

論文 鉄筋コンクリート柱に接合され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応力伝達機構に関する一考察

金本 清臣*1・山野辺 宏治*2

要旨：梁端部を鉄筋コンクリート（以下、RC と略記）造、中央部を鉄骨（以下、S と略記）造とした混合構造梁構法の端部 RC 造のせん断終局耐力の評価法として、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法がある。このうちアーチ機構は、逆対称曲げを受ける RC 部材の両端の圧縮領域を対角に結んで形成される圧縮ストラットによるものと考えられているが、本構法については一方に明確な圧縮領域が存在しないため、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。本論では、本構法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を示す。

キーワード：混合構造, 梁, 応力伝達, アーチ機構, トラス機構

1. はじめに

RC 部材のせん断終局耐力の評価法のひとつとして、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法がある。このうち、アーチ機構は、図-1(図中の σ_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 部材の両端の圧縮領域を対角に結んで形成される圧縮ストラットによって成立するものと考えられている¹⁾。S 梁の一端が RC 部材中に埋め込まれ、自由端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。

筆者らがこれまでに行った S 梁の端部を RC 部材中に埋め込み、S 梁の自由端に正負交番繰返しせん断力を載荷させた実験^{2)~6)}においても、図-2 に示すように構造形式が S 造から RC 造に切り替わる部分（以下、切替部と呼称）に S 梁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。

本論では、S 梁の一端が RC 部材中に埋め込まれ、自由端にせん断力が作用する場合について、既往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。

2. RC 部材のせん断終局耐力

S 梁の一端が RC 部材中に埋め込まれ、自由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⁶⁾を式(1)に示す。式(1a)の右辺 2 項

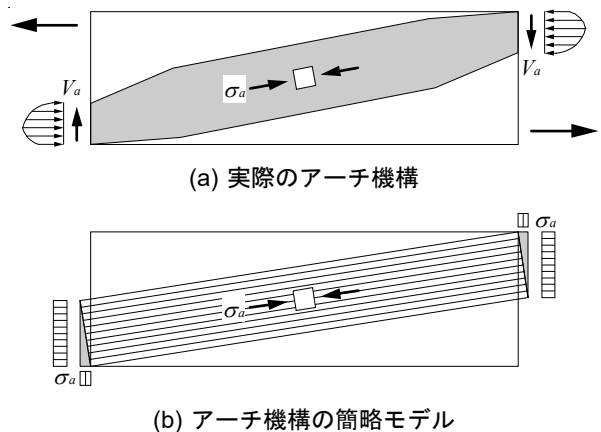


図-1 逆対称曲げを受ける RC 部材のアーチ機構

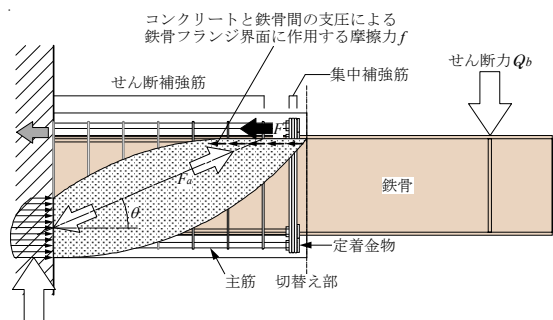


図-2 本論で想定しているアーチ機構

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

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

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

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

*1 清水建設（株） 技術研究所安全安心技術センター主任研究員 修（工）（正会員）

*2 清水建設（株） 技術研究所建設基盤技術センター上席研究員 博（工）

目がアーチ機構による負担せん断耐力を示す。

ここに、

- V_u : RC 部材断面のせん断終局耐力 (N)
- 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 (N)
- 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 (N)
- 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 (N)
- μ : 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

$$\cot \phi = \min(2, L_{je}/j_e)$$

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

σ_{wy} : せん断補強筋の材料強度 (N/mm²)

σ_B : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

b' : 鉄骨フランジ幅を控除した RC 部材の幅 (mm)

D : RC 部材のせい (mm)

b'_e : トラス機構に参与する RC 部材断面の有効幅 (mm)

j_e : トラス機構に参与する 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 (mm)

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 (mm)

