

# 斜め方向に載荷されたRC柱のせん断耐力に関する実験的研究

Experimental Study on Shear Capacity of Reinforced Concrete columns subjected to bi-directional load

北武コンサルタント(株) ○正員 藤田郁美 (Ikumi Fujita)  
 北武コンサルタント(株) 正員 渡辺忠朋 (Tadatomo Watanabe)  
 (財)鉄道総合技術研究所 正員 谷村幸裕 (Yukihiro Tanimura)  
 (財)鉄道総合技術研究所 正員 川村 力 (Chikara Kawamura)

## 1. はじめに

構造物全体系の性能を合理的に照査するためには構造物全体系での地震時の応答を正しく評価できる構造解析モデルを用いて、構造物を構成する各部材の性能を照査する必要がある。現在は照査方法を簡略化する事を目的として、独立した水平2方向にモデル化し、地震の影響に対する性能を照査することとしている場合が多い<sup>1)</sup>。しかし、地震動による慣性力の影響は必ずしも構造物の構造軸の水平2方向に作用するとは限らないのは言うまでもない。そこで本検討では、斜め入力時のRC柱のせん断耐力に関する基礎資料として、載荷実験を実施した。以下に、結果と検討結果を報告する。

ん断ひび割れが進展し荷重が低下した。なお、その際に柱下端の圧縮領域の最外縁の軸方向鉄筋に沿ったひび割れも発生していた。

## 2. 実験の概要

### 2.1 供試体形状および諸元

供試体形状および諸元を図-1および表-1に示す。供試体は幅および高さが800mmの矩形断面とし、軸方向鉄筋はSD490の高強度鉄筋を断面幅内に均等の間隔でD32-9本配置した。せん断補強鉄筋はD10-1組を16cmの間隔で全長に渡り配置し、供試体は載荷方向に対して45°の方向で設置した。

### 2.2 載荷方法および測定項目

載荷方法は正負交番載荷とし、軸力は与えないものとした。測定は、載荷点位置におけるく体の水平変位、柱脚部主筋の抜出し、軸方向鉄筋およびスターラップのひずみについて行うとともに、ひび割れ性状の観察も行った。なお、せん断補強鉄筋のひずみはく体下端から320ピッチおよびく体中間部には480ピッチでひずみゲージを貼り付け、測定した。

### 2.3 実験結果

破壊荷重時におけるひび割れ状況を図-2に、荷重変位曲線を図-3に示す。まず、柱下端の載荷方向に対する最外縁付近にひび割れが生じ、その後下端から上端に向かって斜めひび割れが生じるが、圧縮側まで進展せず、その後荷重の増加とともにせ

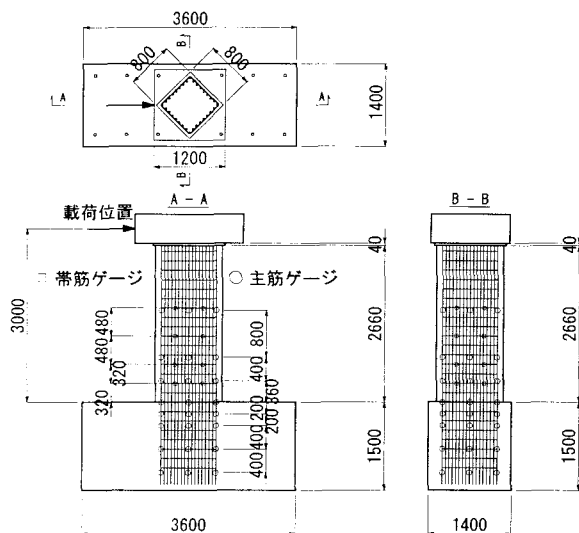
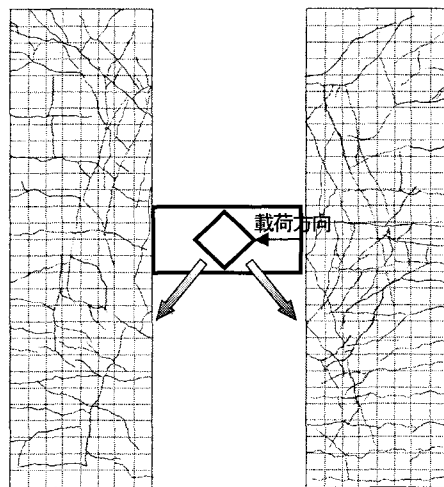


