

開先付き異形棒鋼 NewJ-BAR
溶接する異形棒鋼の日本標準

国土交通大臣認定品

認定番号 MSRB-0118 (WSD390 WD32 J、WD35 J、WD38 J)
MSRB-0120 (WSD490 WD32J、WD35J、WD38J)
MSRB-0129 (WSD490 WD41J 長岡工場)
MSRB-0119 (WSD490 WD41J 三条工場)
MSRB-0108 (WSD490 WD41J JFE 条鋼)

WSD490 WSD390 設計マニュアル
(埋め込み柱脚補強編)

2022 年 8 月

株式会社 ブレイブ

株式会社 クラウン

(株)ブレイブ

Tel 03-6441-3065

URL <http://www.j-bar.jp/>

E-Mail j-bar@nifty.com

目 次

1 章 総則	
1.1 目的	P 3
1.2 適用範囲	P 3
1.2.1 埋め込み鉄骨の鋼種	P 3
1.2.2 適用する鋼材板厚	P 3
1.2.3 基礎・基礎梁等のコンクリート	P 3
1.2.4 準拠基・規準等	P 3
2 章 NewJ-BAR の品質基準および規格	
2.1 NewJ-BAR の品質基準	P 4
2.1.1 種類	P 4
2.1.2 化学成分	P 5
2.1.3 機械的性質	P 5
2.2 NewJ-BAR の規格	P 6
2.2.1 寸法・質量および節の許容限界	P 6
2.2.2 長さおよび重量	P 7
3 章 許容応力度および材料強度	
3.1 材料の許容応力度	P 8
3.2 鋼材と NewJ-BAR との溶接部の許容応力度	P 9
3.3 基準強度	P 9
4 章 埋め込み柱脚の補強力の設定	
4.1 設計条件と適用例	P 10
4.2 柱脚の補強力の設定	P 11
4.1.2 許容応力度設計	P 11
4.1.3 終局強度設計	P 12
5 章 NewJ-BAR による補強と溶接接合部の詳細設計	
5.1 詳細設計のための基本事項	P 13
5.1.1 溶接継目の形式	P 13
5.1.2 開先部の形状と標準溶接長	P 13
5.1.3 補強筋の配列における最小間隔	P 13
5.2 NewJ-BAR を溶接する鋼板の最小板厚	P 16
5.2.1 溶接するダイアフラム、ベースプレートの最小板厚	P 16
5.3 柱側面に溶接接合する場合	P 18
5.3.1 柱断面に生じる合成応力度の確認	P 18
5.3.2 溶接接合部設置位置	P 18
6 章 NewJ-BAR の定着長さ	
6.1.1 必要定着長さ	P 19
6.1.2 標準定着長	P 19
7 章 NewJ-BAR による柱脚補強設計事例（参考）	
	P 21

1 章 総 則

1.1 目的

本マニュアルは、開先付き異形棒鋼（以下「NewJ-BAR」という）を鉄骨埋込み柱脚の、鉄骨柱、ダイアフラムおよびベースプレートに溶接する異形棒鋼として用いる場合において、必要となる設計の基本的な考え方を示すことを目的としたものである。尚、施工に関しては、ブレイブ作成の杭頭補強編の施工要領書に適切な溶接姿勢を考慮した上で準用する。また、(株)ブレイブ作成の施工要領書は指定性能評価機関から確認を受けたものであり、その内容よりも性能が上回る事項の場合は、設計者判断にて採用可能とする。

【 解 説 】

異形棒鋼は、これまで鉄筋コンクリート構造を構成する鉄筋として JIS G 3112 (1964 年)が改正されてから 40 数年にわたり、付着機能が高めるための節を一様に成形した表面形状を基本としている。

近年、この異形棒鋼は本来のコンクリートとの付着機能と共に鋼材との溶接機能も求められる状況にある。しかし、これまでの節がある異形棒鋼をそのまま鋼材にフレア溶接する方法は、溶接品質を保証すると同時にその経済性への影響も考慮して標準とされている開先形状に適合しない粗い溶接面を形成することとなり、初層の溶け込み不良などの溶接欠陥が発生する恐れと共に有効と見なせるのど厚が少ないため、著しく長い溶接長と多くの溶着金属量を必要とすること、有効のど厚の設定が複雑で管理しがたく十分確認せずに施工されることなど溶接品質の信頼性、溶接施工管理の確実性ならびに施工の合理性において改善されるべき課題を残している。

NewJ-BAR は、上記の諸問題を解決するために異形棒鋼の節がある表面に JSSC（日本鋼構造協会）の開先標準に適合する J 形開先をロール成形するとともに化学成分である炭素当量 $C_{eq} (C+Mn/6)$ を低く成分調整して一般鋼材および高強度鋼材との溶接性を考慮して開発した建築材料である。

本技術は高強度でかつ溶接部の品質が確実に確保されることを担保に、平成 22 年 7 月 30 日付けで強度区分 WSD390（母材および溶接部の降伏点 390 N/mm^2 ）材を、建築基準法第 37 条第 2 号の国土交通大臣の認定を取得し、平成 26 年 2 月 18 日付けで、強度区分 WSD490（母材および溶接部の降伏点 490 N/mm^2 ）材を同様に国土交通大臣の認定を取得したものである。

本マニュアルは、NewJ-BAR を鉄骨埋込み柱脚の、鋼材、ダイアフラムおよびベースプレートに溶接する異形棒鋼として用いる場合において、必要となる設計の基本的な考え方を示すことを目的としたものである。

1.2 適用範囲

本マニュアルは NewJ-BAR を鉄骨埋込み柱脚の補強材として、鋼材、ダイアフラムおよびベースプレートに溶接する異形棒鋼として用いる場合の設計に適用するものであり、適用範囲は以下とする。

1.2.1 埋め込み鉄骨の鋼種

埋め込み鉄骨の鋼種は溶接部の許容応力度の基準強度が指定されている以下とする。

鋼種 1：SS400、SM400A、SM400B、SN400B、SN400C、STK400、STKN400B

鋼種 2：SM490A、SM490B、SN490B、SN490C、STK490、STKN490B、STKN490C

鋼種 3：SM520B、SM520C

鋼種 4：STK540 等

鋼種 5：T-DAC385 等

鋼種 6：SM570、HT570P 等

鋼種 7：SA440（WSD490 と溶接する場合のみ）

その他溶接部の許容応力度の基準強度、溶接部の材料強度の基準強度が定められている鋼材。

1.2.2 適用する鋼材板厚

埋め込み柱脚の鋼材板厚は 12 mm 以上とする。

1.2.3 基礎・基礎梁等のコンクリート設計基準強度

基礎・基礎梁等のコンクリートの設計基準強度は、WSD390 材の場合 F_{c21} 以上、WSD490 材の場合 F_{c24} 以上とする。

1.2.4 準拠基・規準等

本マニュアルは以下の基・規準等に準拠している。本マニュアルに記載のない事項はこれらを準拠して設

計を行うものとする。

- | | |
|---------------------------------|------------------|
| 1) 建築基準法 同施行令および関連告示 | 国土交通省 |
| 2) 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)」 | (社) 日本建築学会 |
| 3) 「鋼構造設計規準・許容応力度設計法(2005)」 | (社) 日本建築学会 |
| 4) 「鋼管構造設計施工指針同解説(1990)」 | (社) 日本建築学会 |
| 5) 「鋼構造接合部設計指針(2010)」 | (社) 日本建築学会 |
| 6) 「鋼構造塑性設計指針」 | (社) 日本建築学会 |
| 7) 「鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2001)」 | (社) 日本建築学会 |
| 8) 「建築物の構造関係技術基準解説書 2007 年版」 | 監修 国土交通省住宅局建築指導課 |

【解説】

1. 鉄骨の適用範囲

鉄骨の適用範囲は、建築材料として母材の許容応力度の基準強度および材料強度の基準強度とともに、溶接部の許容応力度の基準強度および材料強度の基準強度が認められている鋼種が対象であり、NewJ-BAR との溶接部の許容応力度等は、平成 12 年建設省告示第 2464 号に従い NewJ-BAR と鋼材それぞれの溶接部の許容応力度の基準強度の内、小さな方の値を用いて設計を行うものとする。

2. 鉄骨の適用板厚

NewJ-BAR を溶接する部位の鋼材板厚（柱脚本体、ダイアフラムおよびベースプレート等）は 5.2.1 に示す 12 mm 以上あることを原則とする。ただし、1.2.4 に示す基・規準に則り、補強筋の配置間隔等を考慮の上設計者が安全性を確認した場合はこの限りではない。なお、この場合においても、下表に示す板厚以上とする必要がある。

開先付き 異形棒鋼 の呼び名	開先付き異形棒鋼の種別 WSD390		開先付き異形棒鋼の種別 WSD490	
	鋼 材 の 板 厚			
	鋼種 1 (400N級)	鋼種 2 (490N級) 以上	鋼種 1 (400N級)	鋼種 2 (490N級) 以上
WD25 J	6mm以上	6mm以上	6mm以上	6mm以上
WD32 J	8mm 以上		8mm以上	8mm以上
WD35 J	9mm以上	7mm以上	9mm以上	
WD38 J	1 0mm以上	8mm以上	1 0mm以上	
WD41 J	－	－	1 1mm以上	9mm以上

3. 基礎・基礎梁等のコンクリート設計基準強度

NewJ-BAR の定着長さを定める上で、WSD390 材の場合 F_{c21} 以上、WSD490 材の場合 F_{c24} 以上を前提としている。

2 章 NewJ-BAR の品質基準および規格

2.1 NewJ-BAR の品質基準

2.1.1 種類

NewJ-BAR の種類は表 2.1 による。

表 2.1 NewJ-BAR の種類

種類の記号	サイズ	呼び名
WSD390 WSD490	D25 相当	WD25J※
	D32 相当	WD32J
	D35 相当	WD35J
	D38 相当	WD38J
	D41 相当	WD41J

備考. WD25 J は常時製造していません。使用にあたっては事前相談をお願いします。

2.1.2 化学成分

NewJ-BAR の溶鋼分析値は表 2.2 による。

表 2.2 化 学 成 分

種類の記号	化 学 成 分 (%)					
	C	S i	Mn	P	S	C+Mn/6
WSD390	0.26 以下	0.45 以下	1.20 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.44 以下
SD390	0.29 以下	0.55 以下	1.80 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.55 以下
WSD490	0.26 以下	0.45 以下	1.32 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.48 以下
SD490	0.32 以下	0.55 以下	1.80 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.60 以下

備考 1. 化学成分は、取鍋分析値とする。

備考 2. SD390、SD490 は JIS G 3112:2010 の数値であり、対比のために記載する。

2.1.3 機械的性質

NewJ-BAR の降伏点又は 0.2%耐力、引張強さ、降伏比、伸びおよび曲げ性は表 2.3 による。

なお、曲げ性の場合はその外側に亀裂を生じてはならない。

表 2.3 機 械 的 性 質

種類の記号	降伏点 又は 0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸 び		曲げ性	
				試験片	(%)	曲げ 角度	内側半径 ^{※3}
WSD390	390～510	560 以上	80 以下	14A 号	17 ^{※1} 以上	180°	2.5d
SD390	390～510	560 以上	80 以下		15 以上	90°	D25 以下の場合: 2.5d D25 超えの場合: 3d
WSD490	490～625	655 以上	80 以下		13 ^{※2} 以上		3.0d
SD490	490～625	620 以上	80 以下				

備考 1. WD32 J を越えるものについては、4%を限度として、呼び名 3 を増すごとに、上表の伸び値から 2%を減じる。したがって、WD35 J は 15%以上および WD38 J は 12%以上の伸びとなる。SD390 の場合も同様である。

備考 2. D32 を越えるものについては、4%を限度として、呼び名 3 を増すごとに、上表の伸び値から 2%を減じる。

備考 3. 内側半径記号 d は公称直径を示す。

備考 4. SD390、SD490 は JIS G 3112 の数値であり、対比のために記載する。

備考 5. JIS 異形棒鋼 SD390、SD490 は降伏比 80%以下の規定がないが、NewJ-BAR は、性能確保のため、特別に規定している。

2.2 NewJ-BAR の規格

2.2.1 寸法・質量および節の許容限界

NewJ-BAR の寸法・質量および節の許容限界は表 2.4 とし、形状を図 2.1 に示す。

なお、公称直径、公称周長、公称断面積、単位質量は JIS 規格と同一である。

表 2.4 寸法、質量および節の許容限界 (WSD390、WSD490 共通)

呼 び 名	公称 直径 (d) mm	公称 周長 (I) cm	公称 断面積 (s) cm ²	単位 質量 kg/ m	節の 平 均間 隔 の最 大 値 (P1) mm	節の高さ (h1) mm		節の 幅 (w1) mm	節の頂部 の幅(w2) mm*		節と 軸線 との 角度 (α) 度	J 開先 の角 度 * (θ) 度	J 開 先 の R- 半径 * (r) mm	開先 凸 部の 平 均間 隔 の最 大 値* (P2) mm	開先 凸部 の高 さ * (h2) mm	開先 間凹 部深 さ * (h3) mm	単 位 質 量 の 許 容 差 %
						最 小 値	最 大 値		最 小 値	最 大 値							
WD25J ※4	25.4	8.0	5.067	3.98	17.8	1.3	2.6	8±2	1.8	4.8	45 以上	42.5 ±2.5	9±2	12.0	0.7± 0.2	0.6 以上	±5
WD32J	31.8	10.0	7.942	6.23	22.3	1.6	3.2	9±2	1.8	4.8				13.0	0.8± 0.2	0.9 以上	±4
WD35J	34.9	11.0	9.566	7.51	24.4	1.7	3.4	10±2	2.0	5.0							
WD38J	38.1	12.0	11.40	8.95	26.7	1.9	3.8	10±2	2.0	5.0							
WD41J	41.3	13.0	13.40	10.5	28.9	2.1	4.2	11±2	2.0	5.0				14.0	0.9 ± 0.2	1.4 以上	

