

# 鉄骨端部が鉄筋コンクリート中に埋め込まれた鋼コンクリート接合界面の 応力伝達機構

金本 清臣 山野辺 宏治 真瀬 伸治  
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所)

## Stress Transfer Mechanism in Steel-Concrete Interfaces of Steel Ends Embedded in Reinforced Concrete

by Kiyomi Kanemoto, Koji Yamanobe and Shinji Mase

### Abstract

The ultimate shear strength of reinforced concrete (R/C) is evaluated using a macro model consisting of truss and arch mechanisms based on plasticity theory. The arch mechanism is regarded to be formed by the compression field diagonally at both ends of an R/C member subjected to antisymmetrical moment. Since a compression field clearly forms only on one side of the steel ends embedded in an R/C member subjected to shear loads, it is difficult to identify whether or not the same arch mechanism can form in the R/C member subjected to antisymmetrical moment. This report describes experimentally how the arch mechanism is formed in the R/C member by embedded steel ends.

### 概要

鉄筋コンクリート(以下、RC と略記)部材のせん断終局耐力の評価方法の一つとして、塑性理論に基づいたトラス機構とアーチ機構からなるマクロモデルによる評価方法がある。このうちアーチ機構は、逆対称曲げを受ける部材において部材両端の圧縮領域が対角線状に結ばれることによって形成されるものと考えられている。鉄骨の一端(固定端側)が RC 部材中に埋め込まれ、他端(自由端側)にせん断力が作用する場合の RC 部材には明確な圧縮領域が固定端側の一方にしか存在しないことから、これと同様なアーチ機構が形成されるかどうかについては不明である。本報では、鉄骨の一端を RC 部材中に埋め込み、他端に正負交番繰返しせん断力を载荷させた場合の実験結果を整理・検証し、当該部材にもアーチ機構が形成されることを示す。

### §1.はじめに

RC 部材のせん断終局耐力の評価方法の一つとして、塑性理論に基づいたトラス機構とアーチ機構からなるマクロモデルによる評価方法がある。このうち、アーチ機構は、図-1(図中の $\sigma_a$ はアーチ機構によって生じる斜め圧縮応力、 $V_a$ はアーチ機構によるせん断強度を表す)に示すように逆対称曲げを受ける RC 部材において部材両端の圧縮領域が対角線状に結ばれることによって形成されるものと考えられている<sup>1)</sup>。

鉄骨の一端(固定端側)が RC 部材中に埋め込まれ、他端(自由端側)にせん断力が作用する場合の RC 部材には明確な圧縮領域が固定端側の一方にしか存在しないことから、逆対称曲げを受ける RC 部材と同様なアーチ機構が形成されるかどうかについては不明である。

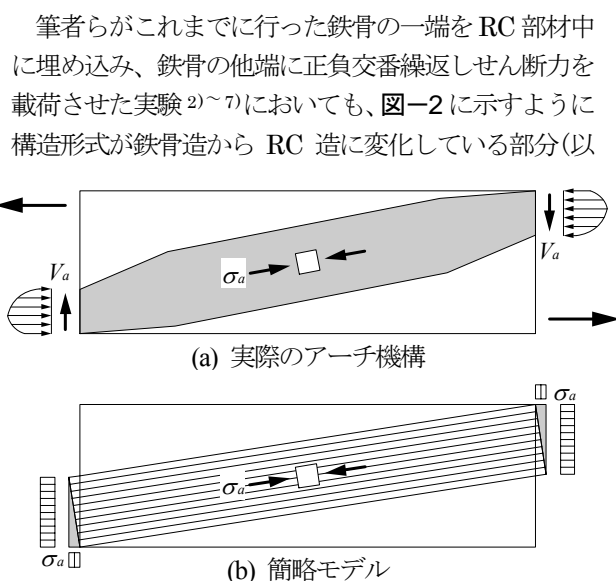


図-1 逆対称曲げを受ける RC 部材のアーチ機構

下、切替え部と呼称)に鉄骨からの入力によってコンクリートと鉄骨間に支圧力が作用し、この支圧力によって作用する摩擦力の摩擦面と RC 部材の圧縮領域を対角に結ぶように圧縮ストラットが形成されるものと考えられる。

本報では、鉄骨の一端が RC 部材中に埋め込まれ、他端にせん断力が作用する場合について、これまでの実験結果を用いて RC 部材中のコンクリートと鉄骨間の応力伝達を明らかにするとともに、当該 RC 部材にも逆対称曲げを受ける RC 部材と同様なアーチ機構が形成されることを示す。

