

主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の付着応力度分布

日大生産工（院）○松永竜治

日大生産工

師橋憲貴

1. はじめに

昨年度の学術講演会では主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の主筋応力度と曲げひび割れ幅についての報告を行った¹⁾。結果、鉄筋を使用したコンクリート梁部材と比較すると、主筋に格子鋼板を用いた梁部材の曲げひび割れ幅と主筋応力度は大きくなることが判明した。本報では主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の性能をさらに評価するため、主筋継手部分の付着応力度分布についての考察を行った結果を報告する。

2. 実験概要

表-1 に試験体一覧を示す。試験体には主筋に D19(SD345)を使用した試験体(00C)1 体と展張格子鋼板を主筋に使用した試験体(00A1・00A2) 2 体、格子鋼板を主筋に使用した試験体(00B1・00B2) 2 体の、計 5 体を作製した。実験では梁部材中央が純曲げ区間となるように 2 点集中荷重による正負繰り返し载荷を行った。

2.1 格子鋼板及び展張格子鋼板について

図-1 に実験で用いた格子鋼板の形状を示す。格子鋼板は 2 種類の加工方法によって製作されており、この加工方法の違いから格子鋼板と展張格子鋼板に呼び分けた。展張格子鋼板は縞鋼板の軸方向にレーザー光線でスリットを挿入し、軸直角方向にジャッキで均等に展張し、格子状に加工したものである。一方、格子鋼板はレーザー光線で縞鋼板を切り抜き、格子状に加工したものである。

2.2 調合とフレッシュ性状 表-2 にコンクリートの調合を示し、表-3 にフレッシュ性状を示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材は天然砂と砕砂、粗骨材は碎石を使用した。調合はスランプ 18±2.5cm、空気量 4.5±1.5%を目標として行った。

表-1 試験体一覧

試験体名	主筋	
1) 00C	D19 (SD345)	
2) 00A1	鋼板	展張格子鋼板 (SS400)
3) 00A2		
4) 00B1		格子鋼板 (SS400)
5) 00B2		

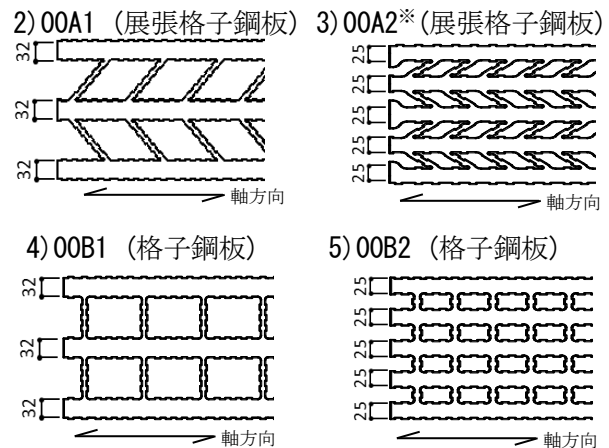
重ね継手長さ $l_s=570\text{mm}$ 共通
継手方法は全て縦重ね継手

表-2 コンクリートの調合

W/C (%)	単位質量 (kg/m^3)				
	水	セメント	細骨材		粗骨材
			天然砂	砕砂	
74.0	195	264	627	269	888

表-3 フレッシュ性状

スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ($^{\circ}\text{C}$)
20.5	3.7	22.0



単位[mm]

※3) 00A2 は骨材を通すために一部格子部分を切除した。

図-1 展張格子鋼板及び格子鋼板形状

Bond stress distribution of Main Reinforcement on Concrete Beams
using Expanded Metal Grid

Ryuji MATSUNAGA and Noritaka MOROHASHI

また粗骨材の最大寸法は20mmとした。実験時のコンクリート強度が 24N/mm^2 程度となるような水セメント比(W/C)を設定するため、レディーミクストコンクリート工場の出荷実績によりW/C=74.0%を採用したことから、単位水量は比較的大きい調合となった。

