

# 場所打ち杭オールケーシング工法における 座屈事故について

建設技術展2024近畿配布資料

場所打ち杭鉄筋



ア  
タ  
マ  
で  
っ  
か  
ち  
尻  
す  
ぼ  
み

東京タワー

逆さまに立ちません



## 場所打ち杭鉄筋かごの座屈について

場所打ち杭オールケーシング工法の施工中に、鉄筋かご重量や杭底の不陸、ケーシング揺動・全周回転、ケーシング引抜に伴うコンクリート沈下により起こります。

コンクリート打設時にはケーシング引抜/切り離しをします。鉄筋かごを吊るワイヤーロープがケーシング内部を貫通しているために鉄筋かごの自立状態が避けられず、座屈リスクが発生します。

座屈した主筋は、外側の帯筋と内側の補強リングにより抵抗が少ない円周方向に倒れます。

少なくとも補強リング間隔の1スパン以上が座屈をするため、回転を伴い数メートル沈下します。

座屈事故は死傷事故を伴わずとも数カ月以上の工期遅延を来すものですが、表面化していません・・・

### 鉄筋かご座屈は施工ミスでしょうか？



図-2 鉄筋かごの座屈事例①

**鉄筋かご座屈は施工ミスとされています。**

それ故に座屈の噂が拡散するだけで、再発事故の性質が強いにもかかわらず情報共有が全く進んでいません。

責任施工で、座屈は施工ミスとされることから、長尺杭や重量杭で最も心配しなくてはならない座屈対策が技術提案に盛り込まれない・施工の難易度とコストが請負費に全く反映されない状況にあります。杭頭配筋の太径過密化や長大化により、施工の難易度が急激に高まっていますが、座屈問題が表面化しなければ改善は見込めません。

### 鉄筋重量と脚部主筋径/本数に注目してください

左座屈写真の杭データ

杭径 $\phi$ 2000 杭長34m  
杭頭部D32 $\times$ 48本 $\rightarrow$ 24本 脚部D29 $\times$ 24本  
鉄筋重量10.9 t

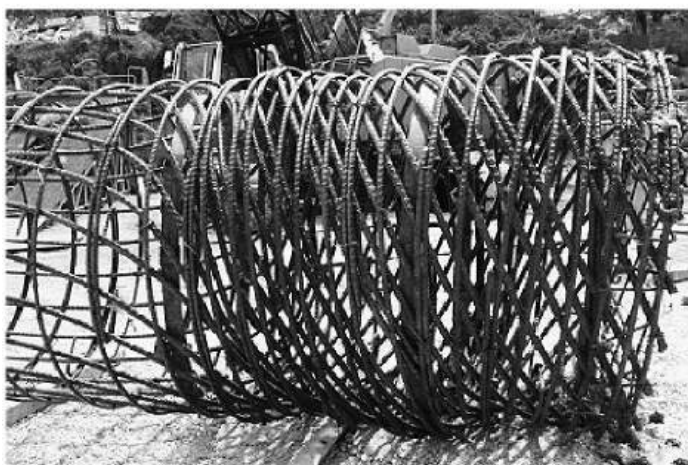


図-3 鉄筋かごの座屈事例②

この杭の鉄筋重量は約10.9 tですが、脚部主筋径と本数から、座屈の心配をする施工者はあまりいないと思います。

単一工種で複数施工するため、座屈は再発事故との見方もありますが、経験値による漠然とした対策以外に対策方法はありません。

杭頭鉄筋の太径過密化と杭の長尺化が避けられない中これを施工ミスとすには無理があり、同一現場で再発させてしまう危険性があります。

## 見落とされている前提条件

無溶接工法採用と場所打ち杭鉄筋の太径過密化や杭径/杭長の増大は、地震被害をきっかけにしているため、同時期に始まっています。

溶接工法時代は、精々D32程度の杭頭主筋径で杭長も30m程度までのものが多かったことから、異形筋製の補強リングを多少増やすことにより座屈を防ぐ事が容易く、コストは数本の異形筋で済んだ事から「出来て当たり前」とされ、実質的に施工者責任施工になり、稀に座屈事故が起こっても「施工ミス」の観点から速やかに打ち替え等がされて表面化しなかったと思われます。

