

主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材の付着性状

日大生産工 (学部) ○松永 竜治

日大生産工 師橋 憲貴

1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設された鉄筋コンクリート建築物は50年以上経過しており老朽化が進んでいる。そのため、これらの建築物は建て替えなど更新の必要がある。しかし、現在、鉄筋コンクリート建築物に関わる技術者は減少の傾向にある¹⁾。特に鉄筋工の技術者の不足率は顕著となっている。そこで、施工の簡略化が可能でかつ、鉄筋に代わり合理化の図れる、新たな補強材が必要と考える。この鉄筋に代わる補強材として、縞鋼板をレーザー光線やジャッキで加工した格子鋼板が開発され提案されている。格子鋼板は鉄筋コンクリート建築物における主筋の補強材としての研究が進んでいる²⁾。本研究では、鉄筋コンクリート建築物における梁部材の基礎的研究として、鉄筋の代替として主筋に格子鋼板を用いたコンクリート梁部材を提案する。本報では4種類の格子鋼板を主筋に用いたコンクリート梁部材を作製した後に、材齢5週時の付着割裂強度を検討し、格子鋼板の付着性状を鉄筋のそれと比較し評価を行った。

2. 実験概要

表-1 に試験体詳細を示す。主筋にD19(SD345)を使用した試験体00Cと主筋に展張格子鋼板を使用した試験体A1・A2(縞鋼板にレーザー光線でスリットを入れ、ジャッキによる展張加工を施した鋼板)と、格子鋼板を使用した試験体B1・B2(縞鋼板にレーザーカットによる切断を施した鋼板)の計5体の試験体

表-1 試験体詳細

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

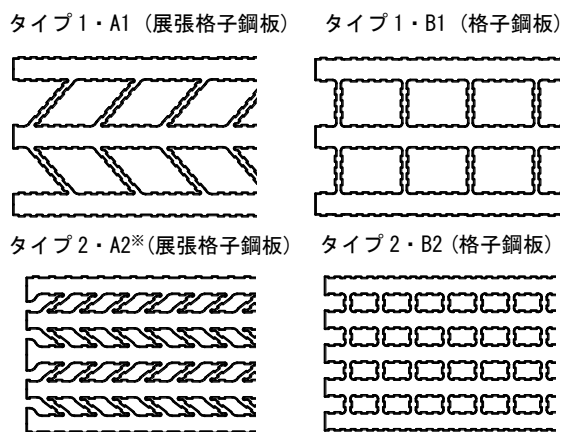
重ね継手長さ $l_s=570\text{mm}$ 共通
継手方法は全て縦重ね継手

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	砕石
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



※ A2は骨材を通すために一部格子部分を切除した。

図-1 展張格子鋼板および格子鋼板形状図

を作製した。本研究では、梁部材の付着割裂強度を検討するため、梁部材中央部（重ね継手区間）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載荷を行った。

2.1 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 $18 \pm 2.5 \text{ cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ を目標として行った。

2.2 展張格子鋼板・格子鋼板の特性 図-1 に本研究で用いた展張格子鋼板および格子鋼板の形状を示す。本研究で用いた展張格子鋼板と格子鋼板の材料特性値を表-4 に示す。縞鋼板の形状は加工方法によって、展張格子鋼板（A1・A2）と格子鋼板（B1・B2）に分類した。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、格子加工を施したものである。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。主筋に鉄筋のD19を用いた梁部材の軸方向の主筋断面積と等しくするため、本実験で用いる展張格子鋼板および格子鋼板は、厚さ 12.0mm と厚さ 9.0mm の2種類の縞鋼板を使用した。図-2 の試験体断面に示すように、展張格子鋼板および格子鋼板は軸方向の断面積を 12.0mm×32.0mm を3本としたタイプ1と、9.0mm×25.0mm を5本としたタイプ2の計2タイプを計画した。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）。