備考1. 公称断面積、公称周長及び単位質量の算出方法は、次による。

公称断面積 (S) = $0.7854 \times d^2 / 100$: 有効数字 4 桁に丸める。

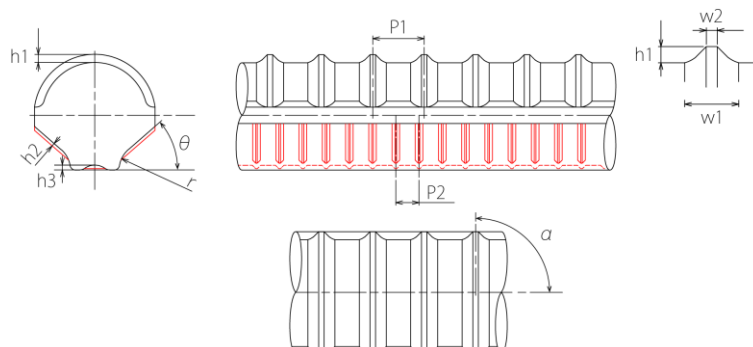
公称周長 (I) = $0.3142 \times d$: 小数点以下 1 桁に丸める。(P9 解説を参照する)

単位質量 = $0.785 \times S$: 有効数字 3 桁に丸める。

備考2. 節の間隔は、算出値を小数点以下 1 桁に丸める。

備考3. *印は、JIS G3112 に定めのない規格である。

備考4. WD25J は常時製造していません。使用にあたっては事前にご相談下さい。



ロールマーク表示

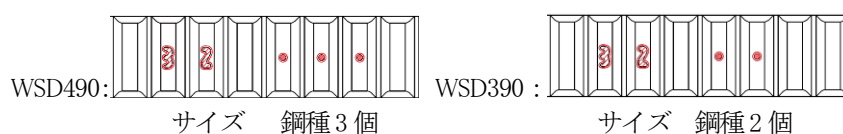


図 2.1 NewJ-BAR の形状とロールマーク

2.2.2 長さおよび重量

NewJ-BAR の長さ、重量および長さ公差を表 2.5 に示す。なお、製品長は標準製品長であり、設計者により、長さは自在に設定できる。

表 2.5 NewJ-BAR の長さ、重量および長さ公差

種別	呼び名	公称 断面積 mm ²	製品長※ ² mm		製品重量 kg		長さ公 差 mm
			鋼種 1 と接合	鋼種 2 以上	鋼種 1 と接合	鋼種 2 以上	
WSD390	WD25J※ ¹	506.7	1,240	1,240	4.94	4.94	0～15
	WD32J	794.2	1,540	1,540	9.59	9.59	
	WD35J	956.6	1,690	1,690	12.7	12.7	
	WD38J	1140.0	1,820	1,820	16.3	16.3	
WSD490	WD32J	794.2	1,870	1,840	11.7	11.5	
	WD35J	956.6	2,040	2,020	15.3	15.2	
	WD38J	1140.0	2,200	2,180	19.7	19.5	
	WD41J	1340.0	2,380	2,350	25.0	24.7	

備考 1. WD25 J は常時製造していません。ご使用に当たっては事前にご相談下さい。

備考 2. 製品長は、表 2.5.1 の標準定着長の寸法としている。

備考 3. 鋼種 1 および 2 は、1.2.1 に示す鋼種を表す。

【解説】製品長

製品長は溶接接合部寸法と定着長からなり、表 2.5 では定着長は標準値（6.1.2 参照）を示し、下表 2.5.1 のように定めている。

表 2.5.1 NewJ-BAR の埋め込み柱脚補強筋の標準定着長（d は公称直径を示す）

種別	コンクリート設計 基準強度 Fc N/mm ²	標準定着長
		曲げ材上端筋その他の鉄筋共通
WSD390	21.0 以上	43 d
WSD490	24.0 以上	52 d

3 章 許容応力度および材料強度

3.1 材料の許容応力度

NewJ-BAR の許容応力度を表 3.1、コンクリートとの許容付着応力度を表 3.2 および鋼材の許容応力度を表 3.3 に示す。

表 3.1 NewJ-BAR の許容応力度 (N/mm²)

記 号	基準強度 F 値	長期許容応力度	短期許容応力度	備 考
		引張および圧縮	引張および圧縮	
WSD390	390	195 (215)	390	
WSD490	490	195	490	

備考. WD25N に対しては、() 内の数値とする。

表 3.2 コンクリートとの許容付着応力度 (N/mm²)

設計基準強度 F_c	長期許容応力度		短期許容応力度
	上端筋	その他の鉄筋	
22.5 以下の場合	$F_c/15$	$F_c/10$	長期に対する値 $\times 1.5$
22.5 を超える場合	$0.9+2\cdot F_c/25$	$1.35+F_c/25$	長期に対する値 $\times 1.5$

備考 1. F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

備考 2. 許容付着応力度は「建築基準法施行令平成 12 年建設省告示第 1450 号」の式による。

ただし、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2010)」に従い、短期許容応力度は長期に対する値の 1.5 倍とする。

備考 3. 割裂破壊のおそれがある部位に定着する場合の、基準強度は本表によらず 6.1.1 による。

表 3.3 接合する鋼材の許容応力度 (N/mm²)

鋼種	基準強度	長期許容応力度		短期許容応力度		板厚
		引張・圧縮	せん断	引張・圧縮	せん断	
鋼種 1	235	156	90	235	135	板厚 40mm 以下
鋼種 2	325	216	125	325	187	
鋼種 3	355	236	136	355	204	
鋼種 4	375	250	144	375	216	
鋼種 5	385	256	148	385	222	
鋼種 6	400	266	153	400	230	
鋼種 7	440	293	169	440	254	

備考 1. 鋼種 1 : SS400、SM400A、SM400B、SN400B、SN400C、STK400、STKN400B

鋼種 2 : SM490A、SM490B、SN490B、SN490C、SKK490、STK490、STKN490B、STKN490C

鋼種 3 : SM520B、SM520C

鋼種 4 : STK540 等、

鋼種 5 : T-DAC385 等

鋼種 6 : SM570、HT570P 等

鋼種 7 : SA440

備考 2. 鋼種 6 の鋼材の基準強度は、「鋼構造設計規準」(社) 日本建築学会の数値を採用している。

【解説】 NewJ-BAR のコンクリートとの許容応力度

開先付異形棒鋼のコンクリートとの付着性能を確認するため、性能評価機関である(一財)ベターリビングにて、JIS 異形棒鋼の試験体と同一条件で各径毎に試験を行い、開先付き異形棒鋼が JIS 異形棒鋼と同等の付着性能を有し、建設省平成 12 年告示第 1450 号の条件を満たすことを確認した。

上記より、開先付き異形棒鋼の長期の許容付着応力度は同上の告示による数値(日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」以降学会 RC 規準と称す、と同一)を採用し、短期の許容付着応力度は、学会 RC 規準に準拠し、長期の 1.5 倍の数値を採用した。

3.2 鋼材と NewJ-BAR との溶接部の許容応力度

鋼材と NewJ-BAR との溶接部の許容応力度を表 3.4 に示す。

表 3.4 鋼材と NewJ-BAR との溶接部の許容応力度 (N/mm²)

鋼種	基準強度	長期許容応力度	短期許容応力度	板厚
		せん断	せん断	
鋼種 1	235	90	135	板厚 40mm 以下
鋼種 2	325	125	187	
鋼種 3	355	136	204	
鋼種 4	375	144	216	
鋼種 5	385	148	222	
鋼種 6	400	153 (150)	230 (225)	
鋼種 7	440	169 (150)	254 (225)	

注記 () 内数値は WSD390 の場合を示す。

備考 1. 鋼種は表 3.3 と同じとする。

備考 2. 強度の異なる鋼材を接合する場合は、強度の低い鋼材に対する値を用いるものとする。
したがって、許容応力度は鋼種 1～5 は鋼材の数値を、鋼種 6 および 7 の場合 WSD490 に関しては鋼材の数値を、WSD390 に関しては NewJ-BAR の数値を採用している。

3.3 基準強度

1) 許容応力度の基準強度

NewJ-BAR の母材および溶接部の許容応力度の基準強度 F は、WSD390 の場合 $F=390\text{N/mm}^2$ 、WSD490 の場合 $F=490\text{N/mm}^2$ とする。

2) 材料強度の基準強度

NewJ-BAR の母材および溶接部の材料強度の基準強度は、WSD390 の場合上記の F の 1.1 倍 (429N/mm^2) 以下の数値とすることができる。WSD490 の場合は 490N/mm^2 とする。

3) 上限強度

部材のせん断など危険な破壊形式を防止するための計算に用いる、NewJ-BAR の上限強度は WSD390 の場合 F 値の 1.25 倍、WSD490 の場合 F 値の 1.2 倍とする。

【解説】

1. WSD490 材の材料強度の基準強度

棒鋼の降伏点強度は規格値を下限として製造上のばらつきがあるので、部材の終局強度算定は大部分がその範囲を超えるという意味で信頼強度と呼び、その数値を採用して行う。法令上その信頼強度は材料強度の基準強度と定義している。そのため、WSD390 材の材料強度基準強度は F 値の 1.1 倍 (429N/mm^2) 以下の数値が認定されている。ただし、WSD490 材の場合は、現状においては F 値に対する割増はなく、材料強度は F 値の 1.0 倍が認定の値である。

2. WSD390 材、WSD490 材の上限強度

上限強度の定義は、製造実績における降伏点のばらつきにおいて、大部分がその範囲内にとどまる数値であり、WSD390 材は F 値の 1.25 倍、WSD490 材は F 値の 1.20 倍の値である。

4 章 埋め込み柱脚の補強力の設定

4.1 設計条件と適用例

4.1.1 設計条件

(1) 基本的な考え方および準拠・規準等

埋込み柱脚とは鋼柱を基礎あるいは基礎梁のコンクリートの中に直接埋込み、基礎と柱との一体化を図った柱脚である。柱の両側に基礎梁もしくはそれに相当する十分なコンクリートのかぶり厚さがある埋込み形式柱脚（以下、中柱柱脚という）では、柱の曲げモーメントおよびせん断力は主として柱と基礎コンクリートとの間の支圧力で伝達される。（「解2. 埋込み鉄骨の荷重伝達」参照）

ただし、建物の外周に位置する柱脚のように、柱の片側にしか基礎梁もしくはそれに相当する十分なコンクリートのかぶり厚さがない場合（以下、側柱あるいは隅柱という）には適切な補強が必要である。

この側柱・隅柱かぶりコンクリートのパンチングシヤー破壊を防止する補強筋には、柱周りにコ形補強筋を挿入する方法ならびに補強筋を柱脚側面、ダイアフラムおよびベースプレートに溶接する方法がある。この補強筋は鋼柱のはらみ出し防止に機能させるものであり、定着する梁の曲げ強度に加算してはならない。

ここでは、NewJ-BAR を埋込み柱脚に溶接する補強筋（以下、柱脚補強筋という）に用いる場合において、必要となる設計の基本的な考え方を以下の指針に従い示すものとする。

なお、「鋼管構造設計施工指針同解説」および「鋼構造接合部設計指針」に示された設計式は、同じ耐荷機構に基づいているが、曲げ耐力算定において、「鋼管構造設計施工指針同解説」は側柱・隅柱の埋込み心位置での算定であるのに対し「鋼構造接合部設計指針」は基礎コンクリート上端位置での算定としている相違点がある。設計に際しどちらの設計式を採用してもよい。ここでは「鋼管構造設計施工指針同解説」に従い設計法を示す。

許容応力度等の数値は「3 章 NewJ-BAR の許容応力度および材料強度」を参照するものとし、その他の示されていない事項および詳細については以下の基・規準によるものとする。

- | | |
|-------------------------------|-----------------|
| 1) 「鋼管構造設計施工指針同解説」 | (社) 日本建築学会 |
| 2) 「鋼構造接合部設計指針」 | (社) 日本建築学会 |
| 3) 「鋼構造塑性設計指針」 | (社) 日本建築学会 |
| 4) 「建築物の構造関係技術基準解説書（2007 年版）」 | 国土交通省住宅局建築指導課監修 |

【解説】

1. NewJ-BAR を柱脚補強筋として角形鋼管側面に溶接した適用例

この適用例は柱脚のかぶりコンクリートのパンチングシヤー破壊を防止する柱脚補強筋として、角形鋼管側面に NewJ-BAR を溶接した例である。なお、柱側面に多段に溶接する形式は応力中心間距離が小さく効率が悪いので、ダイアフラムおよびベースプレートを延長した水平の鋼板に NewJ-BAR を溶接する形式もある。

