

1-1 接着合成材の2・3の性質について

愛媛大学工学部 正員 見沢繁光
呉工業高等専門学校 正員 ○並松恒英
芙蓉調査設計事務所 小林剛

1. まえがき

コンクリートと鋼桁の *Shear Connector* として接着剤を用いた合成材の施工例を見ることが出来るが、接着剤のようなせん断弾性係数の小さい材料を *Shear Connector* として使用する場合は、両部材間の接触部を永平方向のせん断に対する弾性的結合部として取り扱う必要があると考えられる。弾性結合の場合、剛結合に比べて、接触面のせん断抵抗は低下し、断面各部の軸力は減少する。さらに軸力の減少により部材モーメントの負担も変化するので、ひずみの直線性がなくなり、剛結合に比べて、コンクリート部のひずみは減少し鋼桁部のひずみは増大する。こうした事を確認しその理論的妥当性の検討のため、実際に接着剤を *Shear Connector* として製作したコンクリートと鋼桁よりなる合成材の実験結果を報告する。

2. 弾性合成による解析

両部材間の接触面のせん断力による弾性的結合の場合、いわゆるバネ定数を C (kg/cm^2) として、位置 x において、永平せん断力 T (kg/cm) が作用したとき、バネの弾性変形量を $\delta(x)$ とすると、

$$\delta(x) = \frac{T(x)}{C} \quad (1)$$

がコンクリートと鋼桁の間に生ずる。いま、長さ dx の析要素を考えたと変形条件は、

$$\frac{d\delta x_b}{dx} - \frac{d\delta x_t}{dx} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

となる。又長さ x にモーメント M が作用したとき、図-1 のようにこれを D_b , D_{sc} , M_b , M_{sc} に分割すると、

つりあい条件より

$$D_b = D_{sc} \equiv D, \quad M = M_b + M_{sc} + D \cdot a \quad (3)$$

曲率はコンクリート床版と鋼桁に対して同じになり

$$\frac{M_b}{E_b I_b} = \frac{M_{sc}}{E_{sc} I_{sc}} \quad (4)$$

接触面のコンクリートひずみ ϵ_{bl} と鋼桁ひずみ ϵ_{st} は

図-1 より

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{bl} &= \frac{d\delta x_b}{dx} = -\frac{D}{E_b F_b} + \frac{M_b}{E_b I_b} \cdot \frac{db}{2} \\ \epsilon_{st} &= \frac{d\delta x_t}{dx} = \frac{D}{E_{sc} I_{sc}} - \frac{M_{sc}}{E_{sc} I_{sc}} \cdot \left(a - \frac{db}{2}\right) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

である。 $T = \frac{dD}{dx}$ なる関係を用いると式(2), (5)より次のようになる。

$$D \left(\frac{1}{E_b F_b} + \frac{1}{E_{sc} I_{sc}} \right) - \frac{M_{sc}}{E_{sc} I_{sc}} \cdot a = \frac{1}{C} \cdot \frac{d^2 D}{dx^2} \quad (6)$$

図-1

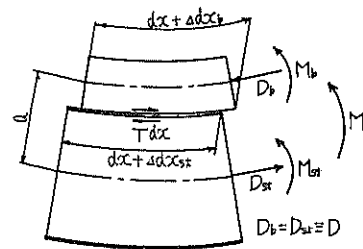
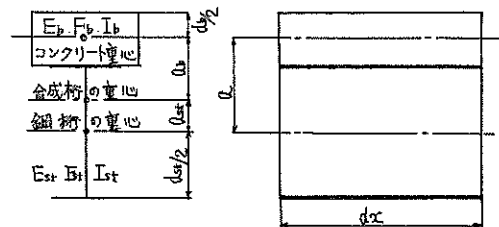


図-2 二点載荷



$0 \leq x \leq a$ のときの 軸力 D_1 せん断力 T_1
 $a \leq x \leq l/2$ のときの 軸力 D_2 せん断力 T_2
 S : 荷重 (k) l : 支間

また式 (3) と (4) より

$$\left. \begin{aligned} M_b &= \frac{E_b I_b}{E_b I_b + E_{sc} I_{sc}} (M - D \cdot \alpha) \\ M_{sc} &= \frac{E_{sc} I_{sc}}{E_b I_b + E_{sc} I_{sc}} (M - D \cdot \alpha) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

式 (7) の M と式 (6) に代入すれば、軸力 D について微分方程式を得る。

$$D'' - w^2 D = -\gamma M \quad (8)$$

w^2 , γ はつぎの如くである。

$$w^2 = C \left(\frac{1}{E_b I_b} + \frac{1}{E_{sc} I_{sc}} + \frac{\alpha^2}{E_b I_b + E_{sc} I_{sc}} \right), \quad \gamma = C \frac{\alpha}{E_b I_b + E_{sc} I_{sc}}$$