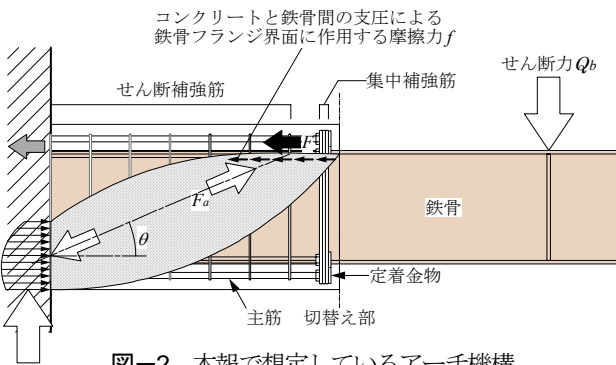


図-2 本報で想定しているアーチ機構

## §2.RC 部材のせん断終局耐力

鉄骨の一端が RC 部材中に埋め込まれ、他端に正負交番繰返しせん断力が作用する場合の RC 部材断面のせん断終局耐力提案式  $\eta$  を式(1)に示す。

式(1a)における右辺 2 項目がアーチ機構による負担せん断耐力を示す。

$$V_u = \min(V_{u1}, V_{u2}, V_{u3}) \quad (1)$$

$$V_{u1} = \mu \cdot p'_{we} \cdot \sigma_{wy} \cdot b'_e \cdot j_e + \left[ v \cdot \sigma_B - \frac{(1 + \cot^2 \phi) p'_{we} \cdot \sigma_{wy}}{\lambda} \right] \frac{b' \cdot D}{2} \tan \theta \quad (1a)$$

$$V_{u2} = \frac{\lambda \cdot v \cdot \sigma_B + p'_{we} \cdot \sigma_{wy}}{3} b'_e \cdot j_e \quad (1b)$$

$$V_{u3} = \frac{\lambda \cdot v \cdot \sigma_B}{2} b'_e \cdot j_e \quad (1c)$$

ここに、

- $V_u$  : RC 部材断面のせん断終局耐力
- $V_{u1}$  : せん断補強筋によって形成されるトラス機構と図-2 に示すアーチ機構の負担せん断力
- $V_{u2}$  : せん断補強筋とコンクリートによって形成されるトラス機構の負担せん断力

$V_{u3}$  : コンクリートによって形成されるトラス機構の負担せん断力

$\mu$  : トラス機構の角度を表す係数(式(2))

$$\mu = \cot \phi (1 - 10R'_p) \quad (2)$$

ここに、

$R'_p = R_{RC} - R_y$  : RC 部材の塑性変形角

$R_{RC}$  : RC 部材の変形角

$R_y$  : 主筋の降伏時変形角

$\cot \phi = \min(2, L_{je}/j_e)$  : トラス機構の角度

$p'_{we}$  : 鉄骨フランジ幅を控除した断面における有効せん断補強筋比

$\sigma_{we}$  : せん断補強筋の材料強度

$b'_e$  : トラス機構に關与する RC 部材断面の有効幅

$j_e$  : トラス機構に關与する RC 部材の有効せいで、外側せん断補強筋のせん断力方向への芯々間距離

$L_{je}$  : RC 部材の有効長さで、集中補強筋開始位置から固定端フェイス面までの距離

$\lambda$  : トラス機構の有効係数

$v$  : コンクリート圧縮強度の有効係数

## §3.検討方針

鉄骨の一端が RC 部材中に埋め込まれ、他端に正負交番繰返しせん断力が作用する場合の RC 部材のせん断抵抗機構(トラスおよびアーチ機構)を図-3(a)、(b)のように考える。なお、RC 部材に生じるアーチ機構は実際には図-2 のように中央部で膨らんだ形になるものと考えられるが、計算を簡単にするためここでは図-3(b)のように簡略化したモデルを考えるものとする。

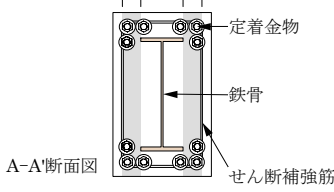
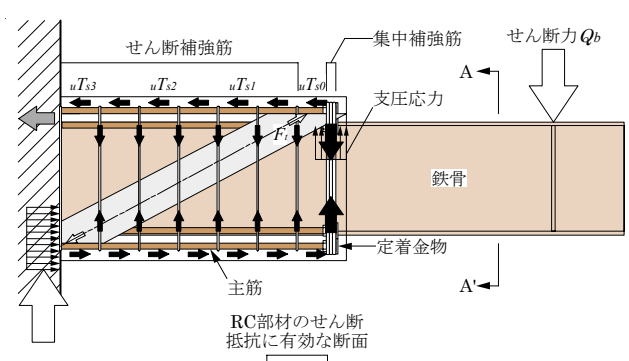
トラス機構の負担せん断力は主筋引張力の鉛直方向成分、アーチ機構の負担せん断力は鉄骨フランジ界面に作用する摩擦力の鉛直方向成分により評価する。

