

高強度・太径鉄筋関連のSABTEC技術評価工法(1)

益尾 潔 ● 一般社団法人建築構造技術支援機構 代表理事

本稿では、高強度・太径鉄筋関連のSABTEC技術評価工法(1)として、本マニュアル6.1節「高強度せん断補強筋設計施工指針」、6.2節「中段筋基礎梁工法」について紹介する。

高強度せん断補強筋設計施工指針

◎ SABTEC 評価高強度せん断補強筋

2022年までにSABTEC評価を取得した高強度せん断補強筋は、表1のように、メーカー7社の685N/mm²級が6種類、785N/mm²級が3種類、SD490が1種類の計10種類である。

◎ SABTEC 指針 (2021年)

SABTEC指針¹⁾(2021年)は、表2に示すように、9章で構成され、1章「総則」と2章「材料」では、各メーカーの共通事項について記載し、メーカーごとの高強度せん断補強筋の材料規定は、各社開発高強度

表1 SABTEC評価高強度せん断補強筋

名称	メーカー	鋼種	評価番号	評価日
OT685 フープ	大谷製鉄	685N/mm ² 級	SABTEC評価 17-08R1	2021年 8月21日
スーパーフープ 685 スーパーフープ 785	岸和田製鋼 岸鋼加工	685N/mm ² 級 785N/mm ² 級	SABTEC評価 15-02R3	2022年 3月11日
Jフープ 785	JFE 条鋼	785N/mm ² 級	SABTEC評価 15-01	2015年 9月25日
キョウエイリング SD490,USD785	共英製鋼	SD490 785N/mm ² 級	SABTEC評価 16-05	2016年 9月23日
パワーリング 685	東京鉄鋼	685N/mm ² 級	SABTEC評価 15-03R1	2018年 11月2日
GTS フープ 685	合同製鉄	685N/mm ² 級	SABTEC評価 17-06R2	2021年 8月21日
UHY685 フープ	北越メタル	685N/mm ² 級	SABTEC評価 19-01	2019年 1月23日
キョウエイリング 685	共英製鋼	685N/mm ² 級	SABTEC評価 20-01	2020年 1月22日

表3 SABTEC評価高強度せん断補強筋の適用範囲

適用範囲	OT685 フープ	スーパーフープ		Jフープ 785	パワーリング 685	GTS フープ 685	UHY685 フープ	キョウエイリ ング 685
		785	685					
基本規定 (3章~6章)	○	○	○	○	○	○	○	○
フック付き 重ね継手	○	○	○	—	○	○	○	○
中段筋基礎梁 の設計	○	○	○	—	—	○	—	○

せん断補強筋の設計施工指針によるとしている。

SABTEC指針(2021年)の特筆すべき規定は、下記の4点であり、SABTEC評価高強度せん断補強筋の適用範囲を表3に示す。

- ①梁横補強筋の補正係数 β_c を考慮した損傷短期許容せん断力
- ②両端ヒンジ部材とみなせる柱の特別条件
- ③基礎梁横補強筋のフック付き重ね継手
- ④中段筋基礎梁の設計

表2 SABTEC 高強度せん断補強筋 設計施工指針 (2021年) 目次

1章 総則
1.1 適用範囲
1.2 用語
2章 材料
2.1 高強度せん断補強筋
2.2 コンクリート
3章 設計の原則
4章 許容応力度設計
4.1 許容応力度設計の方針
4.2 許容せん断力の算定
5章 荒川mean式による終局強度設計
5.1 設計条件
5.2 せん断終局耐力の算定
5.3 両端ヒンジ部材とみなせる柱の特別条件
6章 修正塑性式による終局強度設計
6.1 設計条件
6.2 せん断終局耐力の算定
6.3 両端ヒンジ部材とみなせる柱の特別条件
7章 中段筋基礎梁の設計
8章 構造規定
9章 施工
参考文献
(付録) 修正塑性指針式による終局強度設計
【SABTEC高強度せん断補強筋 設計施工指針概要】
【SABTEC高強度せん断補強筋 共通施工仕様書】
(関連資料1)~(関連資料3)

◎基礎梁横補強筋フック付き重ね継手

SABTEC技術評価を取得した685N/mm²級および785N/mm²級高強度せん断補強筋の場合、図1の断面寸法250×1,000mmのせん断スパン比 $a/D=1.125$ とした基礎梁実験を基に、表4に示すように、RC配筋指針²⁾と同様の必要重ね長さ算定式による計算値に対して、基礎梁横補強筋のフック付き重ね長さ比 L_{1h}/d を安全側に規定している。 d は横補強筋呼び名の値を示す。

