

(5) プレキャストブロックと外ケーブルを用いたPC部材の曲げ性状

埼玉大学大学院 非会員 ○山口 統央
 埼玉大学 正会員 睦好 宏史
 埼玉大学 非会員 Matupayont Songkiat
 鹿島建設(株) 正会員 徳山 清治

1. はじめに

コンクリート構造物の省力化施工、高品質化および生産性の向上が近年叫ばれている。プレキャストブロックを用いた外ケーブルPC構造物はこのような課題に応える構造物のひとつである。外ケーブルPC構造物は欧米各国においては多くの施工例があるが、わが国においては、本格的な外ケーブル構造物の実施工例はまだ少なく、プレキャストブロックと外ケーブルを用いたPC構造物に関しては、その挙動さえもほとんど明らかにされていない。一体打ちの外ケーブルPC部材では、アンボンドPC部材と比較して、変形が増大するにつれてケーブル位置の変化(偏心量の変化)により耐力が低減することが明らかにされている[1]。さらに、プレキャストブロックを用いた場合には、軸方向に連続した鉄筋が配筋されないこと、プレキャストブロックの接合面におけるシアキーの形状と寸法および接合法(エポキシ樹脂接着の有無)等が部材の挙動に大きな影響を及ぼすことが考えられる。

本研究は、プレキャストブロックを用いた外ケーブルPC部材の曲げ載荷実験を行い、基本的な曲げ性状の把握、各種要因が曲げ性状に及ぼす影響、一体打ちした部材との相違等を明確にしたもので、埼玉大学と鹿島建設(株)が共同で実施したものである。

2. 実験概要

供試体の形状寸法及びケーブルと補強筋の配置を図-1に示す。コンクリートブロック(以下ブロック)