λ : トラス機構の有効係数

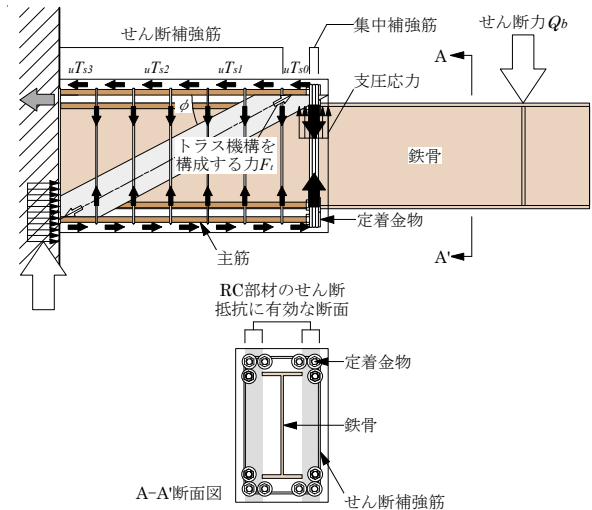
ν : コンクリート圧縮強度の有効係数

3. 検討方針

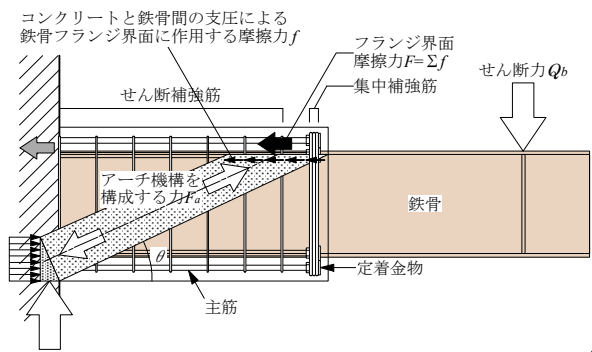
S 梁の一端が RC 部材中に埋め込まれ、自由端に正負交番繰返しせん断力が作用する場合の RC 部材のせん断抵抗機構（トラスおよびアーチ機構）を図-3(a), (b)のように考える。なお、RC 部材に生じるアーチ機構は実際には図-2 のように中央部で膨らんだ形になるものと考えられるが、計算を簡単にするためここでは図-3(b)のように簡略化したモデルを考えるものとする。

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。



(a) トラス機構



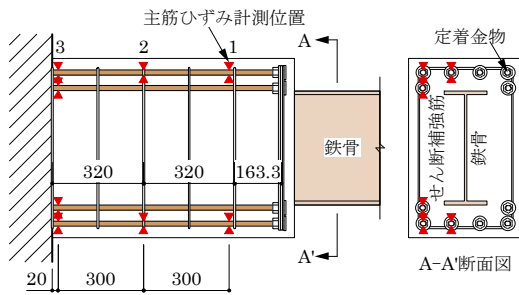
(b) アーチ機構

図-3 本論で想定している簡略化したトラスおよびアーチ機構

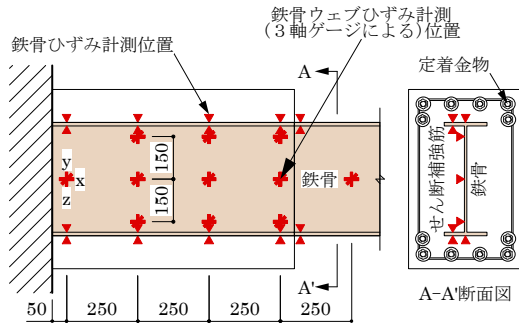
3.1 トラス機構の負担せん断力の算定方法

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 ΣuT_s を算定する。
- (6) uT_s に $\tan \phi$ を乗じて、トラス機構の負担せん断力 V_t を求める ($V_t = \Sigma uT_s \tan \phi$)。



