

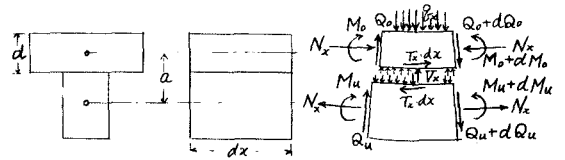
N-7 接着剤による合成部材の曲げについて

室蘭工業大学 正員 能町純雄、〇 尾崎 誠

はしがき : RCおよびPC構造物のプレファブ化が促進されれば、曲げを受ける部材の合成も考えられるであろうし、すでにPC合成桁と呼ばれるものもあり、研究されている。本研究は合成効果を發揮させる方法の一種として考えられるコンクリート接着剤を用いて上下二つの桁を重ねて結合した、いわゆる接着合成桁について曲げ理論式を誘導し、一実験を試みて合成効果を検討してみた。

接着合成部材の曲げ理論 : (図-1)

このような桁の断面を考え、接着剤をシーラコンテフターとして用いた場合、接着面には水平方向の剪断力 T_x と、垂直方向の圧縮力がある。図1



より V_x が働くから、この桁を考慮した式を誘導する。(図-1)

まず、面に平行な剪断力はそれに比例すると仮定し、比例定数を C とし、 $T_x = C \cdot \delta_x$ -----(1)

(1) 式をひずみで表わし、 $T_x = \frac{dN_x}{dx}$ -----(2) を用いて N_x の形に直し、微分すると

$$\frac{d^2 V_x}{dx^2} - C \left(\frac{1}{E_0 A_0} + \frac{1}{E_u I_u} \right) \frac{d^2 N_x}{dx^2} + \frac{C}{E_u I_u} \left(a - \frac{d}{2} \right) \frac{d^2 M_u}{dx^2} + \frac{C}{2 E_0 I_0} \frac{d^2 M_0}{dx^2} = 0 \text{ -----(3)}$$

一方、接着面に働く垂直力 V_x は、上の桁のたわみを w_0 、下の桁のたわみを w_u とし、反力係数を K とすれば $V_x = K(w_0 - w_u)$ -----(4) これをひずみで表わしてさらに微分すれば

$$\frac{d^2 V_x}{dx^2} + \frac{K}{E_0 I_0} \frac{d^2 M_0}{dx^2} - \frac{K}{E_u I_u} \frac{d^2 M_u}{dx^2} = 0 \text{ -----(5)}$$

とすると、モーメントの釣合は、上の桁で $\frac{dM_0}{dx} = Q_0 - T_x \cdot \frac{d}{2}$ 、下の桁で $\frac{dM_u}{dx} = Q_u - T_x \left(a - \frac{d}{2} \right)$

であるから、これに上の桁で $\frac{dQ_0}{dx} = V_x - g_x$ 、下の桁で $\frac{dQ_u}{dx} = -V_x$ なる垂直方向の釣合の関係を適用して(2)式を用い、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{上の桁で } \frac{d^2 M_0}{dx^2} + \frac{d^2 N_x}{dx^2} \cdot \frac{d}{2} = V_x - g_x \\ \text{下の桁で } \frac{d^2 M_u}{dx^2} + \frac{d^2 N_x}{dx^2} \left(a - \frac{d}{2} \right) = -V_x \end{array} \right\} \text{ -----(6)}$$

(3)、(5)に(6)を代入して

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d^2 N_x}{dx^2} - \alpha_c \frac{d^2 N_x}{dx^2} + \varepsilon_c V_x = \gamma_c g_x \\ \frac{d^2 V_x}{dx^2} - \varepsilon_k \frac{d^2 N_x}{dx^2} + \beta_k V_x = \gamma_k g_x \end{array} \right\} \text{ -----(7)} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha_c = \left\{ \left(\frac{1}{E_0 I_0} + \frac{1}{E_u I_u} \right) + \frac{1}{E_0 I_0} \left(\frac{d}{2} \right)^2 + \frac{1}{E_u I_u} \left(a - \frac{d}{2} \right)^2 \right\} C \\ \beta_k = \left(\frac{1}{E_0 I_0} + \frac{1}{E_u I_u} \right) K \\ \varepsilon_c = \left\{ \frac{1}{E_0 I_0} \frac{d}{2} - \frac{1}{E_u I_u} \left(a - \frac{d}{2} \right) \right\} C \\ \gamma_c = \frac{d}{2 E_0 I_0} \cdot C \\ \gamma_k = \frac{1}{E_0 I_0} \cdot K \end{array} \right.$$

この(7)式を連立に解いて N_x, V_x が求まるから、この N_x を用いて曲げモーメント M_0, M_u あるいは、接着面の剪断力 T_x を求めればよい。

$$M_0 = \frac{E_0 I_0}{E_0 I_0 + E_u I_u} (M_x - N_x \cdot a), \quad M_u = \frac{E_u I_u}{E_0 I_0 + E_u I_u} (M_x - N_x \cdot a)$$

