

格子鋼板筋を用いた道路橋床版の耐疲労性の評価

日本大学 正会員 阿部 忠, 水口和彦
JFE シビル 正会員 ○吉岡泰邦, 塩田啓介

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の建設において、鉄筋の加工、組み立てなどの鉄筋工に関わる労働者が不足している。これらのことから、鉄筋に替わる材料として格子鋼板筋が開発された¹⁾。そこで本研究では、レーザーで直接切断加工した格子鋼板筋を用いた RC 床版の耐疲労性の検証を行い、実橋 RC 床版への適用性を実証する。実験では輪荷重走行による疲労実験を実施し、従来の鉄筋を配置した RC 床版と格子鋼板筋を配置した床版（以下、MG 床版とする）とを比較して、実用性を検証する。

2. 格子鋼板筋製作方法

格子鋼板筋の製作方法を写真-1 に示す。格子鋼板筋の製作方法は、縞鋼板あるいは鋼板を用いて、直接レーザーで格子状に切断加工する（写真-1(1)）。切断加工された格子鋼板筋は2方向の格子状を形成する（写真-1(2)）。軸直角方向（主鉄筋）および軸方向（配力筋）それぞれの断面積を自由に切断加工することが可能である。切断加工された格子鋼板筋を補強部材に合わせて折り曲げ加工し、必要に応じて防錆材を塗布する（写真-1(3)）。その後、設置する。

以上のように、鋼板を用いて直接格子状に切断加工し、工場内で折り曲げ加工が可能であることから施工の合理化・省力化が可能となる。さらに、防錆剤の塗布も可能であることから塩害対策にも効果を発揮する。

3. 使用材料

(1) RC床版の使用材料 RC 床版供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと 5mm 以下の砕砂および 5mm ~ 20mm の砕石を使用した。コンクリートの設計基準強度は道示の規定に基づいて 24N/mm² 以上となるように配合した。次に、鉄筋は SD295A, D10 を用いた。

(2) 格子鋼板筋の材料特性値 格子鋼板筋には、材質

SS400、厚さ 4.5mm の縞鋼板を用いる。ここで、格子鋼板筋の材料特性値を表-1 に併記する。表-1 に示すように、レーザー加工した格子鋼板筋の降伏強度は 339N/mm²、引張強度は 441N/mm² である。なお、縞鋼板から採取した試験片を用いて引張試験（試験規格：JIS Z 2241）を行った結果、降伏強度は 327N/mm²、引張強度は 430N/mm² であった。

次に、格子間寸法は、RC 床版の引張鉄筋には D10（断面積 71.3mm²）を軸直角方向を軸方向ともに 100mm 間隔、圧縮側はその 1/2 の鉄筋量、すなわち 200mm 間隔とした。よって、格子鋼板筋は同様に引張側の軸直角方向および軸方向の格子間寸法は 100mm×100mm、断面寸法は、厚さ 9.0mm、幅 8.0mm、断面積は 72mm² とする。また、付着力を高めるために 9mm 間隔ごとに 2mm の突起を設けた。ここで、格子鋼板筋の寸法および形状を図-1 に示す。

4. 供試体概要

(1) RC床版供試体 本実験に用いる供試体の寸法は、2014 年改定の道路橋示方書・同解説²⁾の規定に基づいて設計し、その 1/2 モデルとする。ここで、RC 床版供試体の寸法および鉄筋配置を図-2 に示す。供試体寸法は、全長 1,470mm、支間 1,200mm、床版厚 130mm とした。鉄筋は複鉄筋配置とし、主鉄筋に D10 を 100mm 間隔で配置し、主筋の有効高を 105mm、配力筋の有効高を 95mm とした。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置した。有効高は軸直角方向は 25mm、軸方向は 35mm である。供試体名称を RC-1 とする。

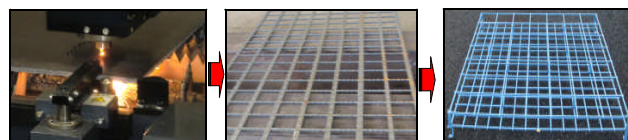


写真-1 格子鋼板筋の製作方法

表-1 格子鋼板筋の材料特性値

供試体	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
格子鋼板筋	337	442	200 (道示)
JIS 試験片	327	435	
規格値	245以上	400以上	