トラスおよびアーチ機構の鉛直方向成分の算定方法を以下に示す。

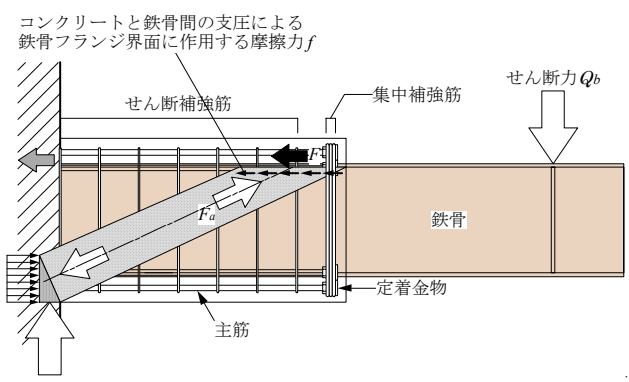
### 3.1 トラス機構の負担せん断力の算定方法

トラス機構の負担せん断力の算定方法を以下に示す。

- 1) 実験で計測された上端 1 段目コーナー筋および中央筋(以下、各主筋と呼称)のひずみ(ひずみ計測位置は図-4(a)を参照)から、鉄筋の応力-ひ



(a) トラス機構

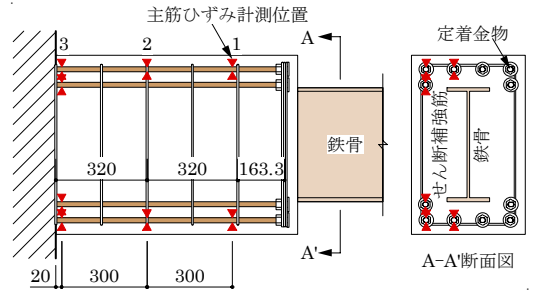


(b) アーチ機構

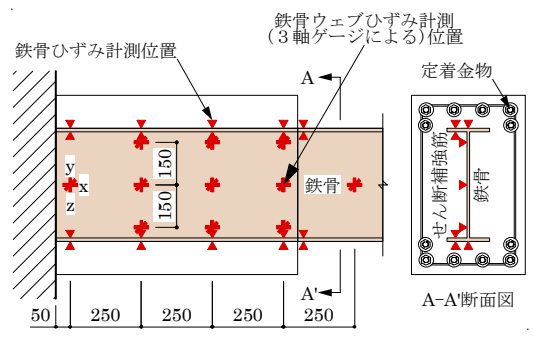
図-3 本報で想定している簡略化したトラスおよびアーチ機構

ずみ関係がバイリニア型の履歴を有するものとして主筋の引張応力度  $u\sigma_s$  を推定する。

- 2)  $u\sigma_s$  に断面積を乗じて各梁主筋のひずみ計測位置における各主筋の引張力  $uT_s$  を求める。
- 3) 各梁主筋のひずみ計測位置における  $uT_s$  から各梁筋先端部における引張力を推定する。
- 4) 各主筋のひずみ計測位置間を直線補間し、各主筋のひずみ計測位置と主筋の引張応力度の関係式(任意の位置における主筋引張応力度算定式)を求める。
- 5) 4)で求めた算定式から任意の位置における各主筋の引張力を求め、これらを合算して上端1段目主筋の全引張力  $\Sigma uT_s$  を算定する。
- 6)  $\Sigma uT_s$  にトラス機構の角度  $\tan\phi$  を乗じて、トラス機構の負担せん断力  $V_t$  を求める ( $V_t = \Sigma uT_s \cdot \tan\phi$ )。



(a) 主筋、せん断補強筋



(b) 鉄骨フランジ、ウェブ

図-4 ひずみ計測位置

### 3.2 アーチ機構の負担せん断力の算定方法

アーチ機構の負担せん断力の算定方法を以下に示す。

- 1) 実験で計測された鉄骨フランジのひずみ(ひずみ計測位置は図-4(b)を参照)から、RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメント  $M_{exp} (= \sigma \cdot Z = E \cdot \varepsilon \cdot Z)$ 、ここに、 $E$ : 鉄骨のヤング係数、 $\varepsilon$ : 鉄骨フランジのひずみ(計測値)、 $Z$ : 鉄骨の断面係数)を算定する。RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメントは2次式で表されるものと仮定し、鉄骨フランジのひずみから求めた鉄骨の負担曲げモーメントの値を用いて、切替え部では入力せん断力による曲げモーメントと RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメントが一致しなければならないという条件から2次回帰式  $M_s(x)$  を求める。
- 2) 実験で計測された RC 部材中の鉄骨ウェブのひずみ(ひずみ計測位置は図-4(b)を参照)から、鉄骨ウェブのせん断応力度を求め、この値から鉄骨の負担せん断力を算定する。RC 部材中の鉄骨の負担せん断力分布は2次式で表されるものと仮定し、鉄骨ウェブのせん断応力度から求めた鉄骨の負担せん断力を用いて、切替え部では入力せん断力と RC 部材中の鉄骨の負担せん断力が一致しなければならないという条件から 2

次回帰式  $Q_s(x)$  を求める。

- 3)  $Q_s(x)$  を RC 部材の長さ方向に積分 ( $\int Q_s(x) \cdot dx$ ) して、鉄骨の負担曲げモーメントを算定する。
- 4) 微小区間における力の釣合いから、鉄骨フランジ界面の摩擦力によって生じる偶力モーメント  $M_f(x)$  は  $M_s(x)$  から  $Q_s(x)$  による鉄骨の負担曲げモーメントを差し引くことによって求められる ( $M_f(x) = M_s(x) - \int Q_s(x) \cdot dx$ )。
- 5)  $M_f(x)$  を鉄骨フランジ芯々間距離  $h_0$  で除して鉄骨フランジ界面に沿って作用する摩擦力  $F(x)$  を求め、これにアーチ機構の角度  $\tan\theta$  を乗じてアーチ機構の負担せん断力  $V_a$  を求める ( $V_a = \{M_f(x)/h_0\} \tan\theta$ )。
- 6) 以上より、RC 部材の負担せん断力  $V$  は、トラス機構による負担せん断力  $V_t$  とアーチ機構による負担せん断力  $V_a$  の和、すなわち  $V = V_t + V_a$  で表される。