なお、柱側面に溶接する場合は、上向き溶接となる部分があるため、工場溶接あるいは、現場にて建て方を行う前に柱を横置きした状態で横向きあるいは立向きの溶接を行うことが望ましい。



写真 4.1-1 NewJ-BAR を柱脚補強筋として角形鋼管側面に溶接した適用例

2. 埋込み鉄骨の荷重伝達と補強方法

これまでの埋込み鉄骨の研究によると、柱の曲げモーメントおよびせん断力は主として埋込み鉄骨の表面と

基礎コンクリート間の支圧力により基礎に伝達され、スタッドコネクタなどのせん断抵抗による応力伝達は支配的でないとの報告がある。側柱のように柱に対しかぶりコンクリートが少ない場合のパンチングシヤー破壊を防止するには、柱周りにコ形補強筋を挿入する方法ならびにアンカー筋を柱脚側面、ダイアフラムおよびベースプレートに延長した鋼板に溶接する方法が有効である。

4.2 柱脚の補強力の設定

4.2.1 許容応力度設計

(1) 設計方針

- 1) 埋込み柱脚では、軸力は鋼柱脚部のベースプレートを介して基礎コンクリートに伝達されるように設計する。
- 2) 基礎コンクリートへの鋼柱の埋込み深さは、鉄骨柱の断面せいの2倍以上とする。
- 3) 側柱や隅柱の場合、基礎梁のない側のコンクリートの適切なかぶり厚さの確保、あるいは適切な NewJ-BAR の配置に留意する。
- 4) 柱の曲げモーメントおよびせん断力は、柱と基礎コンクリートの間の支圧耐力および埋込み部に配置された NewJ-BAR の引張抵抗により基礎に伝達されるものとみなして基礎コンクリートおよび NewJ-BAR を設計する。

(2) 側柱・隅柱柱脚の設計

柱脚補強筋の引張抵抗により柱の応力を基礎に伝達する側柱柱脚は、**図 4.2-1** に示す耐荷機構を仮定し、鉄骨幅 (B) を柱幅および埋込み深さ (d) を柱せいとする長方形断面をもつ鉄筋コンクリート柱とみなして、**図 4.2-2** に示す埋込み心位置で、曲げモーメント (M_b) とせん断力 (Q) に相当する軸方向力 (Q_n) に対して基礎コンクリートおよび補強筋の断面を算定する。

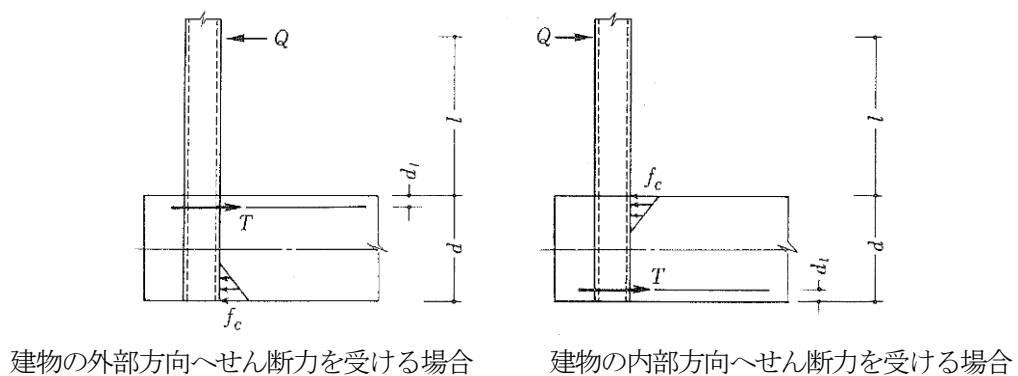


図 4.2-1 埋込み柱脚の耐荷機構

記号

- Q_n : 埋込み心位置に作用するせん断力 ($=Q$) (N)
 Q : 柱および埋込み柱脚に作用するせん断力 (N)
 T : 補強筋の引張抵抗 ($=at \cdot \sigma_y$) (N)
 at : 補強筋の断面積の和 (mm^2)
 σ_y : 補強筋の降伏強さ (N/mm^2)
 l : 基礎コンクリート上端 から柱の反曲点までの高さ (mm)
 d : 埋込み柱脚の埋込み長 (mm)
 f_c : コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm^2)
 M_c : 基礎コンクリート上端位置の柱脚曲げモーメント
 $(=Q \cdot l)$ ($\text{N} \cdot \text{m}$)
 M_b : 埋込み心位置の基礎コンクリートの抵抗曲げモーメント
 $(=Q(l + d/2))$ ($\text{N} \cdot \text{m}$)
 N : 埋込み柱脚に作用する軸力(N)
 B : 鉄骨幅 (mm)
 $s\sigma_c$: NewJ-BAR に生ずる圧縮応力度 (N/mm^2)
 $c\sigma_c$: コンクリートの縁圧縮応力度 (N/mm^2)
 $s\sigma_t$: NewJ-BAR に生ずる引張応力度 (N/mm^2)

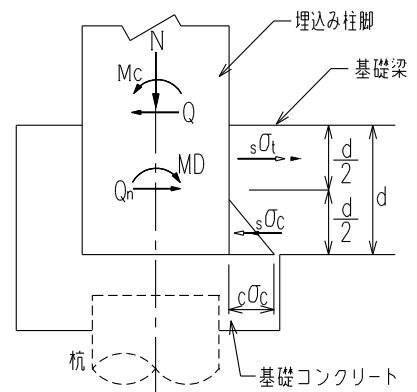


図 4.2-2 埋込み心位置の応力状態

4. 2. 2 終局強度設計

(1) 設計方針

- 1) 柱脚の終局曲げ耐力は、柱と基礎コンクリートの間の支圧耐力および埋込み部に配置された補強筋の降伏耐力などを考慮して算定する。
- 2) 柱脚の終局曲げ耐力は柱の終局曲げ耐力より大きくなるように設計することを原則とする。
- 3) 柱脚の終局曲げ耐力は補強筋量を設定して力のつり合い条件より直接求める方法とする。計算に際しては埋込み心におけるせん断力を予め仮定しておく必要があり、基礎コンクリート上端の柱に塑性ヒンジが形成された場合の柱の終局曲げ耐力 (M_{pc}) から求まるせん断力 ($Q_{pc} = M_{pc}/l$) が作用するものと仮定する。

(2) 側柱・隅柱柱脚の設計

図 4. 2-3 および図 4. 2-4 における終局状態での力のつり合いより、側柱・隅柱の埋込み心位置における柱脚の終局曲げ耐力 (4. 2-2 式による) を求め、柱脚の終局曲げ耐力 M_u' が (4. 2-1) 式から求まる軸力を考慮した柱の終局曲げ耐力 M_{pc} を上回るように設計する。

- 1) 軸力を考慮した柱の終局曲げ耐力 (M_{pc}) の計算 (「鋼構造塑性設計指針」参照)

$$\frac{N}{N_Y} \leq \frac{A_w}{A} \text{ の時 } M_{pc} = \left\{ 1 - \frac{A^2}{(4 \cdot A_f + A_w) \cdot A_w} \cdot \left(\frac{N}{N_Y} \right)^2 \right\} M_p \quad (4. 2-1)$$

- 2) 柱の終局せん断耐力の計算 ($Q_{pc} = M_{pc}/l$) (N)

- 3) 補強筋の引張降伏耐力 ($T_u = at \cdot \sigma_y$) 及び基礎コンクリートの終局支圧耐力 (Cc) の計算

- 4) コンクリートの終局支圧応力度 $\bar{\sigma}_u$ の設定及びコンクリートの支圧抵抗深さ dc ($= Cc / (\bar{\sigma}_u B)$) の計算

- 5) 埋込み心位置における柱脚の終局曲げ耐力 (M_u') の計算式および検定

$$M_u' = Ty \left(\frac{d}{2} - dt \right) + Cc \left(\frac{d}{2} - \frac{dc}{2} \right) \geq M_{pc}' = M_{pc} + \frac{Q_{pc} \cdot d}{2} \quad (4. 2-2)$$

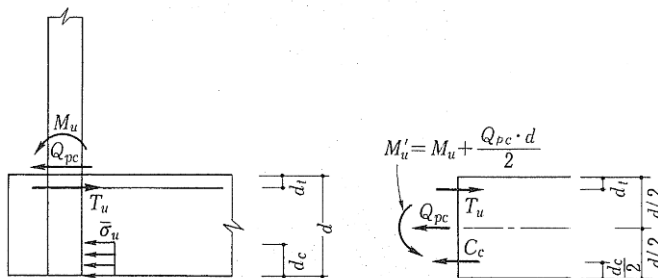


図 4. 2-3 建物の外部方向へのせん断力を受ける場合

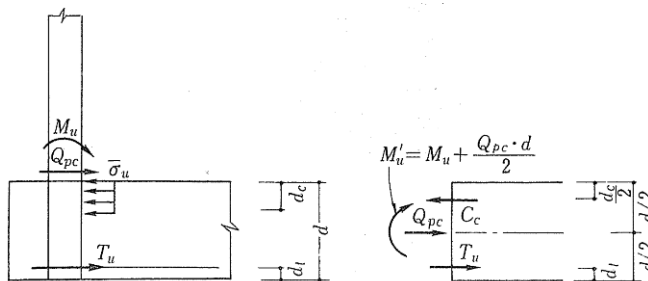


図 4. 2-4 建物の内部方向へのせん断力を受ける場合

記号

T_y : 補強筋の引張降伏耐力 ($= at \cdot \sigma_y$) (N)

at : 補強筋の断面積の和 (mm^2)

σ_y : 補強筋の降伏強さ (N/mm^2)

d : 柱脚の埋込み深さ (mm)

dt : 補強筋の重心位置から基礎コンクリート端部までの距離 (mm)

N : 終局耐力時の柱の軸力 (N)

N_Y : 柱の降伏軸力 ($= A \cdot F_y$) (N)

A : 鋼柱の断面積 (mm^2)

F_y : 鋼柱の降伏強さ (N/mm^2)

Q_{pc} : 柱の終局せん断耐力 ($= M_{pc}/l$) (N)

l : 全体骨組の崩壊機構で基礎コンクリート上端から柱の反曲点までの高さ (mm)

Cc : 基礎コンクリートの終局支圧耐力 (N)

・ 建物の外部方向へのせん断力を受ける場合

$$Cc = T_y - Q_{pc}$$

・ 建物の内部方向へのせん断力を受ける場合

$$Cc = T_y + Q_{pc}$$

M_{pc} : 柱の終局曲げ耐力 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

M_{pc}' : 埋込み心位置に作用する終局曲げ耐力 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

M_p : 鋼柱の終局曲げ耐力 ($\text{N} \cdot \text{mm}$)

$\bar{\sigma}_u$: 基礎コンクリートの終局支圧強度 (鋼管およびダイアフラムがある角型鋼管またはH型柱の場合 F_c 、ダイアフラムがない場合 $2F_c/3$)

B : 鉄骨幅 (mm)

5 章 NEWJ-BAR による補強と溶接接合部の詳細設計

5.1 詳細設計のための基本事項

5.1.1 溶接継目の形式

NewJ-BAR の溶接継目の形式は、両面 J 形部分溶込み溶接とする。

5.1.2 開先部の形状および標準溶接長

開先部の形状は、「図 2.1 NewJ-BAR の形状 (P6)」に示す両面形とし、以下の規定を満足している。

1) 溶接継目の有効面積

溶接部の有効面積は、(有効溶接長)×(有効のど厚)とする。

WSD390 材、WSD490 材の両面 J 形開先の有効のど厚は、開先深さ以内の表 5.1 に示す数値とする。

表 5.1 NewJ-BAR の有効のど厚

NewJ-BAR の呼び名	有効のど厚 mm
WD25J*	6.0
WD32J	10.0
WD35J	10.5
WD38J	12.5
WD41J	13.0

2) 標準溶接長

NewJ-BAR の標準溶接長は、有効溶接長に有効のど厚の 2 倍を加えた表 5.2 の数値とする。

表 5.2 標準溶接長

呼び名	標準溶接長 mm			
	WSD390 の場合		WSD490 の場合	
	400N級鋼種	490N級以上	400N級鋼種	490N級以上
WD25J*	140		180	150
WD32J				
WD35J	160		200	180
WD38J				
WD41J	—		220	190

備考：WD25J は常時製造していません。ご使用の際は事前にご相談下さい。

5.1.3 補強筋の配列における最小間隔

ダイアフラム、ベースプレートとの延長部に溶接する場合の補強筋 NewJ-BAR 配列における最小間隔は、表 5.3 の寸法以上とする。なお、最外端のへりあき寸法は表 5.3 の最小間隔の 1/2 以上とする。

表 5.3 配列における最小間隔

NewJ-BAR の呼び名	最小間隔 mm (公称直径の n 倍)
WD25J*	90 (3.6 d)
WD32J	100 (3.13 d)
WD35J	105 (3.0 d)
WD38J	110 (2.89 d)
WD41J	115 (2.80 d)

