

超高強度材料を用いた薄型 RC 床版に関する検討

(株)エスイー 正会員 ○野澤 忠明
前田 宏樹
濱口 祥輝

1. はじめに

車両の大型化や交通量の増加に伴って、既設道路橋の RC 床版の損傷が数多く報告されている¹⁾。また、大規模地震発生危険性が年々高まっており、構造物の耐震化対策は喫緊の課題となっている。

したがって、RC 床版の疲労耐久性を向上させるとともに薄型・軽量化をはかることは、主桁や下部工・基礎工への負担が軽減でき、さらに慣性力の軽減により補強規模の縮小も可能となるため、上述の課題を解決する有効な手段になるものと考ええる。

以上の背景から、本報文は、現行の最小床版厚よりもさらに薄型・軽量かつ疲労耐久性に優れた RC 床版の開発を目指し、超高強度繊維補強コンクリートと超高強度鉄筋(USD685)を組合せた RC 床版を作製し、「押し抜きせん断試験」および「定点疲労載荷試験」の 2 つの試験を実施したので報告するものである。

2. 使用材料

使用した超高強度繊維補強コンクリートの配合条件を表-1 に示す。なお、補強繊維には合成繊維を使用した。また、超高強度鉄筋の材料特性を表-2 に示す。

本件では、コンクリートのひび割れ発生強度が高いこと、及び、鉄筋強度が高いことから、USD685 の許容引張応力度を $\sigma_{sa}=300\text{N/mm}^2$ とした。また、超高強度繊維補強コンクリートの許容圧縮応力度を $\sigma_{ca}=50\text{N/mm}^2$ とし、支間長 2m の単純版として供試体設計を行った。

表-1 超高強度コンクリートの配合						
水結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
		結合材	水	細骨材	混和剤	合成繊維
15.0	1.0	1500	195	750	30	22.5 (1.7vol.%)

表-2 超高強度鉄筋の材料特性			
カタログ値 (N/mm ²)		試験値 (N/mm ²)	
降伏応力	引張強さ	降伏応力	引張強さ
685	885	750	973

3. 押し抜きせん断試験

3. 1. 供試体

供試体寸法は 1800mm×1200mm、床版厚 t=110mm とし、(1)蒸気養生を施した材齢 7 日の供試体、(2)気中養生材齢 28 日の供試体 の 2 つの供試体により試験を実施した。このとき、それぞれの供試体の圧縮強度は、供試体(1)172.4N/mm²、供試体(2)138.2N/mm²である。

鉄筋は、主筋・配力筋共に USD685、D16 を 125mm

ピッチで引張側のみ配筋した (図-1)。

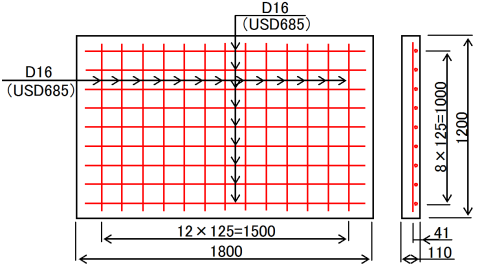


図-1 押し抜きせん断試験供試体配筋図

3. 2. 試験方法

支持条件は、スパン長 1000mm の 4 辺単純支持とした。載荷板には 50×50mm の鋼板を使用し、ゴムを介して部材中央を一点集中載荷した (図-2)。載荷サイクルは 20、50、100kN、以降破壊に至るまでとした。

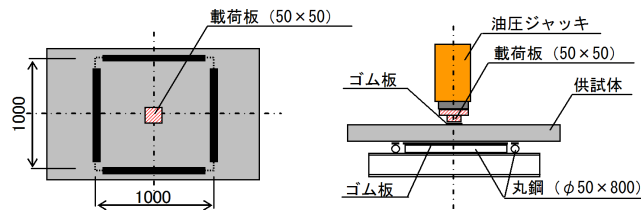


図-2 載荷状況図

3. 3. 試験結果

両供試体とも載荷位置直下が押し抜かれる押し抜きせん断破壊モードを示した。破壊荷重は供試体(1) 391.9kN、供試体(2) 343.6kN であり、コンクリートの圧縮強度に応じた試験結果となった。載荷板の面積は、輪荷重の設置面積 500×200mm に対して、2.5%と非常に小さいものであったが、設計輪荷重 100kN に対して 3 倍以上の耐荷力を有する事が確認された。

また、押し抜きせん断耐力の算定式の一つである松井式²⁾にて耐力を算出したところ、試験結果とほぼ近似した結果が得られた (表-2)。

表-2 押し抜きせん断試験結果			
	破壊強度 (kN)	松井式値 (kN)	破壊強度 / 松井式値
供試体(1)	391.9	406.2	0.96
供試体(2)	343.6	352.7	0.97

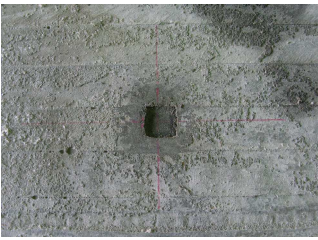


写真-1 上面破壊状況

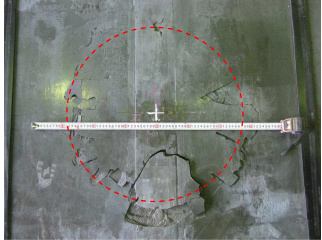


写真-2 下面破壊状況

キーワード 床版、超高強度繊維補強コンクリート、超高強度鉄筋、押し抜きせん断、定点疲労
連絡先 〒163-1343 東京都新宿区西新宿 6-5-1 (株)エスイー 新製品開発部 TEL. 03-3340-5500