現在の杭は、より大きな地震や液状化を想定しているために、溶接工法時代とは全く別物です。

従って潜在的に座屈が起こり得るとの認識のもと、対策を講じる必要があります、施工者責任ではないことから、取扱いについても考える必要があります。

## 座屈は施工ミスではありません

表紙の逆さ東京タワーと同じで、元来座屈を想定すべきものです。

5~6ページの比較表によると、完全な施工ができたとしても、座屈の危険性はあります。

グラフの100%位置で座屈が起こるように思いがちですが、実際には鉄筋は傾いて偏荷重状態にあり、かつケーシングの揺動/全周回転やコンクリートの影響や鋼材品質が複雑に絡み、もっと早い段階で座屈は発生します。

また、同比較で脚部主筋径はD22ですが、2ページ目の「令和元年度土木施工管理技術論文報告集」に掲載の座屈かご写真の脚部主筋は、脚部主筋径D29×24本です。

これらから、補強リング間隔調整/主筋の補強/太径化等の対策に際して、座屈危険性の評価を工夫することが必要です。

## 鉄筋かご自立状態イメージ



1. ケーシング内部にもたれている
  2. 杭底が不陸で水平にならない
- ・ 鉛直状態でない
  - ・ ケーシング内部にスペーサーや鉄筋が接触し、揺動・上下動・全周回転の影響を受ける
  - ・ 各主筋にかかる荷重は均等でない

次ページに、Φ1200 杭長30mの場所打ち杭について杭頭主筋径だけを変える条件で、同一深度における鉄筋重量と座屈荷重のグラフを掲載します。

## 座屈危険性の比較

右配筋図は、杭径Φ1200 杭長30m の場所打ち杭を想定したものです。

杭頭主筋径は、左からD38/D35/D32/D29/D22で本数は20本

脚部主筋はD22×10本

その他の条件は下記の通りです。

### 仮定

①杭底が完全に水平 ②主筋が鉛直

③鉄筋重量が完全に均等分散している

上記の仮定のもと他施工要素を排してオイラーの座屈式で比較

### 条件1

杭長30m、杭頭主筋長12m、主筋本数は全て同数、帯筋D22、杭頭定着長 40 d、重ね接手長 45 d、連結部は無視、補強リング間隔は3mで一定（同一深度で比較）

### 条件2

杭頭主筋径のみ変更（杭頭主筋径以外は同条件）

### 比較の目的

場所打ち杭鉄筋座屈事故は、これまでに触れたように施工ミスとされており、広く認知され警戒されているわりに表面化していません。

単一工種でありながら再発性の高いものであり、対策は経験に頼る以外に方法がないようです。

この比較では、溶接時代に培われた（かつては有効だった）経験則が通用しない配筋であり、施工ミスでないことを示しています。（施工ミスではない事の表面化）

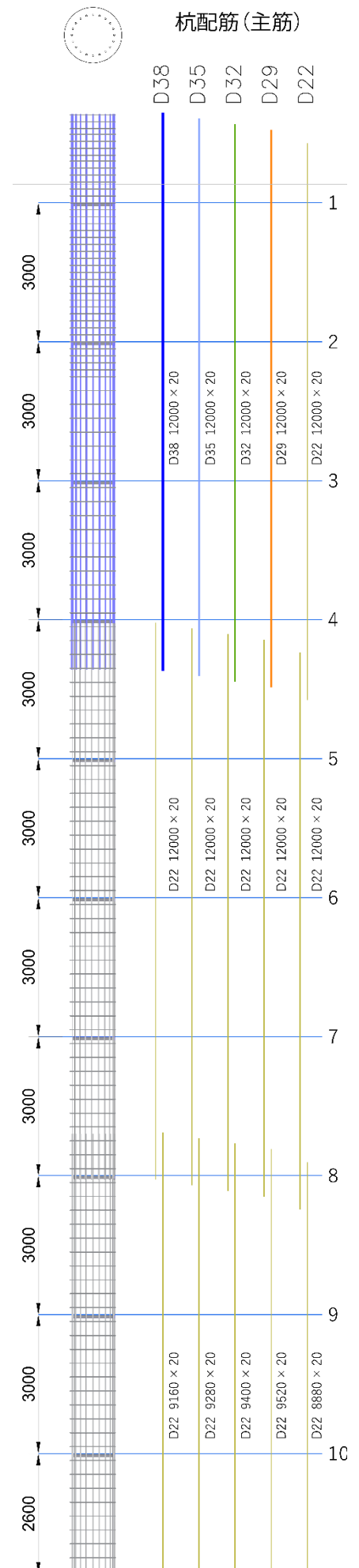
二つ目の目的は、座屈要因から複合的に重なる悪条件を排して単純比較をすればある程度の法則性や対策のヒントが見えるのではないかという事です。（単一工種を利用した対策の可能性）