【解説】

1. NewJ-BAR の溶接継目の短期許容応力と保有耐力接合

NewJ-BAR の溶接継目は、適用範囲内の鋼種および鋼材板厚に対して、許容応力度設計ならびに終局強度設計の保有耐力接合を 100% 満たすように行う。

(1) 許容応力度設計

溶接部は許容応力度設計における (5.1-1) 式を満たすようにする。

$$\frac{\sigma_y \times A_s}{2a \times f_s \times (L - 2a)} \leq 1.0 \quad (5.1-1)$$

ここに、 σ_y : NewJ-BAR の短期許容引張応力度 (N/mm²)

A_s : NewJ-BAR の公称断面積 (mm²)

f_s : 溶接部の短期許容せん断応力度 (N/mm²)

a : J 形開先の有効のど厚 (mm)

$(L - 2a)$: 有効溶接長、全溶接長から有効のど厚の 2 倍を差し引いた長さ (mm)

表 5.1.1 標準溶接長の場合の許容応力度計算の安全性検証

NewJ-BAR				溶接部			安全性検証	
種別	呼び名	断面積／ のど厚	許容 応力度	鋼 種	溶接 長	許容 応力度		
WSD 390	WD25J	506.7／6.0	390	1	140	135	$390 \times 506.7 / (2 \times 6 \times 135 (140 - 2 \times 6)) = 0.953 \leq 1.0$ OK	
	WD32J	794.2／10					$390 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 135 (140 - 2 \times 10)) = 0.956$ OK	
	WD35J	956.6／10.5			160		$390 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 135 (160 - 2 \times 10.5)) = 0.947$ OK	
	WD38J	1140／12.5					$390 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 135 (160 - 2 \times 12.5)) = 0.976$ OK	
	WD25J	506.7／6.0		2	140	187	$390 \times 506.7 / (2 \times 6 \times 187 (140 - 2 \times 6)) = 0.688 \leq 1.0$ OK	
	WD32J	794.2／10					$390 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 187 (140 - 2 \times 10)) = 0.690$ OK	
	WD35J	956.6／10.5			160		$390 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 187 (160 - 2 \times 10.5)) = 0.683$ OK	
	WD38J	1140／12.5					$390 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 187 (160 - 2 \times 12.5)) = 0.704$ OK	
WSD 490	WD32J	794.2／10	490	1	180	135	$490 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 135 (180 - 2 \times 10)) = 0.901$ OK	
	WD35J	956.6／10.5			200		$490 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 135 (200 - 2 \times 10.5)) = 0.924$ OK	
	WD38J	1140／12.5			220		$490 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 135 (200 - 2 \times 12.5)) = 0.946$ OK	
	WD41J	1340／13.0					$490 \times 1340 / (2 \times 13.0 \times 135 (220 - 2 \times 13.0)) = 0.964$ OK	
	WD32J	794.2／10		2	150	187	$490 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 187 (150 - 2 \times 10)) = 0.800$ OK	
	WD35J	956.6／10.5			180		$490 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 187 (180 - 2 \times 10.5)) = 0.751$ OK	
	WD38J	1140／12.5					$490 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 187 (180 - 2 \times 12.5)) = 0.771$ OK	
	WD41J	1340／13.0			190		$490 \times 1340 / (2 \times 13.0 \times 187 (190 - 2 \times 13.0)) = 0.823$ OK	

(2) 終局強度設計

溶接部は終局強度設計における (5.1-2) 式の保有耐力接合を満足する。

$$\frac{1.2 \times F \times A_s}{2a \times \tau_u \times (L - 2a)} \leq 1.0 \quad (5.1-2)$$

ここに、 F : NewJ-BAR の基準強度 (N/mm²)

A_s : NewJ-BAR の公称断面積 (mm²)

a : J 形開先の有効のど厚 (mm)

τ_u : 溶接部の破断応力度 (N/mm²)

$(L - 2a)$: 有効溶接長、全溶接長から有効のど厚の 2 倍を差し引いた長さ (mm)

表 5.1.2 標準溶接長の場合の保有耐力接合の安全性検証

NewJ-BAR				溶接部			安全性検証	
種別	呼び名	断面積／ のど厚	基準強度	鋼種	溶接長	破断応力度		
WSD 390	WD25J	506.7／6.0	390	1	140	231	1.2×390×506.7/(2×6×231 (140-2×6))=0.668≦1.0 OK	
	WD32J	794.2／10					1.2×390×794.2/(2×10×231 (140-2×10))=0.670 OK	
	WD35J	956.6／10.5			160		1.2×390×956.6/(2×10.5×231 (160-2×10.5))=0.664 OK	
	WD38J	1140／12.5					1.2×390×1140/(2×12.5×231 (160-2×12.5))=0.684 OK	
	WD25J	506.7／6.0		2	140	283	1.2×390×506.7/(2×6×283 (140-2×6))=0.649≦1.0 OK	
	WD32J	794.2／10					1.2×390×794.2/(2×10×283 (140-2×10))=0.547 OK	
	WD35J	956.6／10.5					160	1.2×390×956.6/(2×10.5×283 (160-2×10.5))=0.542 OK

	WD38J	1140/12.5					$1.2 \times 390 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 283 (160 - 2 \times 12.5)) = 0.559$ OK
WSD 490	WD32J	794.2/10	490	1	180	231	$1.2 \times 490 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 231 (180 - 2 \times 10)) = 0.632$ OK
	WD35J	956.6/10.5			200		$1.2 \times 490 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 231 (200 - 2 \times 10.5)) = 0.648$ OK
	WD38J	1140/12.5			220		$1.2 \times 490 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 231 (200 - 2 \times 12.5)) = 0.663$ OK
	WD41J	1340/13.0					$1.2 \times 490 \times 1340 / (2 \times 13.0 \times 231 (220 - 2 \times 13.0)) = 0.676$ OK
	WD32J	794.2/10		2	150	283	$1.2 \times 490 \times 794.2 / (2 \times 10 \times 283 (150 - 2 \times 10)) = 0.635$ OK
	WD35J	956.6/10.5			180		$1.2 \times 490 \times 956.6 / (2 \times 10.5 \times 283 (180 - 2 \times 10.5)) = 0.595$ OK
	WD38J	1140/12.5					$1.2 \times 490 \times 1140 / (2 \times 12.5 \times 283 (180 - 2 \times 12.5)) = 0.611$ OK
	WD41J	1340/13.0			190		$1.2 \times 490 \times 1340 / (2 \times 13.0 \times 283 (190 - 2 \times 13.0)) = 0.653$ OK

2. 偏心接合に関する設計検証

柱脚部の水平ダイアフラムやベースプレートの延長部片面にNewJ-BARを溶接すると、接合部には偏心モーメントが発生する。この偏心に伴う偏心曲げモーメントは、コンクリート支圧で抵抗するものとする。ただし、コンクリートの短期許容支圧応力度 σ_c は、下記(5.1-3)式とし支圧反力分布は図5.1.1とする。

$$\sigma_c = (2F_c/3) \times (A_c/A_1)^{0.5} \quad (5.1-3)$$

ここに、 F_c ：コンクリートの設計基準強度

A_c ：支圧を受ける側の面積（B（幅）、H（奥行））

A_1 ：支圧を作用する側の面積（b幅）、h（奥行）

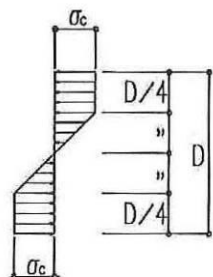


図5.1.1 支圧反力分布

表5.1.3 偏心接合に関する検証

NewJ-BAR			コンクリート				鋼板 厚さ	偏心 距離	偏心モーメント Me (Nmm 10 ³)	支圧抵抗モーメント Mea (Nmm 10 ³)
種別	呼び名	N(10 ³)	F _c	A _c (B:H)	A ₁ (b:h)	σ _c				
WSD 390	WD25J	197.6	21.0	90.0:328	49.4:164	26.7	12.0	18.7	3696.	≤ 8137. OK
	WD32J	309.7		100:344	63.8:172	24.8	16.0	23.9	7403.	≤ 10721. OK
	WD35J	373.1		105:384	66.9:192	24.8	16.0	25.5	9495.	≤ 14018. OK
	WD38J	444.6		110:396	76.1:198	23.8	19.0	28.5	12694.	≤ 16274. OK
WSD 490	WD32J	389.2	24.0	100:348	55.8:174	30.3	12.0	21.9	8523.	≤ 11727. OK
	WD35J	468.7		105:424	66.9:212	28.3	16.0	25.5	11930.	≤ 19532. OK
	WD38J	558.6		110:424	70.1:212	28.3	16.0	27.0	15111.	≤ 20465. OK
	WD41J	656.6		115:424	73.0:212	28.3	16.0	28.5	18696.	≤ 22278. OK

注記1：支圧作用側の幅bはd+2t、高さhはL+2tとする（d：公称直径、t：鋼板厚さ、L：標準溶接長）。

2：支圧を受ける側のコンクリート幅BはNewJ-BARの最小間隔とする。高さHは2hとする。

3：偏心距離eは（d+t）/2 とする。

4：偏心モーメントMeは、N×eとする（N：NewJ-BAR 短期許容引張力）

5：支圧抵抗曲げモーメントMeaは、上記支圧反力分布により、 $\sigma_c \times Z_0 = 1.375 \sigma_c \times b \times h^2/6$ とする。

3. 補強筋の配列における最小間隔

5.1.3 に示す最小間隔は、溶接接合部において、溶接作業が容易に行える範囲の最小間隔である。これを下回る間隔とする場合は溶接に用いる機器の特性などを検討し、溶接部が健全な性状となることが確保されることを確認しなければならない。なお、その場合でも間隔は2.7d（d：公称直径）以上とし、コンクリートの流動性の確保や付着力の伝達に支障がないようにしなければならない。

また、5.2.1 で提示した溶接するダイアフラムやベースプレートの最小板厚は、5.1.3 で示した最小間隔を前提としているので採用する最小間隔を前提に、安全性を検証する必要がある。

5.2 NewJ-BAR を溶接する鋼板の最小板厚

5.2.1 溶接するダイアフラム、ベースプレートの最小板厚

補強筋NewJ-BARを溶接するダイアフラム、ベースプレートの延長部は、補強筋により生じる引張力に対し、強度上余裕のある板厚とする。なお、補強筋配置を5.1.3に示す最小間隔とした場合の最小板厚は、表5.4の寸法以上とする。なお、これらダイアフラム、ベースプレート板厚は、柱スキンプレートとの取り合いにおいて、溶接部の健全性確保の観点から、柱スキンプレート以上の厚さとするのが望ましい。

表5.4 ダイアフラム、ベースプレートの最小板厚

NewJ-BAR の呼び名	最 小 板 厚 mm			
	NewJ-BAR 種別 WSD390		NewJ-BAR 種別 WSD490	
	鋼板 400N級	鋼板 490N級	鋼板 400N級	鋼板 490N級
WD25J	12	12	—	—
WD32J	16	12	19	16
WD35J	16	12	22	16
WD38J	19	16	22	19
WD41J	—	—	25	19

【解説】

1. 鋼板最小板厚の設定

(1) 許容応力度設計

補強筋NewJ-BARの配置間隔が広く、隣接する補強筋との間で応力度が重複しない場合の鋼板最小板厚 t は、(5.2-1) 式に従い、鋼板の有効幅から求まる短期許容引張力が、NewJ-BAR の短期許容引張力と同等以上になるように設定する。

$$\sigma_y \times A_s = b_e \times t \times F_y \quad (5.2-1)$$

$$b_e = 2 \times L1 \times \tan 30^\circ + d$$

ここに、

σ_y : NewJ-BAR の短期許容引張応力度 (N/mm^2)

A_s : NewJ-BAR の断面積 (mm^2)

F_y : 鋼板の降伏強さ (N/mm^2)

b_e : 鋼板の有効幅 (mm)

t : 鋼板板厚 (mm)

$L1$: 有効溶接長 ($L - 2a$) (mm)

L : 全溶接長 (mm)

a : J 開先の有効のど厚 (mm)

d : NewJ-BAR の公称直径 (mm)

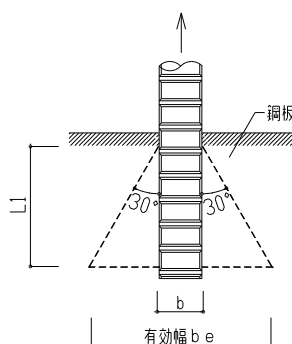


図 5.2.1 鋼板の有効幅

図 5.2-1 の有効幅 b_e は、「鋼構造接合部設計指針」2006 年改定、(社) 日本建築学会の高力ボルト摩擦接合による、ブレース接合部の耐力の算定におけるガセットプレートの有効幅の求め方に準じている。

表 5.2.1 鋼板の有効幅 b_e (mm)

NewJ-BAR		鋼板が 400N の場合			鋼板が 490N 以上の場合		
		標準溶接長	のど厚	鋼板の有効幅 b_e	標準溶接長	のど厚	鋼板の有効幅 b_e
WSD 390	WD25J	140	6.0	173.	140	6.0	173.
	WD32J	140	10.0	170.	140	10.0	170.
	WD35J	160	10.5	195.	160	10.5	195.
	WD38J	160	12.5	194.	160	12.5	194.
WSD	WD32J	180	10.0	195.	150	10.0	164.

