

定点载荷における鋼板コンクリート合成版のせん断疲労耐力

Shear Fatigue Capacity of Steel-Concrete Composite Slab for Fixed-Point Loading

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 伊藤 翼 (Tsubasa Ito)

北海道大学大学院工学研究院 正員 古内 仁 (Hitoshi Furuuchi)

山梨大学医学工学総合研究部 正員 高橋 良輔 (Ryosuke Takahashi)

1. はじめに

鋼板コンクリート合成版は、鋼板とコンクリートをずれ止めを用いて一体化させることで高い剛性を発揮し、RC床板と比較して版厚を小さくすることができる。また、鋼板が型枠の役割を果たすことから、施工時におけるコストダウンおよび工期の短縮を図ることができるなど、ライフサイクルコストの削減が可能な部材である。現在、合成版が使用されている構造物としては橋梁床版、ハイブリッドケーソンや沈埋函の港湾構造物などがあるが、これらの構造物は供用期間中に繰返し変動作用を受け、疲労破壊に対する安全性の検討も行う必要がある。しかし、合成版に移動の影響を受けない荷重（分布荷重や線荷重等）が繰返し作用したときの疲労耐荷メカニズムを確かめたデータは非常に少ない。

本研究では、1方向版として用いるときの合成版のせん断疲労耐力を調べることを目的として、ずれ止めに頭付きスタッドを用いた合成版の梁部材に対して定点载荷疲労試験を行うこととした。

2. 実験概要

本研究で用いた供試体の形状寸法を図-1に示す。

供試体は、すれ止めとして頭付きスタッドジベルを厚さ6mmの引張補強鋼板(SS400:実降伏強度366N/mm²)に70mm間隔で配置した鋼板コンクリート合成版の梁部材である。供試体の幅150mm、有効高さ147mm、全長1200mm(支間長900mm)はすべて共通である。頭付きスタッドジベル(SS400相当:実降伏強度353N/mm²)は、軸径13mm、高さ50mmのものをすべての供試体で用いた。

荷重は単純支持された供試体の中央に辺長100mmの正方形鋼板を介して所定の疲労荷重を繰返し作用させた。またコンクリートには普通ポルトランドセメント、天然の粗骨材、細骨材を使用した。コンクリートの配合は表-1に示す通りである。試験は材齢26日で行われ、実測

した圧縮強度の値は31.6kN/mm²である。

供試体数は表-2に示すように4体である。実験変数は、既往の研究¹⁾で行われた同寸法の供試体の静的せん断耐力(53kN)を基準として最大(上限)せん断力とした。また、最小(下限)せん断力はすべて2.5kNに設定した。

3. 実験結果

実験結果を表-1に、各供試体の破壊状況を図-2に示す。破壊形態については、最大荷重の大きさによって異なる結果となった。

初期のひび割れの進展状況としては、まず载荷点直下において曲げひび割れが発生し、その後は载荷回数がある程度増加すると両側のせん断スパンにおいて新たな曲げせん断ひび割れおよびせん断ひび割れが発生していくことが確認された。

供試体F12-60以外の供試体については、破壊直前にせん断スパン内のスタッド高さよりも上の領域においてひび割れが進展し、これが载荷点側へ貫通することで最終的な破壊へと至った。それに対して供試体F12-60におい

表-1 コンクリートの配合

粗骨材 最大寸法	単位量(kg/mm ³)				
	W	C	S	G	A
20mm	175	350.0	883.4	999.8	0

表-2 各供試体の実験変数および実験結果

供試体	実験変数		実験結果	
	上限せん断力(kN)	静的耐力比	疲労寿命(回)	破壊形式
F12-90	47.5	90%	689	せん断破壊
F12-80	42	79%	1147	せん断破壊
F12-70	36	68%	6512	せん断破壊
F12-60	31.5	59%	359041	鋼板破断

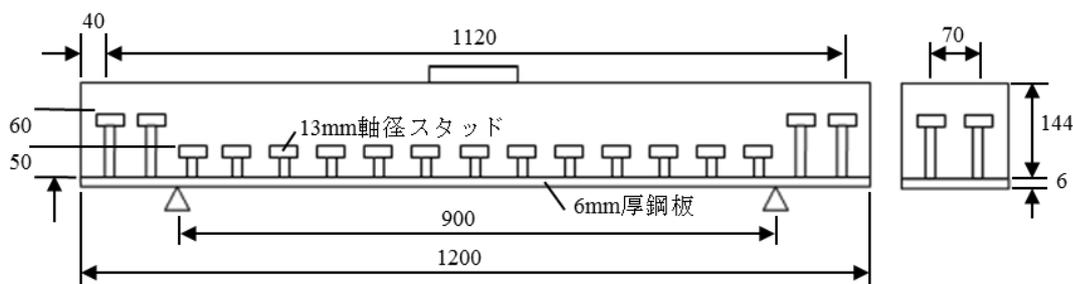


図-1 供試体の形状寸法

ては、ひび割れが支点まで到達する前に、曲げせん断ひび割れ下端（スタッド根元部の载荷点側）で鋼板に破断が生じた。

4. 考察

各供試体のせん断疲労耐力-疲労寿命の関係を表した S-N 線図を図-3 に示す。図中には、既往の実験における静的せん断耐力もあわせて示した。ただし、既往の実験におけるコンクリートの圧縮強度は 27.5N/mm² であるので、せん断耐力がコンクリート圧縮強度の 3 乗根に比例すると仮定して、 $\sqrt[3]{31.6/27.5}$ を乗じて補正を行った。補正後の静的せん断耐力は 55.5kN である。