座屈事故の及ぼす影響は大変大きく、数カ月に及ぶ工期遅延やそれに伴う金銭的損害等があります。

請負者や専門業者はその代償を払うこととなりますが、施工ミスでなければ理不尽な事です。

発注者にしても予定通りに供用できなければ大問題であり、後工事にも大きく影響が及びます。

是非御一考いただければと思います。



杭頭主筋径D22×20本 脚部主筋径D22×10本 鉄筋重量3.24t 段落ちなし

リングNo.	主筋径	主筋本数	位置重量	設定リング 間隔	杭頭からの 追加距離	主筋断面積当り 鉄筋重量 a	主筋断面積当り 座屈荷重 b	対座屈荷重比率		
								a/b	50	100%
No.1	D22	20本	172	0.40 m	0.40 m	3kg/cm <sup>2</sup>	3,962kg/cm <sup>2</sup>	0.1%		
No.2	D22	20本	575	3.00 m	3.40 m	7kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	10.6%	■	
No.3	D22	20本	977	3.00 m	6.40 m	13kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	18.0%	■	
No.4	D22	20本	1,380	3.00 m	9.40 m	18kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	25.5%	■	
No.5	D22	10本	1,846	3.00 m	12.40 m	48kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	68.1%	■	
No.6	D22	10本	2,082	3.00 m	15.40 m	54kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	76.8%	■	
No.7	D22	10本	2,317	3.00 m	18.40 m	60kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	85.5%	■	
No.8	D22	10本	2,783	3.00 m	21.40 m	72kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	102.7%	■	
No.9	D22	10本	3,015	3.00 m	24.40 m	78kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	111.3%	■	
No.10	D22	10本	3,246	3.00 m	27.40 m	84kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	119.8%	■	

杭頭主筋径D29×20本 脚部主筋径D22×10本 鉄筋重量3.71t 2段落ち

リングNo.	主筋径	主筋本数	位置重量	設定リング 間隔	杭頭からの 追加距離	主筋断面積当り 鉄筋重量 a	主筋断面積当り 座屈荷重 b	対座屈荷重比率		
								a/b	50	100%
No.1	D29	20本	268	0.40 m	0.40 m	3kg/cm <sup>2</sup>	6,607kg/cm <sup>2</sup>	0.0%		
No.2	D29	20本	784	3.00 m	3.40 m	6kg/cm <sup>2</sup>	117kg/cm <sup>2</sup>	5.2%	■	
No.3	D29	20本	1,300	3.00 m	6.40 m	10kg/cm <sup>2</sup>	117kg/cm <sup>2</sup>	8.6%	■	
No.4	D29	20本	1,815	3.00 m	9.40 m	14kg/cm <sup>2</sup>	117kg/cm <sup>2</sup>	12.1%	■	
No.5	D22	10本	2,298	3.00 m	12.40 m	59kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	84.8%	■	
No.6	D22	10本	2,534	3.00 m	15.40 m	65kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	93.5%	■	
No.7	D22	10本	2,769	3.00 m	18.40 m	72kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	102.2%	■	
No.8	D22	10本	3,236	3.00 m	21.40 m	84kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	119.4%	■	
No.9	D22	10本	3,467	3.00 m	24.40 m	90kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	128.0%	■	
No.10	D22	10本	3,699	3.00 m	27.40 m	96kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	136.5%	■	

杭頭主筋径D32×20本 脚部主筋径D22×10本 鉄筋重量4.06t 3段落ち

リングNo.	主筋径	主筋本数	位置重量	設定リング 間隔	杭頭からの 追加距離	主筋断面積当り 鉄筋重量 a	主筋断面積当り 座屈荷重 b	対座屈荷重比率		
								a/b	50	100%
No.1	D32	20本	327	0.40 m	0.40 m	3kg/cm <sup>2</sup>	8,173kg/cm <sup>2</sup>	0.0%		
No.2	D32	20本	910	3.00 m	3.40 m	6kg/cm <sup>2</sup>	145kg/cm <sup>2</sup>	4.0%	■	
No.3	D32	20本	1,494	3.00 m	6.40 m	9kg/cm <sup>2</sup>	145kg/cm <sup>2</sup>	6.5%	■	
No.4	D32	20本	2,077	3.00 m	9.40 m	13kg/cm <sup>2</sup>	145kg/cm <sup>2</sup>	9.0%	■	
No.5	D22	10本	2,569	3.00 m	12.40 m	66kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	94.8%	■	
No.6	D22	10本	2,805	3.00 m	15.40 m	72kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	103.5%	■	
No.7	D22	10本	3,040	3.00 m	18.40 m	79kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	112.2%	■	
No.8	D22	10本	3,529	3.00 m	21.40 m	91kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	130.3%	■	
No.9	D22	10本	3,784	3.00 m	24.40 m	98kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	139.6%	■	
No.10	D22	10本	4,038	3.00 m	27.40 m	104kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	149.0%	■	