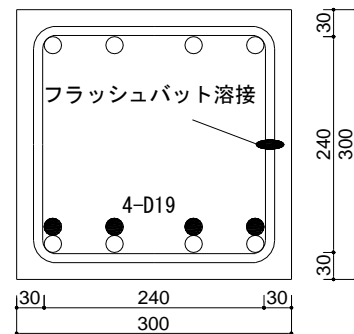
2.3 試験体形状 図-3 に試験体形状を示す。試験体は、300mm×300mm×3000mm の梁部材とし、梁部材中央部下端筋に重ね継手区間（重ね継手長さ 570mm）を設け、付着性状を検討する形式とした。主筋には鉄筋、展張格子鋼板および格子鋼板をそれぞれ用い、横補強筋は全梁部材共通でD10(SD295A)を使用した。主筋から側面お

表-4 材料特性値

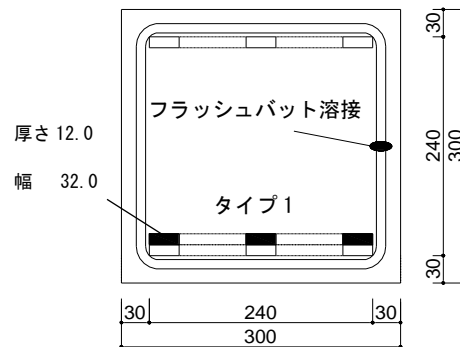
主筋		降伏点 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_{max} (N/mm ²)
D19 (SD345)		366	556
A1	上端筋	270	406
	下端筋	270	406
A2	上端筋	304	441
	下端筋	304	441
B1	上端筋	270	406
	下端筋	278	416
B2	上端筋	304	441
	下端筋	289	422

鉄筋 D19(SD345)
メーカー証明書より縞鋼板(SS400)

1) 00C (D19)



2) 00A1 (展張格子鋼板)・00B1 (格子鋼板)



3) 00A2 (展張格子鋼板)・00B2 (格子鋼板)

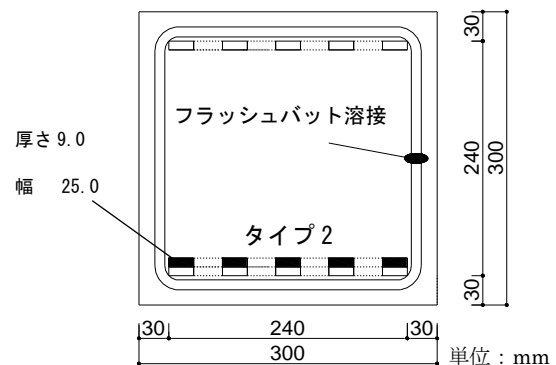


図-2 試験体断面

単位：mm

よび底面までのかぶり厚さは30mmとした。

3. 実験結果

3.1 最終破壊形状 表-5 に実験結果一覧を、**図-4** に最終破壊形状を示す。梁部材の上端に示した点線によるひび割れは負荷荷時の曲げひび割れである。最終破壊形状は全て最大荷重時に主筋線上に沿ってひび割れが進展し破壊する、サイドスプリット型の付着破壊を起こした。鉄筋と比較して展張格子鋼板および格子鋼板を用いた梁部材は、最大荷重の大きさには差が認められたが、最終破壊形状に差異は認められず、軸方向の主筋に沿った付着割裂破壊となった。

3.2 変位性状 **図-5** に各試験体の荷重-変位曲線（包絡線）を示す。実験時の荷重制御は主筋の応力度 $\sigma_t = 100 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ ずつ増加するよう行った。また、変位は梁部材の中央変位 δ を示した。展張格子鋼板および格子鋼板を使用した梁部材 00A1~00B2 は鉄筋を使用した梁部材 00C に比べて初期剛性が若干高くなったが、最大荷重は 00C に比べて低下する傾向となった。これは、展張格子鋼板と格子鋼板の格子部分が軸方向の主材を補強する効果として働いたためと考える。