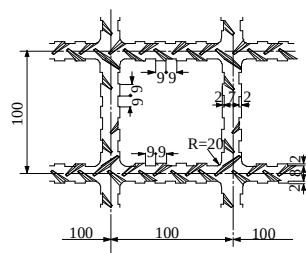


図-1 格子鋼板筋の寸法

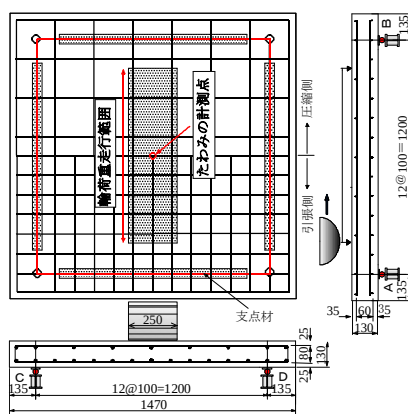


図-2 RC床版寸法

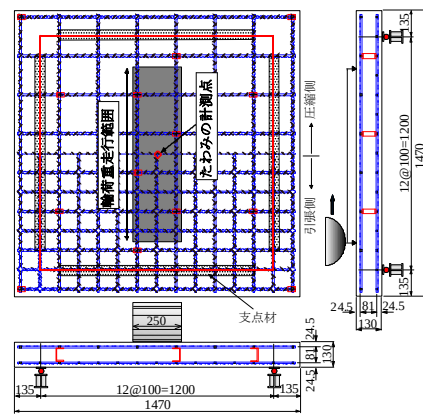


図-3 MG床版寸法

キーワード：格子鋼板筋、輪荷重走行疲労実験、等価走行回数、破壊形状

連絡先 〒 275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科

TEL 047-474-2459

(2)MG床版供試体 MG 床版供試体の寸法は、RC 床版と同様である。ここで、RC 供試体の寸法を図－3に示す。鉄筋は複鉄筋配置とし、主鉄筋に格子間 100mm し、軸直角方向および軸方向の有効高は 105.5mm である。また、圧縮側には引張鉄筋量の 1/2 を配置し、有効高は 24.5mm である。供試体名称は MG-1, 2 とする。

5. 実験方法および等価走行回数

(1)輪荷重走行疲労実験 輪荷重走行疲労実験は、床版中央から ±450mm の範囲 (900mm) に輪荷重を連続走行させる実験である。荷重条件は、初期荷重を 80kN とし、20,000 回走行毎に荷重を 20kN ずつ増加する段階荷重载荷とし、破壊するまで荷重増加と走行を繰り返し行う。

(2)等価走行回数

輪荷重走行疲労実験では、20,000 回走行ごとに荷重を増加させることから、等価走行回数 N_{eq} を算出して耐疲労性を評価する。輪荷重走行疲労実験による等価走行回数 N_{eq} は、式(1)として与えられる。なお、式(1)に適用する S-N 曲線の傾きの逆数 m は、松井らが提案する S-N 曲線式の傾きの逆数の絶対値 $m = 12.7$ を適用する³⁾。

$$N_{eq} = \sum_{i=1}^n (P_i/P)^m \times n_i \quad (1)$$

ここで、 N_{eq} ：等価走行回数 (回)、 P_i ：载荷荷重 (kN)、 P ：基準荷重 60kN (= 100/2×1.2)、 N_i ：実験走行回数 (回)、 m ：S-N 曲線の傾きの逆数 (=12.7)

6. 実験結果および考察

(1)等価走行回数 本実験における RC 床版供試体および MG 床版供試体の実験走行回数および式(1)より算出した等価走行回数を表－2に示す。

RC 床版供試体 RC-1 の等価走行回数は 6.09×10^6 回である。また、MG 床版供試体 MG-1 の等価走行回数は 6.02×10^6 回であり、RC 床版供試体と比較するとほぼ同等である。また、供試体 MG-2 は 6.68×10^6 回であり、RC 床版の 1.1 倍である。平均等価走行回数は 6.35×10^6 回であり、RC 床版の 1.04 倍であるが、ほぼ同等な結果が得られている。したがって、新材料である格子鋼板筋を配置した MG 床版は、RC 床版と同等な耐疲労性が得られたことから、新床版への適用も可能である。

