

V-492

引張側にハンチを有するRC部材のせん断耐力算定手法

東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 ○正会員 井料 青海
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 斉藤 啓一
 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所 正会員 生田 雄康

1. まえがき

鉄道における鉄筋コンクリートラーメン高架橋等のように、ハンチが設けられた構造物は多いが、部材の引張側にハンチを有するRC部材のせん断耐力の算定手法は、未だに明らかにされておらず、これが明確にされたならば、断面が変化する部材のより経済的な設計手法の確立が可能となる。そこで、模型試験体を用いた载荷試験を実施し、これまでに解析結果について報告した^{1) 2)}。確認試験の為に、今回新たに試験体を追加製作し、さらに検討を加えたので、以下に報告する。

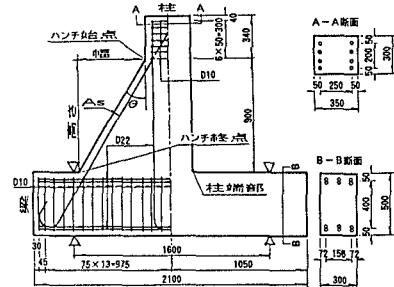


図-1 試験体形状寸法

2. 実験手法

試験体の形状寸法並びに配筋状況を図-1に、また全21体についての諸元を表-1に示す。尚、試験体のハンチ部には帯鉄筋を配置せず、ハンチ部でせん断破壊するように設計している。

表-1 試験体諸元

共 通			引張ハンチ部				備 考	引張ハンチ部				備 考
柱	断面 [mm*mm] 主鉄筋 [径*本] 帯鉄筋	350 * 300 D22*4 (9405-07は無) なし	試験体 の番号	角度 deg	幅 mm	高さ mm	ハンチ筋 径*本	試験体 の番号	角度 deg	幅 mm	高さ mm	ハンチ筋 径*本
梁	断面 [mm*mm] 主鉄筋 [径*本] スタースラップ	500 * 300 D22*6 D10@75mm	9309	18.4	300	900	0	9408	18.4	150	450	D16*4
			9310	24.0	400	900	0	9409	15.5	250	900	D22*2
			9311	29.1	500	900	0	9410	29.1	500	900	D22*2
			9312	29.1	667	1200	0	9410	18.4	133	400	D16*2
	載荷点位置 (柱端部より) [mm]	900 1200 (9302, 08, 12, 20)	9317	18.4	300	900	D22*4	9420	45.0	900	900	D25*2
			9318	24.0	400	900	D22*4	9424	18.4	300	900	D22*4
			9319	29.1	500	900	D22*4					
			9321	29.1	500	900	D19*4					
試験体 の番号	ハンチ部	備 考	9322	29.1	500	900	D16*4					
			9320	29.1	667	1200	D22*4					
			9405	18.4	300	900	D22*4					
			9406	29.1	500	900	D22*4	9425	9.5	150	900	D25*2
9301			9407	29.1	500	900	D16*4					
9302												

3. 試験体のひび割れ状況及び破壊性状

図-2に試験体のひび割れ状況及び破壊性状を示す。ハンチの内部にハンチ筋を有するか否かにより、ひび割れ及び破壊性状が異なる結果となった。

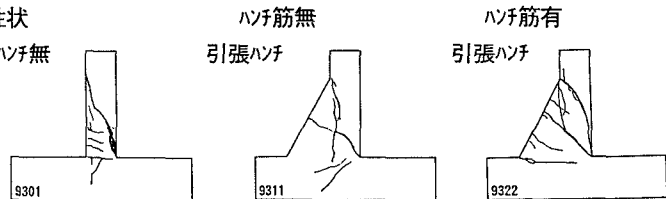


図-2 試験体のひび割れ性状

4. せん断耐力算定手法

部材のせん断耐力 (V_u) は、棒部材のせん断耐力算定式(1)を用いて算定することとした^{1) 2)}。

$$V_u = \alpha \cdot f_{vcd} \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot b \cdot d \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\alpha = \begin{cases} 0.94(0.75+1.4d/a) & \text{但し } a/d \geq 2.5 \\ 3.58(a/d)^{-1.166} & 2.5 > a/d \geq 1.0 \\ 12/[1+2.35(a/d)^{1.2}] & 1.0 > a/d \geq 0.0 \end{cases}$$

$$\beta_d = (100/d)^{1/4} \quad \beta_p = (100/pw)^{1/3} \quad f_{vcd} = (f_c')^{1/3} \quad pw = A_s/(b*d)$$

f_c' : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²) a : せん断スパン (cm) d : 部材の有効高さ (cm)

b : 腹部の幅 (cm) A_s : 引張側鋼材の断面積 (cm²)