3.3 付着割裂強度の検討 付着割裂強度は式(1)により求めた。式(1)に使用した ϕ について、

式(1) 付着割裂強度算定式

$$\tau_{u \text{ exp.}} = \frac{M_u}{j \cdot \phi \cdot l_s} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

ここで、 M_u : 最大曲げモーメント (N・mm)

j : (7/8)d (d : 梁有効せい)

4-D19 : 260.5mm

00A1・00B1 : 264mm

00A2・00B2 : 265.5mm

ϕ : 鉄筋周長 : 4-D19 240mm

00A1・00B1 : 264mm

00A2・00B2 : 340mm

l_s : 重ね継手長さ (30 d_b , 570mm)

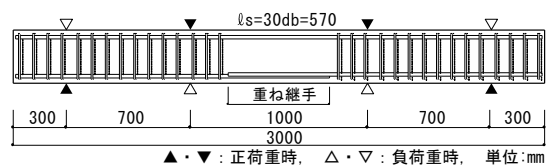
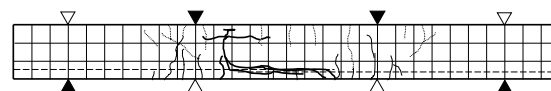


図-3 試験体形状

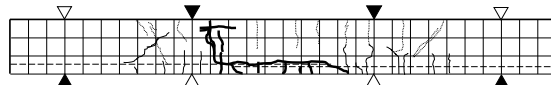
表-5 実験結果一覧

試験体名	コンクリート強度 σ_B (N/m ²)	最大荷重 P_{max} (kN)	付着割裂強度 $T_{u \text{ exp.}}$ (N/m ²)
00C	23.1	233.0	2.62
00A1	23.6	189.5	1.91
00A2	23.6	175.0	1.36
00B1	23.6	182.5	1.84
00B2	23.6	175.0	1.36

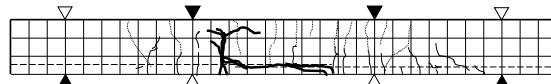
a) 00C (D19) $P_{max} = 233.0 \text{ kN}$



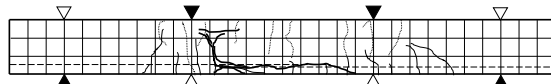
b) 00A1 (展張格子鋼板) $P_{max} = 189.5 \text{ kN}$



c) 00A2 (展張格子鋼板) $P_{max} = 175.0 \text{ kN}$



d) 00B1 (格子鋼板) $P_{max} = 182.5 \text{ kN}$



e) 00B2 (格子鋼板) $P_{max} = 175.0 \text{ kN}$

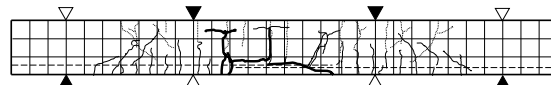


図-4 最終破壊形状 (側面)

00C は 4-D19 なので 240mm とし、00A1、00B1 は軸方向部分の断面寸法より ϕ を算出し 264mm とした。00A2、00B2 も同様に軸方向部分の断面寸法より 340mm とした。次に梁有効せい d について、00C は 260.5mm とし、00A1、00B1 は鋼板の厚さが 12mm なので 264mm、00A2 と 00B2 は鋼板の厚さが 9mm なので 265.5mm とした。**図-6** に付着割裂強度を示す。展張格子鋼板および格子鋼板を使用した梁部材の付着割