490	WD35J	200	10.5	217.	180	10.5	197.
	WD38J	200	12.5	216.	180	12.5	196.
	WD41J	220	13.0	239.	190	13.0	208.

この有効幅を間隔として配置した場合の最小板厚は下記 (5.2-2) 式となる。

$$\text{最小板厚: } t_{\min} = \frac{\sigma_y \times A_s}{(2 \times L1 \times \tan 30^\circ + d) F_y} \quad (5.2-2)$$

補強筋が複数本配置され、その間隔が 5.2-1 式の b_e より狭い B 、鋼板のへりあきが $B/2$ とすると、相互の応力度が干渉するので、鋼板の最小板厚 t は以下の (5.2-3) となる。

$$t \geq A_s \times \sigma_y / (B \times F_y) \quad (5.2-3)$$

ここに、 A_s : NewJ-BAR の断面積 mm^2 σ_y : NewJ-BAR の短期許容応力度 N/mm^2

B : NewJ-BAR の配置間隔 mm F_y : 鋼板の短期許容応力度 N/mm^2

したがって、補強筋間隔が、5.1.3 で提示した、WD25N で 90 mm、WD32N で 100 mm、WD35N で 105 mm、WD38N で 110 mm とすると最小板厚 t は、表 5.2.2 となる。

表 5.2.2 補強筋間隔が 5.1.3 の最小間隔とした場合の最小板厚 (mm)

種別	呼び名	間隔	鋼板が 400N 級の最小板厚	鋼板が 490N 級以上の最小板厚
WSD 390	WD25J	90	$506.7 \times 390 / (235 \times 90) = 9.3 \rightarrow 12.0$	$506.7 \times 390 / (325 \times 90) = 6.8 \rightarrow 12.0$
	WD32J	100	$794.2 \times 390 / (235 \times 100) = 13.2 \rightarrow 16.0$	$794.2 \times 390 / (325 \times 100) = 9.5 \rightarrow 12.0$
	WD35J	105	$956.6 \times 390 / (235 \times 105) = 15.1 \rightarrow 16.0$	$956.6 \times 390 / (325 \times 105) = 10.9 \rightarrow 12.0$
	WD38J	110	$1140 \times 390 / (235 \times 110) = 17.2 \rightarrow 19.0$	$1140 \times 390 / (325 \times 110) = 12.4 \rightarrow 16.0$
WSD 490	WD32J	100	$794.2 \times 490 / (235 \times 100) = 16.6 \rightarrow 19.0$	$794.2 \times 490 / (325 \times 100) = 12.0 \rightarrow 16.0$
	WD35J	105	$956.6 \times 490 / (235 \times 105) = 19.0 \rightarrow 22.0$	$956.6 \times 490 / (325 \times 105) = 13.7 \rightarrow 16.0$
	WD38J	110	$1140 \times 490 / (235 \times 110) = 21.6 \rightarrow 22.0$	$1140 \times 490 / (325 \times 110) = 15.6 \rightarrow 19.0$
	WD41J	115	$1340 \times 490 / (235 \times 115) = 24.3 \rightarrow 25.0$	$1340 \times 490 / (325 \times 115) = 17.6 \rightarrow 19.0$

(2) 終局強度設計

許容応力度設計で求めた鋼板の最小板厚 t は、(5.2-4) 式に従い、NewJ-BAR の鋼板への接合が保有耐力接合の条件を満たすことを確認する。

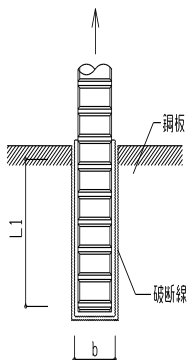


図 5.2.2 なかぬけ破断

$$\frac{1.2 \times F \times A_s}{\min \{jNu_1, jNu_2\}} \leq 1.0 \quad (5.2-4)$$

$$jNu_1 = B \times t \times pFu$$

$$jNu_2 = \left(b + \frac{2}{\sqrt{3}} L1 \right) t \times pFu$$

ここに、 B : 設定された補強筋間隔 ($\leq$ 有効幅 b_e) (mm)

t : 鋼板板厚 (mm)

F : NewJ-BAR の基準強度 (N/mm^2)

pFu : 鋼板の引張強さ (N/mm^2)

jNu_1 : 有効断面積の引張強さ (N/mm^2)

jNu_2 : なかぬけ破断による有効断面積の引張強さ (N/mm^2)

jNu_2 は、図 5.2.2 の破断線における局所的なちぎれ破断のうちの、なかぬけ破断の計算式であるが、「鋼構造接合部設計指針」2006 年改定、(社) 日本建築学会の計算式の括弧内第 2 項を修正したものである。

次頁に終局強度上の安全性検証を示す。

表 5.2.3 終局強度上の安全性検証

NewJ-BAR				鋼板		5.2-4 式分子①	5.2-4 式分母		①/ (min②、③)
種別	呼び名	断面積	間隔	強度	板厚		jNu1 ②	JNu2 ③	
WSD 390	WD25J	506.7	90	400	12	$1.2 \times 506.7 \times 390 = 237 \times 10^3$	$90 \times 12 \times 400 = 432 \times 10^3$	$(25.4 + 2 \times 128 / \sqrt{3}) \times 12 \times 400 = 831 \times 10^3$	$237/432 = 0.55$ ≤ 1.0 OK
	WD32J	794.2	100		12	372×10^3	480×10^3	817×10^3	$372/480 = 0.78$
	WD35J	956.6	105		16	448×10^3	672×10^3	1250×10^3	$448/672 = 0.67$
	WD38J	1140.	110		19	534×10^3	836×10^3	1474×10^3	$534/836 = 0.64$
	WD25J	506.7	90	490	12	237×10^3	529×10^3	1018×10^3	$237/529 = 0.45$
	WD32J	794.2	100		12	372×10^3	588×10^3	1001×10^3	$372/588 = 0.63$
	WD35J	956.6	105		12	448×10^3	617×10^3	1148×10^3	$448/617 = 0.73$
	WD38J	1140.	110		16	534×10^3	862×10^3	1520×10^3	$534/862 = 0.62$
WSD 490	WD32J	794.2	100	400	19	$1.2 \times 794.2 \times 490 = 467 \times 10^3$	$100 \times 19 \times 400 = 760 \times 10^3$	$(31.8 + 2 \times 160 / \sqrt{3}) \times 19 \times 400 = 1645 \times 10^3$	$467/760 = 0.61$ ≤ 1.0 OK
	WD35J	956.6	105		22	562×10^3	924×10^3	2126×10^3	$562/924 = 0.61$
	WD38J	1140.	110		22	670×10^3	968×10^3	2113×10^3	$670/968 = 0.69$
	WD25J	794.2	100	490	16	467×10^3	784×10^3	1426×10^3	$467/784 = 0.60$
	WD32J	956.6	105		16	562×10^3	823×10^3	1713×10^3	$562/823 = 0.68$
	WD35J	1140.	110		19	670×10^3	1024×10^3	2021×10^3	$670/1024 = 0.65$
	WD41J	1340.	115		19	788×10^3	1070×10^3	2145×10^3	$788/1070 = 0.74$

5.3 柱側面に溶接接合する場合

5.3.1 柱断面に生じる合成応力度の確認

柱側面に溶接接合する場合の鉄骨板厚は、柱鉄骨の主応力度 σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} に、補強筋から加わる $\Delta \sigma_y$ の作用に対し、合成応力度が許容応力度以内となる板厚となっていることを確認する。すなわち、建築学会「鋼構造設計規準」5.5 組み合わせ応力度を受ける鋼材の許容応力度、より下記 (5.3-1) を満たすことを確認する。

$$f_t^2 \geq \sigma_x^2 + (\sigma_y + \Delta \sigma_y)^2 - \sigma_x \times (\sigma_y + \Delta \sigma_y) + 3\tau_{xy}^2 \quad (5.3-1)$$

ここに f_t : 鋼材の短期許容応力度 (N)

σ_x : 軸力と曲げモーメントにより溶接終端に生じている柱の縦方向主応力度 (N/mm²)

σ_y : 溶接部終端に生じている柱の横方向主応力度 (通常 0)

$\Delta \sigma_y$: 補強筋引張力により柱に生じる横方向主応力度

$$\Delta \sigma_y = A_s \cdot s \sigma_y / (B \cdot t)$$

A_s : 補強筋の断面積 $s \sigma_y$: 補強筋の短期許容応力度

B : 補強筋の間隔、一本の場合は $2 \cdot L_0 \cdot \tan 30^\circ + d$

L_0 : 有効溶接長、 d : 補強筋の直径

t : 溶接部位の柱鋼板厚さ

5.3.2 溶接接合部設置位置

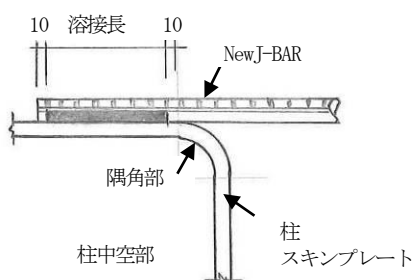


図 5.3 柱隅角部と接合部

鉄骨内部にコンクリートが充填されていない角型鋼管柱の柱側面に溶接接合する場合の接合部設置位置は、柱鋼板と補強筋の偏心に伴う応力が生じないように、図 5.3 に示す補強筋側の柱端部（隅角部）に近接した部位とする。

充填コンクリート角型鋼管柱やH型柱の場合はこの限りではない。

【解説】

1. 柱側面スキンプレートの検証

鉄骨柱脚部に設けたダイアフラムやベースプレートを延長した部位の鋼板に補強筋を接合する場合は、接合部に生じる応力のみで安全性を検証すればよいが、柱側面に補強筋を直接溶接接合する場合は、柱鋼板の接合により生じる応力度と接合部がない状態で生じている応力度による合成応力度が許容範囲でなければならない。

2. 補強筋とスキンプレートの偏心による曲げモーメント

コンクリートが充填された角型鋼管の場合の偏心曲げモーメントは、5.1 【解説】2. で記述した機構で抵抗するが、中空の角型鋼管の場合は、柱内部にコンクリートが存在しないため上記の抵抗機構とは異なるものになる。そのためマニュアルでは接合部を 5.3 (3) で規定したように接合部を柱隅角部近傍 (EX: 曲率開始位置から 10 mm) に設け、偏心曲げモーメントは隅角部近傍を支点とし柱外方向に移動する力はコンクリートの支圧で抵抗し、支点反力は直交するスキンプレートに直接伝達できる形式を推奨している。

6 章 NewJ-BAR の定着長さ

6.1.1 必要定着長さ

定着長さ L_{ab} は、日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (2010 年版)」に準拠し、付着割裂破壊のおそれがある部材への定着として、(6.1-1) 式により決めるものとする。

$$L_{ab} \geq \alpha \frac{S \sigma_t d_b}{10 f_b} \quad (6.1-1)$$

ここに α : 横補強筋で拘束されたコア内の場合 1.0、それ以外 1.25 (この数値を採用)

S : 定着長さの修正係数、耐震部材なので=1.25

σ_t : 棒鋼の短期許容引張応力度 N/mm^2

d_b : 棒鋼の呼び名に用いた数値 mm

f_b : 付着割裂の基準となる強度、普通コンクリートの場合補強筋に位置に関らず下記式とする。

$$\frac{F_c}{40} + 0.9 \quad \text{N/mm}^2 \quad F_c \text{ はコンクリートの設計基準強度}$$

6.1.2 標準定着長

標準定着長は、コンクリート設計基準強度が WSD390 の場合 $F_c 21$ 以上、WSD490 の場合 $F_c 24$ 以上を前提に、表 6.1 のように定める。ただし、これは標準長さであり設計者が安全性を検証し決定した場合はこの限りではない。

NewJ-BAR		標準定着長 mm	
種別	呼び名	下端筋、上端筋共通	備考
WSD390	WD25J	1080	$\left[\begin{array}{c} 43d \\ \text{ただし、10 mm} \\ \text{単位} \end{array} \right]$
	WD32J	1380	
	WD35J	1510	
	WD38J	1640	
WSD490	WD32J	1670	$\left[\begin{array}{c} 52 d \\ \text{ただし、10 mm} \\ \text{単位} \end{array} \right]$
	WD35J	1820	
	WD38J	1980	
	WD41J	2140	

【解説】鉄筋の配置位置と付着割裂破壊の基準強度

学会 RC 規準 16 条では表 16.1 により、付着割裂破壊の基準強度は補強筋が曲げ材上端筋の場合その他の鉄筋の数値を 80%に低減する解説されている。一方、学会 RC 規準 17 条の必要定着長さを表す 17.2 式（本マニュアル 6.1-1 に該当）の解説では、曲げ材上端は付着強度が低減する傾向があるものの、17 条 17.2 式の基準となった実験では曲げ材上筋の付着強度劣化の影響を補うだけの安全率が含まれているので、鉄筋の位置に関らず 16 条表 16.1 の「その他の鉄筋」の基準値を採用してもよい、との解説がされている。

