

(102) 埋設型枠工法の開発 (一体化試験)

川田建設(株) 開発部 正会員 ○ 劉 新元  
 川田建設(株) 工事本部 正会員 徳岡 昭夫  
 川田建設(株) 開発部 正会員 佐野 ユミ子  
 川田建設(株) 技術部 正会員 小林 泰一郎

1. はじめに

橋梁の床版などの構造部材に、セメント押し出し成形版のKKフォームを埋設型枠として適用する場合、場所打ちコンクリートと一体となって挙動する、構造体の圧縮側あるいは引張側に配置した場合に有効断面やかぶりとして見なすことができるか否か、KKフォーム自体の持つ異方性による配置方向への影響があるか否かなど、の点を確認しておく必要がある。

それで、今回は、KKフォームを用いた構造体の特性などの基礎データを把握することを目的として、静載荷試験を行い、KKフォームを用いたRC梁の静的挙動を比較検討した結果について報告する。

2. 試験概要

(1) 試験体の概要

試験体は、長さ4.2m、断面を30×60cmのRC梁モデルとした。KKフォームの配置位置(引張側、圧縮側とウェブ両側)と配置方向(リブ方向、リブ直角方向)をパラメータとする7タイプと、比較用としたKKフォームを配置しないプレーン試験体2タイプの計9体の試験体を製作した。そのうち、曲げ試験体が6タイプ、せん断試験体が3タイプとする。写真-1に試験体の製作状況を示す。合板型枠上にある白色のものはKKフォームであり、写真の左側がリブ直角方向の試験体である。試験体の諸元を表-1に示す。また、KKフォーム試験体の寸法形状を図-1に示す。試験体の断面図には、リブ方向タイプのみを示した。鉄筋のかぶりは、表面から35mmとしているが、KKフォームが介在することで、鉄筋の附着性状に影響がないことを鉄筋引抜き試験により確認している。

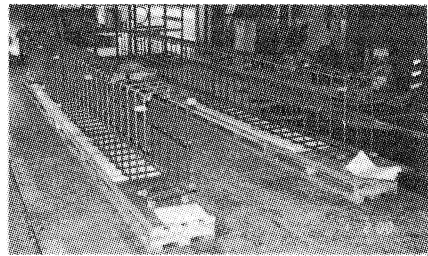
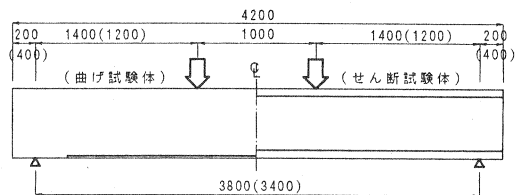


写真-1 試験体製作状況



括弧内は、せん断試験体形状寸法です。

表-1 試験体諸元

項目	諸元
鉄筋のかぶり	35mm
KKフォームの配置方法	梁軸に対し、リブ方向、リブ直角方向に配置
KKフォームの厚さ	20mm(凸部)、10mm(凹部)
コンクリートの打設方向	KKフォームの裏面(リブ)に向かって打設
鉄筋量	0.6%
KKフォームに作用する力	圧縮応力および引張応力
KKフォームの目地間隔	嵌合目地(465mm)、および目地無し

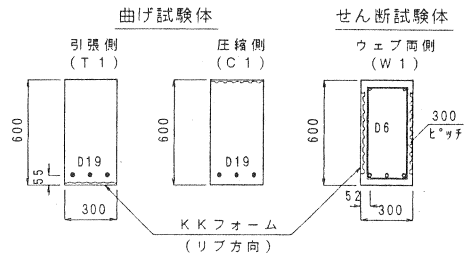


図-1 試験体形状

(2)使用材料

使用した材料は、各タイプとも共通とし、コンクリートは最大骨材寸法20mm、スランプ8cm、目標圧縮強度 24N/mm<sup>2</sup>の早強コンクリートである。試験体と円柱供試体は、打設後から載荷試験日まで気乾(現場)養生を行った。試験開始時におけるコンクリートの圧縮強度は円柱供試体により確認することとし、その結果を表-2に示す。また、KKフォームのリップ方向の材料強度を示す。