実際は悪条件が複合的に重なるため100%ラインよりはるかに手前で座屈を起こします ▲

- ※ 上表D22（段落ちなし）においてNo.7とNo.8（21.4m）の間で座屈発生するが、実際にはもっと浅い部分で座屈すると思われる（傾斜・偏荷重・ケーシング揺動/全周回転・等の影響）
- ※ 単純比較をするためリング間隔を3mに統一したが、連結部鉄筋かご内側に配置できないことや鉄筋かご長その他による制限のために、実施工ではリング間隔に余裕がない中間部分が発生する
- ※ 近年は土木でも杭頭配筋では帯筋径D25や配置間隔@100、主筋径ではD41等がある

上の比較から読み取れること

- 1.段落ちが多いほど座屈しやすい
- 2.段落ちがない場合でも起こり得る
- 3.杭長に比例して座屈危険度は増大する
- 4.必ずしも最深部で起こるとは限らない
- 5.杭長30m以内でも鉄筋座屈は起こり得る
- 6.実際はかご長に対して補強リングを配するため、中間部でも余裕のない箇所が生じる
- 7.完全な吊筋施工以外では座屈検討と対策が必要
- 8.完璧な施工だけで座屈は防げない（施工ミスではない）

**杭頭主筋径D35×20本 脚部主筋径D22×10本 鉄筋重量4.36t 4段落ち**

リングNo.	主筋径	主筋本数	位置重量	設定リング 間隔	杭頭からの 追加距離	主筋断面積当り 鉄筋重量 a	主筋断面積当り 座屈荷重 b	対座屈荷重比率		
								a/b	50	100%
No.1	D35	20本	403	0.40 m	0.40 m	3kg/cm <sup>2</sup>	9,802kg/cm <sup>2</sup>	0.0%		
No.2	D35	20本	1,075	3.00 m	3.40 m	6kg/cm <sup>2</sup>	174kg/cm <sup>2</sup>	3.2%		
No.3	D35	20本	1,747	3.00 m	6.40 m	9kg/cm <sup>2</sup>	174kg/cm <sup>2</sup>	5.2%		
No.4	D35	20本	2,418	3.00 m	9.40 m	13kg/cm <sup>2</sup>	174kg/cm <sup>2</sup>	7.3%		
No.5	D22	10本	2,922	3.00 m	12.40 m	75kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	107.8%	■■■■■	
No.6	D22	10本	3,158	3.00 m	15.40 m	82kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	116.5%	■■■■■	
No.7	D22	10本	3,393	3.00 m	18.40 m	88kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	125.2%	■■■■■	
No.8	D22	10本	3,861	3.00 m	21.40 m	100kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	142.5%	■■■■■	
No.9	D22	10本	4,094	3.00 m	24.40 m	106kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	151.1%	■■■■■	
No.10	D22	10本	4,327	3.00 m	27.40 m	112kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	159.7%	■■■■■	

**杭頭主筋径D38×20本 脚部主筋径D22×10本 鉄筋重量4.71t 5段落ち**

リングNo.	主筋径	主筋本数	位置重量	設定リング 間隔	杭頭からの 追加距離	主筋断面積当り 鉄筋重量 a	主筋断面積当り 座屈荷重 b	対座屈荷重比率		
								a/b	50	100%
No.1	D38	20本	485	0.40 m	0.40 m	3kg/cm <sup>2</sup>	11,700kg/cm <sup>2</sup>	0.0%		
No.2	D38	20本	1,244	3.00 m	3.40 m	5kg/cm <sup>2</sup>	208kg/cm <sup>2</sup>	2.6%		
No.3	D38	20本	2,002	3.00 m	6.40 m	9kg/cm <sup>2</sup>	208kg/cm <sup>2</sup>	4.2%		
No.4	D38	20本	2,761	3.00 m	9.40 m	12kg/cm <sup>2</sup>	208kg/cm <sup>2</sup>	5.8%		
No.5	D22	10本	3,269	3.00 m	12.40 m	84kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	120.6%	■■■■■	
No.6	D22	10本	3,505	3.00 m	15.40 m	91kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	129.3%	■■■■■	
No.7	D22	10本	3,740	3.00 m	18.40 m	97kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	138.0%	■■■■■	
No.8	D22	10本	4,206	3.00 m	21.40 m	109kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	155.2%	■■■■■	
No.9	D22	10本	4,437	3.00 m	24.40 m	115kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	163.7%	■■■■■	
No.10	D22	10本	4,668	3.00 m	27.40 m	121kg/cm <sup>2</sup>	70kg/cm <sup>2</sup>	172.3%	■■■■■	