◎梁せいが大きい基礎梁の横補強筋フック付き重ね継手

梁せいが1,500mm程度以上の基礎梁では、コンクリート打ち継ぎ工事の都合上、図2のように、梁せいの中間にフック付き重ね継手を1箇所あるいは2箇所配置とすることがある。

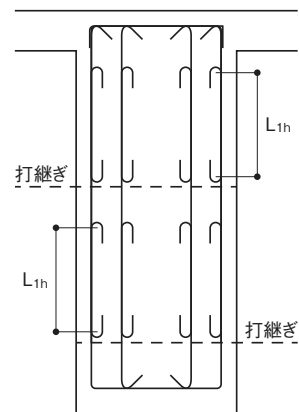
基礎梁実験の横補強筋ひずみの測定結果によると、フック付き重ね継手が2か所でも、1か所の場合と同様、最大耐力時の横補強筋ひずみは、せん断ひび割れ幅の大きい方に近いフック付き重ね継手の片側1箇所に集中すると考えられる。これらより、フ

ック付き重ね継手1箇所あるいは2箇所に係わらず、フック付き重ね長さ比は表4の L_{1h}/d としている。

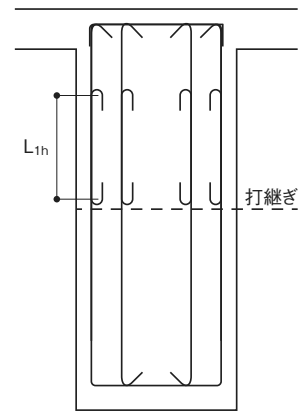
中段筋基礎梁工法

◎中段筋基礎梁設計の基本事項

中段筋基礎梁の場合、図3のように、主筋本数を変えずに、梁上下面から梁せい $D/3$ とした中段筋範囲の上側と下側に中段筋を配置し、構造規定①～④を満足する場合、SABTEC指針(2021年)¹⁾に規定



(フック付き重ね継手2箇所の場合)



(フック付き重ね継手1箇所の場合)

図2 キャップタイ型あばら筋フック付き重ね継手のフック配置

表4 SABTEC 指針によるフック付き重ね長さ比 L_{1h}/d の計算値と規定値

F_c (N/mm ²)	RC 配筋指針の L_{1h}/d				685N/mm ² 級		785N/mm ² 級	
	SD295	SD345	SD390	SD490	計算値	規定値	計算値	規定値
21	30			—	54.4	—	62.3	—
24	25	30	35	40	50.1	50	57.4	55
27					47.7		54.7	
30					45.5		52.2	
33	20	25	30	35	43.5	45	49.9	50
36					41.7		47.8	
39					40.1		45.9	
42					38.5		44.1	
45	20	25	30	35	37.1	40	42.5	45
48					35.8		41.0	
54					33.4		38.3	
60					31.3		35.9	

F_c : コンクリートの設計基準強度

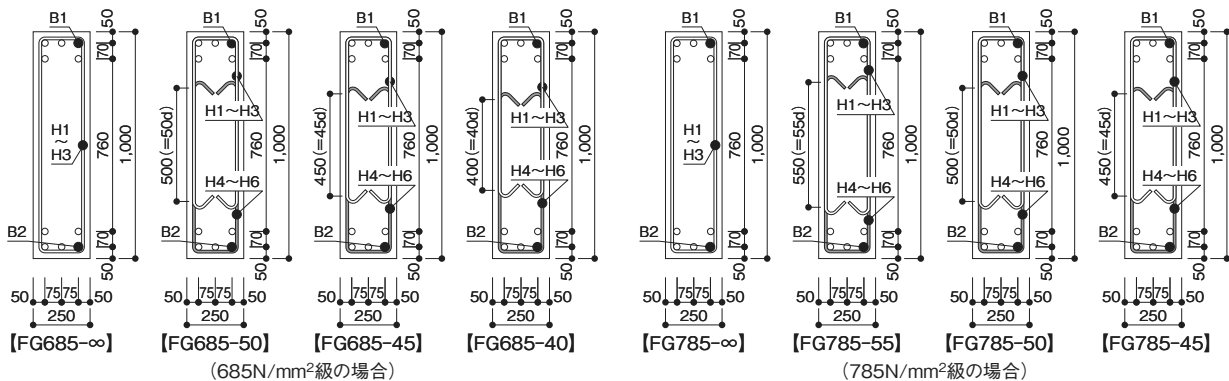
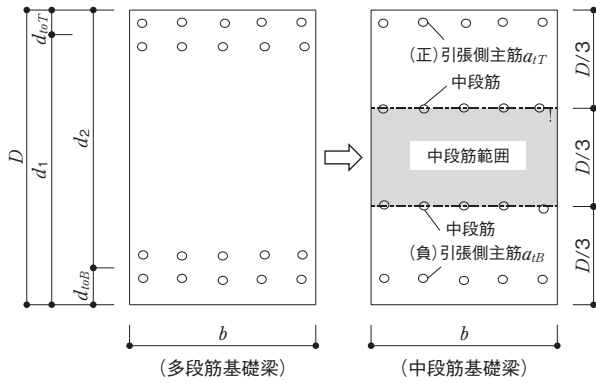