#### §4. 実験結果に基づく検証

ここでは過去の実験<sup>4)</sup>に供した試験体 H-4 を例に、全体部材角  $R$  (固定端からせん断力作用点までの距離  $L$  / せん断力作用点における鉛直変位) = +1.0%rad におけるアーチ機構の存在について §3 に示した検討方針に従って検証を行う。

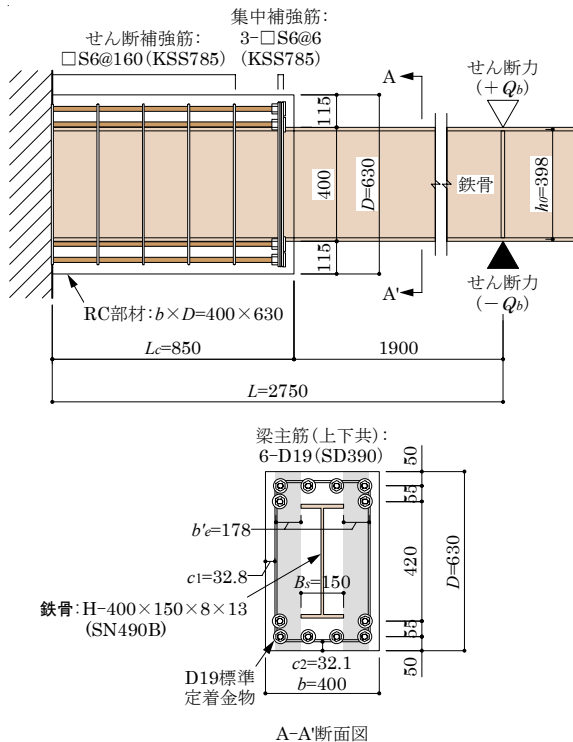


図-5 試験体 H-4 の配筋および断面図

試験体 H-4 の配筋図および断面図を図-5 に、部材寸法等諸元を以下に示す。

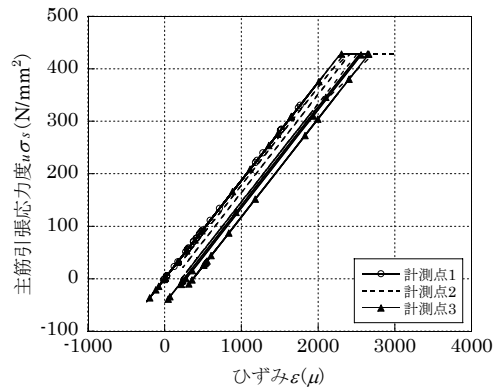
#### 【RC 部材】

全幅  $b=400\text{mm}$ 、せい  $D=630\text{mm}$ 、鉄骨フランジ幅  $B_s=150\text{mm}$ 、 $L=2750\text{mm}$ 、RC 部材の長さ  $L_c=850\text{mm}$ 、RC 部材の有効長さ  $L_{j_e}=800\text{mm} (=L_c-50)$ 、側面かぶり厚  $c_1=32.8\text{mm}$ 、上下面かぶり厚  $c_2=32.1\text{mm}$ 、せん断補強筋 S6 (径  $d_b=6.4\text{mm}$ 、KSS785)

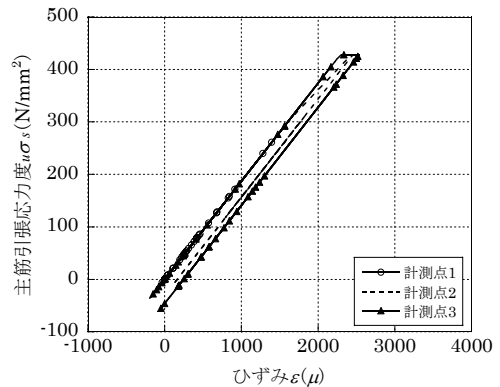
#### 【鉄骨】

H-400×150×8×13 (SN490B 材で 200mm のフランジ幅を 150mm に切断した)、 $E=2.1 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、 $Z=928091 \text{mm}^3$ 。

以上より、RC 部材の有効幅  $b_e = b - 2c_1 - d_b = 328\text{mm}$ 、鉄骨フランジ幅を控除した RC 部材の有効幅  $b'_e = b_e - B_s = 178\text{mm}$ 、 $j_e = D - 2c_2 - d_b = 559.4\text{mm}$ 、鉄骨フランジ芯々間距離  $h_0 = 400 - 13 = 387\text{mm}$ 、鉄骨ウェブ高さ  $h_w = 400 - 2 \times 13 = 374\text{mm}$  となる。



(a) コーナー筋



(b) 中央筋

図-6 主筋の引張応力推定結果

#### 4.1 トラス機構による負担せん断力の算定

上端1段目主筋(コーナー筋、中央筋:D19(SD390))の計測ひずみから鉄筋の応力-ひずみ関係がバイリニア型の履歴を有するものとして推定した結果を図-6に、主筋の引張応力推定結果を用いて求めた主筋1本あたりの引張力を図-7に示す。