(8) の解を求めるについて、図-2 に示すような二乗載荷で実験を行った。

従って $0 \leq x \leq \alpha$ での軸力を D_1 、せん断力を T_1 、 $\alpha \leq x \leq \frac{S}{2}$ での軸力を D_2 、せん断力を T_2 とすると軸力に関する微分方程式は

$$D_1'' - w^2 D_1 = -\gamma M = -\gamma \frac{S}{2} x \quad 0 \leq x \leq \alpha \quad (9)$$

$$D_2'' - w^2 D_2 = -\gamma M = -\gamma \frac{S}{2} \alpha \quad \alpha \leq x \leq \frac{S}{2} \quad (10)$$

となり、 $D_1(\alpha=0) = 0$ 、 $D_2(\alpha=\frac{S}{2}) = 0$ 、 $D_1(\alpha) = D_2(\alpha)$ 、 $D_1'(\alpha) = D_2'(\alpha)$ の4条件より

$$D_1 = \frac{-\frac{\gamma S}{2w^2} (e^{w\alpha} - 1) \sin w x}{e^{-w\alpha} + 1} + \frac{\gamma S}{2w^2} x \quad (11)$$

$$D_2 = \frac{-\frac{\gamma S}{2w^2} (C e^{w\alpha} - C_1 + C_2 e^{-w\alpha}) \sin w x}{e^{-w\alpha} + 1} + \frac{\gamma S}{2w^2} \alpha \quad (12)$$

$$\alpha \leq x \leq \frac{S}{2}$$

せん断力は $T_1 = \alpha D_1 / \alpha$ 、 $T_2 = \alpha D_2 / \alpha$ の関係より

$$T_1 = \frac{-\frac{\gamma S}{2w} (e^{w\alpha} - 1) + e^{-w\alpha} \gamma S \sin w x}{e^{-w\alpha} + 1} + \frac{\gamma S}{2w} \quad (13)$$

$$0 \leq x \leq \alpha$$

$$T_2 = \frac{-\frac{\gamma S}{2w} (C e^{w\alpha} - C_1 + C_2 e^{-w\alpha}) \sin w x}{e^{-w\alpha} + 1} \quad (14)$$

$$\alpha \leq x \leq \frac{S}{2}$$

となる。式 (11)、(12) 式 (7) と式 (5) に代入すれば、合成桁のひずみ、応力を求めることができる。

3. 接着合成桁の製作およびバネ定数

試験体は L 型鋼 150 × 75 × 1950、コ：フリー

図-3 バネ定数の変化による軸力の分布

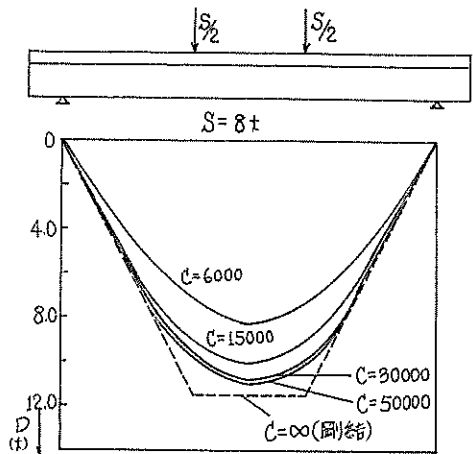


図-4 バネ定数の変化によるコンクリート下縁のひずみ分布

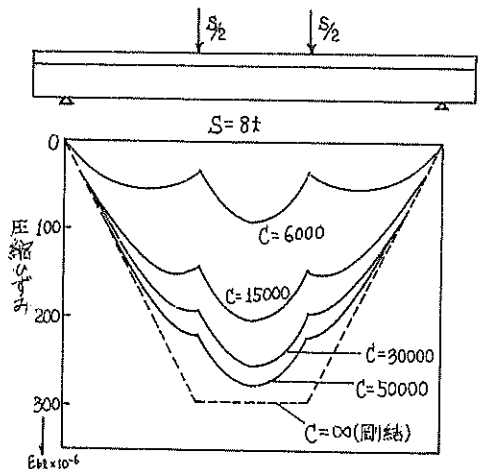
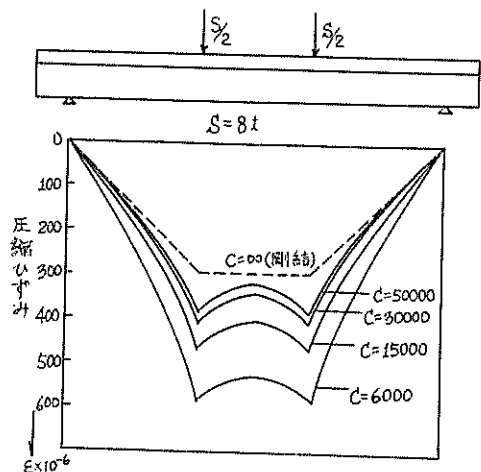