図1 フック付き重ね継手を用いた基礎梁試験体断面



a_{IT} , a_{IB} : 上端側, 下端側引張鉄筋断面積
 d_{10T} , d_{10B} : 上端側, 下端側引張主筋群の重心位置
 $d_1 = D - d_{10T}$: 上端引張時の有効せい
 $d_2 = D - d_{10B}$: 下端引張時の有効せい

図3 多段筋基礎梁と中段筋基礎梁

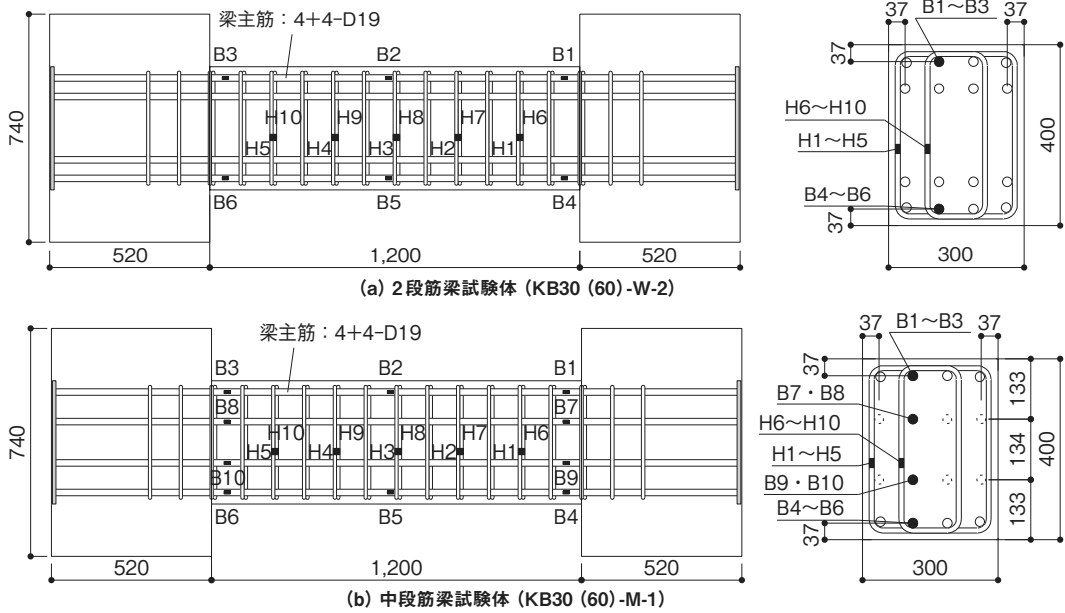


図4 中段筋梁と2段筋梁試験体の配筋詳細

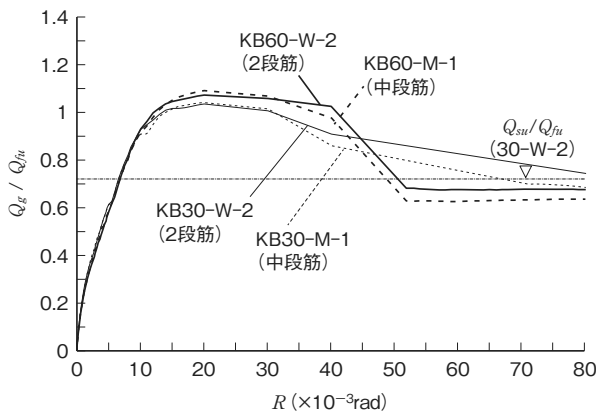


図5 中段筋梁と2段筋梁試験体の正加力時包絡線

した剛性低下率, 降伏曲げモーメント, 曲げ終局耐力を用い, 従来の基礎梁と同様, せん断設計を行えば, 中段筋基礎梁の曲げ終局耐力時せん断力は, 多段筋基礎梁と同程度の値とすることができる。

