

# V-386 曲げとねじりの組合わせ荷重を受けるRC桁の耐力

首都高速道路公団 正会員 下西 勝  
 北海道大学工学部 正会員 佐伯 昇  
 北海道大学工学部 正会員 志村 和紀

## 1. はじめに

近年、立体的あるいは曲線的なコンクリート構造物が造られることが多くなり、ねじり作用あるいはねじりと曲げなどの複合作用を受けるコンクリート構造物の設計に対する問題が重要となってきている。

本研究は、ねじりと曲げ荷重が一定の割合で同時に作用する場合のRC桁の耐力について、立体トラス理論に基づいて、実験および解析によって比較、検討を行った。

## 2. 解析

解析はRC桁の破壊形式を中立軸より上の曲げ圧縮ゾーンの破壊と中立軸より下のひびわれゾーンの破壊の2つの形式に分類し、それぞれの各形式の耐力を算定した。

### (1) 中立軸より上の圧縮ゾーンにおける耐力

中立軸より上の圧縮ゾーンでは、曲げによる圧縮応力とせん断応力、ねじりによる圧縮応力の複合応力下にある。そこで、それぞれの圧縮応力を重ね合わせた応力とせん断応力との関係に圧縮-せん断応力下の無筋コンクリートの破壊曲線<sup>1)</sup> [(1)式]を適用して、中立軸より上の圧縮ゾーンの圧縮-せん断破壊パターンの耐力を算定する。

$$\frac{\tau}{\sigma} + \frac{1}{3} \frac{\sigma}{\sigma_c} = \frac{28}{8} \left( \frac{4\eta_1 \cdot \bar{\sigma} + 9\eta_2}{7\bar{\sigma} + 18} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{f_{cb}}$  ,  $\frac{\tau}{\sigma} = \frac{\tau}{f_{cb}}$  ,  $\eta_1 = 1.77$  ,  $\eta_2 = 0.084$   $\dots\dots\dots (2)$

### (2) 中立軸より下のひびわれゾーンにおける耐力

中立軸より下のひびわれゾーンにおいて、曲げによるせん断応力は一様に分布している。またねじり荷重によるせん断流も一様に流れているとして、中実矩形断面のRC部材を中空箱型断面のトラスに置き換える。立体トラス理論に基づく、ねじりによる軸、横方向鉄筋およびコンクリート応力と、曲げによるせん断流 $q_s$ による各応力との和をとり、各々のヤング係数で割ると軸方向鉄筋、横方向鉄筋とウェブコンクリートのせん断歪みが求められる。全せん断歪み $\gamma$ はそれらの和であらわされ、せん断ひびわれはせん断歪みエネルギーが最小になる方向に伝播すると仮定すると $d\gamma/d\alpha = 0$ という条件からひび割れ角度 $\alpha$ が次式のように求められる。

$$\tan^4 \alpha = (a_o \cdot t_e \cdot \beta_{TL} / A_L + n \cdot \beta_{TC}) / (s \cdot t_e \cdot \beta_{TV} / A_v + n \cdot \beta_{TC}) = k^{*4} \dots\dots (3)$$

ここで $\beta_{TL}$ 、 $\beta_{TC}$ 、 $\beta_{TV}$ は曲げによるせん断力の影響係数である。

ウェブのひび割れゾーンにおける破壊形式は、斜材として圧縮力を受け持っているコンクリートの圧縮破壊と、垂直材として引張力を受け持っているスターラップの降伏であり、これらの耐力の小さい方で破壊することになる。

#### 1) ウェブコンクリートの圧壊による耐力

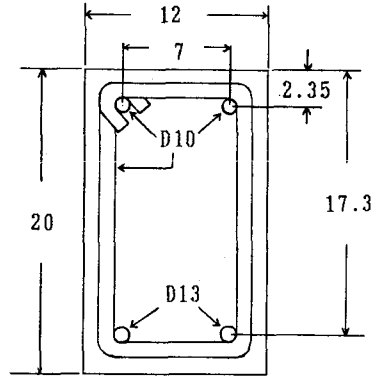
$$T_{cb} = \frac{2\beta_k \cdot \gamma_c \cdot f_c \cdot t_e \cdot A_o \cdot k^*}{\beta_{TC} (k^{*2} + 1)} \dots\dots (4)$$