表-2 材料試験結果

材料		圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	曲げ	18.3	2.0	—	21.8
	せん断	24.0	2.4	—	23.6
KKフォーム	—	—	12.5	—	17.1
	—	58.8	—	—	16.5
	—	—	—	13.8	21.6

(3)測定項目および試験方法

測定項目は、コンクリートと鉄筋とKKフォームのひずみおよびたわみとした。また、破壊に至るまでのひび割れ状況とひび割れ幅の変化、KKフォームの剝離状況の観察などを行った。

表-3 コンクリート割裂破壊荷重

		コンクリートの割裂破壊荷重(kN)			
		No. 1	No. 2	No. 3	平均値
コンクリートのみ		77.6	80.6	70.1	76.1
KKフォーム 複合部材	リップ方向	89.5	85.0	79.4	84.6
	リップ直角	88.9	90.8	87.5	89.1

曲げ載荷試験は、ひび割れ発生前(step1)、鉄筋の許容応力度(180N/mm<sup>2</sup>)となる荷重(step2)で、3回繰返し載荷後、破壊(step3)まで載荷した。せん断載荷試験は、ひび割れ発生前(step1)、コンクリートが負担できる平均せん断応力度(0.39N/mm<sup>2</sup>)とせん断補強鉄筋の許容応力度(180N/mm<sup>2</sup>)となる荷重(step2)で、3回繰返し載荷後、破壊(step3)まで載荷した。

KKフォーム複合部材 (リップ方向)      コンクリート部材 (リップ直角方向)

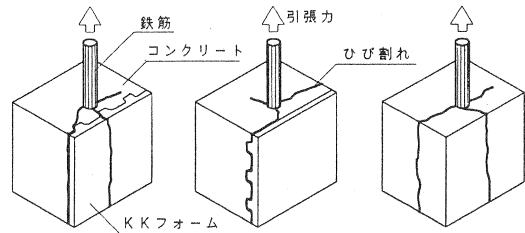


図-2 鉄筋引抜によるひび割れ状況

3. 試験結果および考察

3.1 鉄筋引抜き試験

試験体は、KKフォーム2タイプ(リップ方向とリップ直角に配置)とブレンの3タイプとした。鉄筋のかぶり厚は、3タイプとも同じく表面から35mmとした。表-3に、鉄筋の偏心引抜き試験によるコンクリートの割裂破壊荷重を示す。KKフォームを用いた試験体は、ブレン試験体と同等な耐力を有することがわかる。表面からのかぶり厚が35mm以上あれば、KKフォームが介在することで、鉄筋の付着性状に影響がないことを確認できる。割裂破壊時におけるひび割れ形態を図-2に示す。

表-4 曲げ載荷試験結果一覧表

		計算値	ブレン	KKフォーム配置				
				引張側			圧縮側	
				リップ方向		リップ直角	リップ方向	リップ直角
				目地有り	目地無し	目地有り	目地有り	目地有り
		RC	T1	T3	T2	C1	C2	
ひび割れ発生 荷重(kN)	コンクリート	42	45	45	50	45	45	45
	目地部	—	—	45	—	45	—	—
	一般部	—	—	150	100	90	—	—
引張鉄筋降伏荷重(kN)		222	280	250	280	280	285	285
終局荷重( $\epsilon_s = 3500 \mu$ )(kN)		274	367	309	334	322	325	332
最大(破壊)荷重(kN)		—	385	390	390	390	386	410
破壊形態		—	曲げ引張破壊					
ひび割れ状況 (本数)	許容応力度時	—	3	2	2	5	6	5
	終局時	—	18	15	13	17	11	13

