

せん断スパン比によるせん断補強鋼材量の効果の上限値に関する検討（その1）

東日本旅客鉄道（株） 正会員 ○成田 顕次

東日本旅客鉄道（株） 正会員 倉岡 希樹 正会員 木野 淳一

1. はじめに

2017年に制定されたコンクリート標準示方書〔設計編〕¹⁾（以下、示方書）では、棒部材のせん断耐力算定において、せん断スパン比の低い領域でも高い領域に準じてせん断補強鋼材量の効果の上限についての推奨が追記された。一方、著者らのグループではせん断スパン比を考慮してせん断耐力を算定しているため²⁾、せん断スパン比毎のせん断補強鋼材量の効果の上限値を定める必要がある。そこで、せん断スパン比を変数とするせん断補強鋼材量の効果の上限値の設定を目的とし、既往文献からせん断スパン比に応じたせん断補強鋼材量の効果について検討した。

2. 検討方法

今回対象とした支持条件は両端固定支持におけるせん断スパン比 $a/d=1.0\sim 2.0$ の範囲である^{3), 4)}。単純支持でせん断補強鋼材量の効果 p'_w が大きい条件でのせん断耐力を実験により検討した例⁵⁾は少なく、両端固定支持で a/d , p'_w が共に大きい実験結果も乏しいため、本検討では対象外とした。はじめに、両端固定支持における p'_w と a/d を変数とするせん断耐力の算定値 V_y と既往の実験値 V_u を比較し、 p'_w がせん断耐力の算定値に及ぼす影響を把握する。次に、 a/d と p'_w の関係を定式化し、 a/d から求まる p'_w の上限値 p'^{lim}_w を適用した場合のせん断耐力の算定精度を検証する。式(1)に、せん断耐力 V_y を示す。

$$V_y = V_{cdd} + V_{sdd} \quad (1)$$

ここに、 V_{cdd} はコンクリートが受け持つ耐力、 V_{sdd} はせん断補強鉄筋が受け持つ耐力を示す。式(2), (3)に V_{cdd} と V_{sdd} を示す。また式(4)に、 V_{cdd} の算出時に用いる β_a 、式(5)に、 V_{sdd} の算出時の p'_w の上限値を示す。

$$V_{cdd} = 0.65 \cdot \beta_a \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (2)$$

$$V_{sdd} = 2 \cdot (a/d - 0.5) \cdot V_{sd} \quad (3)$$

$$\beta_a = (a/d)^{-1.166} \quad (4)$$

$$p'_w = p_w \cdot f_{wyd} / f'_{cd} \leq 0.1 \quad (5)$$

ここに、 p_w ：せん断補強鉄筋比、 f_{wyd} ：せん断補強鉄筋の設計引張強度、 f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度を示す。 β_a , β_d , β_p , β_n , b_w , d については文献¹⁾を参考にされたい。

3. 検討結果

図-1に、両端固定支持条件でせん断スパン比 $a/d=2.0$ における、せん断補強鋼材が受け持つせん断耐力の実験値、算定値の結果を示す。図の横軸は、せん断補強鋼材量の効果 p'_w を示し、縦軸は既往の実験から得られたせん断耐力 V_u 、 a/d を変数とするせん断耐力の算定値 V_y をコンクリートが受け持つ耐力 V_c で除した値を示す。図の実験値から、せん断補強鋼材が受け持つ耐力 V_u/V_c は、 $p'_w=0.2$ 以上で一定値に収束する傾向がある。一方、算定値は p'_w に比例して V_y/V_c が大きくなり、せん断耐力を過大評価する。これは、 p'_w が大きい場合、せん断破壊より前に圧縮域のコンクリートの破壊が生じるためである³⁾。図のせん断スパン比 $a/d=2.0$ においては、 p'^{lim}_w を0.2程度でせん断耐力を過大に評価しないと考えられる。以上から、 p'_w が大きい場合、 a/d を変数とするせん断耐力算定式においてもせん断補強鋼材量の上限値 p'^{lim}_w を適用する必要がある。

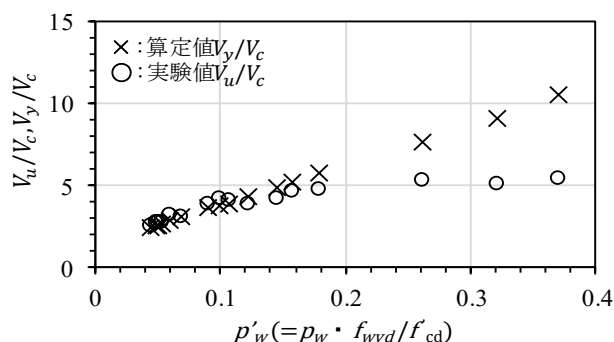


図-1 せん断補強鋼材が受け持つせん断耐力の実験値、算定値の関係

キーワード 鉄道構造物、せん断耐力、せん断補強鉄筋

連絡先 〒160-0004 東京都品川区西五反田 3-5-8 JR 目黒 MARC ビル 4F TEL 03-6878-0017

図-2 に、せん断スパン比 $a/d=2.0$ における、 p'_w と実験値と算定値の比 V_u/V_y の関係を示す。図には、せん断耐力を算出する際に、 $p'_w=0.10, 0.15, 0.20, 100$ とした結果を示す。 $p'_w=100$ は、せん断補強鋼材量の効果の上限値が設定されていない結果である。図から、 $p'_w=100$ の場合、せん断耐力を 50%程度過大に算定する。一方、 $p'_w=0.20$ 以下にすることでせん断耐力の算定値は実験値に近い値になる。算定値を全て安全側に求めるには $p'_w=0.10$ とする必要があるが、最大でせん断耐力を 50%程度に過小評価する。一方、実験値を精度よく算定するには、 p'_w は 0.15 で妥当であると考えられる。