#### 2) スターラップの降伏による耐力

$$T_{vb} = \frac{2\beta_k \cdot f_{vy} \cdot A_v \cdot A_o}{\beta_{TV} \cdot s \cdot k^*} \dots\dots (5)$$

3. 実験

実験に使用したRC桁の形状、配筋はすべての桁で同一とし、全長は210cm、支間長L=165cm、桁高h=20cm、桁幅b=12cm、有効高さd=17.3cm、圧縮鉄筋はSD35-2D10、引張鉄筋はSD35-2D13、スターラップはSD30-2D10を用いた。断面図は図-1の通りである。実験は、曲げに対して両端単純支持とした桁の中央または1/3の点に曲げ荷重を1点載荷し、同時に、桁の一端をねじりに対して固定してねじり荷重に対して片持支承として他端にねじり荷重を載荷して行った。このとき、ねじり-曲げ荷重の載荷の割合とねじり-せん断荷重の載荷の割合を各実験ごとに变えて、10種類の実験を行った。



(単位:cm)

図-1 断面図

4. 結果

実験および解析結果を表-1に示す。実験結果の破壊形式は圧縮鉄筋と引張鉄筋、スターラップ、桁表面にそれぞれ貼付した歪み

表-1 実験および解析結果

ゲージとコンタクトゲージの計測値から判断した。計算による桁の耐力は、ウェブコンクリートの圧壊とスターラップの降伏、圧縮ゾーンのコンクリートの圧縮-せん断破壊の各々の破壊形式の耐力と曲げ耐力の最小値をとった。

5. まとめ

(1) 解析において、ねじり-曲げの組合せ荷重下のせん断破壊パターンはスターラップの降伏とウェブコンクリートの圧壊、圧縮-せん断ゾーンのコンクリートの圧縮-せん断破壊の3つに分類され、せん断耐力はこの3つの算定値の最小値として求められる。

(2) 今回の実験においてはウェブコンクリートの圧壊と曲げ破壊の2種類の破壊パターンであったが、立体トラス理論に基づいてねじり-曲げの組合せ荷重下の桁の耐力を算定した結果、計算値と実験値はよく一致していた。

【参考文献】

1) 佐伯 昇, 高田宣之, 藤田嘉夫: "圧縮-ねじり荷重下のコンクリートの変形と破壊挙動", 土木学会論文報告集, 308号, pp.99~108, 1981

Q/L M	T M	fcb kg/cm <sup>2</sup>	T M	実験値		計算値			
				(tf-m)	(tf-m)	中立軸より下部 ウェブコンクリート圧壊 (tf-m)	スターラップ破壊 (tf-m)	中立軸より上部 圧縮-せん断破壊 (tf-m)	曲げ破壊 (tf-m)
2	2.60	313	T	0.600	0.573 *	1.552	1.600	---	47.5
			M	0.230	0.220 *	0.597	0.615	1.458	
	0.95	340	T	0.570	0.613 *	1.452	1.243	---	47.5
			M	0.600	0.645 *	1.528	1.308	1.466	
	0.58	330	T	0.590	0.585 *	1.363	0.945	---	47.5
			M	1.017	1.009 *	2.350	1.630	1.464	
0.32	370	T	0.485	0.635	1.209	0.740	---	47.4	
		M	1.515	1.984	3.778	2.312	1.475 *		
0.18	345	T	0.325	0.560	1.011	0.457	---	47.4	
		M	1.805	3.111	5.617	2.540	1.467 *		
3	2.60	363	T	0.590	0.662 *	1.522	1.847	---	47.5
			M	0.230	0.255 *	0.585	0.710	1.472	
	0.95	362	T	0.670	0.644 *	1.381	1.310	---	47.5
			M	0.715	0.678 *	1.454	1.379	1.472	
	0.65	325	T	0.650	0.568 *	1.295	0.977	---	47.5
			M	0.995	0.874 *	1.992	1.503	1.461	
0.32	320	T	0.490	0.530	1.074	0.828	---	47.4	
		M	1.555	1.656	3.356	1.962	1.461 *		
0.18	340	T	0.330	0.521	0.852	0.431	---	47.3	
		M	1.840	2.894	4.733	2.439	1.467 *		

\*: 最小値