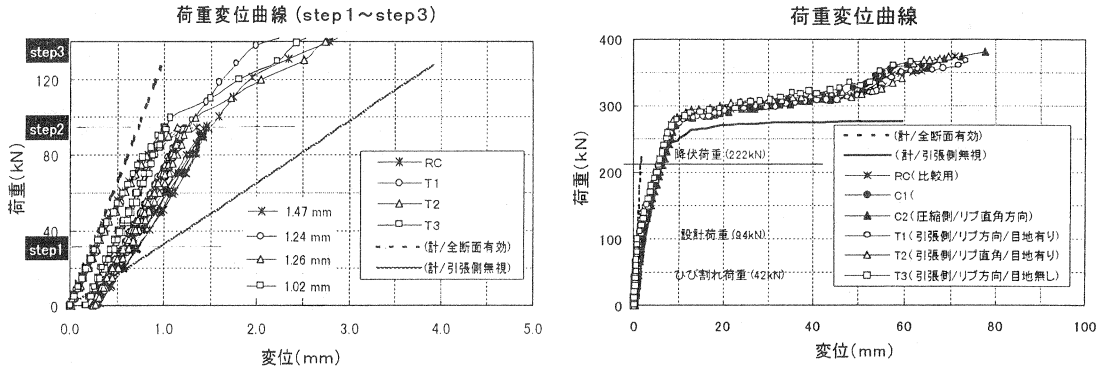


図-3 荷重変位曲線

3.2 曲げ載荷試験

表-4に、曲げ載荷試験結果の一覧表を示す。KKフォーム試験体がプレーン試験体とほぼ同等な耐力を有することがわかり、KKフォームを配置することによる曲げ耐力の低下などの現象は認められない。破壊形態については、各試験体とも曲げ引張破壊であった。また、KKフォームの配置方向による破壊状況の違いも認められなかった。

(1)変位性状

荷重変位曲線を図-3に示す。KKフォームを用いた試験体は、プレーン試験体とほぼ同様な変位性状を示す。また、各試験体とも、荷重step1およびstep2の曲線の勾配がそれぞれ全断面有効状態および引張側無視の計算値とよく一致する。

(2)ひずみ分布

図-4は、step1荷重および引張鉄筋降伏前の荷重状態における断面内のひずみ分布を示したものである。各試験体とも、ひずみ曲線が断面内でほぼ直線分布を示し、全断面有効および引張側無視の計算値とよく一致する。また、step2荷重における断面内ひずみ分布は、全断面有効と引張側無視の中間状態を示した。

(3)KKフォームの挙動

KKフォームを用いた試験体は、プレーン試験体に比べて引張側では、引張強度が大きいことより、ひび割れの発生するタイミングが遅れることと、ひび割れ本数が少ない傾向にある。また、圧縮側では、最終的に純曲げ区間内の広い範囲に同時に圧縮破壊が生じる傾向にある。これは、KKフォームの材質の均一性によることと推察される。

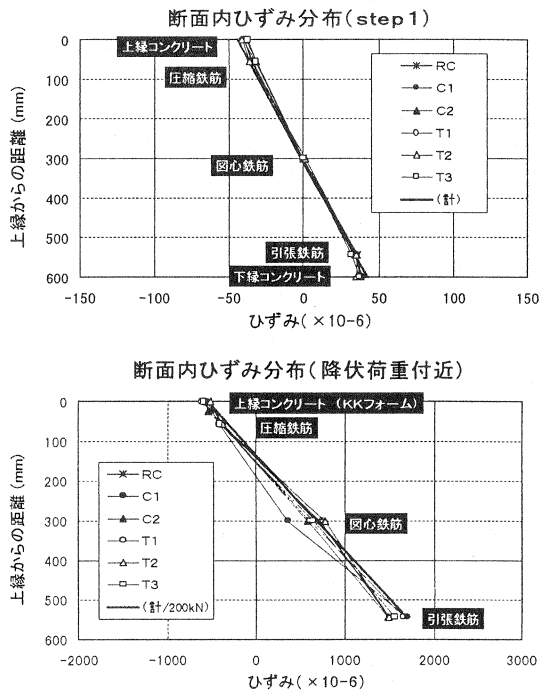


図-4 断面内ひずみ分布

表-5 せん断試験結果一覧表

	計算値	KKフォーム配置		
		プレーン	ウェブ両側	
			リップ方向	リップ直角
			目地なし	目地あり
	RC	W1	W2	
せん断ひび割れ荷重	188	270~290	310~320	320~340
せん断補強筋降伏荷重	260	320~380	370~390	380~400
破壊形態	—	せん断圧縮	斜め引張	下縁鉄筋付着

