

超低収縮超高強度繊維補強コンクリートを用いた梁のせん断耐力に関する実験的検討

三井住友建設（株）技術研究所 正会員 ○野並 優二

三井住友建設（株）技術研究所 正会員 三加 崇

三井住友建設（株）技術研究所 正会員 松田 拓

三井住友建設（株）技術研究所 正会員 篠崎 裕生

1. はじめに

近年、混和材の使用量を高めたコンクリートの検討が活発に行われ、土木学会より指針案¹⁾も発刊された。筆者らは超高強度コンクリートの配合をベースとして粉体および細骨材に産業副産物を使用することで、単位水量を大きく低減することができ収縮量も非常に小さい高強度コンクリートの開発に成功した²⁾。本稿では、このコンクリートをベースとした超低収縮高強度繊維補強コンクリートの構造性能の確認のため、梁を作製し、せん断耐力に関する実験的検討を行った。

2. 試験体概要

図-1 に試験体の形状・寸法を示す。全長 3350mm、せん断スパン比 2.5 の T 形梁である。曲げ補強材としてφ36 の異形 PC 鋼棒を 3 本配置している。PC 鋼棒以外の補強筋は配置していない。コンクリートの配合を表-1 に示す。試験体は、内割置換で短繊維を 1.0% (A)、0.5% (B) 混入させたもの、混入率 1.0%の配合から短繊維を除いた配合 (C)、および設計基準強度 50N/mm² の普通コンクリート (D) の 4 種類とした。養生方法は、35℃31h 保持(前置き 4h、昇温 15℃/h、降温 7.5℃/h)、90℃48h 保持 (昇温 15℃/h、降温 3℃/h) での蒸気養生とした。

3. 試験方法

載荷試験方法は、4 点曲げ載荷とし、支間長 2250mm、等曲げ区間は 350mm とした。荷重は、破壊するまで単調に増加させた。

4. 試験結果

表-2 に試験時の材料試験結果を、図-2 に引張軟化曲線を示す。また、図-3 に荷重と中央たわみの関係を示す。繊維ありの試験体のせん断耐力は、文献³⁾に従って以下の式 (1) で、繊維なしの試験体は文献⁴⁾に従って計算した。

$$V_{yd}=V_{rpd}+V_{fd} \cdots (1)$$

$$V_{rpd}=0.18(f_{cd})^{1/2} \cdot b_w \cdot d/\gamma_b \cdots (2)$$

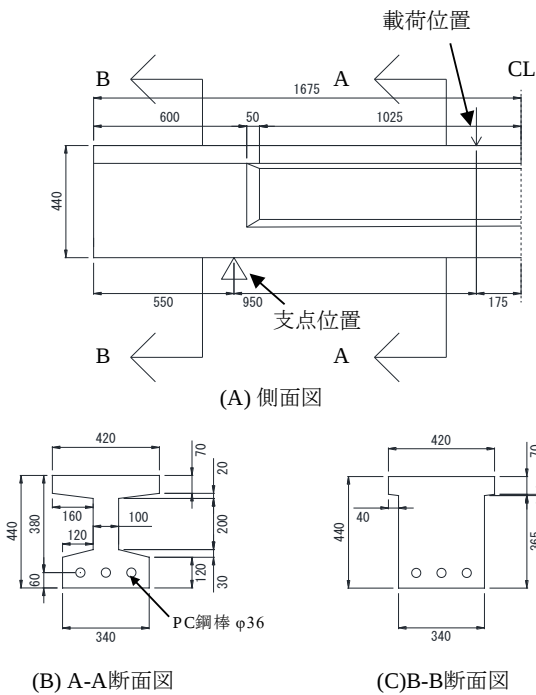


図-1 試験体形状

表-1 コンクリート配合

記号	配合指標							単位量 [kg/m ³]									
	W/B [%]	s/a [%]	空気量 [%]	短繊維 混入率 Vf [vol%]	結合材の質量割合			W	B						S	G	Fb
					BF	FA	SF			C	BF	FA	SF	EX			
A (1.0%)	12.0	62.8	3.5	1.0	55	30	15	100	833	0	447	244	122	20	1004	526	78.5
B (0.5%)	12.0	63.1	3.5	0.5	55	30	15	100	833	0	447	244	122	20	1019	526	39.3
C (0%)	12.0	62.8	3.5	0.0	55	30	15	100	833	0	447	244	122	20	1004	526	-
D(0%)	36.8	40.0	4.5	0.0	-	-	-	160	435	435	0	0	0	0	707	1036	-

※「C (0%)」はAから短繊維を除いた配合のため1m³でない
※C:セメント, BF:高炉スラグ, FA:フライアッシュ, SF:シリカフューム, EX:膨張材, S:フェロニッケルスラグ, G:硬質砂岩, Fb:鋼繊維

キーワード せん断強度, 短繊維, 高強度, 低収縮

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株)技術研究所 TEL: 04-7140-5201

$$V_{fd} = (f_{vd} / \tan \beta_u) \cdot b_w \cdot z / \gamma_b \cdot \cdot (3)$$

