

スターラップを有する大型ディープビームのせん断耐力に関する実験的研究

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 裕隆
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 谷村 幸裕
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 佐藤 勉

1. はじめに

近年まで、ディープビームのようにせん断スパン比の比較的小さい部材の場合、スターラップを配置することによるせん断補強効果は設計上考慮しないことが基本であった。しかし、最近の研究において、スターラップを配置することによるせん断補強効果について、実験結果をもとにした評価式が検討されており、実設計に用いられるようになった¹⁾。しかし、これらの実験は、実構造物を小型化しモデル化した供試体を用いて検討されたものであり、大断面の実験的検討は行われていないのが実情である。そこで、実構造物に近い、スターラップを用いた大型試験体を製作して載荷試験を行い、スターラップを用いた場合のディープビームのせん断耐力に関する寸法効果について検討したので報告する。

2. 実験概要

試験体は、せん断スパン a/d を 1.0 とし、有効高さ d 及びせん断補強鉄筋比 p_w を主要なパラメータとした 4 体を製作した。試験体の概要図を図 1 に、諸元を表 1 に示す。引張鋼材には、曲げ破壊を生じさせないために異形 PC 鋼棒（ゲビンデスターブ）を使用しており、粗骨材の最大寸法は 20mm である。載荷は一方向単調載荷で行った。

3. 実験結果

(1) 破壊状況

試験体はすべてせん断破壊した。載荷によりまず曲げひび割れが発生し、せん断ひび割れが発達して、脆性的に破壊に至った。No.6 試験体及び No.7 試験体のひび割れ状況を図 2 に示す。なお、両試験体は有効高さ d が異なるが、同図においては縮尺を変えて同じ大きさにて示した。図から、No.7 試験体の方が曲げひび割れが多く発生したことが確認できるが、どちらの試験体も、最終的に載荷板縁端と支承縁端を結ぶ斜めひび割れが発生してせん断破壊に至った。また、各試験体の荷重と変位の関係を図 3 に示す。図 3 から、有効高さ d によらず、スターラップを配置した場合はせん断耐力及び剛性の向上が見られる。 f'_c の変動や引張鋼材比の違い、また、スターラップの有無が影響していることが考えられるが、破壊面と交差するスターラップのひずみが降伏していたことから、スターラップを配置することによるせん断補強効果があったものと考えられる。

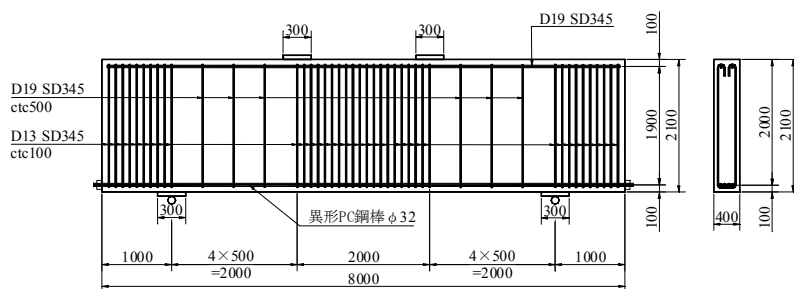


図1 試験体概要図(試験体 No.7)

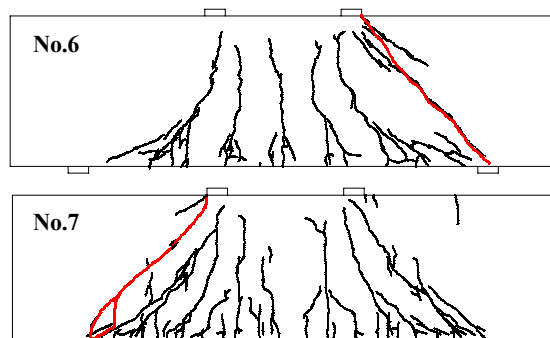


図2 ひび割れ状況(せん断破壊時)