裂強度は全て、鉄筋を使用した試験体 00C と比べて下回る傾向が見られた。これは展張格子鋼板と格子鋼板は鉄筋のリブおよび節ほど付着に与えるくさび作用の影響が大きくなかったものとする。また、継手部分の縞鋼板は縞のない部分同士が面で重ね合わさって接触しているため、滑りが生じやすく、コンクリートとの十分な付着が得られなかったものとする。展張格子鋼板と格子鋼板を使用した梁部材を比較すると、加工方法による付着割裂強度の差異はあまり見られなかった。また、タイプ 1 とタイプ 2 を比較すると、展張格子鋼板および格子鋼板共にタイプ 1 がタイプ 2 より付着割裂強度が増加した。これは、厚さ 12.0mm のタイプ 1 の格子間寸法が厚さ 9.0mm のタイプ 2 の格子間寸法より大きいため、タイプ 1 はタイプ 2 よりコンクリートとの付着が有効に得られていたためとする。

4. まとめ

主筋に展張格子鋼板および格子鋼板を用いた梁部材の付着性状を検討した結果、本実験の範囲内で以下の知見が得られた。

- 1) 展張格子鋼板および格子鋼板を用いた梁部材はサイドスプリット型の付着割裂破壊となる最終破壊形状を示した。
- 2) 鉄筋を使用したものと比較すると、展張格子鋼板および格子鋼板を用いた梁部材の初期剛性は若干高くなる傾向を示した。
- 3) 展張格子鋼板と格子鋼板の加工方法の違いによる付着割裂強度の差異はあまり見られず、厚さ 12.0mm で格子間寸法の広いタイプ 1 は厚さ 9.0mm で格子間寸法が狭いタイプ 2 と比較して、付着割裂強度は増加する傾向が認められた。

本研究では展張格子鋼板と格子鋼板を用いた梁部材の付着性状を検討した結果、展張格子鋼板および格子鋼板の付着割裂強度は鉄筋を用いた梁部材の付着割裂強度より下回った。今後は、コンクリートの種類の違いによる展張格

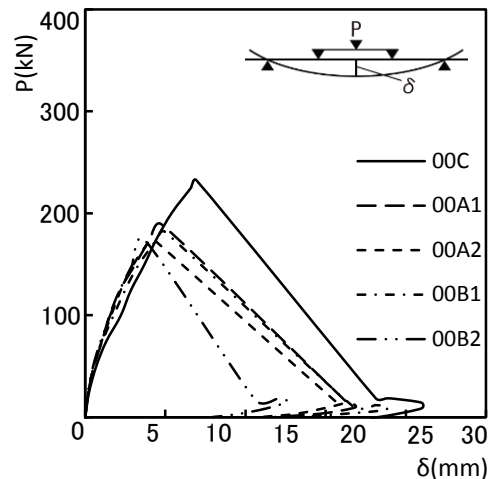


図-5 荷重-変位曲線（包絡線）

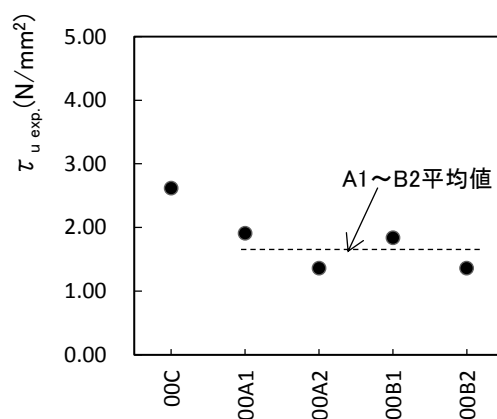


図-6 付着割裂強度

子鋼板および格子鋼板の付着性状および付着割裂強度の算定方法について検討を行ってみたい。

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およ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) 国土交通省土地・建設産業局建設市場整備課：建設労働需給調査結果(平成 27 年 8 月調査), 平成 27 年 9 月 28 日公表, pp. 1-10
- 2) 高木智子、阿部忠、師橋憲貴、塩田啓介、今野雄介：格子鋼板筋を用いた RC はりの補強効果に関する研究, 日本大学生産工学部第 47 回学術講演会講演概要, 2014 年 12 月, pp. 71-73