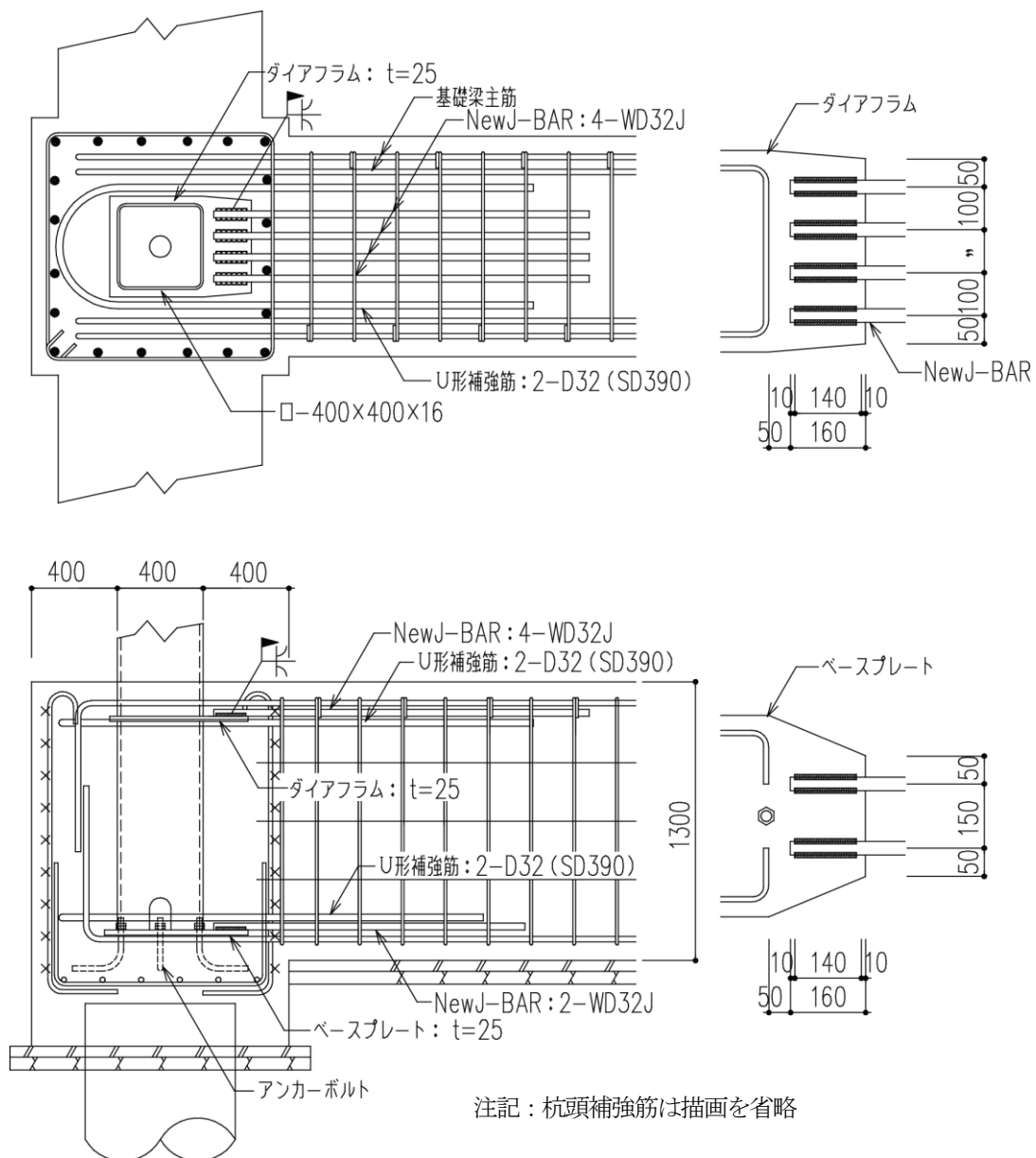
7 章 埋込み柱脚の設計例(参考)

第4章では、日本建築学会「鋼管構造設計施工指針同解説」に基づく設計式を記載したが、本章の設計例では日本建築学会「鋼構造接合部設計指針」に基づく設計式を用い、同指針7章 柱脚の設計 (2) 側柱柱脚の設計例 P300」に準じた内容の柱脚にダイアフラムおよびベースプレートを紹介して NewJ-BAR を適用した場合の設計・計算例を示す。

(1)側柱柱脚の構成

- ・鋼柱 : □-400×400×19、鋼種 BCP235、埋込み深さ (d) : 1.1m
- ・ダイアフラム及び
ベースプレート : t=25mm (SN400B)
- ・基礎コンクリート : $F_c=30 \text{ N/mm}^2$ 、断面 : $B \times D \times d = 1200 \times 1200 \times 1100 \text{ (mm)}$
- ・補強筋 : 上端補強筋 NewJ-BAR 4-WD32J(WSD390)×1段+U形補強筋 2-D32(SD390)×1段
下端補強筋 NewJ-BAR 2-WD32J(WSD390)×1段+U形補強筋 2-D32(SD390)×1段

(2)詳細図



(3)計算過程

鋼管柱 (□-400×400×19 鋼種 BCP235) の埋め込み柱脚の側柱を計算する。柱の反曲点高さ I は基礎梁上端か

ら 2000 mm の位置とし、最大耐力時の引張側軸力は $N = -730 \text{ kN}$ 、圧縮側軸力は $N = 2595 \text{ kN}$ とする。また、基礎コンクリートの設計基準強度 F_c は 30 N/mm^2 、柱脚の補強筋は SD390 および WSD390 ($F_{ry} = 390 \text{ N/mm}^2$) とする。

鋼管柱の諸元は以下の通りである。

・断面積	$A = 271 \times 10^2 \text{ mm}^2$
・断面係数	$Z = 3140 \times 10^3 \text{ mm}^3$
・塑性断面係数	$Z_p = 3770 \times 10^3 \text{ mm}^3$
・降伏強さ	$F_y = 235 \text{ N/mm}^2$
・降伏曲げモーメント	$cM_{sy} = Z \cdot F_y = 738 \text{ kN} \cdot \text{m}$
・降伏曲げモーメントに相当するせん断力	$cQ_{sy} = cM_{sy} / l = 369 \text{ kN}$
・降伏軸力	$cN_{sy} = A \cdot F_y = 6368 \text{ kN}$
・全塑性モーメント	$cM_p = Z_p \cdot F_y = 886 \text{ kN} \cdot \text{m}$
・軸力を考慮した全塑性モーメント	cM_{pc} 下記計算値

柱脚補強筋の諸元は以下の通りである。

・上端補強筋断面積	${}_uA_t = 6 \times 794.2 = 4765 \text{ mm}^2$
・上端補強筋かぶり寸法	${}_td = 120 \text{ mm}$
・下端補強筋断面積	${}_lA_t = 4 \times 794.2 = 3176 \text{ mm}^2$
・下端補強筋かぶり寸法	${}_td = 0 \text{ mm}$

鋼管柱の降伏曲げ耐力 (cM_{pc}) は「鋼構造塑性設計指針」から以下のように求められる。

引張軸力作用時の軸圧比

$$\frac{N}{cN_{sy}} = \frac{730}{6368} = 0.115 \leq 0.5 \quad 4.2-1 \text{ 式より}$$

$$cM_{pc} = \left\{ 1 - \frac{A^2}{(4A_f + A_w)A_w} \left(\frac{N}{cN_{sy}} \right)^2 \right\} cM_p = \{ 1 - 1.33 \times 0.115^2 \} \times 886 = 870 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

圧縮軸力作用時の軸圧比

$$\frac{N}{cN_{sy}} = \frac{2595}{6368} = 0.408 \leq 0.5 \quad 4.2-1 \text{ 式より}$$

$$cM_{pc} = (1 - 1.33 \times 0.408^2) \times 886 = 690 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

1) 降伏曲げ耐力

a) 建物外部方向にせん断力を受ける場合 (図 7.2 側柱柱脚の耐荷機構 (a) 参照)

上端補強筋の降伏引張耐力 T_y は $T_y = 4765 \times 390 \times 10^{-3} = 1858 \text{ kN}$ 、ただし、 ${}_td = 120 \text{ mm}$ とする。

降伏曲げ耐力 M_y は、以下ようになる。

$$\begin{aligned} M_y &= \left\{ T_y - \frac{3}{4} F_{cf} B_c (l + d) + \sqrt{\frac{9}{16} F_{cy}^2 B_c^2 (l + d)^2 - \frac{3}{2} F_{cy} B_c T_y (l + d)} \right\} l \\ &= \left\{ 1.858 \times 10^6 - \frac{3}{4} \times 20 \times 400 \times (2000 + 1100) \right\} \times 2000 \times 10^{-6} \\ &\quad + \sqrt{\frac{9}{16} \times 20^2 \times 400^2 \times (2000 + 1100)^2 - \frac{3}{2} \times 20 \times 400 \times 1.858 \times 10^6 \times (2000 + 120) \times 2000 \times 10^{-6}} \end{aligned}$$

$$= -3.348 \times 10^4 + \sqrt{346.0 \times 10^{12} - 47.3 \times 10^{12} \times 2000 \times 10^{-6}} = -3.348 \times 10^4 + 3.457 \times 10^4$$

$$= 0.109 \times 10^4 = 1090 \quad kN \cdot m$$

$$\frac{M_y}{{}_c M_{sy}} = \frac{1090}{690} = 1.58 \geq 1.0 \quad OK$$

b) 建物の内部方向にせん断力を受ける場合 (図 7.2 側柱柱脚の耐荷機構 (b) 参照)
ただし、 ${}_t d = 0$ とする。

下端補強筋の降伏引張耐力 T_y は、 $T_y = 4 \times 794.2 \times 390 \times 10^{-3} = 1.239 \times 10^3 \quad kN$

$$M_y = \left\{ - \left(\frac{3}{4} F_{cy} B_c l + T_y \right) + \sqrt{\frac{9}{16} F_{cy}^2 B_c^2 l^2 + \frac{3}{2} F_{cy} B_c T_y (l + d - {}_t d)} \right\} l$$

$$= - \left(\frac{3}{4} \times 20 \times 400 \times 2000 + 1.239 \times 10^6 \right) \times 2000 \times 10^{-6}$$

$$+ \sqrt{\frac{9}{16} \times 20^2 \times 400^2 \times 2000^2 + \frac{3}{2} \times 20 \times 400 \times 1.239 \times 10^6 \times (2000 + 1100)} \times 2000 \times 10^{-6}$$

$$= -26478 + 27575 = 1097 \quad kN$$

$$\frac{M_y}{{}_c M_{sy}} = \frac{1097}{870} = 1.26 \geq 1.0 \quad ok$$

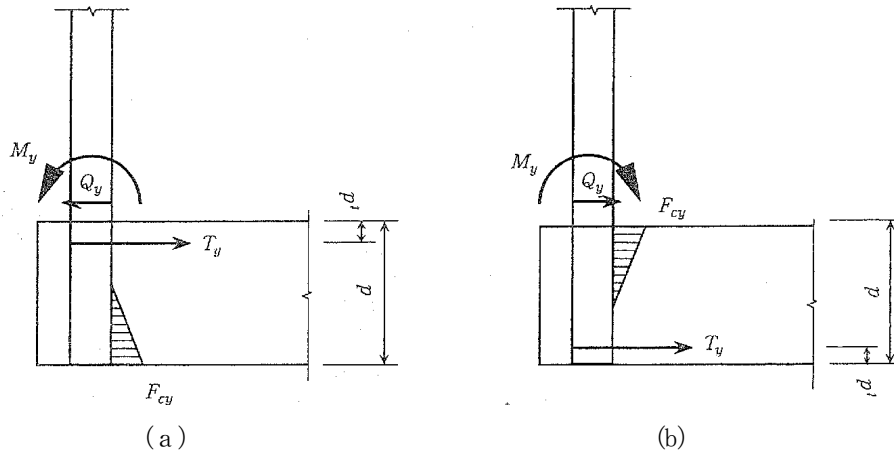


図 7.2 側柱柱脚の耐荷機構 (降伏曲げ耐力時)

2) 最大曲げ耐力

a) 建物外部方向にせん断力を受ける場合 (図 7-3 a) 参照)

最大曲げ耐力 M_u は

$$M_u = F_{cu} B_c l \left\{ \frac{T_y}{F_{cu} B_c} - l - d + \sqrt{(l + d)^2 - \frac{2T_y(l + {}_t d)}{F_{cu} B_c}} \right\}$$

$$= 30 \times 400 \times 2000$$

$$\times \left\{ \frac{1.858 \times 10^6}{30 \times 400} - 2000 - 1100 + \sqrt{(2000 + 1100)^2 - \frac{2 \times 1.858 \times 10^6 \times (2000 + 120)}{30 \times 400}} \right\} \times 10^{-6}$$

$$= 24 \times 10^6 \times (154.8 - 3100 + 2992.2) \times 10^{-6} = 1128 \quad kN \cdot m$$

建物外部方向にせん断力を受ける場合、最大耐力時の圧縮軸力は $2595 \, kN$ であり、このときの柱の全塑性モーメント ${}_cM_{pc}$ は $690 \, kN \cdot m$ となるので、

$$\frac{M_u}{{}_cM_{pc}} = \frac{1128}{690} = 1.63 \geq 1.3 \quad ok$$

b) 建物内部方向にせん断力を受ける場合 (図 7-3 b) 参照)