図-5 バネ定数の変化による鋼桁上縁のひずみ分布



ト版(120×60×1950)を用いた。接着剤はシ
ョーボンドF(ヤング係数 $6.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, ポアソン比
0.30)を用い、両接合面を研削し、汚れを除去した後
厚さ2mmで塗布接着し、70~80°Cで3日間の赤外
線養生を行った。載荷試験は2点載荷で行ない、ひずみ
量、タフミ量、水平方向のズレを測定した。図-6は接
着合成功の一般図、断面図を示している。

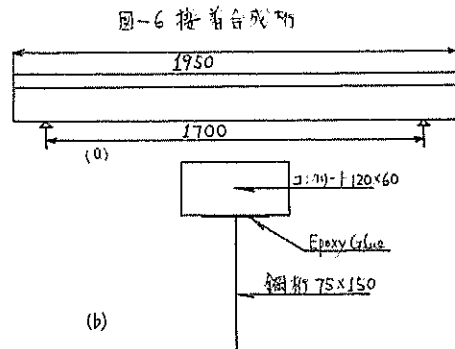


図-6 接着合成功

実用計算に用いる値を得るため、接触面のバネ定数
を図-7(a)に示すような実験を行って求めた。この実
験によると接着剤での破壊は生ずるコンクリート面が破
壊した。コンクリートの極限せん断応力は約 40 kg/cm^2
であった。縦軸に荷重、横軸にズレ量としたグラフを
図-7(b)に描くと極限せん断応力までの荷重とズレの関
係が求まる。コンクリートの極限せん断応力で直線と
みなしてバネ定数 C を求めた。接着巾 $b=7.5 \text{ cm}$ 、接着
長さ $l=15 \text{ cm}$ にしたのでその時の最大せん断力 T_{max} は
 $T_{max} = \frac{P}{2 \times l} = \frac{9000 \text{ kg}}{2 \times 15 \text{ cm}} = 300 \text{ kg/cm}$ その時のズ
レは $\delta = 0.02 \text{ cm}$ となり $C = T_{max} / \delta = 15000 \text{ kg/cm}^2$
となった。接着巾、接着剤の種類も変えて実験した。そ
の結果接着巾の増加によるズレの減少、接着剤のヤング
係数の増大によるズレの減少等を得た。

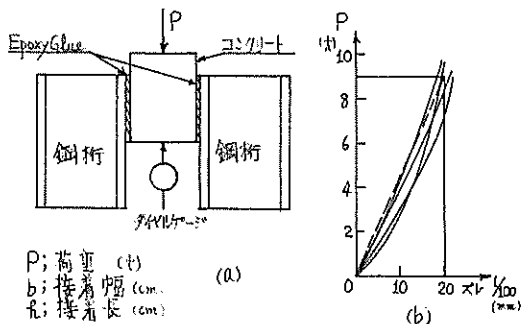


図-7 荷重-ズレ実験

4. 数値計算結果および実験結果

図-3はそれぞれのバネ定数における軸力の分布の数
値計算結果を示しており、 $C=0$ で剛結状態となる。同
様に図-4は接触面のコンクリートひずみの分布を示し
ており、図-5は接触面鋼筋のひずみ分布を示している。

これを見ると軸力の減少および部材モーメントの増大
によるひずみの変化は、コンクリート床版と鋼筋の曲げ
こわさの比によって異なる $E_b I_b < E_s I_s$ ではコンクリ
ートひずみは減少し、剛接ひずみは特に上縁で増大する。

図-8(a)(b)は上述で求めたバネ定数 $C=15000 \text{ kg/cm}^2$
を用いた理論値と実験値の比較で、スパン中央と支えから
55cmの間のひずみ分布である。理論値と実験値は比較
的に良くあっている。剛接ひずみは上縁で増大してい
ることが解り、鋼筋上縁応力が $S=8$ tのとき剛結理論値よりスパン中央で約190%増加し、支えより55cm
(載荷点附近)では約280%増加している。これは弾性合成の影響が集中荷重附近では特に著しいとい
うことを実験でも示している。鋼筋下縁では $S=8$ tのとき中央で約70%、支えより55cmでは約100%引張
力が増加している。今回の実験並びに理論的考察からバネ定数が $C=50000 \text{ kg/cm}^2$ では鋼筋下縁の引張
力が剛結と比較して約4%増加している。従ってバネ定数が $C=50000 \text{ kg/cm}^2$ 以上では剛結理論を適用しても良いと思われ
る。又接着巾を適切に増加しヤング係数の大きい接着剤を使用すれば剛結理論で取り扱うことができると
思われる。