表1 試験体諸元

No.	有効高さ (mm)	せん断 スパン比 a/d	コンクリート強度 f'_c (N/mm ²)	引張鋼材 (鉄筋比 p_c)	スターラップ (鉄筋比 p_w , 降伏強度 f_{yp})
2	1000	1.0	25.1	φ26-1 本 (0.27%)	配置しない
4	2000	1.0	24.1	φ26-4 本 (0.27%)	配置しない
6	1000	1.0	31.2	φ32-1 本 (0.40%)	D10@250mm (0.285%, 389N/mm ²)
7	2000	1.0	30.5	φ32-4 本 (0.40%)	D19@250mm (0.285%, 375N/mm ²)

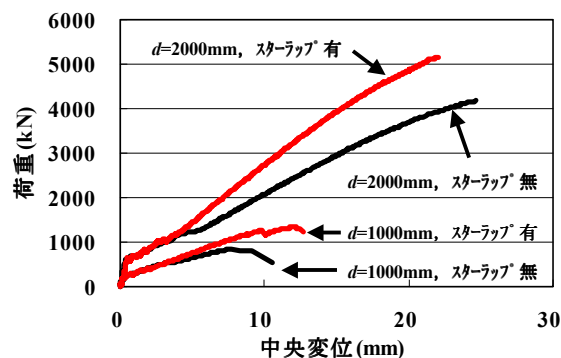


図3 荷重と変位の関係

キーワード 大型ディープビーム、せん断補強、せん断耐力、スターラップ

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

(2) 既往のせん断耐力算定式による評価

実験値及び既往のせん断耐力算定式による計算値を表2に示す。せん断耐力算定式は、(1)式(V_{cal1})、(2)式(V_{cal2})、(3)式(V_{cal3})を用いた。(1)式は二羽の実験式²⁾、(2)式は(1)式にスターラップの影響を考慮した式³⁾、(3)式は土木学会の設計式¹⁾ ($\gamma_b=1.0$)である。

図5に、有効高さ d と V_{max}/V_{cal1} の関係を示す。スレンダーな梁の場合は、せん断強度に対する寸法効果は $d^{-1/4}$ に比例するといわれている⁴⁾。しかし、今回の実験範囲である $a/d=1.0$ においては、スターラップの有無に関わらず、スレンダーな梁のような寸法効果の影響は見られなかった。また、 $d=2000\text{mm}$ においては、スターラップの有無に関わらず、 V_{max}/V_{cal1} がほぼ同様であったことから、スターラップを配置することによるせん断補強効果が比較的小さかったものと考えられる。また、スターラップを配置したものは、有効高さ d にかかわらず過小評価となった。

スターラップを配置した場合について、有効高さ d と V_{max}/V_{cal1} 及び V_{max}/V_{cal2} 及び V_{max}/V_{cal3} の関係を図6に示す。(2)式を用いた場合は過大評価となるが、土木学会の設計式である(3)式を用いた場合は安全側の評価となった。(2)式と(3)式の違いがせん断補強鉄筋以外の受持つせん断耐力の評価であることから、土木学会の設計式である(3)式を用いた場合は、せん断補強鉄筋の受持つせん断耐力を過大に評価している分を、せん断補強鉄筋以外の受持つせん断耐力を安全側に評価することで補っているものと考えられる。

4. まとめ

実験数が過小であるが、スターラップを配置した大型ディープビームのせん断耐力について得られた結果を示す。

- (1) $a/d=1.0$ では、スターラップの有無にかかわらず、スレンダーな梁で確認されている寸法効果は見られなかった。
- (2) スターラップを配置した場合、(2)式ではせん断耐力を正しく評価できず、やや過大評価している可能性がある。ただし、設計式である(3)式を用いれば安全側に評価できる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 構造性能照査編 [2002年制定]，2002。
- 2) 二羽淳一郎：FEM解析に基づくディープビームのせん断耐力算定式，第2回RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，pp.119-126，1983。
- 3) 林川俊郎，斉藤文彦，角田與史雄：せん断補強鉄筋を有するRCディープビームの強度について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12，No.2，pp.319-324，1990。
- 4) 二羽淳一郎，山田一字，横沢和夫，岡村甫：せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第372号，V-5，pp.167-175，1986。