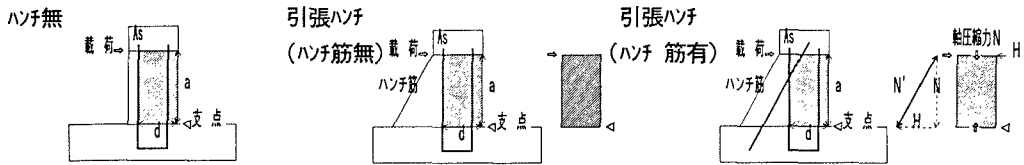


図-3 セン断耐力算定概念図

尚、多段に鉄筋が配置された場合には、中立軸を求めて、引張側にあるもののみを A_s とした。

ハンチを有さない試験体では、図-3のように、載荷点から柱端部までの長さを a とする棒部材として、式(1)により、せん断耐力を算定した。同様に引張側にハンチを有しハンチ筋を有さない場合では、ハンチ部分を考慮せずに柱部分のみ有効として、式(1)により耐力を算定した。ハンチ筋を有する場合には、ハンチ筋に働く引張力(N')の柱の軸方向成分(N)が、柱部材に対する軸圧縮力として作用すると考え、式(3)に示すように、軸圧縮力を考慮した部材の耐力を求め、さらにハンチ筋に働く引張力の水平方向成分(H)を加えて、せん断耐力を求めた。このとき、ハンチ筋の引張力の柱軸に対する偏心を考慮することとした。また、ハンチ筋は柱部分において主鉄筋としても働くとし、軸力を考慮しない場合のせん断耐力(V_{u0})を求める際、式(4)のように、その成分を引張側鋼材の断面積に加えることとした。

$$\left. \begin{aligned} N' &= H A_s \cdot E_s \cdot \varepsilon \\ N &= N' \cdot \cos(\theta) \\ H &= N' \cdot \sin(\theta) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

E_s : ハンチ筋のヤング係数 ε : ハンチ筋の曲げひずみ θ : ハンチ筋と柱軸のなす角

$$V_u = \beta_n \cdot V_{u0} + H \dots \dots \dots (3)$$

V_{u0} : 軸力を考慮しない場合のせん断耐力 β_n : 軸力による補正係数 ($= 1 + M_0 / M_d$)

M_0 : デコンプレッションモーメント³⁾ M_d : 設計曲げモーメント

$$A_s = \Sigma S A_s + \Sigma H A_s \cdot \cos(\theta) \dots \dots \dots (4)$$

$S A_s$: 引張側の主鉄筋量 $H A_s$: 引張側のハンチ筋量

尚、実際にせん断耐力を算出する際、ハンチ筋にある量の仮想曲げひずみを生じさせるために必要な載荷荷重が、そのひずみが柱部材に与える軸圧縮力を考慮したせん断耐力を上回る時に、部材はせん断破壊するものとして、仮想曲げひずみを様々に変化させて算出した。ハンチ筋が降伏する場合には、鉄筋の引張降伏ひずみを用いて、一義的に算出することが出来、鉄筋の引張降伏ひずみは、試験に先立って行った引張試験の結果より 1667μ 、ヤング係数は $2.1 \times 10^8 (\text{kgf/cm}^2)$ とした。

5. 計算値と実験値との比較及び考察

式(1)を用いて求められる計算値と実験値との比較を表-2に示す。これより実験値と計算値との比は平均が1.03、変動係数が11%となっており、引張側にハンチを有する部材のせん断耐力を、今回提案したような手法により、求められる結果となった。

表-2 計算値と実験値の関係 ($P_{\max}$: 実験値 P_{cal} : 計算値)

番号	f_c'	$P_{\max}$	P_{cal}	RATE	番号	f_c'	$P_{\max}$	P_{cal}	RATE	番号	f_c'	$P_{\max}$	P_{cal}	RATE
9301	311	12.0	11.3	1.06	9318	300	40.7	38.0	1.07	9407	361	17.4	20.0	0.87
9302	324	12.1	10.4	1.16	9319	259	45.0	41.6	1.08	9408	238	10.4	10.3	1.01
9309	250	13.8	10.5	1.31	9321	259	39.0	35.1	1.11	9409	317	37.0	37.1	1.00
9310	274	11.7	10.8	1.08	9322	244	27.0	26.4	1.02	9410	259	14.4	16.3	0.88
9311	262	12.4	10.7	1.16	9320	320	38.1	41.0	0.93	9420	348	44.3	38.3	1.16
9312	351	9.2	10.6	0.87	9405	270	29.8	30.0	0.99	9424	346	38.1	46.8	0.81
9317	301	35.7	33.2	1.08	9406	352	40.3	40.0	1.01	9425	230	19.1	19.7	0.97

参考文献

- 1) 井料青海、斉藤啓一、生田雄康：断面が変化するRC部材のせん断耐力算定手法、JCI、H7.6
- 2) 井料青海、斉藤啓一、生田雄康：断面が変化するRC部材のせん断破壊性状、土木学会東北支部、H7.3
- 3) 鉄道総合技術研究所 編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物、運輸省鉄道局監修、丸善、H4.11