2.3 試験体形状 図-2 格子鋼板00B1断面を例示し、表-4 に実験に使用した材料特性値、図-3 に試験体断面、図-4 に試験体形状を示す。試験体は $300\text{mm} \times 300\text{mm} \times 3000\text{mm}$ の梁部材とし、梁部材中央部下端筋に重ね継手区間(重ね継手長さ570mm)を設け、付着性状を検討する形式とした。主筋には鉄筋、鋼板をそれぞれ用い、横補強筋は全梁部材共通でD10(SD295A)を使用した。重ね継手区間外に配筋した横補強筋は主筋にD19を使用した00Cで4-D10@80mm($p_w=1.2\%$)、各鋼板を使用した00A1、00A2、00B1、00B2で2-D10@40mm($p_w=1.2\%$)とした。主筋から側面及び底面までのかぶり厚さは30mmとした。主筋に鉄筋のD19を用いた梁部材の軸方向の主筋断面積 a_t と近似させるために、本実験で用いる各鋼板は、厚さ12.0mmと厚さ9.0mmの2種類の縞鋼板を使用した。図-3 に示すように、使用した鋼板は軸方向の断面積を $12.0\text{mm} \times 32.0\text{mm}$ を3本とした00A1・00B1と、 $9.0\text{mm} \times 25.0\text{mm}$ を5本とした00A2・00B2の計4種類を計画した。図-2 に示すように鋼板は軸方向の主材縁部分に2mmずつの凹凸があり、幅は凹部分の寸法とした。

図-1 に示したように 00A1・00B1 は鋼板の厚さが厚いことから格子部分の面積が広く、00A2・00B2 は鋼板の厚さが薄いことから格子部分の面積が狭くなっている。本研究では付着に有利と考えられる鋼板の縞部分がコンクリートに接するように配筋した(重ね継手接触面に縞はない)。コンクリートの打設は試験体の上面から行った。



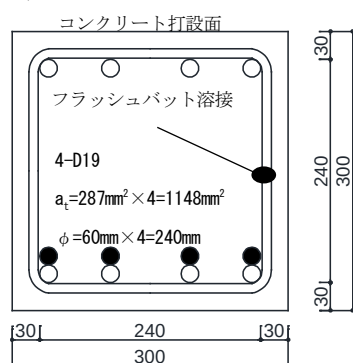
図-2 格子鋼板 00B1 断面

表-4 実験に使用した材料特性値

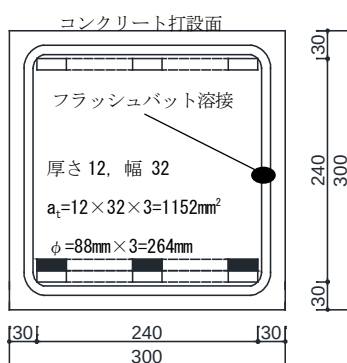
材料種類	使用部位	降伏点 σ_y (N/mm^2)	引張強度 $\sigma_{\max}$ (N/mm^2)	ヤング係数 E (N/mm^2)
展張格子鋼板 A1	上端・下端筋	270	406	2.05×10^5
展張格子鋼板 A2	上端・下端筋	304	441	
格子鋼板 B1	上端筋	270	406	
	下端筋	278	416	
格子鋼板 B2	上端筋	304	441	1.86×10^5
	下端筋	289	422	
D19 (SD345)	上端・下端筋	366	556	
D10 (SD295A)	横補強筋	375	518	

鋼板筋はメーカー証明書より縞鋼板(SS400)の値とした。

1) 00C



2) 00A1・4) 00B1



3) 00A2・5) 00B2

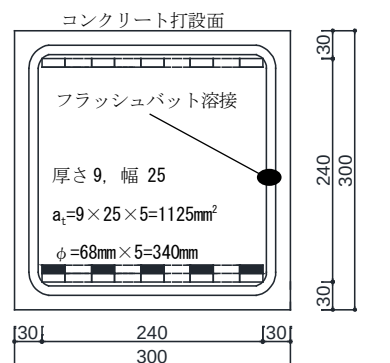
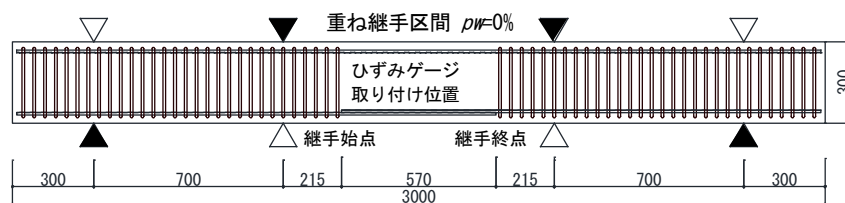