最大曲げ耐力 M_u は、

$$\begin{aligned} M_u &= -\left(F_{cu}B_c l^2 + T_y l\right) + F_{cu}B_c l \sqrt{l^2 + \frac{2T_y(l+d-t_d)}{F_{cu}B_c}} \\ &= \left\{ -\left(30 \times 400 \times 2000^2 + 1.239 \times 10^6 \times 2000\right) \right\} \times 10^{-6} \\ &\quad + 30 \times 400 \times 2000 \sqrt{2000^2 + \frac{2 \times 1.239 \times 10^6 \times (2000 + 1100)}{30 \times 400}} \times 10^{-6} \\ &= -50478 + 51698 = 1220 \quad kN \cdot m \end{aligned}$$

建物内部方向にせん断力を受ける場合、最大耐力時の引張軸力は $-730 \, kN$ であり、このときの柱の全塑性モーメント ${}_cM_{pc}$ は $870 \, kN \cdot m$ となるので、

$$\frac{M_u}{{}_cM_{pc}} = \frac{1220}{870} = 1.40 \geq 1.3 \quad ok$$

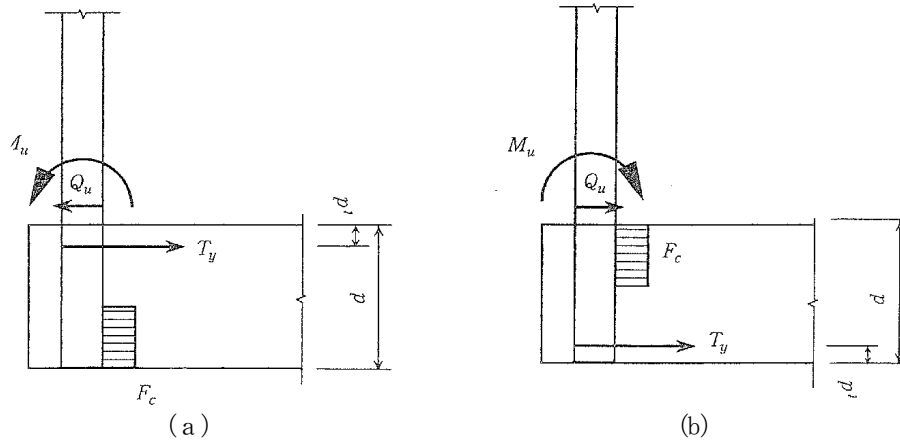


図 7.3 側柱柱脚の耐荷機構 (最大曲げ耐力時)

以上より、柱脚補強筋量は柱の終局曲げ強度を 30%以上 上回ることが確認できた。

付録 柱脚補強筋算定用 長方形断面柱M—N曲線

その 1: 柱ダイアフラム無し WSD390

その 2: " WSD490

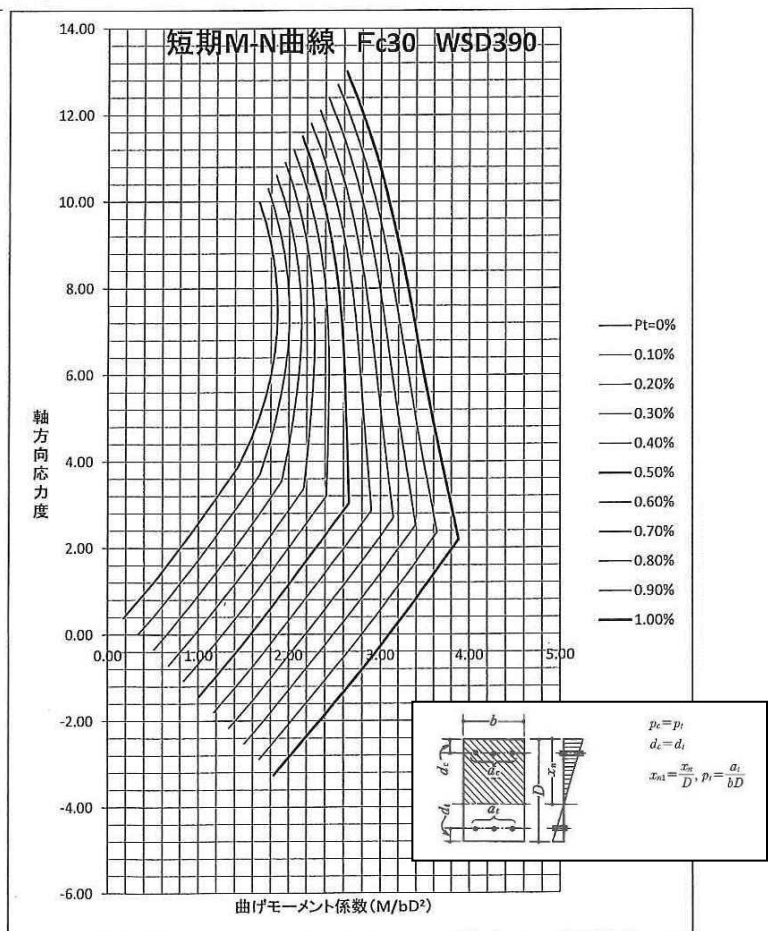
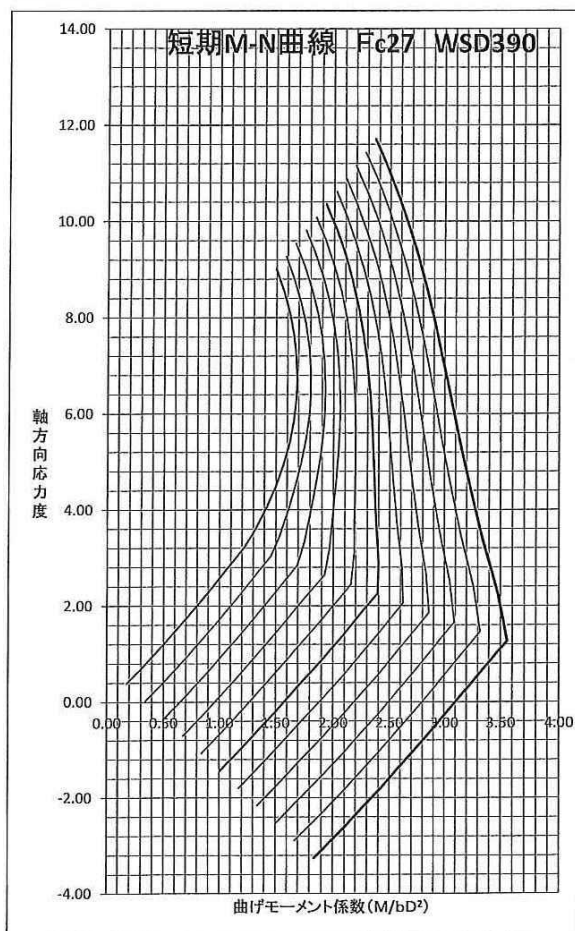
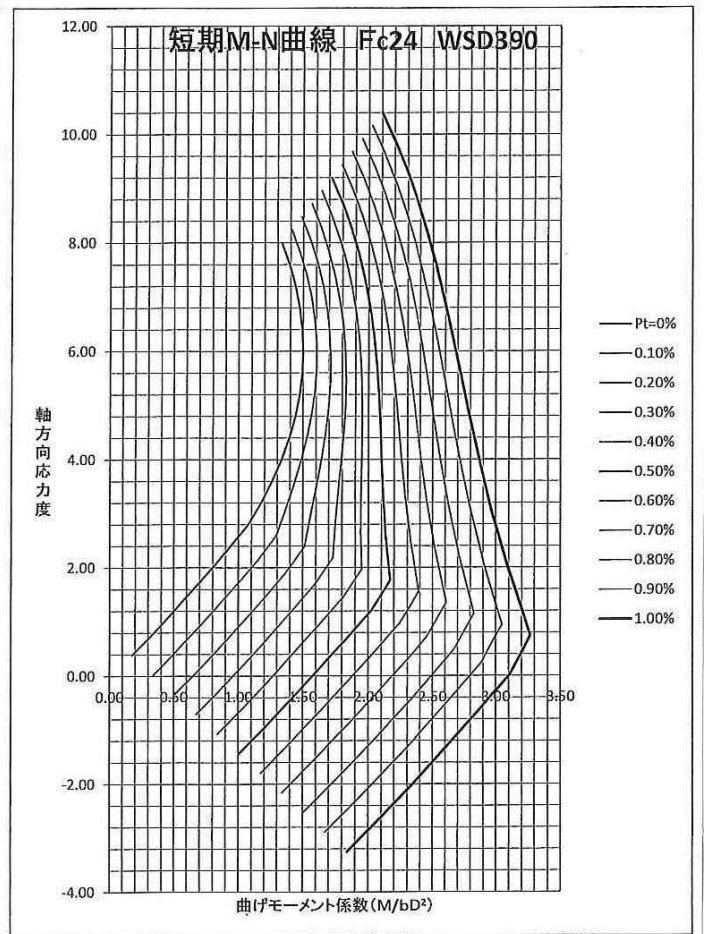
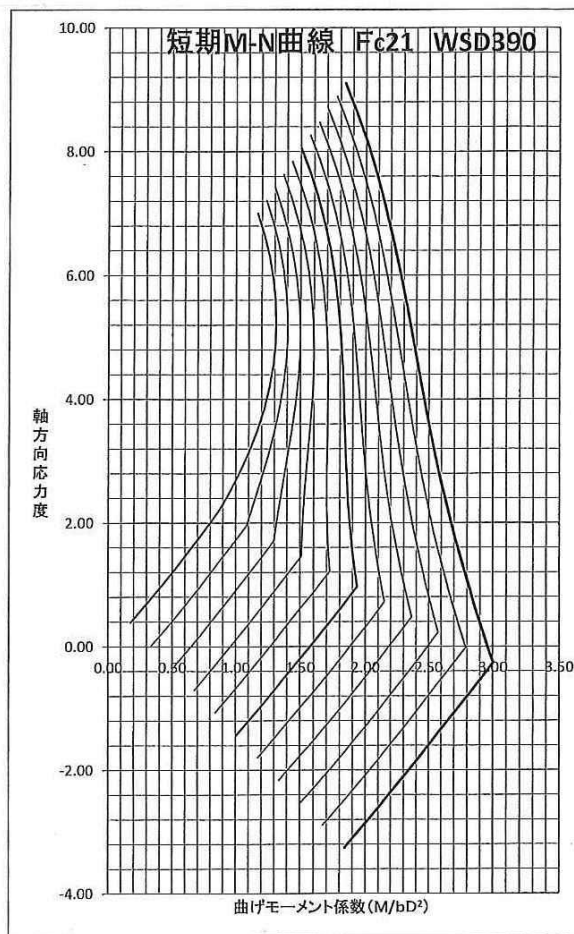
その 3: 柱ダイアフラム有り WSD390

