

建設省土木研究所 正会員 ○井川 敏正
同 上 正会員 篠原 洋司
同 上 正会員 箕作 光一

1. はじめに

PC桁のせん断破壊モードの一つであり、しかも上限値を意味するウェブ圧縮破壊については、その強度評価が実設計上重要であるにもかかわらず、研究事例が少なく十分な究明がなされていない状況にある。

筆者等は、現在、実桁寸法諸元に近い大型供試体を用いてPC桁のせん断耐荷挙動に関する一連の実験的研究を進めているが、その一環として、ウェブ圧縮破壊耐力に関する実験を行ない若干の考察を加えた。本文では、その結果の概要を述べることにする。

2. 実験方法

実験に用いた供試体は、図-1に示す形状・寸法を有するもので、数量は9体である。また、各供試体の諸元については、表-1に示す通りである。実験は、載荷スパン2mとした2点集中載荷方式(せん断スパン比3.38)で、若干の繰返しを行った後、供試体が破壊するまで荷重を加える方法で行った。

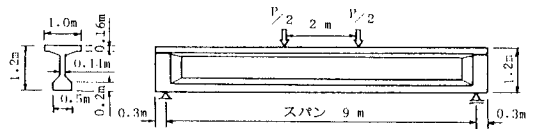


図-1 供試体の形状・寸法および載荷方法

3. 実験結果と考察

表-1に示すように、軸方向鋼材以外は、各タイプによってその諸元を変えているが、すべてウェブ圧縮破壊で耐力を失った。現行の道路橋示方書(以下、道示)、ならびにPC標準示方書におけるウェブ圧縮破壊耐力算定式には、斜引張鋼材の影響は、考慮されていないが、破壊性状および破壊耐力が、その影響を顕著に受けることが認められた。破壊性状については、斜引張鋼材を比較的多量に配置した供試体(タイプA, B)は、斜引張鋼材が、降伏以前に急激な破壊を生じ、一方、比較的大量に配置した供試体(タイプC~I)は、斜引張鋼材が、降伏後に緩やかな破壊を生じることが観察された。

図-2は、主に斜引張鋼材量によって、ウェブ圧縮破壊耐力が変化することを示したものである。横軸の係数 K_x は、トラスモデルに基づくウェブ圧縮破壊耐力(①式)と斜引張鋼材降伏耐力(③式)の比(S_{us}/S_{uw})を表したものである。ただし、①式の K_y は1.0としている。したがって計算上、 $K_x=1$ のときは、ウェブ圧縮破壊と斜引張鋼材降伏が同時に生じることを意味し、

タイプ	コンクリートの圧縮強度 (kg/cm ²)	支間中央の有効プレストレス (kg/cm ²)	表-1 供試体諸元		
			斜引張鋼材 (PC鋼棒及び異形鉄筋)	軸方向鋼材	
				上 側	下 側
				PC鋼棒	PC鋼棒・異形鉄筋
A	381	-16.8 109.1	SBPR 95/110 φ13 70cmピッチ SD35 D13 5cmピッチ		
B	320	-16.4 106.9	SD35 D13 5cmピッチ		
C	349	-16.2 105.8	SD35 D13 20cmピッチ	SBPR 95/120 シース無	SBPR 95/120 シース
D	275	-20.7 135.0	SD35 D13 10cmピッチ	φ26 6本	φ40 φ25 10本
E	313	-20.4 132.5	SD35 D13 14cmピッチ		
F	314	-1.1 6.8	SD35 D13 10cmピッチ		
G	360	-21.4 137.9	SD35 D13 30cmピッチ		
H	325	-20.9 134.5	SD35 D13 40cmピッチ		
I	402	-0.5 3.2	SD35 D13 30cmピッチ		

◎ウェブ圧縮破壊耐力の算定式

$$S_{uw} = K_y \cdot \sigma_c \cdot \sin^2 \beta \cdot (\cot \beta + \cot \theta) \cdot \frac{bw \cdot d}{1.15} \quad \text{①}$$

$$\tau_{max} = K_y \cdot \sigma_c \cdot \sin^2 \beta \cdot (\cot \beta + \cot \theta) \quad \text{②}$$

	道示の規定値	筆者等の提案値
K_y	0.4/1.5	$0.461 K_x / \gamma_{mk1} + 0.437 / \gamma_{mk2}$ ($\gamma_{mk1}=1.3, \gamma_{mk2}=1.5$)
K_x	—	$\frac{A_w}{bw \cdot S} \cdot \frac{\sigma_{wy}}{\sigma_c} \cdot \frac{1}{\sin^2 \beta}$
θ	90°	90°
β	45°	主応力計算値 $\beta' \cdot \gamma_{m\beta}$ ($\beta \leq 45^\circ, \gamma_{m\beta}=1.0$)
σ_c	σ_c	σ_c' / γ_{mc} ($\gamma_{mc}=1.0$)
σ_{wy}	σ_{wy}	$\sigma_{wy}' / \gamma_{mwy}$ ($\gamma_{mwy}=1.0$)

$K_x < 1$ のときは、斜引張鋼材がウェブ圧縮破壊発生以前に降伏し、一方、 $K_x > 1$ のときは、その逆を意味していることになる。この図から、 K_x 値、すなわち主に斜引張鋼材量の増加につれて、ウェブ圧縮破壊耐力は、比例的に増加する傾向が見られる。ただし、筆者等による実験結果（○印）と Bennett 等による実験結果¹⁾（●印）を比較すると、Bennett 等による実験結果も、同様な傾向を示しているが、全般的に高くなっている。その原因としては、供試体の形状・寸法が、実桁に近い形状・寸法を有する筆者等の供試体にくらべて、Bennett 等の供試体が、スパンで2～3mと小さいことによるものと考えられる。このように、ウェブ圧縮破壊耐力が、主に斜引張鋼材量と比例的な関係を有する要因については、さらに斜ひびわれ数、斜ひびわれ幅、および斜引張鋼材のひずみ挙動等の詳細な分析が必要とされるが、ウェブ圧縮破壊が、コンクリートの圧縮破壊であり、ある限界ひずみに達した時に生じるためと考えられる。すなわち、斜引張鋼材が、斜ひびわれ発生後のひびわれ進展を抑制し、それとともなう、ウェブコンクリートの圧縮ひずみ増加を抑制する機能を有しているためと考えられる。