図-7中に○、△で示す主筋先端部の引張力はひずみ計測位置における主筋の引張力を用いて推定した値である。

主筋の全引張力には1段目と2段目を考慮した。2段目主筋の引張力は1段目主筋の引張力の0.8倍とした。マクロモデルに基づいて構築されているRC部材のせん断終局耐力式<sup>7),8)</sup>は、鉄骨フランジ幅を控除した幅をRC部材の有効幅と考えているため鉄骨フランジ直上にある主筋の引張力は基本的に考慮する必要はないが、実際にはこの主筋もせん断抵抗に寄与していると考えられるため、本検討ではこの部分の主筋の引張力も算入して評価することとした。この考えに基づいて算定した主筋先端部の全引張力と主筋先端部の全引張力の推定結果を図-8に示す。

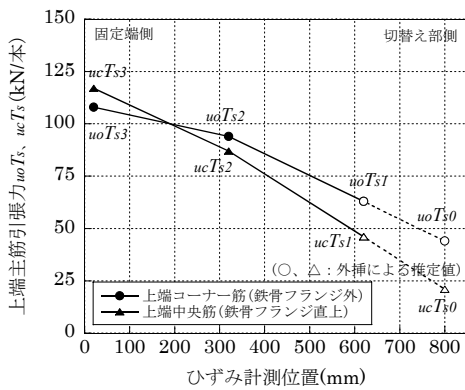


図-7 1本あたりの上端主筋(コーナー筋、中央筋)の引張力と主筋先端部の引張力の推定結果

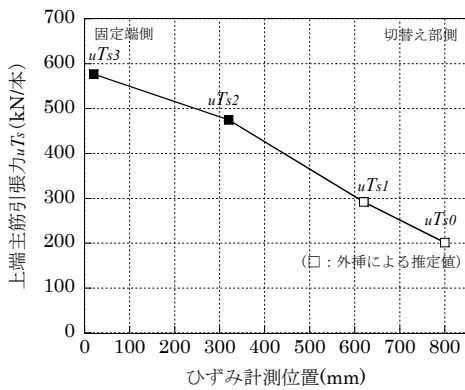


図-8 上端主筋の全引張力と主筋先端部の全引張力の推定結果

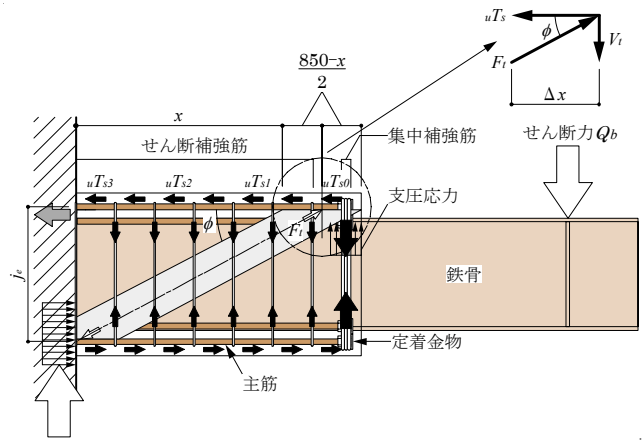
いま、固定端側から500mmの位置( $x=500\text{mm}$ )におけるトラス機構の負担せん断力を考える。この時の上端1段目コーナー主筋および中央筋の引張力 $u_o T_s$ 、 $u_c T_s$ は図-6より、それぞれ86.2kN/本、68.7kN/本となる。また、2段目主筋の引張力は1段目主筋の引張力を0.8倍して68.9kN/本となることから、この位置における主筋の全引張力 $u T_s$ は、

$$u T_s = 2u_o T_s + 2 \times 0.8 u_o T_s + 2u_c T_s = 447.7\text{kN}$$

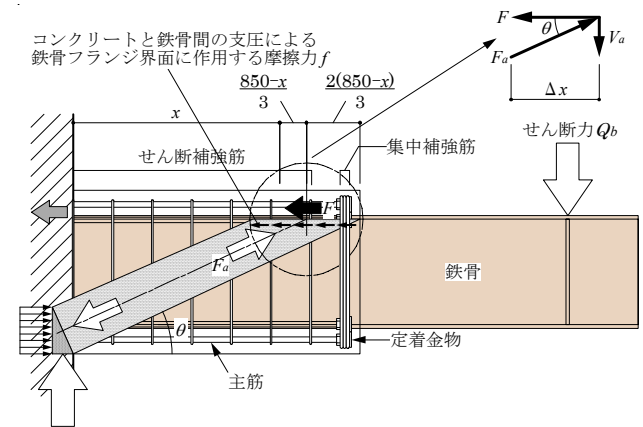
となる。

$u T_s$ には主筋の曲げによる引張力が含まれているが、この曲げがコンクリートとの付着力を介してトラス機構の負担せん断力に寄与するものと考えられるため、ここでは、主筋の曲げ成分も含めた引張力で評価するものとする。トラス機構が図-9(a)に示すように形成されるものとする、その角度 $\tan\phi$ は、

$$\begin{aligned} \tan\phi &= j_e / \{(x + (L_c - x)/2)\} \\ &= 559.4 / \{500 + (850 - 500)/2\} = 0.83 \end{aligned}$$