写真-1, 2 に供試体(1)の破壊状況を示す。

4. 定点疲労载荷試験

4. 1. 供試体

供試体寸法は1800mm×1200mm, 床版厚 $t=110$ mmとした。供試体は気中養生材齢28日とし、圧縮強度は 138.2N/mm^2 である。

鉄筋は、引張側に主筋として USD685, D16 を250mm ピッチで配置し、配力筋として SD345, D13 を125 ピッチで配置した。また、载荷面直下に D6 を格子状に $350\times 350\text{mm}$ の範囲で配筋した (図-3)。

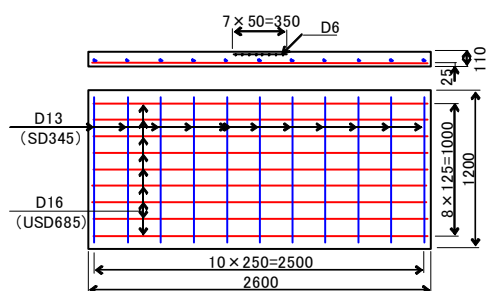


図-3 定点疲労試験供試体配筋図

3. 2. 試験方法

スパン長2000mmの単純支持とし、荷重間隔300mmの2点载荷で試験を実施した (図-4)。

荷重範囲は最小80kNから最大120kNまでとし、3Hzで繰返し载荷させた。この時主鉄筋に発生する応力度は計算上228～343 N/mm^2 である。

また、繰返し载荷回数は200万回とし、50万回毎に静的载荷試験を実施し、疲労損傷度測定を行った。

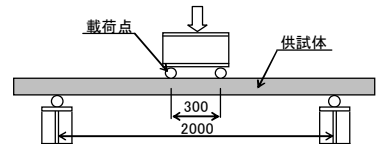


図-4 試験状況図

3. 3. 試験結果

図-5に繰返し载荷回数とたわみとの関係を示す。50万回時の計測において、残留たわみやひび割れの発生が確認されたが、以降の計測では、残留たわみやひび割れの進展はほとんどなかった。また、最大荷重载荷時のひび割れ幅は約0.1～0.15mmであり、有害なひび割れ幅とされる0.2mm以下であった。圧縮側コンクリートについては、200万回载荷後においても損傷は認められなかった (写真-3)。

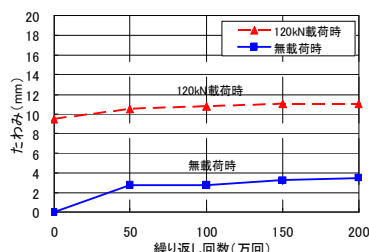


図-5 繰返し回数-たわみ

図-6に繰返し载荷回数と鉄筋ひずみの関係を示す。50万回時の計測において残留ひずみが確認されたが、以降の計測で



写真-3 200万回時供試体状況

は、ほとんど変化していない。最大鉄筋ひずみ量は約 1750μ であり、推定降伏時ひずみ量 3260μ 以下である。また、鉄筋ひずみから算出した200万回载荷時の引張応力度は、120kN载荷時に 375N/mm^2 であった。

図-7に鉄筋ひずみと载荷荷重の関係を示す。残留ひずみがあるものの、ひずみ-荷重の関係は、理論直線とほぼ同等の傾きで線形挙動を示しており、200万回载荷後においても鉄筋は繰返し疲労による性能低下はなく、弾性範囲にあると判断される。

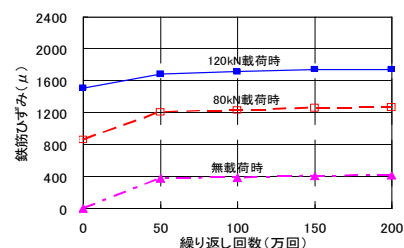


図-6 繰返し回数-鉄筋ひずみ

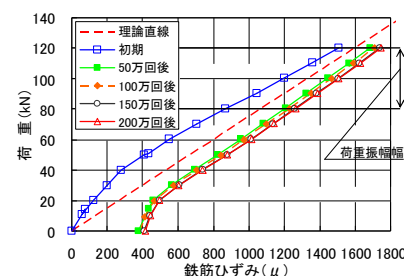


図-7 鉄筋ひずみ-载荷荷重

5. まとめ

- 1) 超高強度材料を組み合わせたRC床版では、道路橋示方書の最小床版厚さを下回る床版厚さ($t=110\text{mm}$)においても十分な押し抜きせん断強度を有することが確認された。
- 2) 超高強度材料を用いたRC床版であっても、松井式を適用することで、押し抜きせん断耐力を精度良く算定できる可能性がある。
- 3) 繰返し载荷によるひび割れの発生および進展は初期段階でのみ発生し、繰返し载荷による損傷の進展は確認されなかった。
- 4) 鉄筋に作用する引張応力が 400N/mm^2 以下であれば、繰返し载荷による耐力の低下は無いものと考えられ、超高強度鉄筋の優位性が確認された。

6. おわりに

今回の試験により、超高強度繊維補強コンクリートと超高強度鉄筋を組み合わせたRC床版は、従来のRC床版の最小床版厚よりもさらに薄型・軽量で、疲労耐久性も兼ね備えた新たなRC床版となり得る可能性を有していることが確認された。

今後は、継手部の検討を進めると共に、実交通下での走行状況を反映した輪荷重走行試験を実施し、疲労耐久性の評価を行うことで、超高強度部材を組み合わせた薄型・軽量床版の開発に繋げて行きたい。

<参考文献>

- 1) 例えば、関口幹夫：供用27年間のRC床版追跡調査結果、第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集、pp.259-264、1998.11
- 2) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理、森北出版、pp.44-45、2007