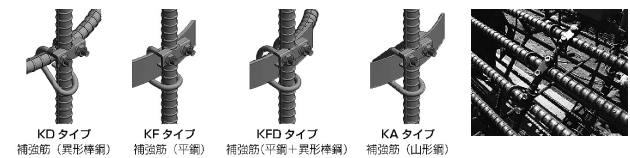
ツ協会近畿支部へのアンケート調査項目などが参考に考えられる。

固定金具のタイプ・材料は、多種の製品があり、設計・発注時の図面には詳細なタイプはメーカー指定となるため明記できない。参考として固定金具の主なタイプを下記に示すものであるが、個々の金具の剛性、耐力および設計手法に違いがあり、施工者は杭本体の施工規模などを考慮して選定すべきと考える。

① KS工法



② KSクルリン



③ CUP工法



課題4の対策：固定金具の選定

固定金具の選定は施工者の任意であるが、杭の品質向上や部材の信頼度向上のため、「道路橋示方書・同解説など」に準拠し、部材強度、固定方法や設計上の安全率の考え方の設計統一基準（案）を策定して、杭の施工規模（大きさ、配筋、長さ）も考慮した適切な材料が選定されるようにすべきと考える。

設計統一基準（案）作成にあたっては、(一社)日本基礎建設協会のみでは難しい問題と考えられるため、設計者である建設コンサルタンツ協会の技術者も共存して策定にあたるのが適切な手段と考える。

課題5の対策：長尺杭の鉄筋下がり対策

座屈防止の根本的な対策は、杭先端の主鉄筋の段落としを小さくし、剛性を上げることである

が、杭の先端に向かって曲げモーメントが小さくなるため、杭の設計上、段落としはやむを得ないものである。現実の方法としては補強リングの縮小以外になく、捻じれ防止の類はあまり効果が期待できないものとする。

座屈荷重については不確定要素が多く、計算不能のため、できるだけ余裕のある部材とする必要があり、選択肢が複数ある場合には、平鋼を優先採用する方が適しているとする。

平鋼が優れる理由は、表1の断面性能表から、同様断面積の部材であれば、杭上下方向の断面係数 Z_y の値により平鋼が最も変形を起しにくいことが分かる。

組立て時の横倒し状態では、仮設補強等が可能であるが、杭上下方向の耐力を重視しなければならない。

表1 補強リング材料の断面性能比較

	補強リング部材	断面積 A(mm ²)	断面係数 Z _x (mm ³)	※断面係数 Z _y (mm ³)	単位重量 W(kg/m)
異形鉄筋	D22	387		1,050	2.22
	D25	507		1,530	2.54
平鋼 (FB)	FB-6*65	390	390	4,225	3.06
	FB-9*75	675	1,013	8,438	5.30
	FB-12*75	900	1,800	11,250	7.06
	FB-12*90	1,080	2,160	16,200	8.48
	FB-12*125	1,500	3,000	31,300	11.80
L型鋼	L-6*65*65	753		6,260	5.91
	L-9*75*75	1,269		12,100	9.96
	L-10*90*90	2,171		24,800	14.90
	L-13*100*100	2,431		31,100	19.10

※ Z_y は幅広方向(杭上下方向)の値を示す

また、異形鉄筋の部材形状が補強リングに適さない理由は、「①平鋼に比べ摩擦力が得られにくい、②鉄筋かご内部で、競った二点を支点として回転し易いため形状保持には向かない。」と考えられる。よって、杭長が短く重量が小さい時以外は、異形鉄筋の採用には注意が必要である。

補強リングおよび固定金具の具体的な検討項目は、個々の現場に合わせて設計根拠を明確にし、施工者・発注者に提示している工法として「CUP工法」があるので、参考に記載する。

この工法は特に、施工規模の大きいものに適しており、十分な安全率、設計手法を明確している

ものとする。

CUP工法の検討項目事例

① 吊り検討

吊り検討は、補強リング部材と吊り個所数を決定することで荷重を均等に分散させる。

- ・補強リングの検討：吊り位置の補強リングの主鉄間のせん断応力度と曲げ応力度のチェック
- ・金具負担過重評価：鉄筋重量と主筋/補強リングの交点によっては、分散荷重(=A(吊り重量)/B(分散数))が金具許容応力度を超える場合がある。このような特殊な荷重分散は、通常の交点数を100%、他を50%の評価とし、金具許容支持力内に収める。

② 主鉄筋連結部の検討

鉄筋重量が増大するに従い、吊筋時の鉄筋脱落や鉄筋下がりが発生しやすくなる。各連結部にかかる圧縮荷重と引張荷重の大きい方に耐えられるよう、番線結束と金具固定を評価して判定する。

③ 座屈検討(吊り筋施工対象外)

鉄筋かごは不陸に接地し、鉛直でないため、座屈計算はできない。CUP工法では断面荷重(主筋段面積あたりの鉄筋重量)を用いて実績を定量評価することにより、主筋の細長比(補強リングの間隔)調整している。

金具の固定力は、ボルトの締付けトルクで間接管理する。

5. おわりに

本報告は、場所打ち杭施工において事故報告はなくとも、鉄筋かごの座屈が生じ、事故につながる恐れがあること、地中構造物であり出来形の検証も確實できないため、無溶接工法による場所打ち杭の品質確保の設計、施工の重要性を改めて報告したものである。

今後、場所打ち杭の施工規模を考慮した無溶接工法の適切な材料の選定方法や設計手法の確立に向けて、設計者側も具体的な方策を関係機関と協議していく必要があるものとする。