(a) トラス機構の角度 $\phi$



(b) アーチ機構の圧縮束の角度 $\theta$

図-9 トラス機構およびアーチ機構の角度

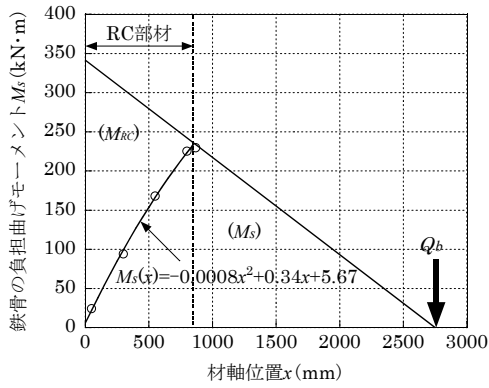


図-10 鉄骨の負担曲げモーメント

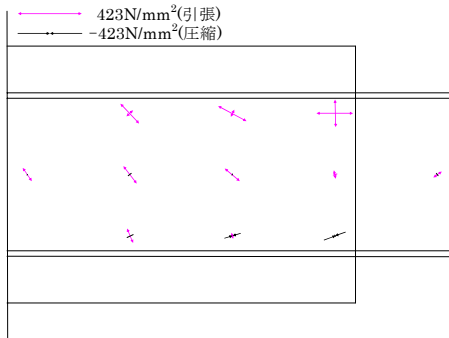


図-11 鉄骨ウェブの主応力度分布

となり、トラス機構の負担せん断力  $V_t$  は、

$$V_t = u T_s \cdot \tan \phi = 447.7 \times 0.83 = 371 \text{ kN}$$

となる。

#### 4.2 アーチ機構による負担せん断力の算定

鉄骨フランジの計測ひずみから算定した RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメント図を図-10 に示す。RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメント  $M_s(x)$  が 2 次式で表されるものと仮定し、鉄骨フランジの計測ひずみから求めた鉄骨の負担曲げモーメントの値を用いて、切替部 ( $x=850\text{mm}$ ) では入力せん断力  $Q_b$  による曲げモーメントと RC 部材中の鉄骨の負担曲げモーメントが一致しなければならないという条件から 2 次回帰式を求めると式(3)のようになる。

$$M_s(x) = -0.00008x^2 + 0.34x + 5.67 \quad (3)$$

トラス機構の負担せん断力と同様に、いま、固定端側から  $500\text{mm}$  の位置におけるアーチ機構の負担曲げモーメントは式(1)に  $x=500$  を代入して、 $M_s(500) = -153.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$  となる。

鉄骨ウェブの計測ひずみから算定した鉄骨ウェブの主応力度分布を図-11 に、鉄骨の負担せん断力図を図-12 に示す。鉄骨の負担せん断力は鉄骨ウェブの主応力度から求められるせん断応力度から算定した。鉄骨ウェブのせん断応力度は鉄骨ウェブ高さ方向の 3 断面の計測ひずみを上下のひずみ計測区間について積分して求めた。材軸方向の中央 1 点のひずみしか計測していない箇所のせん断応力度は 3 断面の計測ひずみ分布が比例するものとして求めた。図-12 において、RC 部材中の鉄骨の負担せん断力分布  $Q_s(x)$  が 2 次式で表されるものと仮定し、切替部では入力せん断力と RC 部材中の鉄骨の負担せん断力が一致しなければならないという条件から 2 次回帰式を求めると式(4)のようになる。

$$Q_s(x) = 0.0013(850-x)^2 - 1.29(850-x) + 124.2 \quad (4)$$

固定端側から  $500\text{mm}$  の位置における RC 部材中の鉄骨の負担せん断力は式(2)に  $x=500$  を代入して、 $Q_s(500) = -166.3 \text{ kN}$  となる。

$Q_s(x)$  を RC 部材の長さ方向に積分 ( $\int Q_s(x) \cdot$

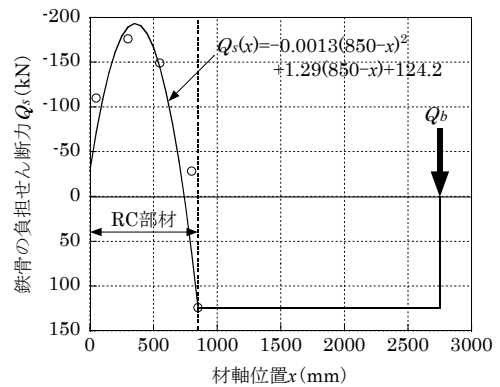


図-12 鉄骨の負担せん断力

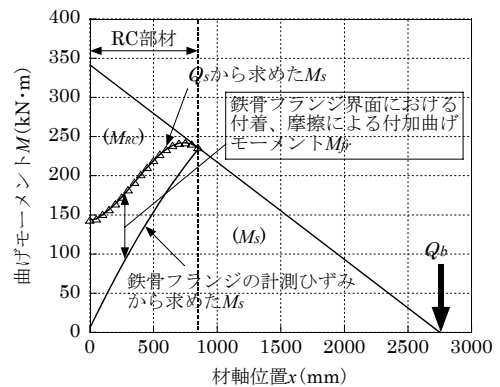


図-13 鉄骨フランジ界面の摩擦力による偶力モーメントと鉄骨の負担曲げモーメントの関係

$dx+C=\int Q_s(x) \cdot dx-143.5$ 、 $C$ ：積分定数)して鉄骨の負担曲げモーメントを求めると図-13 のようになり、 $x=500\text{mm}$  における鉄骨の負担曲げモーメントは $\int Q_s(500) \cdot dx-143.5=-219.3\text{kN}\cdot\text{m}$ となる。