図-3 試験体断面

単位[mm]



▲・▼: 正荷重時 △・▽: 負荷重時

図-4 試験体形状 (主筋鋼板時)

単位[mm]

2.4 ひずみゲージ取り付け位置 図-5 に試験体00C、00A1、00B2の主筋ひずみゲージ位置を例示する。全試験体は共通して縦重ね継手で配筋を行っている。そこで、図-4 図-5 が示すように継手部の下側にあたる主筋を重ね継手始点とし、上側の主筋を重ね継手終点とした。ひずみゲージは、図-4 が示すpw=0%の重ね継手区間位置の主筋にそれぞれ番号を定め取り付けた。図-5 1) 00Cが示すように試験体00Cは重ね継手始点に4本、重ね継手終点に4本と計8本を取り付けた。図-5 2) 3) が示すように主筋に鋼板を使用した試験体のうち軸方向部分が3本存在する試験体00A1と00B1には計6本、また軸方向部分が5本存在する試験体00A2と00B2には計10本のひずみゲージを取り付けてひずみの計測を行った。

3. 実験結果

表-5 に最大荷重時の付着応力度 $\tau_u(\varepsilon)$ 一覧を示し、図-6 継手始点の付着応力度分布を示す。付着応力度 $\tau_u(\varepsilon)$ は実験によって得られた各主筋部の測定ひずみ ε_i をもとに式(1)によって算出した。図-6 は付着による影響が大きいと考えられる継手始点の主筋に取り付けられているひずみゲージ測定値による結果を掲載した。(図-5 が示す試験体00Cの場合ひずみゲージ番号1~4に該当する。)

試験体ごとに最大荷重時の付着応力度平均値を比較すると、継手始点では主筋に格子鋼板を使用した試験体00B1が最も高い値を示した。

式(1) ひずみ測定値による付着応力度 $\tau_u(\varepsilon)$

$$\tau_u(\varepsilon) = \frac{A_s \cdot \sigma_s}{\phi \cdot l_s}$$

$$\varepsilon = \frac{2.00}{K_s} \times \varepsilon_i \quad \sigma_s = E_s \cdot \varepsilon$$

ここで

ε : 継手始点の最大荷重時ひずみ

σ_s : 継手始点の存在応力度 (N/mm²)

E_s : 主筋のヤング係数 1) 00C 1.89×10^5 (N/mm²)

2) 00A1 3) 00A2 4) 00B1 5) 00B2 2.05×10^5 (N/mm²)

A_s : 主筋の公称断面積 1) 00C 287mm²

2) 00A1 4) 00B1 384mm² 3) 00A2 5) 00B2 225mm²

ϕ : 主筋の周長 1) 00C 240mm

2) 00A1 4) 00B1 264mm 3) 00A2 5) 00B2 340mm

l_s : 継手長さ 570mm (30db)

$2.00/K_s$: ゲージ率修正値 (0.9615)

ε_i : 測定ひずみ

K_s : ゲージ率(2.11)

