

番線結束による径の異なる鉄筋重ね継手の引張試験

清水建設 正会員 ○藤岡 樹 長澤 正明
吉武 謙二 清水 和昭

1. はじめに

近年、場所打ちコンクリート杭の軸方向鉄筋の重ね継手に径の異なる鉄筋（以下、異径鉄筋と呼ぶ）を用いる事例が散見される。番線結束による重ね継手は、施工時に作用する軸方向引張力（鉄筋かご建込み時の自重やコンクリート打込み時の引き込み力）に対して主に番線で拘束された鉄筋の節同士のかみ合い力（以下、結束力と呼ぶ）で抵抗すると考えられるが、異径鉄筋の場合、同径鉄筋のものと比較してかみ合う節の高さが低く、軸方向引張力に対してかみ合いが外れやすいことから、結束力の低下が予想される。そこで、同径鉄筋、異径鉄筋および番線結束箇所数の各種組み合わせに対して引張試験を実施し、実際の挙動を検証した。また、その結果を基に、施工管理上の結束力を設定した。

2. 試験内容

試験ケースを表-1 に示す。ベース鉄筋（結束する 2 本のうち太い方の鉄筋）には施工実績の多いD35 と、D35 との違いを調べるためにD29 を選定した。ベース鉄筋D35 には4種類の鉄筋（D35、D32、D29、D25）を、ベース鉄筋D29 には3種類の鉄筋（D29、D25、D22）を組み合わせて1 ケース当たり3 体の試験体を作製した。重ね長さは各種基準および実績等を参考にして、細い方の鉄筋径の 45 倍とした。

また、メーカー間や節の形状による結束力の違いの有無を調べるために、A社のねじ節鉄筋と竹節鉄筋およびB社のねじ節鉄筋を使用した。結束にはなまし鉄線（10 番線）を使用し、結束部で鉄筋の節同士がかみ合うように2 箇所または3 箇所で結束した。全ての試験体の結束は同一人が行い、作業者の違いによるばらつきを極力抑えた。作製した試験体は、アムスラー試験機を用いて毎分3～10mm 程度の速度で引張り、番線が破断したことを確認して試験を終了した。引張試験実施状況、ねじ節鉄筋と竹節鉄筋の番線結束状況および番線破断状況をそれぞれ写真-1～3 に示す。

表-1 試験ケース

メーカー名	結束箇所	鉄筋径		重ね長さ (細径の 45D)	節形状	
		ベース	組合せ		ねじ節	竹節
A 社	2	D35	D35	1575mm	○	○
			D32	1440mm	○	○
			D29	1305mm	○	○
			D25	1125mm	○	○
		D29	D29	1305mm	○	—
			D25	1125mm	○	—
	3	D35	D35	1575mm	○	○
			D32	1440mm	○	○
			D29	1305mm	○	○
			D25	1125mm	○	○
		D29	D29	1305mm	○	—
			D25	1125mm	○	—
B 社	2	D35	D35	1575mm	○	—
			D32	1440mm	○	—
			D29	1305mm	○	—
			D25	1125mm	○	—
	3	D35	D35	1575mm	○	—
			D32	1440mm	○	—
			D29	1305mm	○	—
			D25	1125mm	○	—
			D35	1575mm	○	—
			D25	1125mm	○	—

