

SF および CFS で補強した RC スラブの押抜きせん断疲労性能

明星大学大学院研究生 正会員 ○若林 学
明星大学理工学部 正会員 丸山武彦

1. 研究目的

自動車交通量や重車両の増加に伴い、道路橋の RC スラブの損傷が問題となっている。RC スラブは車両の輪荷重を直接支持するため、繰返し荷重による疲労が損傷の大きな原因となり、激しい損傷部ではコンクリートの一部が抜け落ちる現象も起こっている。本研究では、RC スラブの押抜きせん断耐力の向上や突発的な破壊を改善する方法として、鋼繊維(以下 SF)補強コンクリートおよび炭素繊維シート(以下 CFS)接着工法を用いた場合について、RC スラブの押抜きせん断疲労性能に及ぼす効果を検討した。

2. 研究概要

図 - 1 は RC スラブの形状を示す。試験体の寸法は 550×550×70mm で一定とし、鉄筋には D6 を使用した。荷重方法はスパン 500mm の 4 辺単純支持とし、中央部分に 60×60×31mm の鋼板を介して集中荷重を作用させ、静的および繰返し荷重を行った。試験体は、SF 無混入の基準スラブ(Type1) ,SF を 1.5% 混入したスラブ(Type2) ,CFS を直角方向に各 1 層接着したスラブ(Type 3)の 3 種類で合計 6 体とした。SF にはフック型(L=30mm)を用い、CFS はスラブ設計耐力の 50%の荷重を載荷してひび割れを発生させ、その後に除荷して 400×400 mm のシート(引張強度 4160N/mm² , 破断ひずみ 17000×10⁻⁶)を接着した。

繰返し荷重は、無補強(Type 1)の静的試験による主鉄筋降伏荷重を Fsy として、表 - 1 に示すように 3 段階に分けて行った。

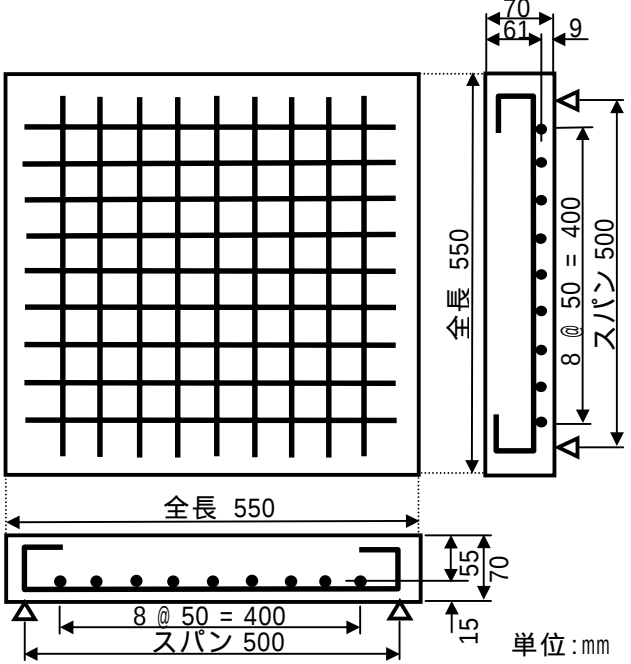


図-1 試験体形状寸法

3. 結果及び考察

3.1 静的試験結果

表 - 2 は静的押抜き試験結果を示す。押抜きせん断耐力の計算値(Vpcd)には、土木学会式 (CFS の効果は考慮していない)を用いた。Type2 は SF による拘束効果が顕著に現れ、スラブ下面のコンクリートの剥離を防止し破壊靱性も改善され、無補強の Type1 に比べ Vpc/Vpcd が約 14%向上した。Type3 は CFS が引張力を負担しているため、たわみが低減され Type1 に比べ Vpc/Vpcd は約 31%増大した。

3.2 繰返し荷重によるスラブのたわみ

図-2 は繰返し回数とたわみの関係を示す。Type1

表-1 繰返し载荷条件								
	载荷方法	段階	記号	荷重 (KN)		設計耐力に 対する比	累積回数 (万回)	
					上限			下限
a) 魚鰭部	動的	第1		0.6Fsy	50.5	10	0.63	50
		第2		0.7Fsy	59.0	10	0.74	150
		第3		0.8Fsy	67.4	10	0.85	300

表-2 押抜き試験結果(静的試験)

試験体種類		押抜きせん断耐力(KN)			破壊形式
Type	補強方法	Vpc	Vpcd	Vpc/Vpcd	
1	無補強	98.2	79.6	1.23	押抜きせん断
2	SF	107.9	78.9	1.37	
3	CFS	117.6	76.5	1.54	剥離

のたわみは、繰返し荷重によってひび割れが進行することによって増加傾向となり、第 3 段階の繰返し回数 40 万回で急増した。その後、44.8 万回(累計 194.8

キーワード：鋼繊維補強コンクリート，炭素繊維シート，RC スラブ，押抜きせん断耐力，疲労性状
連絡先：〒191 - 8506 東京都日野市程久保 2 - 1 - 1 TEL042 - 591 - 5111

万回)で鉄筋の疲労破断とともに突発的な押抜きせん断破壊となった。

一方、Type2 では第3段階の繰返し回数 70 万回で SF が徐々に引き抜け始めてたわみが若干増加したが、累計 300 万回の繰返しを受けても疲労破壊には到らなかった。また疲労試験後、静的試験を行ったところ、静的試験のみを行った破壊耐力とほぼ同等な値となり、疲労の影響は少ないと判断した。