実際は悪条件が複合的に重なるため100%ラインよりはるかに手前で座屈を起こします ▲

**座屈対策について**

座屈対策には補強リング間隔調整のような対症療法的ものと、設計変更を伴うような根本的なものがあり、脚部主筋径変更事例は実際にあります。

ただこの場合には、連なる工区の業者がまとまって協議をする必要があり、設計変更理由を数値で示す必要があります。

どのような対策を講じるにせよ、過不足（特に不足）を防ぐための可視化が必要です。

**座屈対策例と影響**

	座屈対策例	影響
1	補強リング間隔調整（外巻等追加含）	リング材料・施工/管理手間・金具
2	主筋の補強（金具補強・補強鉄筋追加）	補強金具や鋼材・施工/管理手間
3	主筋径または主筋本数変更	変更協議・設計変更・鋼材入替

・上記座屈対策例1と2は対症療法であり、効果が明確にできない特徴がある。  
 ・座屈は基本的に荷重と細長比の問題であり、施工の影響は小さい。  
 ・対症療法で追いつかない場合は、対策例3の根本的対策が必要となる。  
 そのため施工ミスとはいいきれず、施工者責任でカバーできる問題ではない。

**共通認識の重要性**

現況は「座屈は施工ミスであり、出来てあたりまえ」とされており、専門業者間でも「ミス」と考え処理することが多いため表面化せず（するはずがありません）、難易度の高い杭であっても対策検討や技術評価がされません。

原因は、座屈事故が表面化しないことであり、杭業者自体が施工ミスと位置付けているためと思われる。

こうした非効率をなくすために、先ず「座屈は起こり得るもの」と認識を共有するところから始めなければならないと思います。





# 建設技術展2024近畿展示内容

## 展示テーマ：場所打ち杭鉄筋のバランス

場所打ち杭の鉄筋かごは地表に近い上部（杭頭）が地震の影響を強く受けるので太径鉄筋が密集していますが、中間部分から下は杭頭部ほどの影響を受けなため鉄筋が細く本数が少ない傾向があります。これは通常の構造物ではあり得ないもので、他に類例をみない特殊なものです。展示ブースでは鉄筋かごが座屈した写真の上に東京タワーを逆さにして載せましたが、こうして考えると大変奇妙なことです。

場所打ち杭施工は、単一工種でありローテクで全てが地下に隠れます。一見単純で簡単そうに思いますが、なかなか数値化や可視化がむずかしく、実物のイメージがしにくいため、問題が把握しにくい特徴があります。そのため、今回の展示では鉄筋かごの一部のモックアップにしました。これまでも要望が多く、小さな写真で見ると違い、イメージし易いといった声が聞かれました。できるだけ大きな（一部はほぼ原寸）画像で展示内容と当協会活動内容をご紹介します。



