

V - 159

連続繊維補強材を緊張材として用いたP C梁のせん断特性

住友建設 技術研究所 中井 裕司
住友建設 大阪支店 小田切 隆幸
大林組 技術研究所 岡野 素之

1. はじめに

近年、コンクリート部材の補強材として高強度、軽量、非磁性であり耐腐食性に優れている連続繊維補強材が注目され、様々な利用方法について各方面で研究されている。連続繊維補強材を用いたコンクリート梁の曲げ耐力はほぼ従来の曲げ理論に従うことが明かであるが、せん断耐力については研究例も少なく、既存の式をそのまま適用できるかは疑問である。そこで、本研究はせん断補強筋のない梁の緊張材としてアラミド繊維、炭素繊維緊張材に加えP C鋼より線を用い、緊張材の弾性係数および断面積の相違とプレストレス量の相違に着目し、せん断補強筋のない梁のせん断特性およびその耐力を検討することを目的として行った。

2. 実験概要

使用した緊張材は表-1に示すアラミド繊維、炭素繊維緊張材およびP C鋼より線の3種類である。また、コンクリートは早強ポルトランドセメントを用い、その目標圧縮強度を500kgf/cm²とした。供試体の諸元を表-2に示す。実験変数は緊張材の種類、プレストレス量、緊張材の量である。プレストレスは、アラミド緊張材の規格引張強度の0%, 20%, 40%および60%とした。供試体はT型断面で桁高500mm、上フランジ幅450mm、ウェブ幅100mm、有効高さ450mmである。載荷方法および測定項目を図-1に示す。支間長3000mmの単純支持とし、せん断スパン比を2.5とする対称4点載荷とした。載荷方法は変位制御により行い、曲げひび割れが断面図心を越えた時点、明確なせん断ひび割れが発生した時点で除荷し、以後破壊まで単調に載荷した。測定項目は、荷重、梁のたわみ、緊張材の滑り込み、上縁コンクリート圧縮歪、下縁コンクリート引張歪、曲げおよびせん断ひび割れ幅、せん断スパン中央部におけるコンクリート表面主応力を測定した。さらに、画像変位計測システムにてせん断スパン中央部のウェブ300×300mmの4点の2次元変位を測定した。

表-1 緊張材の力学的特性値

	公称直径 (mm)	公称断面積 (mm ²)	降伏強度 (kgf/mm ²)	規格引張強度 (kgf/mm ²)	引張強度 (kgf/mm ²)	弾性係数 (kgf/mm ²)
アラミド緊張材	4×φ6	113.0	-	180	220	5400
炭素緊張材	15.2	113.6	-	179	220	14000
P C鋼より線	12.7	98.7	160	190	197	19700

表-2 供試体の諸元

No.	供試体名	緊張材	断面積 (cm ²)	実緊張 材比*4	弾性係 数比	プレスト レス量 (tf)	a/d
1	A06	アラミド	3.39	0.074	0.27	43.0	2.5
2	A04	アラミド	3.39	0.074	0.27	29.0	2.5
3	A02	アラミド	3.39	0.074	0.27	14.0	2.5
4	A00	アラミド	3.39	0.074	0.27	0.0	2.5
5	A04D	アラミド	6.78	0.147	0.27	29.0	2.5
6	C04	炭素	3.41	0.074	0.70	29.0	2.5
7	C00	炭素	3.41	0.074	0.70	0.0	2.5
8	S04	P C鋼より線	2.96	0.074	1.00	29.0	2.5
9	S00	P C鋼より線	2.96	0.056	1.00	0.0	2.5

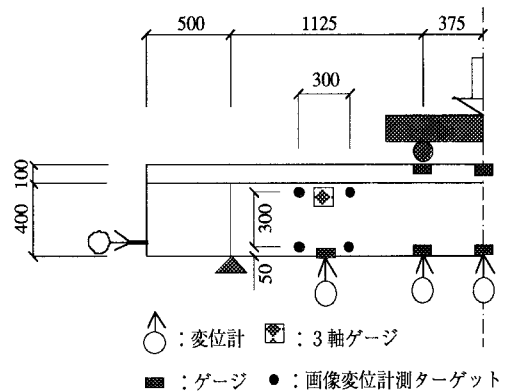


図-1 載荷方法と計測項目

3. 実験結果と考察

実験結果の一覧を表-3に示す。せん断耐力の計算値は下記の式により算出した。なお、コンクリートの負担するせん断耐力を算出する際、弾性係数による緊張材断面積の換算は行っていない。

$$P_{sc} = 2 (V_c + V_p) \quad (1)$$

$$V_c = 0.94 f_c^{1/3} (100 p_w)^{1/3} (100/d)^{1/4} \{0.75 + 1.4/(a/d)\} b d \quad (2)$$

$$V_p = 2 M_0/a \quad (3)$$

3.1 破壊およびひび割れ性状

S00以外の全ての供試体が、急激な斜め引張せん断破壊であった。なお、破壊時において、炭素緊張材の場合は緊張材が破断し、アラミド緊張材の場合は支間の下縁かぶりコンクリートが全て崩落し、P C鋼より線の場合は緊張材の滑りが認められた。曲げひび割れ発生荷重はほぼ計算値と一致した。せん断ひび割れ発生荷重はプレストレスが0のシリーズを除き一致した。0のシリーズのせん断ひび割れ発生荷重が計算値に比べ低いのは、せん断スパン内に曲げひび割れが発生し断面性能が低下したのを計算値が考慮していないためである。