ここに、 b_w :腹部の幅、 d :有効高さ、

f_{cd} :超高強度繊維補強コンクリートの設計圧縮強度(N/mm²),

f_{vd} :超高強度繊維補強コンクリートの斜めひび割れ直角方向の平均引張強度(N/mm²), β_u :軸方向と斜めひび割れ面のなす角度, γ_b :1.3である。

最大荷重は、繊維混入量 1.0%の A で 1199.0kN, 0.5%の B で 880.6kN, 繊維のない C では 423.0kN, 普通コンクリートの D で 364.2kN であった。また、中央たわみは最大荷重時で、A 配合で 9.5mm, B 配合で 7.9mm, C 配合で 4.2mm, D 配合で 4.5mm であった。繊維量に応じてせん断耐力と最大荷重時のたわみ量が増加していることが分かる。

写真-1 に破壊状況の一例を示す。ひび割れの挙動は、繊維なしの C や D 試験体は、等曲げ区間に曲げひび割れが数本発生した後、せん断スパンに生じた斜めひび割れにより耐力を失った。繊維を混入した A, B 試験体では、曲げひび割れが発生した後斜めひび割れが生じる点は同じであるが、繊維の架橋効果により、その後も荷重が増加し、複数の斜めひび割れが生じている。曲げひび割れ本数も繊維なし試験体と比較して多い。

表-3 に、最大荷重の試験結果と式 (1) で計算した値を比較して示した。式(1)は、2%vol の補強用繊維を用いた実験結果を基に構築されたものであるが、実験値は A (1.0%), B (0.5%) とともに推定値を上回る結果となり、当該式により、安全側に本コンクリートを用いた梁のせん断耐力を推定できることが分かった。また、繊維を混入していない C, D 試験体についても同様に安全側に評価できている。

5. まとめ

産業副産物を大量に使用した超低収縮超高強度繊維補強コンクリートのせん断耐力は、本実験の範囲においては、超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案) のせん断耐力評価式により、安全側に評価できることを確認した。また、繊維を混入していない場合でもコンクリート標準示方書 設計編のせん断耐力評価式により安全側に評価できることを確認した。

参考文献

- 1) 土木学会：混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針 (案), 2018.9
- 2) Matsuda, T. et al.: Ultralow shrinkage and high strength concrete without portland cement, Proceedings of the fib congress 2018
- 3) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案), 2004.9
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編, 2017.3

表-2 試験時の材料試験結果

記号	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ひび割れ発生強度 ³⁾ (N/mm ²)
A (1.0%)	155	52600	9.24
B (0.5%)	151	53900	7.96
C (0%)	144	54900	8.04
D(0%)	57.3	35600	4.62

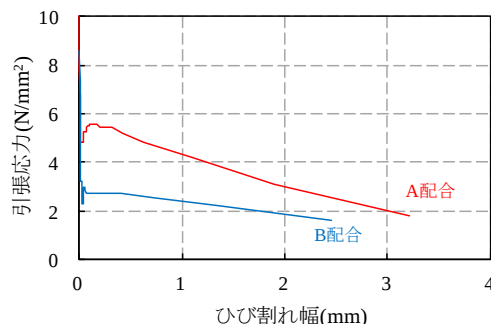


図-2 引張軟化曲線³⁾

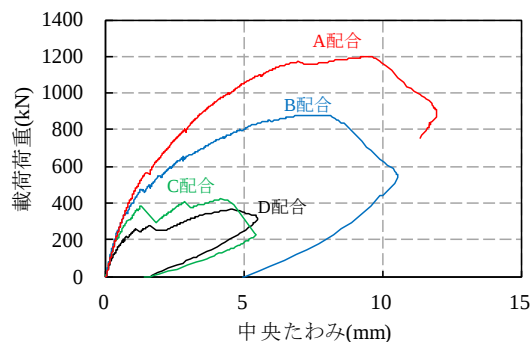


図-3 荷重と中央たわみの関係

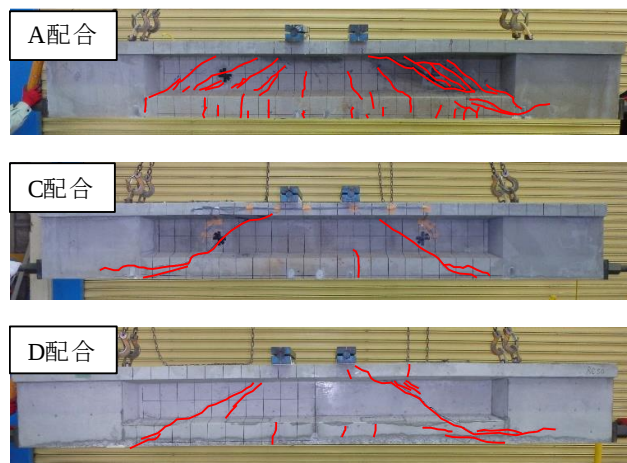


写真-1 破壊状況

表-3 最大荷重の実験値および推定値

記号	最大荷重 (kN)	推定最大荷重 (kN)
A (1.0%)	1199.0	406
B (0.5%)	880.6	267
C (0%)	423.0	156
D(0%)	364.2	115