(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

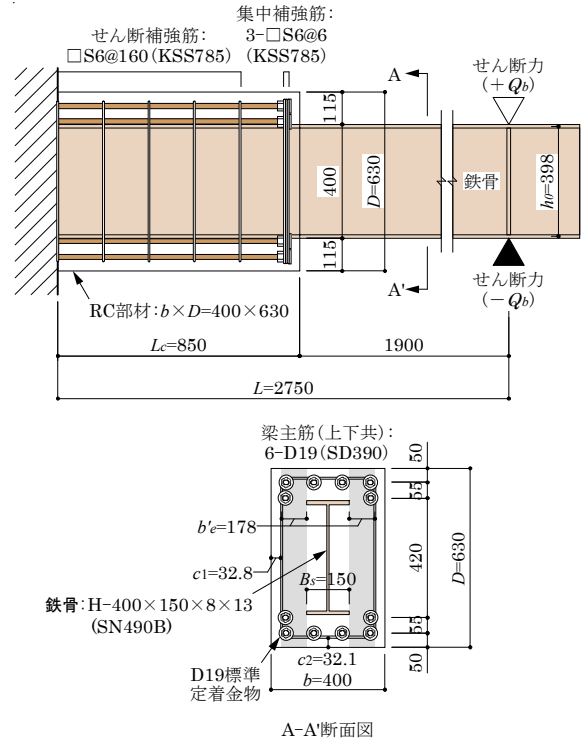


図-5 試験体 H-4 の配筋および断面図

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} ($=\sigma Z=E\varepsilon Z$, ここに、 E : 鉄骨のヤング係数, ε : 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 ($\int Q_s(x)dx$) 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 $M_{fr}(x)$ 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 ($M_{fr}(x)=M_s(x)-\int Q_s(x)dx$)。

- (5) $M_{fr}(x)$ 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 $\tan\theta$ を乗じてアーチ機構の負担せん断力 V_a を求める ($V_a=\{M_{fr}(x)/h_0\}\tan\theta$)。
- (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

ここでは既往の実験⁴⁾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) $=+1.0\%$ におけるアーチ機構の存在について 3 章に示した検討方針に従って検証を行う。

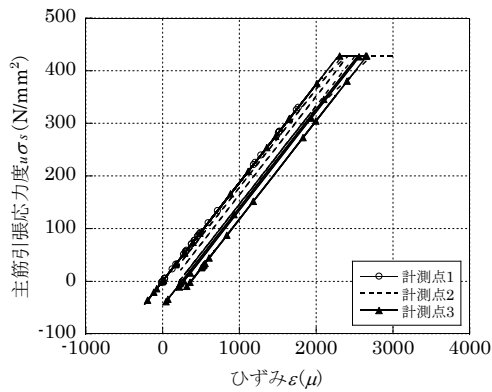
試験体 H-4 の配筋図および断面図を図-5 に、部材寸法等諸元を以下に示す。

【RC 部材】

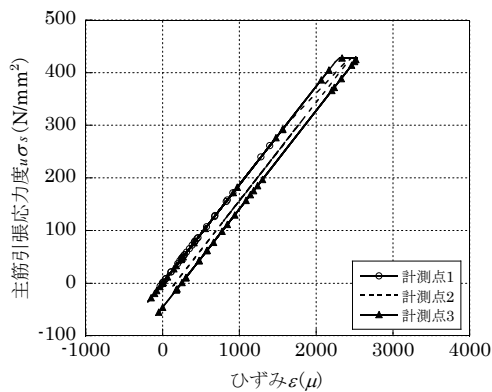
全幅 $b=400\text{mm}$, せい $D=630\text{mm}$, 鉄骨フランジ幅 $B_s=150\text{mm}$, 長さ $L=2750\text{mm}$, RC 部材の長さ $L_c=850\text{mm}$, RC 部材の有効長さ $L_{je}=800\text{mm}$ ($=L_c-50$), 側面かぶり厚 $c_1=32.8\text{mm}$, 上下面かぶり厚 $c_2=32.1\text{mm}$, せん断補強筋 S6 (径 $d_b=6.4\text{mm}$, KSS785)

【鉄骨】

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



(a) コーナー筋



(b) 中央筋

図-6 主筋の引張応力推定結果

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 $h_w = 400 - 2 \times 13 = 374\text{mm}$

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、○、△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、危険断面位置の 1 段目と 2 段目主筋のひずみの割合を参考に 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⁹⁾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。この考え方に基いて算定した

