

せん断スパンにおいて高さが変化する RC はりのせん断耐荷機構

東京工業大学大学院 学生会員 ○岩永 崇志
鉄道総合技術研究所 正会員 渡辺 健
東京工業大学大学院 フェロー 二羽 淳一郎

1. はじめに

2007 年制定のコンクリート標準示方書¹⁾では、実構造物に存在する橋台、橋脚、フーチングなど、せん断スパンではりの高さが変化する RC はりのせん断耐力の算定方法を明記していない。これは、このような RC はりのせん断耐荷機構が、適切に評価できていないことに由来している。一方、2002 年制定の示方書²⁾では、有効高さが変化する棒部材のせん断力は曲げ圧縮力のせん断力に平行な成分、 V_{hd} を減じて算定する方法を規定している。

$$V_{hd} = \left(\frac{M_d}{d} \right) (\tan \alpha_c) \tag{1}$$

ここで、 M_d ：設計せん断力作用時の曲げモーメント、 d ：部材断面の有効高さ、 α_c ：部材圧縮縁が部材軸となす角度である。しかし、石橋ら³⁾によれば式(1)を適用する方法では、せん断スパン比(a/d)が小さい RC はりのせん断耐力を適切に評価することができず、部材の圧縮側の勾配を考慮せずに、既往のせん断耐力算定式($a/d < 2.5$)の d を載荷点位置の有効高さとする事で適切に評価できることを報告している。

そこで本研究は、せん断補強筋を用いていないスレンダービームおよび a/d が小さいショートビームの載荷試験を行い、それらのせん断耐力の評価法について検討するものである。

2. 実験概要

図-1 に供試体の形状・寸法を示す。はりのせん断スパンは同一の 650mm であり、最大有効高さが 250mm および 450mm である RC はりを、それぞれ D-250 および D-450 とする。表-1 に、使用したコンクリートの示方配合を示す。コンクリートの圧縮強度は、D-250 が 45.3N/mm²、D-450 が 40.2 N/mm² であった。

軸方向補強材として、降伏強度 930N/mm² 以上、公称径 22.2mm である鉄筋を 2 本($A_s=774.2\text{mm}^2$)使用した。また、組立鉄筋には SD295A である D6 を用いた。

載荷実験は、静的 2 点単調載荷である。なお、載荷点および支点にはスパン方向の拘束が生じないようにローラーおよびテフロンシートを挿入した。載荷点および支点には幅 65mm の載荷板を設置した。計測項目は荷重、支点およびスパン中央の鉛直変位、軸方向鉄筋のひずみ、コンクリート表面のひずみ、およびひび割れ発生状態の目視観察である。

3. 実験結果および考察

3.1 破壊性状およびひび割れ性状

最大有効高さを用いたせん断スパン比は、D-250 が 2.6 および D-450 が 1.4 である。図-2 および図-3 にそれらの荷重-たわみ曲線およびひび割れ図を示す。D-250 では約 60kN で斜めひび割れが発生し、徐々に載荷点方向へと進展した。これと同時に、斜めひび割れと軸方向鉄筋が交差する位置から支点方向に向かって水平ひび割れが発生した。作用荷重が 96.4kN に達した際、斜めひび割れは載荷点へ到達し最大値に達した。D-450 では約 160kN で斜めひび割れが発生し、作用荷重が約 230kN で載荷点近傍まで進展した。しかし、すぐには破壊に至らず、徐々に斜めひび割れが進展し、最終的に