表5 中段筋梁実験計画

試験体	F_c (N/mm ²)	梁主筋		横補強筋	
		主筋 (p_t)	鋼種	配筋	p_w (%)
KB30-W-2	30	4+4-D19 (1.91%)	SD	4-D10 @100	0.95
KB30-M-1					
KB60-W-2	60	4+4-D19 (1.91%)	SD	4-D10 @100	0.95
KB60-M-1					

内法スパン長 $L=1,200\text{mm}$ ($L/D=3.0$), 梁幅 $b \times$ 梁せい $D=300\text{mm} \times 400\text{mm}$
 F_c : コンクリートの目標圧縮強度, p_t : 引張鉄筋比, p_w : 横補強筋比
 横補強筋鋼種: すべてUSD685 (溶接閉鎖型)
 KB30-W-2, KB60-W-2: 2段筋梁, KB30-M-1, KB60-M-1: 中段筋梁
 中段筋比 $p_{tm}=1.91\%$ (上下中段筋とも, 4-D19)

表6 中段筋梁と2段筋梁試験体の終局耐力

試験体	配筋方式	Q_{fu} (kN)	Q_{su} (kN)	Q_{su}/Q_{fu}	Q_{fuo} (kN)	Q_{fuo}/Q_{fu}	Q_{su}/Q_{fuo}	Q_{max} (kN)	Q_{max}/Q_{fu}	Q_{max}/Q_{fuo}
KB30-W-2	2段筋	527	380	0.72	518	0.98	0.73	545	1.04	1.05
KB30-M-1	中段筋	513	346	0.68	518	1.01	0.67	534	1.04	1.03
KB60-W-2	2段筋	661	484	0.73	630	0.95	0.77	708	1.07	1.13
KB60-M-1	中段筋	653	432	0.66	630	0.96	0.69	713	1.09	1.13

Q_{fu} : 平面保持仮定による曲げ耐力時せん断力
 Q_{fuo} : 略算式による曲げ耐力時せん断力
 Q_{su} : 荒川mean式によるせん断終局耐力
 Q_{max} : 最大耐力実験値

【構造規定】

- ① 中段筋基礎梁の内法スパン長比 L/D は, 3.0以上とする。
- ② 中段筋比 $p_{tm} \leq 2.0\%$ かつ中段筋鋼種SD390の場合, $F_c 30\text{N/mm}^2$ 以上, SD490の場合, $F_c 60\text{N/mm}^2$ とする。
- ③ 中段筋基礎梁の引張鉄筋比 p_t は, 曲げ終局強度時釣合い鉄筋比 p_{tb} 以下とする。

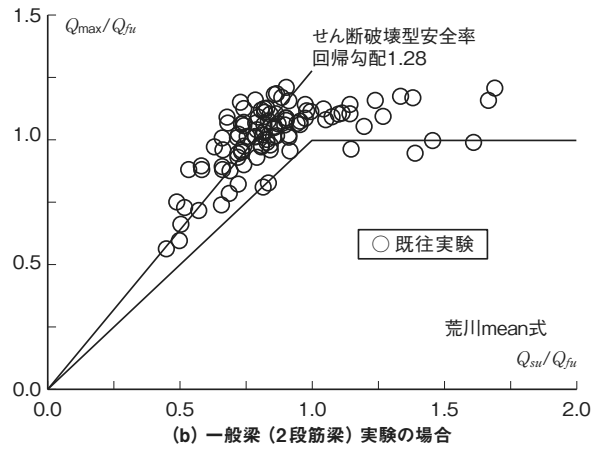
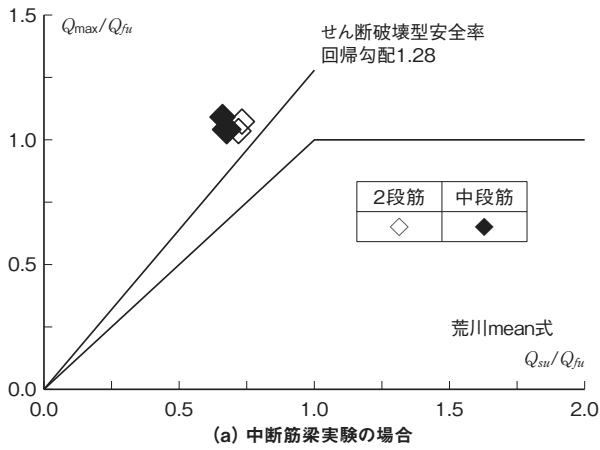