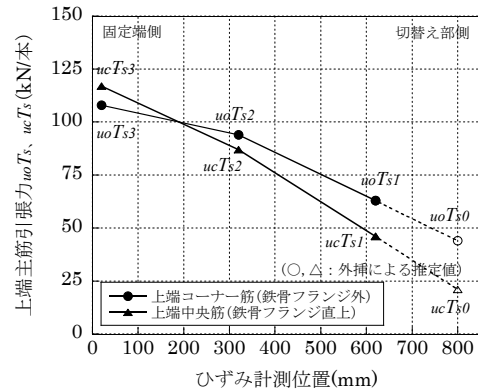


図-7 1 本あたりの上端主筋(コーナー筋、中央筋)の引張力と主筋先端部の引張力の推定結果

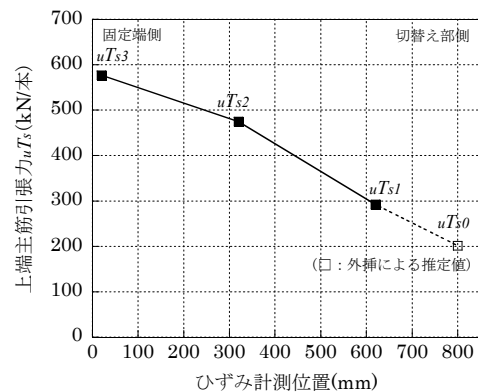


図-8 上端主筋の全引張力と主筋先端部の全引張力の推定結果

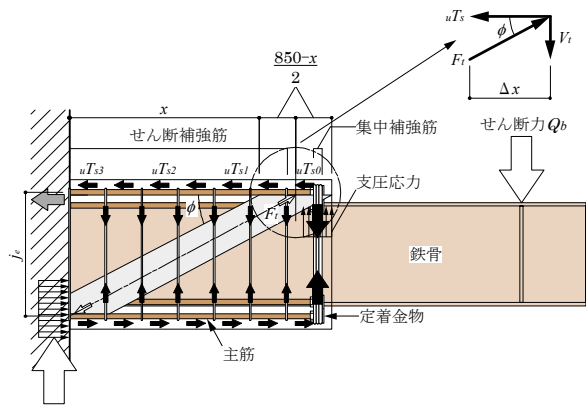
主筋先端部の全引張力と主筋先端部の全引張力の推定結果を図-8 に示す。

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_oT_s 、 u_cT_s は図-7 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 uT_s は、 $uT_s = 2u_oT_s + 2 \times 0.8u_cT_s = 447.7\text{kN}$ となる。

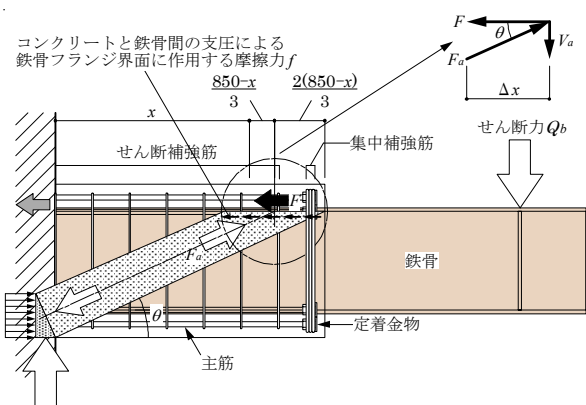
T_s には主筋の曲げによる引張力が含まれているが、この曲げがコンクリートとの付着力を介してトラス機構の負担せん断力に寄与するものと考えられるため、ここでは、主筋の曲げ成分も含めた引張力で評価するものとする。トラス機構が図-9(a)に示すように形成されるものとする、 $\tan\phi$ は、 $\tan\phi = j_e / \{(x + (L_c - x)/2)\} = 559.4 / \{500 + (850 - 500)/2\} = 0.83$ となり、トラス機構の負担せん断力 V_t は、 $V_t = uT_s \tan\phi = 447.7 \times 0.83 = 371\text{kN}$ 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



(a) トラス機構の角度 ϕ



(b) アーチ機構の圧縮束の角度 θ

図-9 トラス機構およびアーチ機構の圧縮束の角度

鉄骨の負担曲げモーメントの値を用いて、切替え部 ($x=850\text{mm}$) 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 500mm の位置におけるアーチ機構の負担曲げモーメントは式(3)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