単位:(kN)

### 3.3 せん断載荷試験

せん断載荷試験結果の一覧表を表-5に示す。KKフォーム試験体は、プレーン試験体とほぼ同等な耐力を有することがわかる。

破壊形態については、W1試験体が斜めひび割れ発生直後に急に耐荷力を失い、典型的なせん断破壊であったのに対し、W2試験体が斜めひび割れ発生後、直ちに耐荷力を失うことなく、ひび割れがさらに引張鉄筋に沿って支点方向に進展して、最終的に下縁鉄筋が付着切れ破壊を起した。

#### (1) 主ひずみ曲線

図-5は、せん断スパン中央断面の断面図心位置における設計荷重時の主ひずみ曲線を示したものである。せん断ひび割れ発生前においては、KKフォーム試験体はプレーン試験体と同様に、主ひずみ曲線が計算値の曲線勾配とよく一致する。荷重に対してKKフォームはコンクリートと一体となり挙動し、コンクリート断面のせん断耐力にも寄与することがわかる。

#### (2) せん断耐力

図-6は、各試験体のせん断補強鉄筋の荷重ひずみ曲線を示したものである。各試験体とも、せん断ひび割れ発生荷重及びせん断補強鉄筋の降伏荷重が計算値を上回ることから、KKフォーム試験体は、プレーン試験体と同等であること、また、構造部材として適用する場合に十分機能できると言える。

主ひずみ曲線(step1~step2)

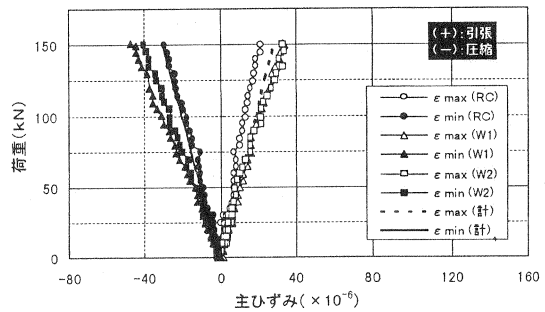


図-5 主ひずみ曲線

せん断補強鉄筋ひずみ曲線

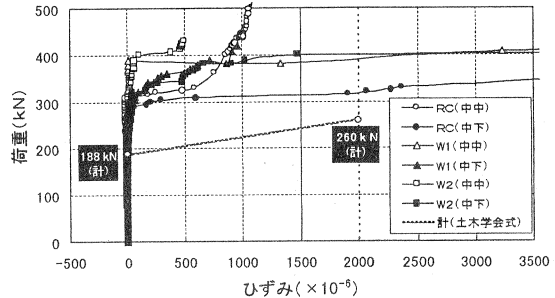


図-6 せん断補強鉄筋ひずみ曲線

### 4. まとめ

今回の実験で、KKフォーム試験体がプレーン試験体に比べ、曲げ耐力およびせん断耐力の低下がなく、構造上有害となるようなひび割れが生じなく、終局時に達してもKKフォームの剥落も起きないなどの試験結果から、KKフォームを埋設型枠に適用する場合、次のような結論を得た。

- 1) 構造体の圧縮側に適用した場合、部材の有効断面として考慮できる。
- 2) 構造体の引張側に適用した場合、部材のかぶりとして考慮できる。KKフォームの引張強度が大きいので、同一断面のRC部材に比較すると、曲げひび割れ発生荷重が大きくなる傾向にあり、また、応力分布状態を勘案し、目地部の間隔を適当に設定することにより、ひび割れコントロール設計を行うことができる。
- 3) 構造体の側面に適用した場合、部材の有効断面として考慮できる。

### 参考文献

- 1) 徳岡・劉・渡部：壁高欄も急速施工～プレキャスト埋設型枠工法～、川田技報、Vol. 17, 1998.
- 2) 渡部・徳岡・劉・大田：埋設型枠を用いた道路橋壁高欄の合理化施工、第9回PCシンポジウム論文集
- 3) 道路示方書・同解説 I 共通編 IIIコンクリート橋、日本道路協会、H6.2
- 4) コンクリート標準示方書～設計編～、土木学会、平成8年度版