供試体 F12-60 を除くせん断疲労破壊した供試体は、せん断補強鉄筋を用いない鉄筋コンクリート棒部材の破壊とほぼ同様であると考えられる。そこで本研究の実験結果に対しても、土木学会コンクリート標準示方書²⁾の設計せん断疲労耐力式を参考として、Goodman 型 S-N 線式により評価を行うのが妥当であると考えた。本研究では、以下に示すせん断疲労耐力式を用いて係数 K の評価を試みた。

$$V_{rcd} = V_{cd} \left(1 - \frac{V_{pd}}{V_{cd}} \right) \left(1 - \frac{\log N}{K} \right) \quad (1)$$

- ここに、 V_{rcd} : せん断疲労耐力
- V_{cd} : 静的せん断耐力
- V_{pd} : 下限せん断力
- N : 疲労寿命
- K : 係数

図-2 の実験値のうち破壊形式の異なる F12-60 を除く 3 体の実験値と補正した静的せん断耐力の値から、 V_{cd} と K を未知量として近似線を求めた。その結果、図-3 に示すように $V_{cd} = 56.5 \text{ kN}$ 、 $K = 11.7$ となった。

今回の実験では、供試体の有効高さ 147mm に対してスタッド高さが 50mm であるので、スタッドによるせん断補強効果はほとんど得られないと考えられる。コンクリート標準示方書に記載されているせん断補強鉄筋のない RC 棒部材の設計せん断疲労耐力式では $K=11$ となっている。よって RC 構造と比較すると、载荷回数増加による合成版のせん断疲労耐力は同等あるいは若干大きいと考えられる。

供試体 F12-60 でコンクリートのひび割れ進展に先行して鋼板の破断が発生した理由としては、鋼材の低サイクル疲労から高サイクル疲労に移行するときの疲労耐力の低下がコンクリートよりも大きいためであると考えられる。本実験の合成版では、得られた近似線上に F12-60 があるので、コンクリートせん断破壊の S-N 線と鋼板破断の S-N 線の交点が概ね 30 万回程度であると思われる。

5. まとめ

合成版の定点疲労载荷試験から、以下の知見が得られ

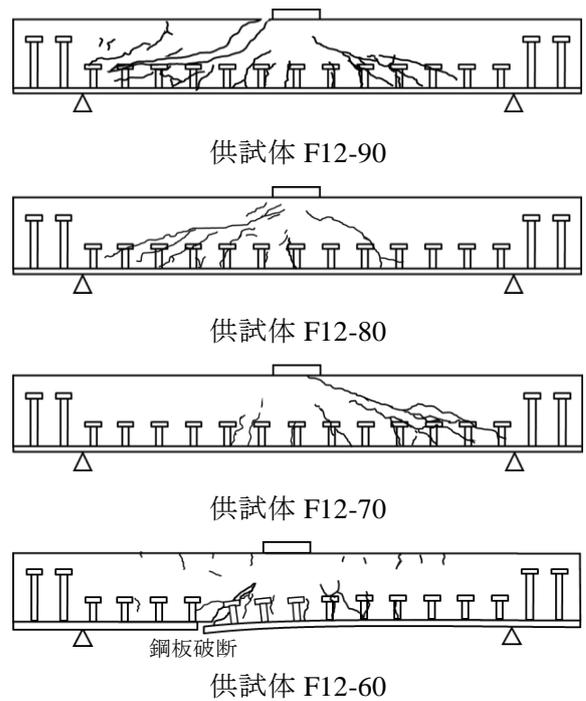


図-2 供試体の破壊状況

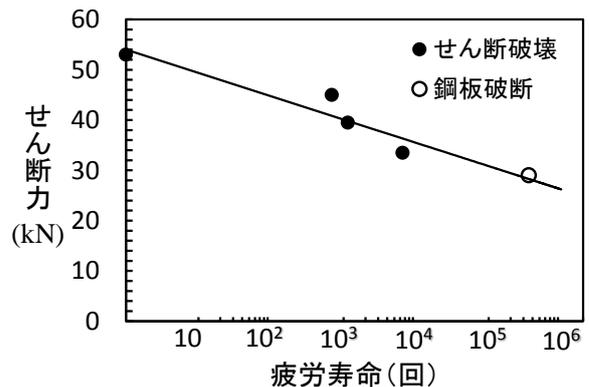


図-3 せん断疲労耐力と疲労寿命の関係

た。

- 1) 合成版に疲労荷重を定点载荷させると、上限荷重の値によって破壊形式が異なることが見いだされた。
- 2) 合成版の梁部材のせん断疲労耐力を Goodman 型 S-N 線式で評価すると、RC 棒部材せん断疲労耐力と同等もしくは若干大きくなることを確認された。

謝辞: 本研究の実験を行うにあたり、北海道大学工学部の木村勉技官にご協力をいただきました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 黒澤 太一, 古内 仁, 高橋 良輔: ずれ止めの高さが合成版のせん断耐力に与える影響, 土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集, CS: pp.19-20, 2014
- 2) 2012 年制定コンクリート標準示方書 設計編, 土木学会, 2012