その 4: " WSD490

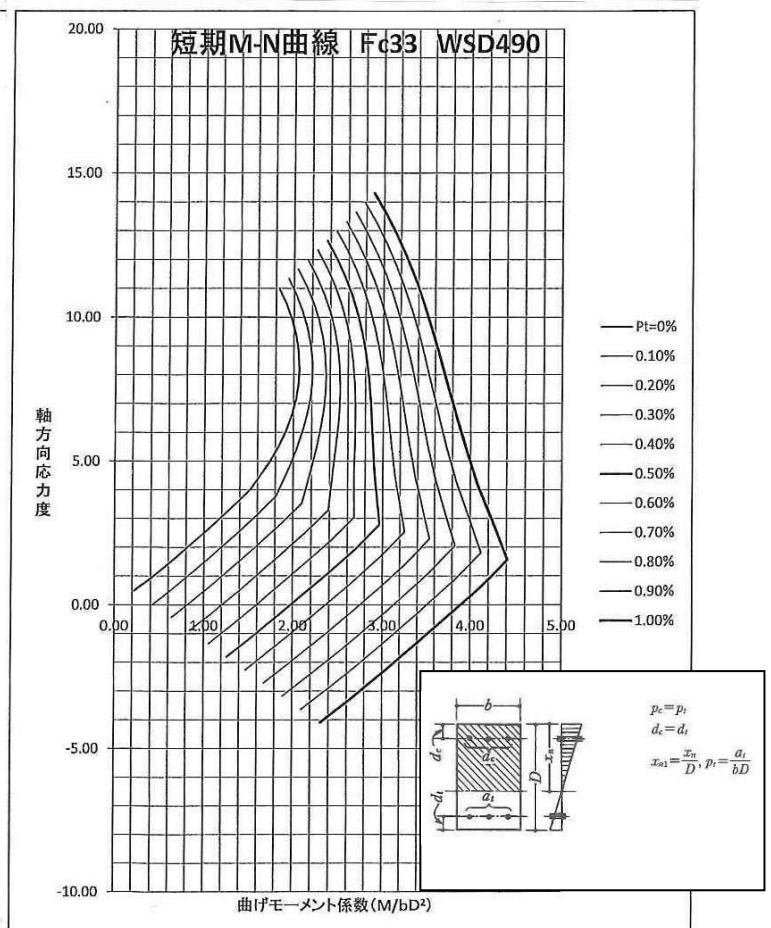
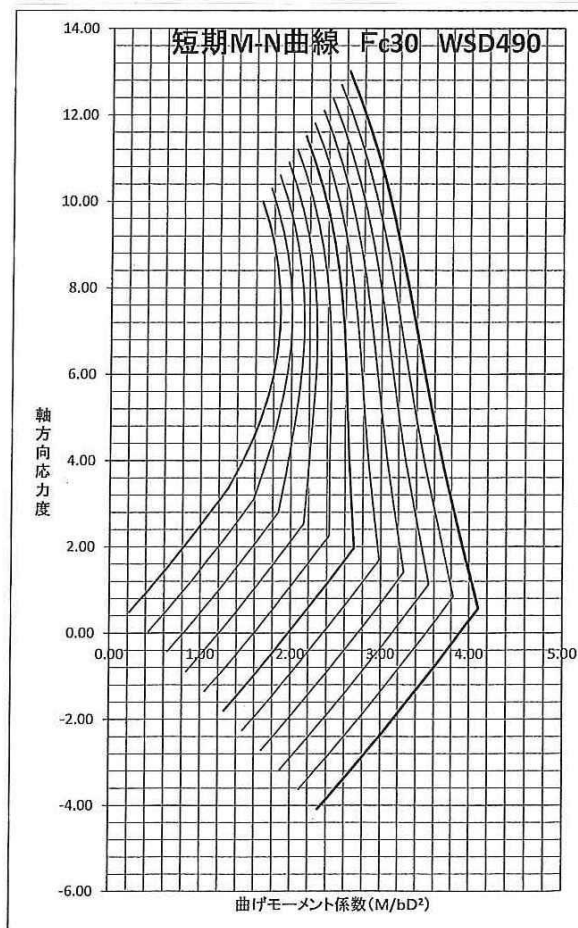
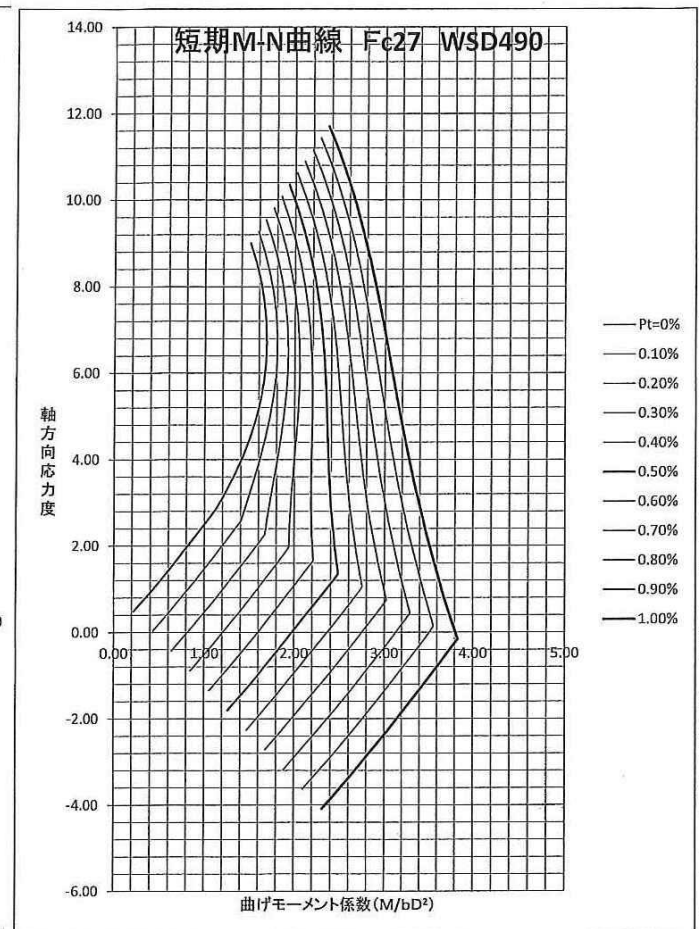
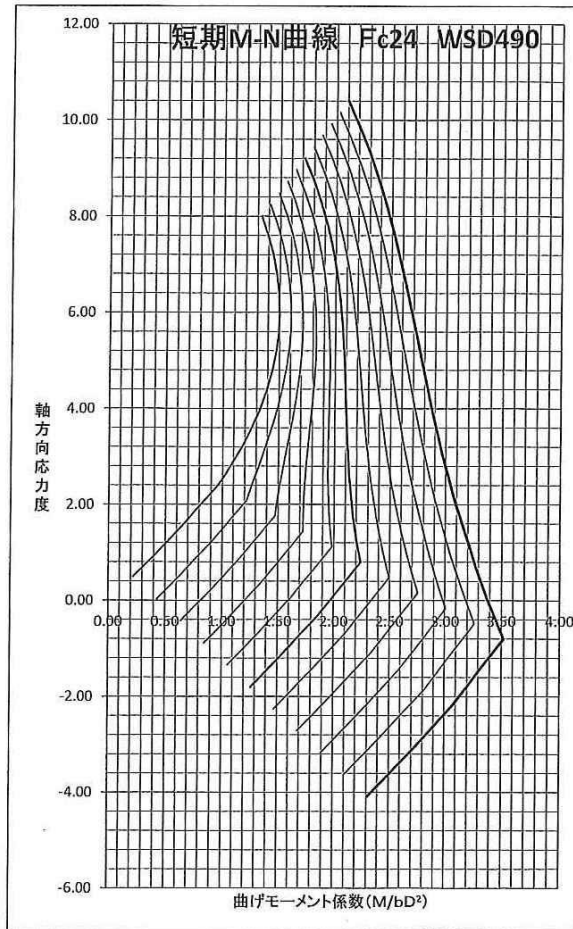
【解説】

1. 図中縦軸の軸方向応力度は $N/(bD)$ を表す
2. 引張補強筋のコンクリート外端からの位置 d_t 、圧縮補強筋のコンクリート外端からの位置 d_c は部材せいDの0.1の位置に配置されているとの前提でN—M値は算定している。
この前提から大きく外れる場合は補正が必要である。

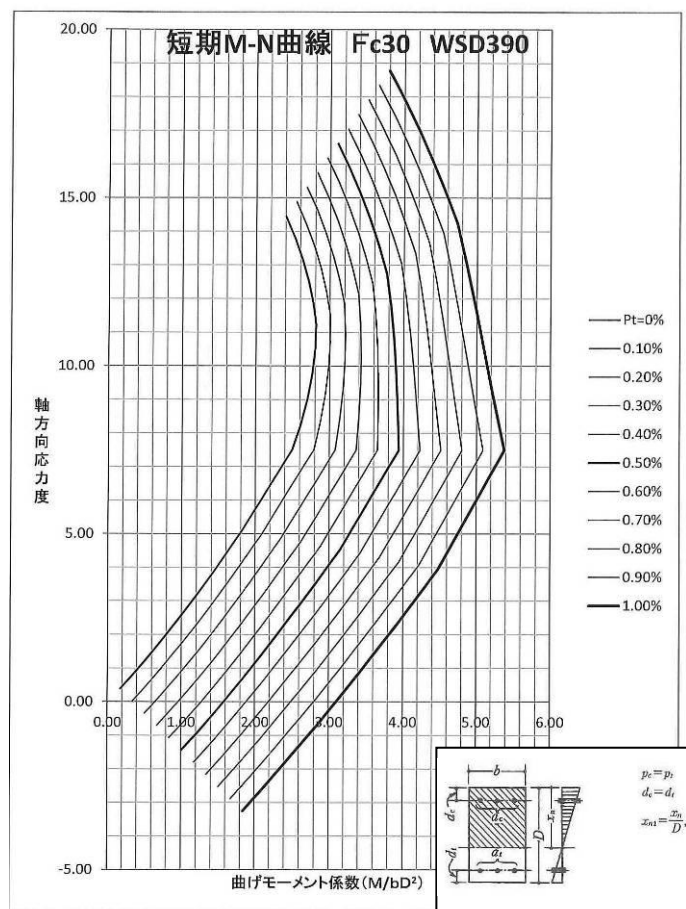
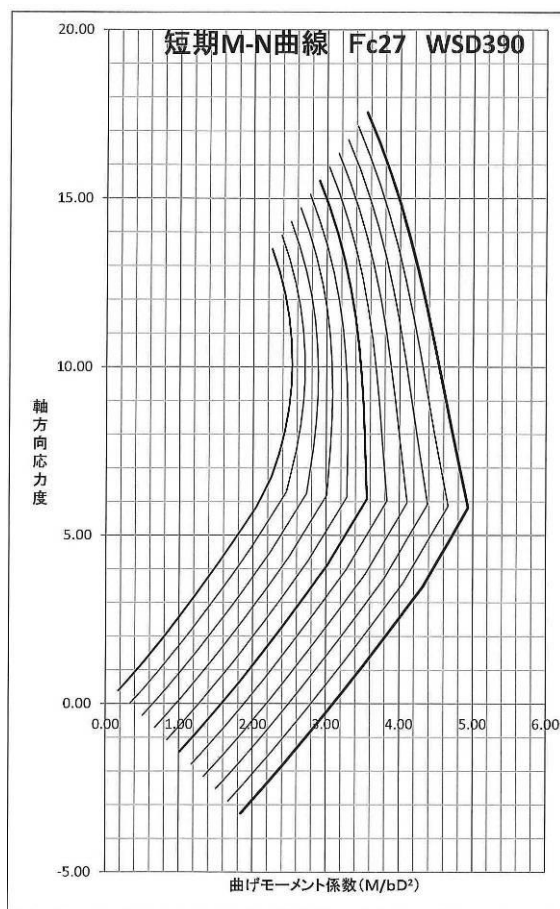
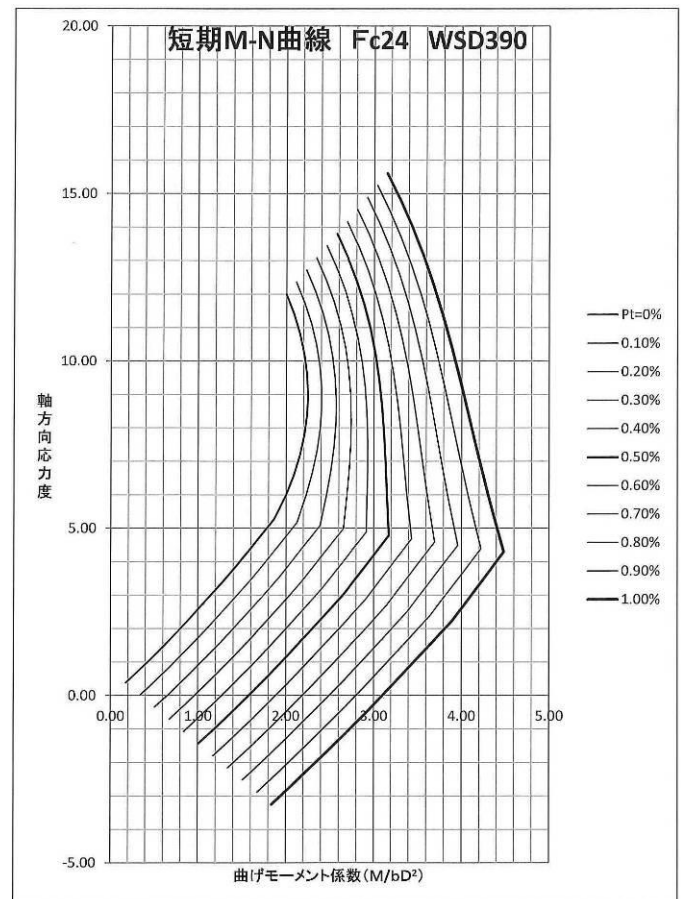
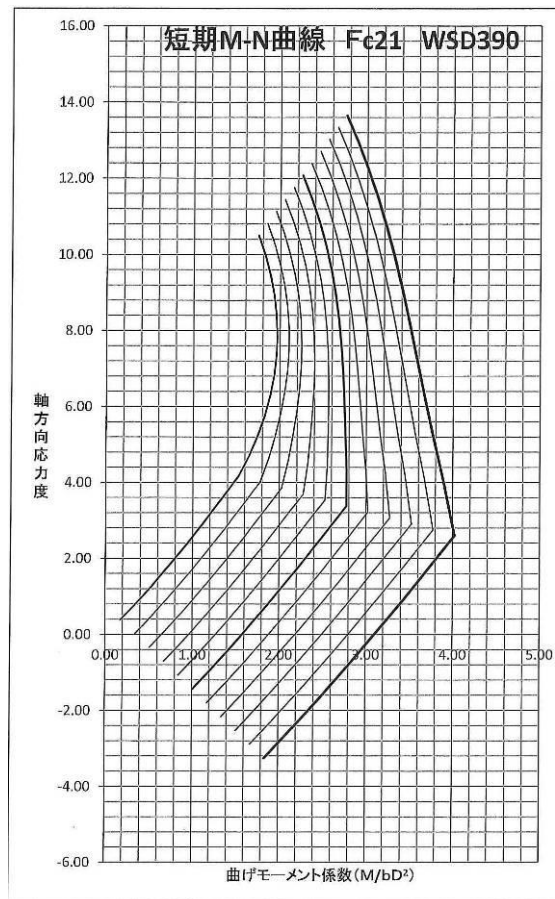
その1 柱ダイアフラム無し WSD390



その2 柱ダイアフラム無し WSD490



その3 柱ダイアフラム有り WSD390



その4 柱ダイアフラム有り WSD490