近似的に N_x のみを求める場合は $K = \infty$ とし(7)式より V_x を消去すれば、たとえば実荷重にたいして

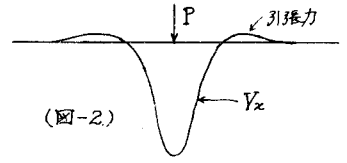
$$N_x = \bar{N}_x \left\{ 1 - \frac{\{ \sinh \omega(l-x_0) \cdot \sinh \omega x \}}{\omega x(l-x_0) \cdot \sinh \omega l} \right\} \quad \text{ただし} \quad \left\{ \begin{array}{l} \omega^2 = \left\{ \left(\frac{1}{E_0 I_0} + \frac{1}{E_u I_u} \right) + \frac{a^2}{E_0 I_0 + E_u I_u} \right\} C \\ \gamma' = \frac{a C}{E_0 I_0 + E_u I_u}, \quad \bar{N}_x = \frac{\gamma'}{\omega^2} M_x \end{array} \right.$$

という、すでに知られている不完全合成桁の式と一致する。

なお、特別な場合として $\varepsilon=0$ の場合を計算してみると、

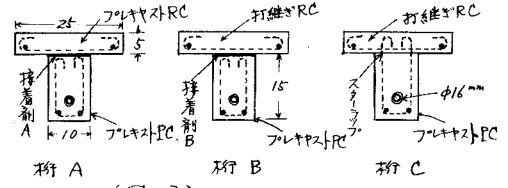
$$\frac{d^2V_x}{dx^2} + \beta_x V_x = \gamma_x \delta_x \quad \text{なる弾性基礎上の橋の場合と同じような}$$

微分方程式を解いて、荷重矢の真下の接着面には大きな圧縮力が生じ、荷重矢の近傍に小さな引張力が働くことがわかる。(図-2)



合成PC橋による一実験

合成橋に関する実験として、PC橋の上にRC橋(床版)を接着したPC合成橋の曲げ試験をおこなった。試験橋の種類は三種で橋AはフレキストPC橋の上にフレキヤストRC橋を接着剤によって



(表-1)

(図-3)

接着したもの、橋BはフレキヤストPC橋の上に接着剤を塗布しコンクリートを打継いだもの、橋Cは接着剤を用いずスターラップとコンクリートどうしの付着によってジベル作用を期待すべくコンクリートを打継いだものである。なお、橋Aに用いたコンクリート接着剤A、橋Bに用いた接着剤Bの性質を(表-1)に示す。試験橋の長さ2mで、スパンは1.8とし、曲げ試験は等分2点荷重にて載荷した。その実験結果の主な諸値および前記理論にて計算した値を(表-2)に示す。なお荷重-曲げ剛さの関係を示すと(図-4)のようになる。

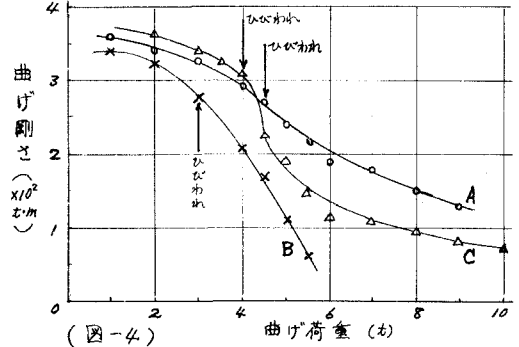
合成効果の検討

(表-2)および(図-4)でわかるように、接着剤Aを用いた橋はひびわれ発生までは十分な合成効果を示し、スターラップによるジベル作用をさせた橋Cとともに問題はないが小さなすれは生じており接着面において急激に破壊した。接着剤Bを用いた橋は早くから接着面にすれを生じ、設計荷重、ひびわれ荷重ともに30%程度低下し、破壊荷重も約1/2に落ちて大きなすれ変形を見せ破壊した。次にすれ定数Cについて調べると、設計荷重附近では橋Aで50,000 kg/cm^2 以上、橋Bで5,000 kg/cm^2 と大きな差を示し破壊時にはAが4,000~10,000 kg/cm^2 、Bが500~1000 kg/cm^2 程度となるが、これは前記理論で求めた T_x から σ_c - ε 線を各橋について書き、すれ定数を求めるための剪断強度試験結果から(図-5)を利用し求めた値とも近似する。

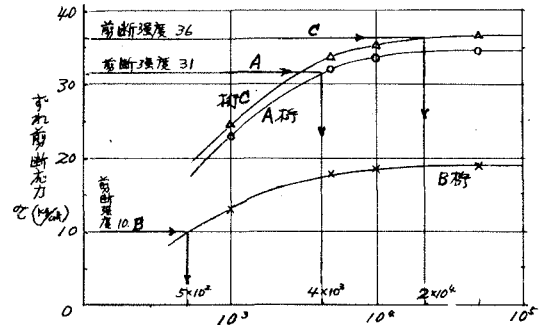
接着剤	弾度(%)		弾性係数(%)		ポアソン比	付着強度(%)	
	圧縮	曲げ	圧縮	曲げ引張		曲げ引張	剪断
A	78.8	299	379,000	3,000	0.31	29	31
B	54.7	181	-	-	0.40	31	10

(表-2)：各種時期における耐荷重(ト)

種類	時期	設計耐力	ひびわれ	破壊	備考
実験値	試験橋A	3.5	4.5	10.0	すれ破壊
	試験橋B	2.7	3.0	5.5	すれ破壊
	試験橋C	3.4	4.0	10.5	曲げ破壊
理論値	$C = \infty$ (慣用)	3.5	4.1	11.2	
	$C = 50,000 \text{ kg/cm}^2$	3.5	4.0		
	$C = 10,000$	3.1	3.6		
	$C = 5,000$	2.8	3.2		
	$C = 1,000$	2.1	2.4		



(図-4)



(図-5) すれ定数 C (kg/cm^2)