鉄骨フランジ界面の摩擦力によって生じる偶力モーメント $M_{fr}(x)$ は $M_s(x)$ と $Q_s(x)$ による鉄骨の負担曲げモーメントの差、すなわち $M_{fr}(x)=M_s(x)-\int Q_s(x) \cdot dx$ で表されることから、 $x=500\text{mm}$  における $M_{fr}$ は、 $M_{fr}(500)=-153.8+219.3=65.5\text{kN}\cdot\text{m}$ となる。

鉄骨フランジ界面に沿って作用する摩擦力 $F(x)$ は、 $M_{fr}(x)$ を鉄骨フランジ芯々間距離 $h_0$ で除して、 $F(500)=65.5/0.387=169.3\text{kN}$ となる。

アーチ機構が図-9(b)に示すように形成されるものとすると、その角度 $\tan\theta$ は、

$$\tan\theta=H_w/\{L_c-(L_c-x)/3\}$$

$$=374/\{850-2 \times (850-500)/3\}=0.61$$

表-1 トラス機構およびアーチ機構の負担せん断力計算結果一覧

(a) トラス機構の負担せん断力 $V_t$

材軸位置 $x$ (mm)	コーナ 引張力 $u_oTs$ (kN/本)	中央筋 引張力 $u_cTs$ (kN/本)	2段筋 引張力 $u_oTs$ (kN/本)	上端筋 全引張力 $uTs$ (kN)	トラス角度 $\tan\phi$	トラス耐力 $V_t$ (kN)	ウェブ負担 せん断力 $Q_s$ (kN)	RC負担 せん断力 $Q_{RC}$ (kN)
850	108.5	118.5	86.8	627.6	1.32	826.1	-28.8	153.0
800	106.3	113.5	85.0	609.7	1.24	757.9	-71.8	196.0
750	104.1	108.6	83.3	592.0	1.18	697.1	-108.3	232.5
700	101.8	103.6	81.4	573.7	1.12	641.8	-138.3	262.5
650	99.6	98.6	79.7	555.8	1.07	592.2	-161.8	286.0
600	97.4	93.6	77.9	537.8	1.02	547.0	-178.8	303.0
550	95.1	88.6	76.1	519.6	0.97	505.5	-189.3	313.5
500	92.9	83.7	74.3	501.8	0.93	467.9	-193.3	317.5
450	90.7	78.7	72.6	483.9	0.90	433.1	-190.8	315.0
400	88.4	73.7	70.7	465.6	0.86	400.7	-181.8	306.0
350	86.2	68.7	69.0	447.7	0.83	371.0	-166.3	290.5
300	70.1	55.3	56.1	363.0	0.80	290.1	-144.3	268.5
250	64.9	48.5	51.9	330.6	0.77	255.1	-115.8	240.0
200	59.6	41.7	47.7	298.0	0.75	222.2	-80.8	205.0
150	54.4	34.8	43.5	265.4	0.72	191.6	-39.3	163.5
100	49.2	28.0	39.4	233.1	0.70	163.0	8.7	115.5
50	43.9	21.2	35.1	200.4	0.68	135.9	63.2	61.0
-	38.7	14.4	31.0	168.1	0.66	110.6	124.2	0.0