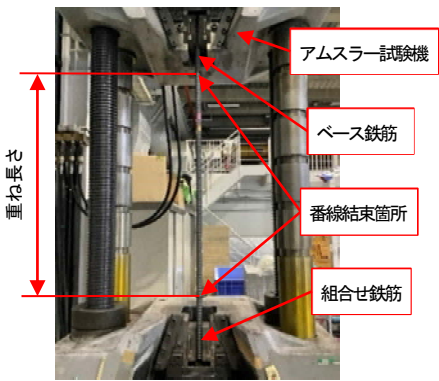


写真-1 引張試験実施状況

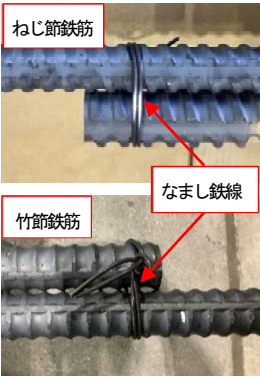


写真-2 番線結束状況

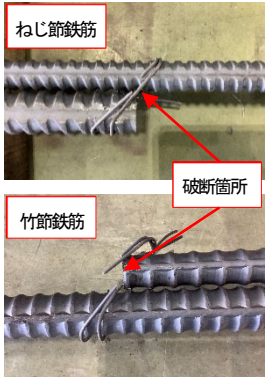


写真-3 番線破断状況

3. 試験結果

引張試験で得られた荷重と変位の関係は、図-1, 2 に示す 2 つのタイプ（以下、図-1 を波型、図-2 を直線型と呼ぶ）に分類できる。波型は、組合せ鉄筋の節間隔が大きく、かつ、かみ合う節の高さが高いケースである。最初の荷重の山を越えて節同士のかみ合いが外れた時に番線の拘束が緩んで一旦荷重が低下するものの、変位が進行して次の節がかみ合った時に再び番線の拘束が増加し、2 番目の荷重の山ができる。これを繰り返して最終的に番線が破断して荷重が 0 になる。

キーワード 重ね継手、場所打ち杭、異径鉄筋、番線結束、引張試験、結束力

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16 番 1 号 清水建設(株) 土木技術本部基盤技術部 TEL 090-2543-1191

直線型は、組合せ鉄筋の節間隔が小さく、かつ、かみ合う節の高さが低いケースである。番線破断までのプロセスは基本的に波型と同じであるが、節間隔が小さくすぐに次の節とかみ合うため、波型のように明確な荷重の山と谷は現れない。

波型、直線型ともに変位の増加に伴って荷重が増加する。これは、変位が進行するにつれて番線が斜めに伸長し、番線で拘束される鉄筋の範囲が広がる（かみ合う節の数が増える）ためと考えられる。

組合せ鉄筋の径と各試験ケースのピーク荷重の関係を図-3 に示す。この図から分かるように、バラツキはあるものの、組合せ鉄筋の径が小さくなるほどピーク荷重も小さくなる。これは、事前に予想したように、異径鉄筋では同径鉄筋と比較してかみ合う節の高さが低く、軸方向引張力に対してかみ合いが外れやすいためと考えられる。

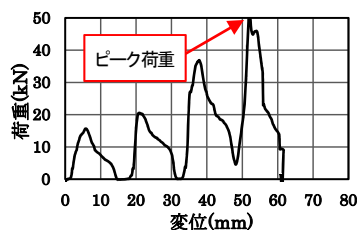


図-1 荷重と変位の関係(波型)

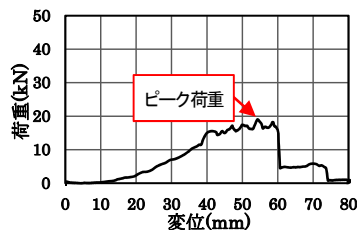


図-2 荷重と変位の関係(直線型)

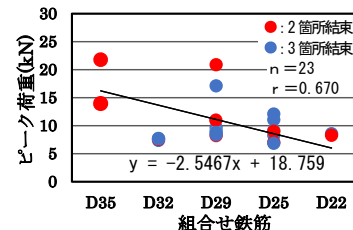


図-3 ピーク荷重と組合せ鉄筋の径の関係

4. 施工管理上の結束力の設定

重ね継手の施工管理上の結束力は以下の方法で設定した。図-1, 2 から、変位が 50mm 前後で荷重がピークになるが、この値を結束力とする場合、変位（鉄筋同士の軸方向のずれ）が大きく必要な重ね継手長が確保できなくなる恐れがある。そこで筆者らは、軸方向鉄筋の組立精度等を考慮して許容変位量を 25mm とし、この変位量の中で最大となる荷重をそのケースの施工管理上の結束力とすることとした。