表2 実験値及び計算値

No.	実験値 V_{max} (kN)	計算値		
		V_{cal1} (kN)	V_{cal2} (kN)	V_{cal3} (kN)
2	431.2	468.8	468.8	331.6
4	2096.7	1825.1	1825.1	1092.8
6	664.7	582.2	775.0	614.2
7	2583.8	2294.0	3037.5	2144.9

$$V_{cal1} = 0.24 f'_c{}^{2/3} \left(1 + \sqrt{p_c} \right) \cdot \frac{1 + 3.33 r/d}{1 + (a/d)^2} \cdot b_w \cdot d \quad (1)$$

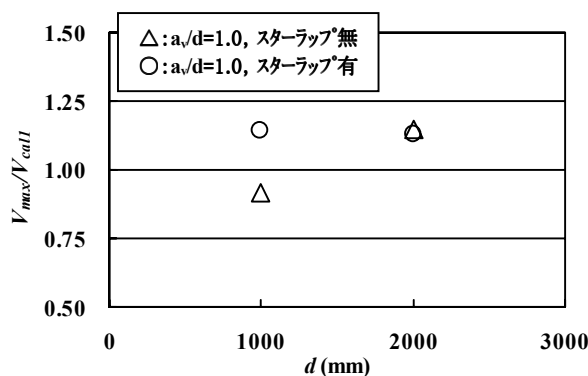
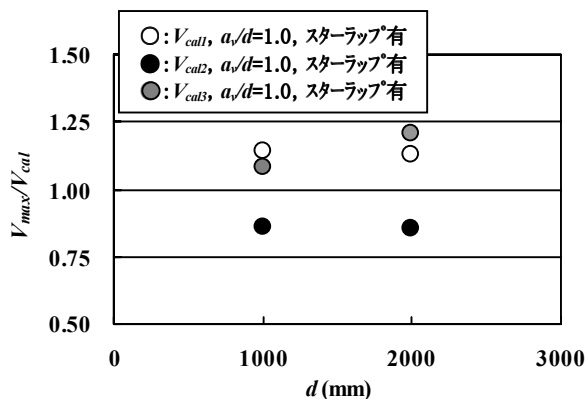
$$V_{cal2} = V_{cal1} + \phi V_s \quad (2)$$

$$\phi = -0.17 + 0.30 (a/d) + 0.33 / p_w \quad (\text{ただし, } 0 \leq \phi \leq 1.0)$$

$$V_{cal3} = 0.19 \sqrt{f'_c} \cdot \sqrt[3]{p_c} \cdot \frac{5}{1 + (a_v/d)^2} \cdot \sqrt[4]{1000/d} \cdot b_w \cdot d + \phi V_s \quad (3)$$

$$\phi = -0.17 + 0.30 (a_v/d) + 0.33 / p_w \quad (\text{ただし, } 0 \leq \phi \leq 1.0)$$

ここに、 f'_c ：コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)， p_c ：引張鉄筋比 (%)， r ：支座位置板軸方向長さ (mm)， a ：せん断スパン (荷重作用点から支承中央までの距離) (mm)， a_v ：せん断スパン (荷重作用点から支承前面までの距離) (mm)， d ：有効高さ (mm)， b_w ：腹部の幅， p_w ：せん断補強鉄筋比 (%)， V_s ：せん断補強鋼材により受持たれるせん断耐力 ($= f_{sy} \cdot b_w \cdot p_w / 100 \cdot d / 1.15$)

図5 d と V_{max}/V_{cal1} の関係図6 d と V_{max}/V_{cal1} 及び V_{max}/V_{cal2} 及び V_{max}/V_{cal3} の関係