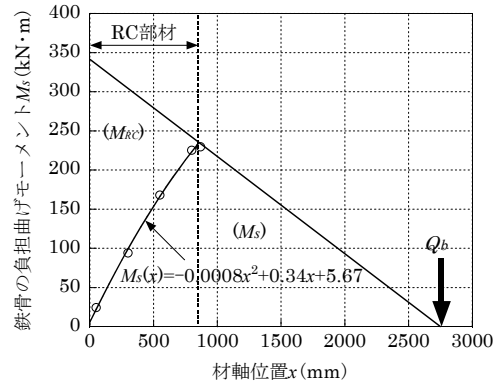


図-10 鉄骨の負担曲げモーメント

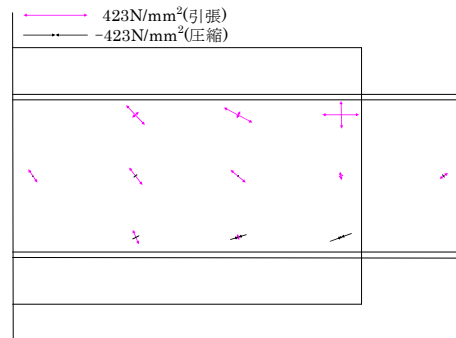


図-11 鉄骨ウェブの主応力度分布

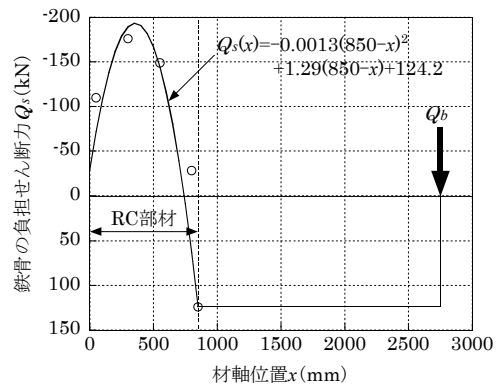


図-12 鉄骨の負担せん断力

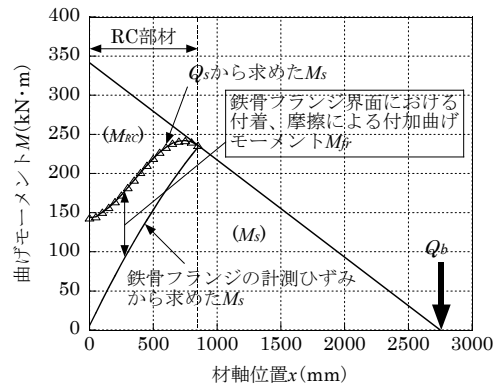


図-13 鉄骨フランジ界面の摩擦力による偶力モーメントと鉄骨の負担曲げモーメントの関係

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

材軸位置 x (mm)	(a) トラス機構の負担せん断力 V_t							(b) アーチ機構の負担せん断力 V_a											
	コーナ 引張り u_oTs (kN/本)	中央筋 引張り u_cTs (kN/本)	2段筋 引張り u_oTs (kN/本)	上端筋 全引張り uTs (kN)	$\tan\theta$	トラス耐力 V_t (kN)	クランプ 負担 せん断力 Q_s (kN)	RC負担 せん断力 Q_{RC} (kN)	$\int Q_s \cdot dx$ (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_F (kN·m)	フランジ 界面 摩擦力 F (kN)	$\tan\theta$	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(4)による
850	108.5	118.5	86.8	627.6	1.32	826.1	-28.8	153.0	-143.5	-5.7	-335.9	137.8	356.1	1.32	470.0	1296.1	0.64	0.36	2.72
800	106.3	113.5	85.0	609.7	1.24	757.9	-71.8	196.0	-144.7	-22.3	-313.1	122.4	316.4	1.18	373.7	1131.6	0.67	0.33	2.37
750	104.1	108.6	83.3	592.0	1.18	697.1	-108.3	232.5	-150.5	-38.5	-290.6	112.0	289.5	1.07	309.3	1006.5	0.69	0.31	2.11
700	101.8	103.6	81.4	573.7	1.12	641.8	-138.3	262.5	-156.7	-54.3	-268.6	102.4	264.6	0.98	258.2	900.0	0.71	0.29	1.89
650	99.6	98.6	79.7	555.8	1.07	592.2	-161.8	286.0	-164.3	-69.7	-247.0	94.5	244.3	0.90	219.2	811.4	0.73	0.27	1.70
600	97.4	93.6	77.9	537.8	1.02	547.0	-178.8	303.0	-172.8	-84.7	-225.8	88.1	227.5	0.83	189.1	736.1	0.74	0.26	1.54
550	95.1	88.6	76.1	519.6	0.97	505.5	-189.3	313.5	-182.0	-99.4	-204.9	82.7	213.6	0.77	165.3	670.8	0.75	0.25	1.41
500	92.9	83.7	74.3	501.8	0.93	467.9	-193.3	317.5	-191.6	-113.6	-184.5	78.0	201.7	0.72	146.0	613.9	0.76	0.24	1.29
450	90.7	78.7	72.6	483.9	0.90	433.1	-190.8	315.0	-201.3	-127.4	-164.5	73.9	190.8	0.68	129.8	562.9	0.77	0.23	1.18
400	88.4	73.7	70.7	465.6	0.86	400.7	-181.8	306.0	-210.6	-140.8	-144.9	69.8	180.3	0.64	115.6	516.4	0.78	0.22	1.08
350	86.2	68.7	69.0	447.7	0.83	371.0	-166.3	290.5	-219.3	-153.8	-125.6	65.5	169.3	0.61	102.6	473.7	0.78	0.22	0.99
300	70.1	55.3	56.1	363.0	0.80	290.1	-144.3	268.5	-227.1	-166.4	-106.8	60.7	156.8	0.58	90.2	380.3	0.76	0.24	0.80
250	64.9	48.5	51.9	330.6	0.77	255.1	-115.8	240.0	-233.6	-178.7	-88.4	55.0	142.1	0.55	77.8	332.9	0.77	0.23	0.70