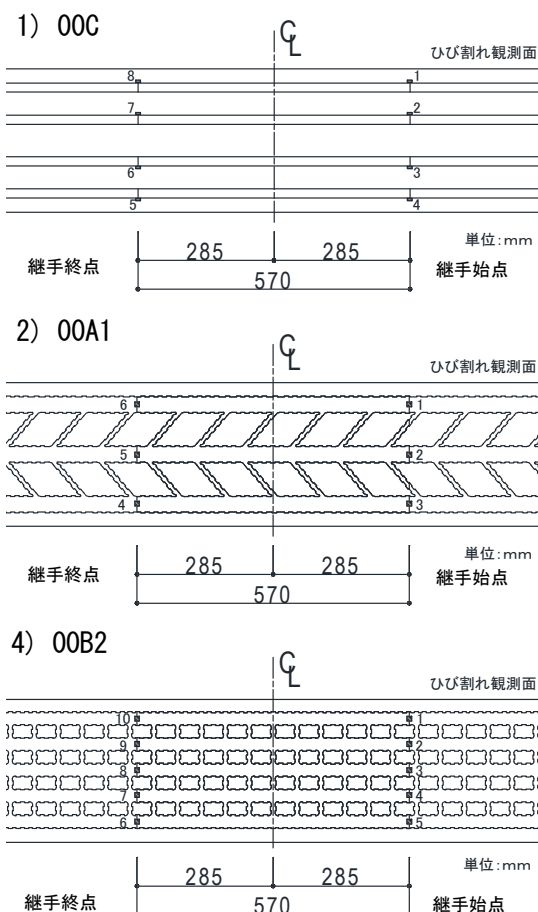


図-5 主筋ひずみゲージ取り付け位置

表-5 最大荷重時の付着応力度 $\tau_u(\varepsilon)$ 一覧

a) 継手始点側

試験体名	最大荷重 (kN)	ゲージ番号					τ_u (ε) 平均 (N/mm ²)
		付着応力度 τ_u (ε) (N/mm ²)					
		1	2	3	4	—	
1) 00C	233.0	2.30	2.56	2.69	2.43	—	2.50
2) 00A1	189.5	1	2	3	—	—	2.46
		2.60	2.71	2.07	—	—	
3) 00A2	175.0	1	2	3	4	5	1.87
		1.76	1.66	2.08	1.68	2.17	
4) 00B1	182.5	1	2	3	—	—	2.84
		3.04	3.03	2.46	—	—	
5) 00B2	175.0	1	2	3	4	5	1.49
		1.75	1.61	1.47	1.27	1.34	

b) 継手終点側

試験体名	最大 荷重 (kN)	ゲージ番号					τ_u (ε)
		付着応力度 τ_u (ε)					平均
		(N/mm ²)					(N/mm ²)
1) 00C	233.0	5	6	7	8	—	2.47
		2.68	2.63	2.77	1.79	—	
2) 00A1	189.5	4	5	6	—	—	2.05
		1.91	2.21	2.03	—	—	
3) 00A2	175.0	6	7	8	9	10	1.36
		1.35	1.35	1.34	1.38	1.37	
4) 00B1	182.5	4	5	6	—	—	2.08
		※	1.97	2.18	—	—	
5) 00B2	175.0	6	7	8	9	10	1.36
		1.35	1.35	1.34	1.38	1.37	