(2)破壊状況

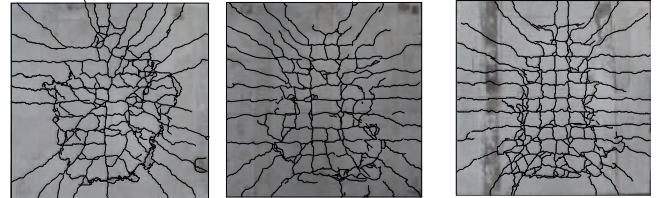
本実験における RC 床版供試体と下面増厚補強供試体の破壊状況を図－4に示す。

RC 床版供試体 RC-1 の破壊状況は図－4(1)に示すように、床版下面には走行疲労による 2 方向ひび割れが引張鉄筋に沿って発生し、格子状を形成している。また、押抜きせん断破壊に伴い、引張鉄筋のダウエル効果が及ぼす範囲でかぶりコンクリートのはく離が見られる。破壊は輪荷重走行中に押抜きせん断せん断破壊となった。

次に、MG 床版のひび割れ状況は図－4(2), (3)に示すように、格子間寸法に沿った 2 方向のひび割れが発生している。格子筋の配置位置はかぶり 20mm の位置に、一

表－2 実験走行回数および等価走行回数

供試体		荷 重		等価走行回数合計	走行回数比
		80 kN	100 kN		
RC-1	実験走行回数	20,000	8,100	6,092,884	—
	等価走行回数	772,240	5,320,643		
MG-1	実験走行回数	20,000	6,214	6,027,197	0.99
	等価走行回数	772,240	5,254,956		
MG-2	実験走行回数	20,000	12,614	6,684,066	1.10
	等価走行回数	772,240	5,911,826		



(1) RC-1 (2) MG-1 (3) MG-2

図－4 RC 床版および MG 床版の破壊状況

面加工された格子鋼板筋が配置されていることから底面には格子間に沿った 2 方向のひび割れが発生している。破壊時には RC 床版と同様にダウエル効果の影響により、剥離が見られる。破壊は、輪荷重走行中に押抜きせん断破壊となった。

7. まとめ

本研究は、新たに開発された格子鋼板筋を用いた道路橋床版の実用性を検証するために、輪荷重走行疲労実験を行い、施工性および耐疲労性を検証した。その結果、以下の知見が得られた。

(1)鉄筋に替わる格子鋼板筋は、鋼板および縞鋼板を用いてレーザーで直接切断加工することから、格子間、必要断面積、付着性を高める突起の製作、折り曲げ加工が可能で有り、施工現場においては組立のみの施工となる。さらには、組立後は、錆の発生を抑制するためのエポキシ系塗装あるいは亜鉛メッキ加工が出来ることから塩害地域ににおいても有効的な材料となる。

(2)格子鋼板筋の配置においては施工性が良く、本供試体の製作においては、鉄筋を配置する施工に比して 50 %以上の時間短縮となり、施工の合理化・省力化に大きく寄与する結果となる。

(3)MG 床版の輪荷重走行疲労実験による等価走行回数は、鉄筋を配置した RC 床版供試体の等価走行回数とほぼ同程度であり、耐疲労性が認められ、実用的であると言える。

(4)破壊状況は、RC 床版は鉄筋配置位置に 2 方向のひび割れが発生し、ダウエルの影響を受ける範囲ではく離している。MG 床版も同様に格子状にひび割れが発生し、RC 床版と同等な破壊形態である。破壊は押抜きせん断破壊に至った。

参考文献：

- 1)阿部忠，師橋憲貴，塩田啓介，今野雄介：補強材として新たに開発された 2 タイプの鋼板格子筋を用いた RC はりの増厚補強効果，日本コンクリート工学年次論文集 Vol.37, No.2, pp.1387-1392, 2015.7
- 2)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I，II，III，2002
- 3)松井繁之：道路橋床版設計・施工と維持管理，森北出版，2007.