200	59.6	41.7	47.7	298.0	0.75	222.2	-80.8	205.0	-238.6	-190.5	-70.4	48.1	124.3	0.52	64.9	287.1	0.77	0.23	0.60
150	54.4	34.8	43.5	265.4	0.72	191.6	-39.3	163.5	-241.6	-201.9	-52.7	39.7	102.7	0.50	51.2	242.8	0.79	0.21	0.51
100	49.2	28.0	39.4	233.1	0.70	163.0	8.7	115.5	-242.4	-212.9	-35.5	29.5	76.3	0.48	36.4	199.4	0.82	0.18	0.42
50	43.9	21.2	35.1	200.4	0.68	135.9	63.2	61.0	-240.6	-223.5	-18.7	17.1	44.3	0.46	20.3	156.2	0.87	0.13	0.33
-	38.7	14.4	31.0	168.1	0.66	110.6	124.2	0.0	-236.0	-233.7	-2.3	2.3	5.8	0.44	2.6	113.2	0.98	0.02	0.24

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500mmの位置におけるRC部材中の鉄骨の負担せん断力は式(4)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 ($\int Q_s(x)dx + C = \int Q_s(x)dx - 143.5$, 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 $\int Q_s(500)dx - 143.5 = -219.3\text{kN}\cdot\text{m}$ 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 $M_F(x)$ 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 $M_F(x) = M_s(x) - \int Q_s(x)dx$ で表されることから、 $x=500\text{mm}$ における M_F は、 $M_F(500) = -153.8 + 219.3 = 65.5\text{kN}\cdot\text{m}$ 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、 $M_F(x)$ 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、 $\tan\theta$ は、 $\tan\theta = H_w / \{L_c - (L_c - x)/3\} = 374 / \{850 - 2(850 - 500)/3\} = 0.61$ となり、アーチ機構の負担せん断力 V_a は、 $V_a = F(500)\tan\theta = 169.3 \times 0.61 = 102.6\text{kN}$ 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、 $x=350\text{mm}$ で $V/V_u = 1.0$ となっていることから、RC部材のせん断終局耐力⁶⁾は、切替え部側から約500mm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ることが確認できる。

5. まとめ

既往の実験結果を用いて検証した結果、S梁の一端がRC部材中に埋め込まれ、S梁の自由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された。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、丸善、1999.9
- 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, 2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1219-1222, 2008.9
- 3) 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）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1183-1184, 2009.8
- 4) 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, 2009.7
- 5) 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）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1275-1276, 2010.9
- 6) 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, 2011.1