Type3 では、第3段階の繰返し载荷によっても大きな変化が認められず、そこで第3段階の途中の繰返し回数 124 万回(累計 274 万回)で、鉄筋ひずみが約 1400×10^{-6} となる荷重(1.12Fsy で 94KN ,CFS ひずみ 2900×10^{-6})を上限荷重として繰返し载荷したところ、繰返し回数 4.3 万回において、界面剥離によって押抜きせん断破壊となった。

3.3 繰返し载荷による鉄筋のひずみ

図-3 は繰返し回数と主鉄筋ひずみの関係を示す。Type1 の鉄筋ひずみは、たわみと同様な傾向が認められた。降伏時の鉄筋のひずみは、静的試験では約 2500×10^{-6} であったのに対し、動的試験では約 2100×10^{-6} となり、疲労の影響を受けていることが明らかとなった。

Type2 では、繰返し载荷の第3段階においても SF は引き抜けず、鉄筋と SF が共同して荷重を負担しているために、鉄筋のひずみはほとんど変化していない。

Type3 は、本実験の範囲内ではほとんどひずみの増加は見られず、CFS 補強がひび割れの発達を制限して剛性の低下を防止し、引張応力を負担することによって疲労の影響をくいとめているものと判断できる。また第3段階の途中で上限荷重を増やすと、載荷板(60×60mm)の縁から 45 度程度に相当する中央から 6～10cm 付近で鉄筋が折れ曲がった。そのため、スラブ中央部の変形量は最大となったが、累計 274 万回以降でも中央の鉄筋ひずみは約 1400×10^{-6} であり大きな増加とはならなかった。しかし、累計 278.4 万回における CFS の剥離が生じると、コンクリートが押し抜かれて破壊した。

4.まとめ

本研究の範囲内で以下の知見が得られた。

1) 無補強スラブでは、0.8Fsy を上限荷重として繰返し载荷を行った場合、繰返し回数 44.8 万回で鉄筋が

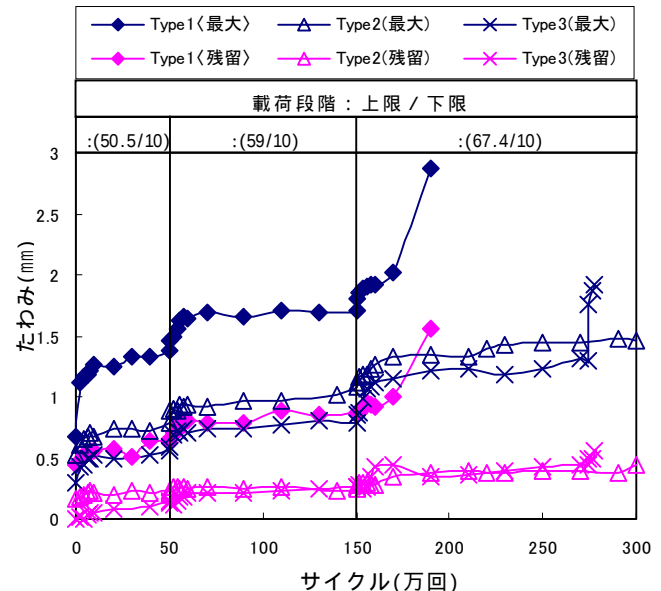


図-2 繰返し回数とたわみの関係

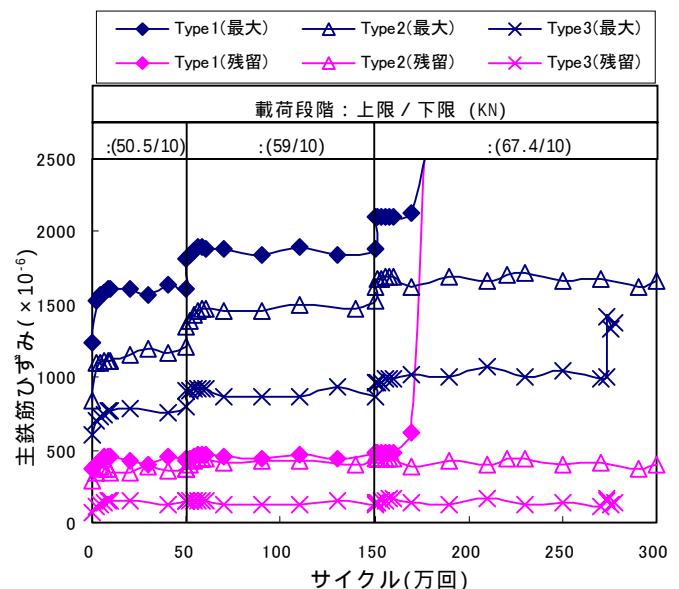


図-3 繰返し回数と主鉄筋ひずみの関係

疲労破断して押抜きせん断破壊に到った。

2) SF 補強スラブは、本実験の繰返し試験の範囲内では疲労の影響は少ないことが確認された。また疲労試験終了後の静的試験によって、破壊耐力は低下していないことが確認された。

3) CFS 補強スラブも本実験の範囲内では疲労の影響は観察できなかった。しかし、CFS ひずみ 2900×10^{-6} 程度となる荷重(1.12Fsy：鉄筋ひずみ 1400×10^{-6} 程度)を上限荷重として繰返し载荷をした場合、4.3 万回で CFS とコンクリートの界面剥離によって破壊に到ったことから、この程度の CFS ひずみが界面の付着力に対する疲労の限界であると思われる。

【参考文献】小澤，内田，小柳：RC スラブの押抜きせん断破壊機構に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，No.3，1999