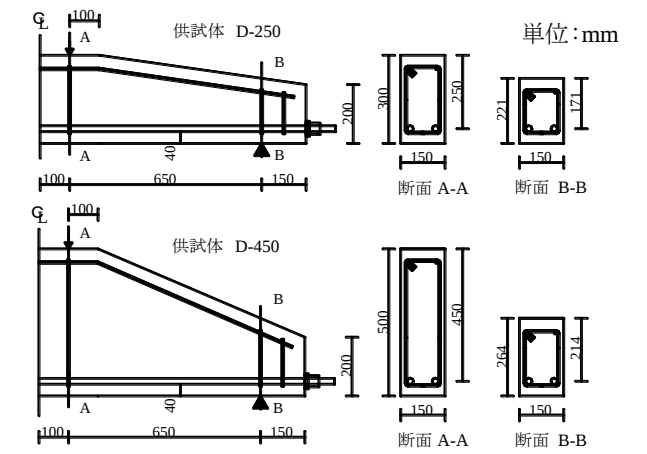


図-1 供試体概要図

表-1 示方配合

G_{max} (mm)	W/C (%)	単位量(kg/m ³)			
		水	セメント	細骨材	粗骨材
13	50	190	380	853	898

キーワード 有効高さ、斜めひび割れ、せん断スパン比、偏断面 RC はり

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17

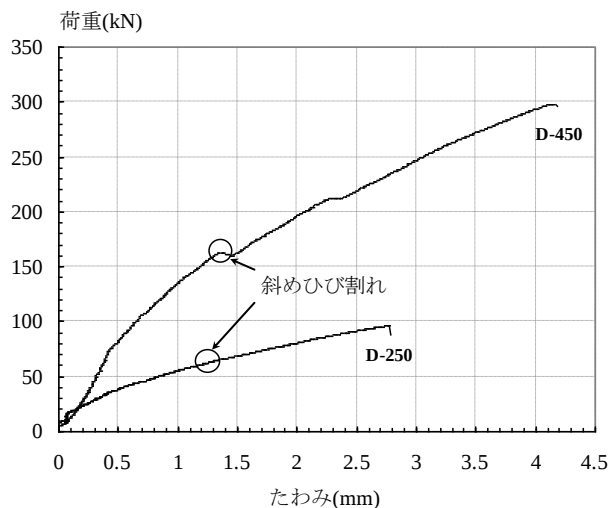


図-2 荷重-たわみ曲線

作用荷重が 298.0kN の時に載荷点と支点を結ぶ直線上の、載荷板付近のコンクリートが圧壊して、ピークに至った。

3.2 セン断耐力評価

式(2)が、有効高さが一定である RC 棒部材のせん断耐力算定式である^{4),5)}。

$$V_c = \alpha (f'_c)^{1/3} \left(\frac{1000}{d} \right)^{1/4} \left(\frac{100 A_s}{b d} \right)^{1/3} b d \quad (2)$$

V_c : セン断補強筋のない棒部材のせん断耐力(N),

$\alpha = 0.2(0.75 + 1.4 d/a)$ ただし $a/d \geq 2.5$

$\alpha = 0.761(a/d)^{-1.166}$ ただし $2.5 > a/d \geq 1.0$

f'_c : コンクリートの圧縮強度(N/mm²), a : セン断スパン(mm)、 d : 部材の有効高さ(mm)、 b : 部材の幅(mm)、 A_s : 引張鉄筋の断面積(mm²)である。

式(2) ($2.5 > a/d \geq 1.0$)を用いて供試体 D-450 のせん断耐力の算定を行ったところ、実験値/計算値は 1.02 であり、部材のせん断耐力を適切に評価できることを確認した。供試体 D-250 のようにスレンダービームでは、はりの上面に沿って圧縮応力が存在するので上面勾配を考慮し、曲げ圧縮力のせん断力に平行な成分 V_{hd} を減じる方法を適用する。図-4 が斜めひび割れ発生断面と載荷点断面での部材の力の釣り合いである。また、左側の垂直方向の合力を式(3)で表す。

$$V_c = V_{ci} - \left(\frac{M_d}{d_{cr}} \right) \tan \alpha_c \quad (3)$$

ここで、 M_d および d (以降 d_{cr}) はせん断ひび割れ発生断面とし、 V_{ci} は式(2) ($a/d \geq 2.5$) で算定を行う。式内の d は、載荷点位置の有効高さとする。

斜めひび割れが発生した断面は、載荷点から 300mm の位置に確認しており、式(3)から有効高さが変化する

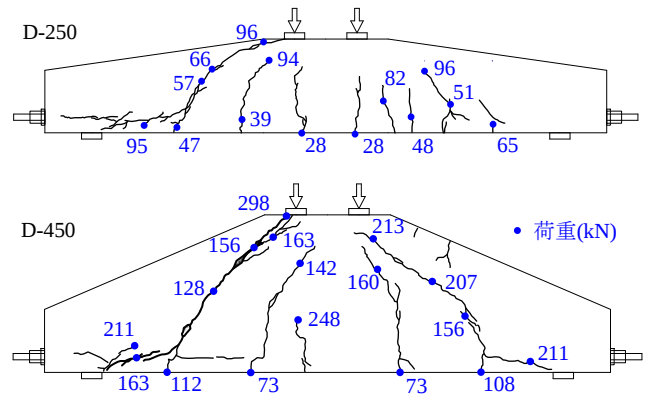


図-3 ひび割れ図

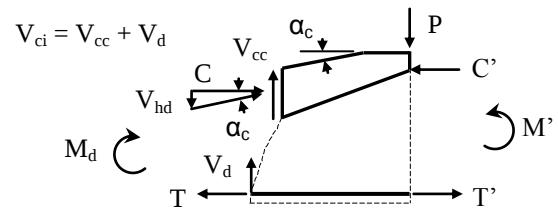


図-4 部材の力の釣り合い

RC はりのせん断耐力を算定したところ、実験値/計算値は 1.00 であった。

4. 結論

- (1) 有効高さが変化するスレンダービームのせん断耐力は、式(2) ($a/d \geq 2.5$) で載荷点での有効高さを用いたせん断耐力に、斜めひび割れ起点断面の曲げ圧縮力のせん断力に平行な成分を減じるにより、算定できると思われる。
- (2) セン断スパン比の小さい RC はりでは、斜めひび割れ発生後、タイドアーチ的耐荷機構が支配するため、部材の上面勾配の影響は少なく、有効高さが一定である RC はりのせん断耐力算定式で、適切に耐力評価できる可能性がある。

参考文献

1. 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書。
2. 土木学会：2002 年制定コンクリート標準示方書。
3. 石橋忠良，斎藤啓一，寺田年夫，渡辺忠朋：有効高さの変化する鉄筋コンクリートはりのせん断耐力について，コンクリート学年次講演会論文集，Vol.9-2，pp. 305-310，1987。
4. 二羽淳一郎，山田一字，横沢和夫，岡村甫：せん断補強筋を用いない RC 梁のせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第 372 号/V-5，pp. 167-176，1986。
5. 石橋忠良，松田好史，斎藤啓一：少数本の杭を用いたフーチングのせん断設計について，土木学会論文報告集，第 337 号，pp. 197-204，1983。