表-2 結束部 1 箇所当たりの結束力(3 試験体の平均値) (単位: kN)

メーカー名		A 社		B 社		A 社			
節形状		ねじ節				竹節		ねじ節	
ベース鉄筋		D35						D29	
結束数		2箇所	3箇所	2箇所	3箇所	2箇所	3箇所	2箇所	3箇所
組合せ鉄筋	D35	9.07	11.44	11.44	7.13	6.24	4.32		
	D32	8.93	10.37	3.52	5.25	4.22	3.82		
	D29	6.56	3.51	3.11	1.96	4.45	2.40	7.64	7.84
	D25	2.34	2.89	3.02	2.84	5.23	2.90	3.12	2.85
	D22							3.14	2.85

この方法で求めた全ケースの結束力（それぞれ 3 体の試験体の平均値）を結束部 1 箇所当たりに換算して整理した結果を表-2 に示す。また、ベース鉄筋、節の形状、メーカーごとの結束力と組合せ鉄筋の径の関係を図-4~7 に示す。これらの図から次のことが分かる。

- ① 継手部 1 箇所当たりの結束力は、継手箇所数（2 箇所または 3 箇所）による大きな差異はみられない（図-4~7）。
- ② ねじ節の異径鉄筋の結束力は、同径鉄筋のものと比較して低下する（図-4, 5, 7）。また、ねじ節の同径鉄筋の結束力は、径が大きい方が大きくなる（図-4, 7）。これは、前述のように、かみ合う節の高さが低い場合、軸方向引張力に対してかみ合いが外れやすいためと考えられる。
- ③ 竹節の異径鉄筋の結束力は、同径鉄筋のものと比較して大きな差異はみられない（図-6）。ねじ節と竹節の結束力は、同径または径の差が小さい場合は竹節の方が小さい（図-4, 5, 6）。これは、竹節鉄筋は節の角度が緩やかでかみ合いにくい形状であり、かつ、ねじ節鉄筋と比較して節の高さが低いいためと考えられる。
- ④ メーカーの違いによる結束力は、一部の組合せ鉄筋の径で差が出るものの全体としては大きな差異はみられない（図-4, 5）。

5. まとめ

場所打ちコンクリート杭の重ね継手の引張特性に異径鉄筋継手や結束箇所の及ぼす影響を把握するため引張試験を実施した。その結果、ねじ節の異径鉄筋の結束力は、同径鉄筋のものと比較して低下するなどの知見が得られたため、今後の施工計画に反映し、不具合防止に努めたい。

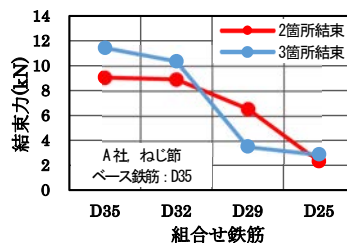


図-4 結束力と組合せ鉄筋径の関係

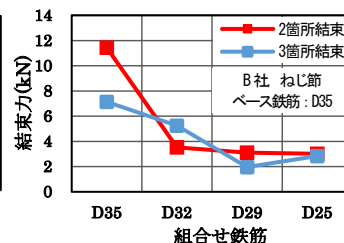


図-5 結束力と組合せ鉄筋径の関係

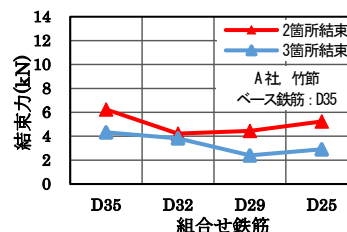


図-6 結束力と組合せ鉄筋径の関係

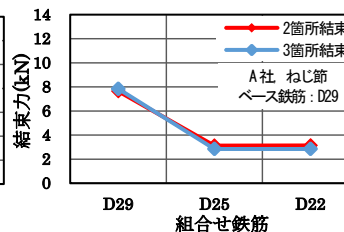


図-7 結束力と組合せ鉄筋径の関係