●斜引張鋼材降伏耐力の算定式
（コンクリートが負担するせん断抵抗を無視）

$$S_{us} = \sigma_{vy} \cdot \sin \theta \cdot (\cot \beta + \cot \theta) \cdot \frac{A_v \cdot d}{1.155} \quad \text{.....③}$$

ここに

$\sigma_c (\sigma_c')$: コンクリートの圧縮強度 (kg/cm²)
 $\sigma_{vy} (\sigma_{vy}')$: 斜引張鋼材降伏強度 (kg/cm²)
 b_w : ウェブ厚 (cm)
 d : 有効高さ (cm)
 $\beta (\beta')$: ひびわれ角度 (°)
 θ : 斜引張鋼材角度 (°)
 τ_{max} : 最大せん断強度 (kg/cm²)
 K_x : 斜引張鋼材量等の影響率
 K_y : ウェブ圧壊比率
 A_v : 斜引張鋼材断面積 (cm²)
 S : 斜引張鋼材配置間隔 (cm)
 γ : 係数

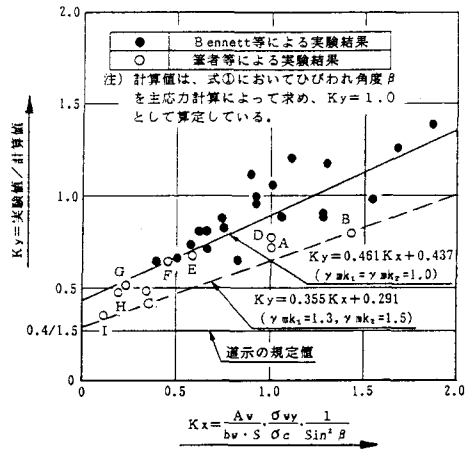


図-2 K_y - K_x 図

図-3は、②式を基に道示の規定値を用いた場合と筆者等の提案値を用いた場合の最大せん断強度の計算値と実験値の比（ τ_t / τ_r , τ_t / τ_p ）と実験値（ τ_t ）の関係を示している。この図から、実験値と道示値の比（ τ_t / τ_r ）が、最大せん断強度の大きさによって、ばらつくのにくらべて、実験値と提案値の比（ τ_t / τ_p ）によれば、最大せん断強度の大きさに関係なく、ほぼ一定の比率であることがわかる。

図-3は、②式を基に道示の規定値を用いた場合と筆者等の提案値を用いた場合の最大せん断強度の計算値と実験値の比（ τ_t / τ_r , τ_t / τ_p ）と実験値（ τ_t ）の関係を示している。この図から、実験値と道示値の比（ τ_t / τ_r ）が、最大せん断強度の大きさによって、ばらつくのにくらべて、実験値と提案値の比（ τ_t / τ_p ）によれば、最大せん断強度の大きさに関係なく、ほぼ一定の比率であることがわかる。

（ τ_t ）の関係を示している。この図から、実験値と道示値の比（ τ_t / τ_r ）が、最大せん断強度の大きさによって、ばらつくのにくらべて、実験値と提案値の比（ τ_t / τ_p ）によれば、最大せん断強度の大きさに関係なく、ほぼ一定の比率であることがわかる。

4. おわりに

以上の実験によって、ウェブ圧縮破壊耐力は、主に斜引張鋼材量と比例的な関係を有することが明らかになった。今後、ここに述べた実験結果を基に、理論的考察を加え、より合理的なウェブ圧縮破壊耐力算定式を提示したいと考えている。

<参考文献>

1). E. W. Bennett and B. M. A. Balasooriya, 檜貝 勇 訳; ウェブが薄く斜め圧縮によって破壊するプレストレストコンクリートはりのせん断強さ、コンクリートジャーナル, Vol 11, No. 7, July 1973

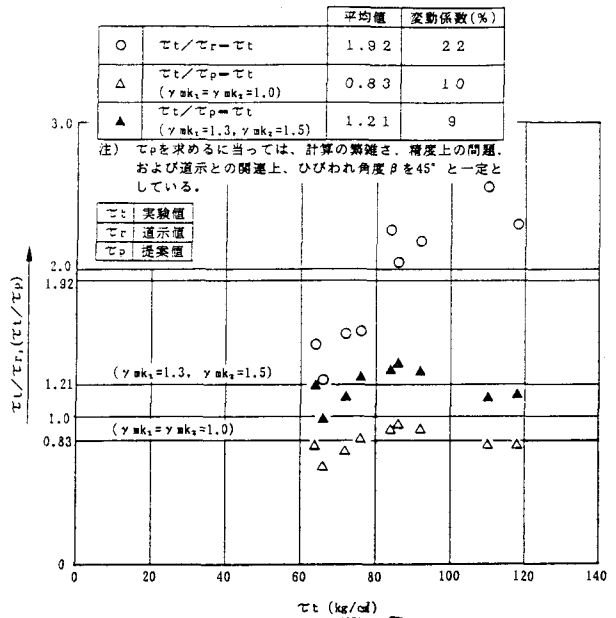


図-3 最大せん断強度の比較