(b) アーチ機構の負担せん断力 $V_a$

材軸位置 $x$ (mm)	$\int Q_s \cdot dx$ (kN·m)	鉄骨負担 曲げモーメント $M_s$ (kN·m)	RC負担 曲げモーメント $M_{RC}$ (kN·m)	偶力モーメント $M_{fr}$ (kN·m)	フランジ界面 摩擦力 $F$ (kN)	アーチ角度 $\tan\theta$	アーチ耐力 $V_a$ (kN)	せん断 耐力 $V=V_t+V_a$ (kN)	$V_t/V$	$V_a/V$	$V/V_u^*$ *:式(1)による
850	-143.5	-5.7	-335.9	137.8	356.1	1.32	470.0	1296.1	0.64	0.36	2.72
800	-144.7	-22.3	-313.1	122.4	316.4	1.18	373.7	1131.6	0.67	0.33	2.37
750	-150.5	-38.5	-290.6	112.0	289.5	1.07	309.3	1006.5	0.69	0.31	2.11
700	-156.7	-54.3	-268.6	102.4	264.6	0.98	258.2	900.0	0.71	0.29	1.89
650	-164.3	-69.7	-247.0	94.5	244.3	0.90	219.2	811.4	0.73	0.27	1.70
600	-172.8	-84.7	-225.8	88.1	227.5	0.83	189.1	736.1	0.74	0.26	1.54
550	-182.0	-99.4	-204.9	82.7	213.6	0.77	165.3	670.8	0.75	0.25	1.41
500	-191.6	-113.6	-184.5	78.0	201.7	0.72	146.0	613.9	0.76	0.24	1.29
450	-201.3	-127.4	-164.5	73.9	190.8	0.68	129.8	562.9	0.77	0.23	1.18
400	-210.6	-140.8	-144.9	69.8	180.3	0.64	115.6	516.4	0.78	0.22	1.08
350	-219.3	-153.8	-125.6	65.5	169.3	0.61	102.6	473.7	0.78	0.22	0.99
300	-227.1	-166.4	-106.8	60.7	156.8	0.58	90.2	380.3	0.76	0.24	0.80
250	-233.6	-178.7	-88.4	55.0	142.1	0.55	77.8	332.9	0.77	0.23	0.70
200	-238.6	-190.5	-70.4	48.1	124.3	0.52	64.9	287.1	0.77	0.23	0.60
150	-241.6	-201.9	-52.7	39.7	102.7	0.50	51.2	242.8	0.79	0.21	0.51
100	-242.4	-212.9	-35.5	29.5	76.3	0.48	36.4	199.4	0.82	0.18	0.42
50	-240.6	-223.5	-18.7	17.1	44.3	0.46	20.3	156.2	0.87	0.13	0.33
-	-236.0	-233.7	-2.3	2.3	5.8	0.44	2.6	113.2	0.98	0.02	0.24

となり、アーチ機構の負担せん断力  $V_a$  は、  
$$V_a = F(500) \cdot \tan\theta = 169.3 \times 0.61 = 102.6 \text{ kN}$$

となる。

以上より、RC 部材の負担せん断力  $V$  はトラス機構による負担せん断力  $V_t$  とアーチ機構による負担せん断力  $V_a$  の和、すなわち  $V = V_t + V_a$  で表される。上記の考え方にに基づき、固定端側を原点とし材軸位置  $x$  をパラメータとして計算したトラス機構およびアーチ機構の負担せん断力の一覧を表-1 に示す。

計算の結果、切替え部側から約 450mm 内側に入ったところで  $V/V_u \approx 1.0$  となっていることから、RC 部材のせん断終局耐力  $V_u$  は、この位置の鉄骨フランジ裏側のコンクリート-鉄骨間に生じる摩擦力と固定端側を対角に結ぶようにトラス・アーチ機構が形成されることによって発揮されていることが確認できる。

## §5.まとめ

鉄骨の一端が RC 部材中に埋め込まれた鉄骨の他端に正負交番繰返しせん断力が作用する場合の RC 部材のせん断終局耐力を塑性理論に基づいたトラス機構とアーチ機構による既往の評価方法を準用して評価するにあたり、逆対称曲げを受ける RC 部材と同様なアーチ機構が形成されるかどうかについて筆者らが実施した既往の実験結果を用いて検証を行った。

検証の結果、鉄骨の一端が RC 部材中に埋め込まれた鉄骨の他端に正負交番繰返しせん断力が作用する場合の RC 部材においても逆対称曲げを受ける RC 部材と同様なアーチ機構が形成されることが確認できた。

### <参考文献>

- 1) 日本建築学会編：“鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説”，丸善，1999.
- 2) 中澤春生，金本清臣，真瀬伸治，山野辺宏治：“鉄筋コンクリート柱への接合端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の構造性能 その1. 構法および実験の概要”，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1，構造Ⅲ，pp.1219~1220，2008.
- 3) 金本清臣，中澤春生，真瀬伸治，山野辺宏治：“鉄筋コンクリート柱への接合端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の構造性能 その2. 耐力の評価”，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1，構造Ⅲ，pp.1221~1222，2008.
- 4) 山野辺宏治，金本清臣，真瀬伸治：“鉄筋コンクリート柱への接合端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の構造性能 その5. 高強度コンクリートおよび鋼板補強による効果”，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1，構造Ⅲ，pp.1183~1184，2009.
- 5) 金本清臣，真瀬伸治，山野辺宏治：“鉄筋コンクリート柱に接合する鉄骨梁端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の構造性能”，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.2，pp.1129~1134，2009.
- 6) 金本清臣，真瀬伸治，山野辺宏治：“鉄筋コンクリート柱への接合端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の構造性能 その6. RC 造部長さの影響”，日本建築学会大会学術講演梗概集 C-1，構造Ⅲ，pp.1275~1276，2010.
- 7) 金本清臣，真瀬伸治，山野辺宏治：“鉄筋コンクリート柱に接合された鉄骨梁端部を鉄筋コンクリートで巻いた混合構造梁構法の耐力評価”，日本建築学会構造系論文集，Vol.76，No.659，pp.205~211，2011.
- 8) 日本建築学会編：“鋼コンクリート構造接合部の応力伝達と抵抗機構”，丸善，2011.
- 9) 日本建築センター編：“シミズ Hy-ECOS 構法 (BCJ 評定-ST0119-02)”，2010.