図-3 に、 p'_w 、 a/d 共に大きい領域での、 p'_w の上限値に関する既往の結果を示す⁶⁾。図から、 $a/d=3.0$ では $p'_w=0.10$ 、 $a/d=1.5$ では $p'_w=0.15$ とできる可能性がある。 $a/d=2.0$ においては本検討の結果と近い傾向がある。なお、示方書は実用性を考えて a/d の影響を排していることを踏まえて、 a/d によらず p'_w が一定値としていることに留意されたい^{1), 6)}。

以上の結果と本検討を合わせて、式(6)に、 $a/d<3.0$ の p'_w の算定式を示す。

$$p'_w = \min(0.15, 0.25 - 0.05a/d) \quad (6)$$

図-4 に、 $a/d=1.0\sim 2.0$ の実験値と式(6)を適用して算出したせん断耐力の算定値と実験値の関係を示す。図の横軸は算定値 V_y 、縦軸は実験値 V_u を示す。図から、算定値は実験値と概ね一致する。算定値に対する実験値の比の平均値は 1.03、変動係数は 0.08 であることから、 a/d が 1.0~2.0 以下においては式(6)を用いることでせん断耐力を高精度に算定できる。

4. まとめ

せん断スパン比に応じたせん断補強鋼材量の効果の上限値について検討した結果、以下の結論が得られた。1) a/d を変数とするせん断耐力式においてもせん断耐力を過大に評価する場合があります、せん断補強鋼材量の効果の上限値を定める必要がある。2) せん断スパンに応じたせん断補強鋼材量の効果の上限値を提案した式を用いて定めることで、せん断耐力を過大に評価せず、高精度に算定することができる。また、今回の対象範囲外における提案式の適用の可能性については数値解析を用いて検討したので参考にされたい⁷⁾。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕，2018，3
- 2) 山田章史，築嶋大輔：せん断スパン比の小さい RC 部材のせん断設計式，SED，No.42，pp.36-39，2013
- 3) 高木仁之，奥田久人，新田隆雄：せん断補強筋の強度による梁のせん断耐力，コンクリート工学年次論文集報告書，11-2，pp.75-80，1989
- 4) 渡辺健，田所敏弥，谷村幸裕，黒川浩嗣：逆対称曲げが作用したディーブビームの破壊正常に関するせん断スパン比の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.3，pp.691-696，2007
- 5) 中田裕喜，渡辺健，田所敏弥：せん断補強鉄筋を多量に配置した単純支持矩形 RC はりのせん断破壊正常に関する実験的評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.2，2018
- 6) 坂口淳一，土屋智史，渡邊忠朋，斉藤成彦，牧剛史：せん断補強鉄筋を大量に配置した RC 梁部材のせん断破壊耐力に関する検討，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），Vol.69，No.2，pp.192-206，2013
- 7) 倉岡希樹，成田顕次，木野淳一：せん断スパン比によるせん断補強鋼材量の効果の上限値に関する検討（その 2），第 78 回土木学会年次学術講演会（投稿中），2023.9

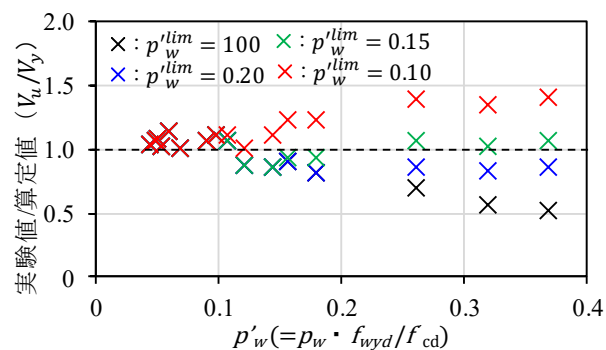


図-2 $p'_w^{\max}$ 毎のせん断耐力の精度検証

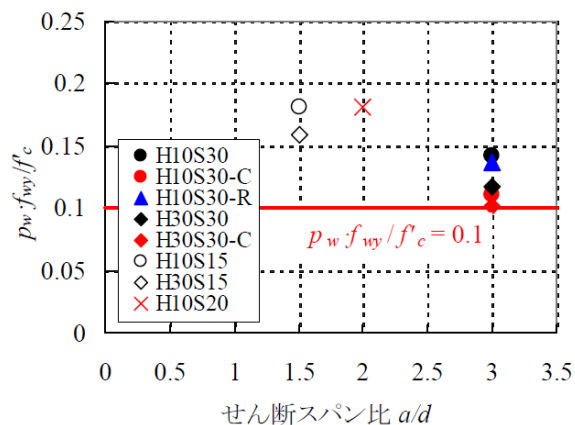


図-3 せん断スパン比と n' の関係⁶⁾

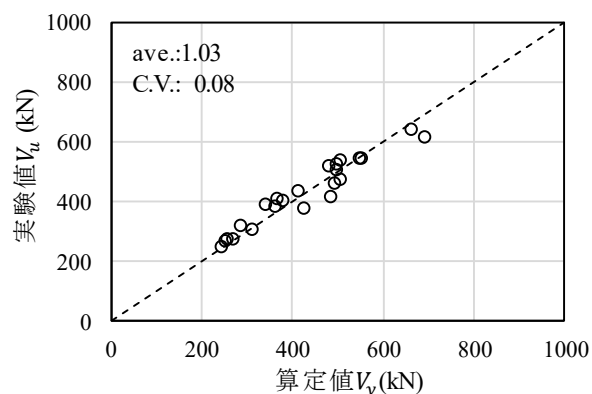


図-4 提案式におけるせん断耐力の算定精度