画像変位計測システムによって得たデータを、有限要素法で用いる4角形要素の形状関数を利用して、ひび割れを含んだせん断スパン中央の上縁から250mmの位置における主変形割合（ひび割れがなければ、主歪みに相当する）を算出した。この主変形割合と荷重との関係を図-2に示す。緊張材の換算断面積が少ないほど大きな主変形割合を示しており、せん断変形量が卓越していることが理解できる。また、プレストレス量が2.9 tonfのグループの終局主変形割合は0.015から0.025の範囲に大きく分布しているが計算せん断耐力に対して実験値はほぼ等しく、緊張材の弾性係数の違いがせん断耐力に及ぼす影響は少ないといえる。さらに、プレストレス量による違いを見てみると、プレストレス量の大きいグループはせん断ひび割れ発生後も主変形割合の増加が著しく、プレストレス量がせん断ひび割れ後のせん断耐力の増加に寄与していることが解る。

3.2 せん断耐力

A00、C00、S00およびS04の供試体は緊張材の滑り込みが認められた。これらの滑り込み量は最大で0.03mm以下であり、緊張材に導入された応力が解放されるものでない。滑り込みが認められた全ての供試体のせん断耐力は計算値より著しく大きく、緊張材の付着性状の劣化がせん断耐力の向上に寄与している可能性が考えられる。耐力とプレストレス量の関係を図-3に示す。プレストレス量が増加するに従いせん断耐力が増加しており、また、その増加量は式(3)にてほぼ評価可能である。式(2)において換算断面積を用いた場合と用いない場合の実験値と計算値の比を図-4に示す。今回の実験においては、換算断面積比を用いない方が計算値との整合性は良かった。A04Dの供試体の断面面積の評価も本実験内では妥当である。

4. 結論

1. せん断ひび割れを含むせん断変形の大きさは、せん断耐力へ影響が小さい。
2. 緊張材の滑り込みは、せん断耐力を増加させている可能性がある。
3. プレストレス量はせん断耐力に与える影響が大きく、それは、おむねデコンプレッションモーメントをせん断スパンで除した値により評価できる。
4. 緊張材の弾性係数は、せん断耐力に与える影響が小さい。

表-3 実験結果の一覧

No	供試体名	コンクリート (kg/cm ²)		曲げひび割れ (tf)			せん断ひび割れ (tf)			最大耐力 (tf)					破壊形式
		圧縮強度	引張強度	Ptest	Pcal	Ptest/Pcal	Ptest	Pcal	Ptest/Pcal	Ptest	曲げPbcal	せん断Pscal	Ptest/Pbcal	Ptest/Pscal	
1	A06	516	34.1	27.0	24.1	1.12	35.0	28.8	1.22	52.0	53.2	51.2	0.98	1.02	S
2	A04	560	44.5	17.9	18.3	0.98	26.9	26.6	1.01	37.7	53.0	37.7	0.71	1.00	S
3	A02	590	45.9	10.4	11.6	0.90	21.3	21.4	1.00	31.0	52.6	24.1	0.59	1.29	S
4	A00	611	46.5	5.4	4.7	1.15	9.2	15.9	0.58	21.3	52.2	10.5	0.41	2.03	+ S
5	A04D	580	42.6	17.4	18.1	0.96	26.8	26.0	1.03	41.2	93.2	40.5	0.44	1.02	S
6	C04	556	41.0	16.8	18.4	0.91	26.4	25.8	1.02	39.0	52.5	38.3	0.74	1.02	S
7	C00	463	35.9	4.4	4.2	1.05	8.4	12.3	0.68	13.1	51.5	9.5	0.25	1.38	+ S
8	S04	619	50.2	17.2	17.4	0.99	25.6	27.6	0.93	44.0	38.7	34.5	1.14	1.28	+ S
9	S00	577	42.7	4.6	4.3	1.07	11.1	14.6	0.76	37.5	38.6	9.8	0.97	3.83	+BS

S：せん断破壊 B S：曲げせん断圧縮破壊 +：緊張材の滑り出しをとまう

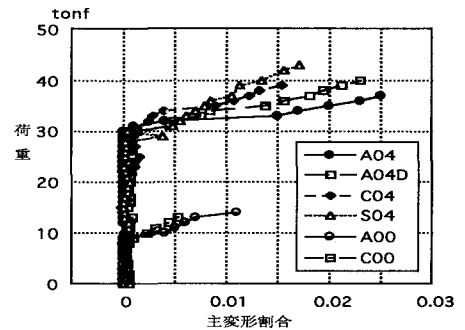


図-2 主変形割合と荷重の関係

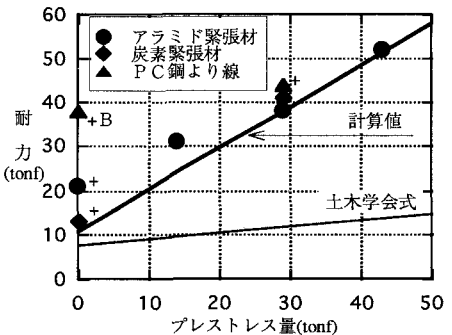


図-3 耐力とプレストレスの関係

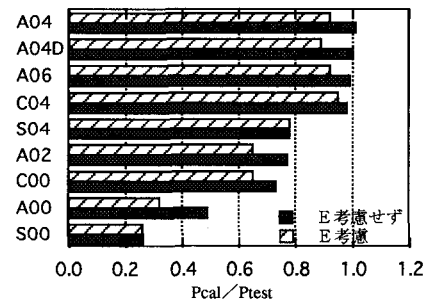


図-4 実験値と計算値の比較