図-1 供試体諸元



(1) 左側面ひび割れ図 (2) 右側面ひび割れ図

図-2 破壊荷重時のひび割れ性状

表-1 供試体諸元

試験体	引張鉄筋			引張鉄筋比(%)	帯鉄筋			帯鉄筋比(%)	軸力(kN)	コンクリートの圧縮強度 $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断スパン $\alpha$ (mm)	最大荷重 $V_{test}$ (kN)
	本数	種類	降伏強度		本数	種類	降伏強度					
No.1	D32-9本	SD490	$f_{sy}=520.0$ (N/mm <sup>2</sup> )	1.227	D10-1組 160ctc	SD345	$f_{sy}=370.0$ (N/mm <sup>2</sup> )	0.111	0.0	22.8	3000.0	930.2

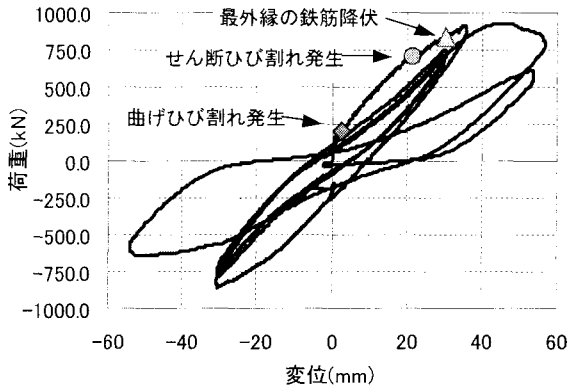


図-3 荷重-変位の関係

### 3. 実験結果の検討

本実験の供試体の破壊形態をせん断破壊と判断し、既往のせん断耐力算定式によるせん断耐力との比較を試みる。棒部材のせん断耐力算定式として、式(1)がある<sup>1)</sup>。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} \quad (1)$$

ここに、 $V_{cd}$  : せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力 (N)

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d$$

$$f_{cd} = 0.2 \sqrt{f_c} \quad \text{ただし, } f_{cd} \leq 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt{1/d} \quad (d:\text{m}) \quad \text{ただし, } \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_p = \sqrt{100P_v} \quad \text{ただし, } \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は} 1.5 \text{ とする。}$$

$$\beta_n = 1 + M_0/M_d \quad (N_d \geq 0 \text{ の場合}) \quad \beta_n > 2 \text{ となる場合は} 2 \text{ とする。}$$

$$= 1 + 2M_0/M_d \quad (N_d < 0 \text{ の場合}) \quad \beta_n < 0 \text{ となる場合は} 0 \text{ とする。}$$

$N_d$  : 設計軸方向圧縮力,  $M_d$  : 設計曲げモーメント

$M_0$  : 設計曲げモーメント  $M_d$  に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント。

$b_w$  : 腹部の幅 (mm),  $d$  : 有効高さ (mm)

$$P_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

$A_s$  : 引張側鋼材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_{cd}$  : コンクリートの圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$V_{sd}$  : せん断補強鋼材により受持たれる設計せん断耐力 (N)

$$V_{sd} = A_w f_{wyd} (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) / s_s \cdot z$$

$A_w$  : 区間  $s_s$  におけるせん断補強鉄筋の総断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_{wyd}$  : せん断補強鉄筋の設計降伏強度で、400N/mm<sup>2</sup>以下とする。

$\alpha_s$  : せん断補強鉄筋が部材軸となす角度

$s_s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔 (mm)

$z$  : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で一般に  $d/1.15$  としてよい。

以上の既往のせん断耐力算定式を用いて実験結果の検討を行う。有効高さ  $d$  および腹部の幅  $b_w$  は柱断面の直行方向と斜め方向および中実円形断面と同様の扱いとした3ケースを想定した。中実円形断面の考え方は、面積の等しい正方形を考え、引張鉄筋は引張側1/4部分の鋼材断面積とし、有効高さは考慮した鋼材の図心までの距離とした。柱断面の直行方向の  $d_1$  および  $b_{w1}$  で求まるせん断耐力を  $V_{cd1}$ 、斜め方向の  $d_2$  および  $b_{w2}$  で求まるせん断耐力を  $V_{cd2}$ 、中実円形断面と同様の扱いによる  $d_3$  および  $b_{w3}$  で求まるせん断耐力を  $V_{cd3}$  とした。せん断耐力検討結果を表-2に、高さおよび幅の取り方を図-4に示す。

表-2 せん断耐力検討結果

検討ケース	有効高さ $d$ (mm)	腹部の幅 $b_w$ (mm)	$V_{yd}$ (kN)
$V_{cd1}$	$d_1=728.0$	$b_{w1}=800.0$	669.2
$V_{cd2}$	$d_2=1029.6$	$b_{w2}=1131.4$	940.2
$V_{cd3}$	$d_3=735.0$	$b_{w3}=800.0$	655.2

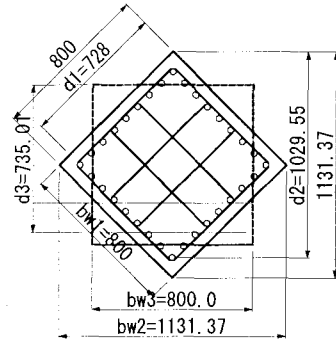


図-4 有効高さ  $d$  および腹部の幅  $b_w$  の取り方

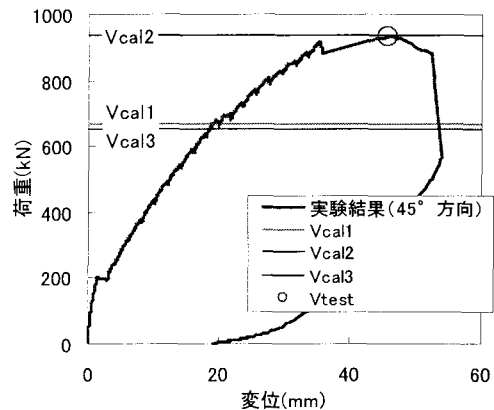


図-5 荷重-変位の関係(実験および解析結果)

実験結果とせん断耐力計算値の関係を図-5に示す。直行方向の有効高さおよび腹部の幅で算定した  $V_{cd1}$  と実験結果の比  $V_{test}/V_{cd1}$  は1.390となり、実験値が計算値を上回った。これより、断面直行方向よりも、斜め方向のほうが大きな耐力を有している。斜め方向に対する有効高さおよび腹部の幅で算定した  $V_{cd2}$  と実験結果の比  $V_{test}/V_{cd2}$  は0.989となり、ほぼ一致する結果を得た。中実円形断面の考え方と同様の有効高さおよび腹部の幅を用いた  $V_{cd3}$  と実験値の比  $V_{test}/V_{cd3}$  は1.420となり、実験結果が計算値を上回った。

### 4. まとめ

地震動が斜め方向に載荷した場合のせん断耐力について検討するため、実験を行い、せん断耐力算定式との検討を行った。本検討で得られた結果をまとめると、つぎのとおりである。

- 1) 斜め方向に載荷した際の最大耐力と断面直行方向のせん断耐力値を比較すると、斜め方向の最大耐力のほうが大きな値となった。
- 2) せん断耐力値を算定する際の有効高さおよび腹部の幅を斜め方向に対する距離で考えた場合、実験値と計算値はほぼ一致した。

### 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。