# 建設技術展2024杭頭鉄筋モックアップ



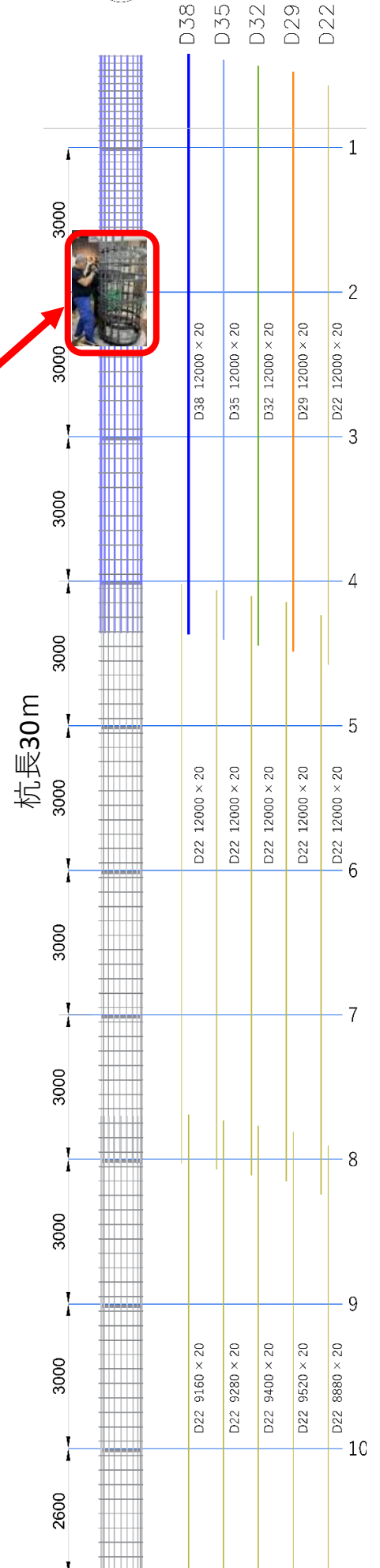
右30m配筋図朱囲い部分のモックアップ

P4~6参照

鉄筋かご座屈は施工だけの問題ではありません



杭配筋(主筋)





## モックアップ拡大写真

(鉄筋はD38ほぼ原寸)

右に90度倒してご覧ください

←上方向

異形筋の節は同じ高さに揃いませんので、Uボルトを締め付けると上下にずれます。また、金具よりも鉄筋が柔らかいため、荷重がかかると節が金具を削ります。

(左写真のUボルトは水平：鉄筋に対し直角になっていない事が確認できます)

このような状況は、Uボルトだけでなく、全ての金具や工法において同様に起こります。

そのため、金具の引張試験値はあまり役にたちません。(数値を頼るために却って危険な場合すらあります)

重量かごを取り扱う場合に十分な検討を行い、説明責任が果たせなければ、重過失として刑事責任を問われる可能性があります。

補強リングによる荷重分散と安全率が重要になりますが、そのためには基準や試験方法が必要です。

## (一社) 無溶接工法安全協会の活動内容

前ページのモックアップと30m杭配筋図は、「座屈は起こっているのか?」「座屈は施工ミス」という業界の極めて不思議な常識を覆す目的で対比して理解いただくことを目的としています。年々杭頭筋は太径/過密化し、杭長は60mを超えるものが珍しくなくなりました。

「座屈」も「固定」の問題も、極めてローテクの解決可能なものですが、業界常識によって杭工事は出来て当たり前と、専門業者の経験施工で片付けられます。

無溶接固定は溶接に比べて格段に弱く、一体化していない為にずれるという事実も、業界では問題にされていません。

これを確かなものにするには標準試験法や基準が不可欠です。



(上; 異形筋の節の高さは絶対に揃いません)

固定力の弱い金具固定では補強リングによる荷重分散が必須ですが、重量鉄筋では通常の帯筋間に収まらず、なんらかの対策(設計変更が必要なケースが多い)を必要とします。

そして設計の段階で回避できることが、工事受注後の協議で初めて表面化します。

大抵の場合、その対策は根拠に乏しく、可視化できないものばかりです。

事故は必ずいつか起こるものですが、このような状況下での事故は予期できないものやミスではなく、重過失という極めて犯罪的なものになります。

これらを解決するにはまず、問題の表面化と整理が必要です。

整理というのは、責任と権限が明確でないことと、基準や標準試験法が定められていないためにこれらの必要性を関係者が共有するための作業です。

当協会は、無溶接工法と周辺問題の表面化と整理、研究を目的に、発注者OB/設計/施工業者/メーカー/保険/運送といった様々な有志の集まりです。


例えば運送では、完全にコンプライアンス違反無しに運送できないケースや橋の制限重量と実際の積載重量などから、新設や架け替えの重要性、労災に詳しい保険の立場から見た場所打ち杭工事等、様々な視点で業界常識を正常化することを目指しています。

原寸画像や実物は問題点が分かり易いですが、ローテクはこうしないと問題共有ができないために、現場に近い人々の意見が非常に大切です。

当協会では匿名性を重視し徹底していますので、しがらみに囚われないご意見をお待ちしています。(詳しくは協会ホームページへ)

ムヨウセツドットコムで  
知っといやすか？



 [muyousetu.com](http://muyousetu.com)

E-mail : [info@muyousetu.com](mailto:info@muyousetu.com)