図6 中段筋梁実験と一般梁実験の耐力安全率 Q_{max}/Q_{fu} —せん断余裕度 Q_{su}/Q_{fu} 関係

表7 精算式と略算式による曲げ終局耐力時せん断力

主筋鋼種	配筋種別	中段筋位置係数 n	略算式		精算式		Q_{fu0}/Q_{fu}
			Q_{fu0} (kN)	Q_{fu} (kN)	X_n/D	$D\phi_u$ ($\times 10^{-3}$)	
SD 390	2段筋	—	518	515	0.23	13.4	1.01
	中段筋	4.0	518	513	0.23	13.3	1.01
		3.0	518	502	0.26	11.6	1.03
		2.5	518	500	0.28	10.6	1.04
		2.0	518	501	0.31	9.8	1.03
SD 490	2段筋	—	630	643	0.22	13.8	0.98
	中段筋	4.0	630	647	0.20	15.4	0.97
		3.0	630	643	0.22	13.7	0.98
		2.5	630	648	0.24	12.8	0.97
		2.0	630	663	0.26	11.8	0.95

④中段筋は、中段筋範囲の上側と下側ともに1段とし、中段筋の鋼種と呼び名、本数は同じとする。

$$p_{tm} = \{a_g - (a_{tT} + a_{tB})\} / bD : \text{中段筋比}$$

$$p_t = a_t / bD : \text{中段筋基礎梁の引張鉄筋比}$$

a_g : 全主筋断面積 (mm^2), 引張鉄筋断面積 a_t は、上端側の a_{tT} または下端側の a_{tB} とする。

b, D : 基礎梁幅とせい (mm)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm^2)

◎中段筋梁実験

中段筋梁実験は、表5、図4に示すように、中段筋梁と2段筋梁について行われている。

図5に示すように、2段筋梁と中段筋梁試験体の正加力時包絡線は、梁曲げ降伏後、部材角 $R = 30 \times 10^{-3} \text{rad}$. 程度まで著しい耐力低下を起こさず、限界部材角実験値 R_{80} を超える大変形域までほぼ一致する。

その際、2段筋梁試験体 KB30-W-2 の場合、荒川 mean 式のせん断余裕度 $\lambda_p = Q_{su}/Q_{fu} = 0.72$ としている。

◎中段筋梁と2段筋梁試験体の終局耐力

中段筋梁と2段筋梁試験体の終局耐力一覧を表6、

中段筋梁実験と一般梁(2段筋梁)実験の耐力安全率 Q_{max}/Q_{fu} —せん断余裕度 Q_{su}/Q_{fu} 関係を図6に示す。

これらによると、中段筋梁の曲げ終局耐力は2段筋梁の場合と同程度の値となる。

◎中段筋梁と2段筋梁試験体の曲げ終局耐力時中立軸位置比 X_n/D

中段筋梁と2段筋梁の略算式と精算式による曲げ終局耐力時せん断力の算定結果を表7に示す。

精算式は平面保持仮定に基づく曲げ終局耐力式、略算式はSABTEC指針(2021年)で定義した設計式であり、同表中、実験に供した中段筋梁では、中段筋位置係数 $n = 3$ としている。

これらによると、構造規定②に係わらず、 $F_c 60 \text{N}/\text{mm}^2$ 未満でも、 X_n/D を0.25以下に制限すれば、中段基礎梁として扱うことができる。

(ますお きよし)

【参考文献】

- 1) (一社) 建築構造技術支援機構: SABTEC高強度せん断補強筋設計施工指針(2021年)
- 2) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造配筋指針・同解説, 2021年