※ ひずみゲージ故障によって値が得られなかった。

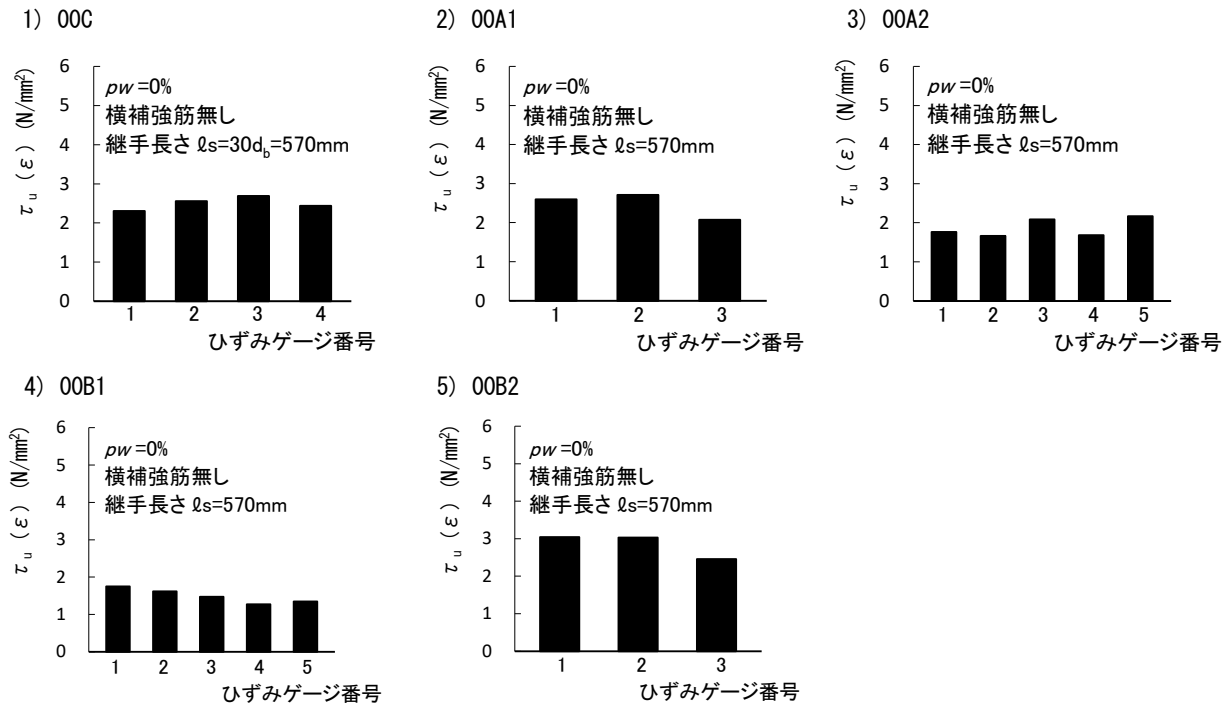


図-6 継手始点の付着応力度分布

次に鉄筋を使用した試験体00Cと展張格子鋼板を使用した試験体00A1が近い値となり、試験体00A2、00B2が低い値となった。

一方、継手終点側では試験体00Cの付着応力度が最も高い値を示し、次に試験体00A1と00B1がおおむね同等の値を示した。また、試験体00A2と00B2は同様の値を示した。これは、試験体00Cは主筋に鉄筋を使用し、重ね継手区間では横補強筋を配筋していない試験体である。そのため、付着割裂強度がコンクリート負担分に依存しているため、継手始点と終点の付着応力度がおおむね均一となった。一方、主筋に各鋼板を使用した試験体は全体的に継手始点と終点の付着応力度に差異が生じ、継手始点側の付着応力度が高くなる傾向にあった。主筋に鋼板を用いた試験体は共通して主筋断面が長方形をしており、鉄筋と比較して応力が集中していると考えられる。また、鋼板の格子部分が荷重を負担していることも理由に考えられる。次に鋼板の種類ごとに比較すると、付着応力度は鋼板の加工方法による大きな違いは見られず、軸方向部分が3つの試験体00A1、00B1が軸方向部分5つの試験体00A2、00B2より最大荷重および付着応力度が大きくなる傾向となった。これは試験体00A2、00B2は格子間の大きさが試験体00A1、00B1より小さいため、鋼板が一枚板のような状態となったため、コンクリートとの付着が良好でなく重ね継手区間でスリップが生じたと考えられる。鋼板を使用した全試験体の

付着応力度は継手始点と終点には偏りが見られたが、付着応力度分布の形状は鉄筋を使用した試験体と似たような形状を取る傾向にあった。

4. まとめ

主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の付着応力度分布を検討した結果、本報告の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) 主筋に各鋼板を使用した試験体の平均付着応力度は継手始点と終点に差異が生じ、継手始点側の付着応力度が高い値となる傾向となった。
- 2) 鋼板ごとの付着応力度分布を比較すると、加工方法による大きな差異は認められず主軸方向部分が3つの鋼板を使用した試験体の付着応力度が大きくなることが明らかとなった。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、JFE シビル株式会社には展張格子鋼板及び格子鋼板の手配で大変お世話になりました。また、本学部土木工学科の阿部忠教授には貴重な御助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松永竜治、師橋憲貴：主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の主筋応力性状，日本大学生産工学部第 49 回学術講演会講演概要，2016 年 12 月，pp. 69-72