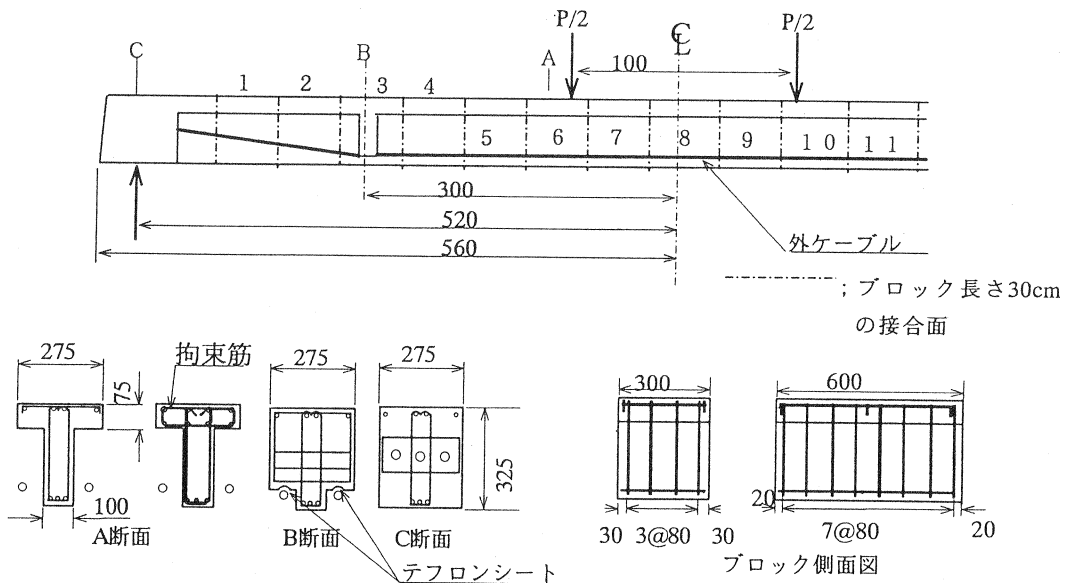


図-1 供試体形状および配筋状況

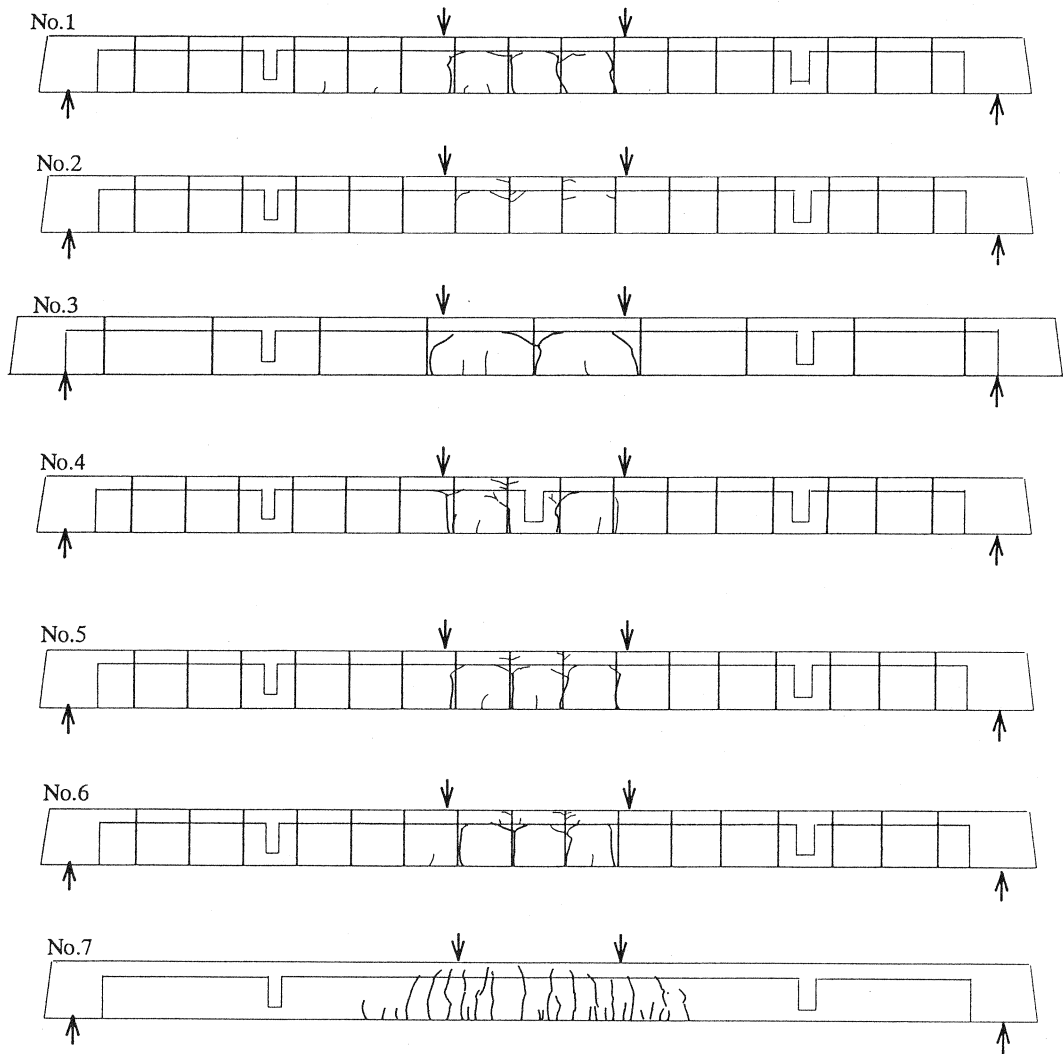


図-3 実験終了時のひび割れ状況

載荷方法は油圧ジャッキによる静的2点載荷で、測定項目は、はり中央部、デビエーター位置のたわみ、スパン中央部のブロックの圧縮縁のひずみ、接合部の開口量、外ケーブルの張力とひずみ等である。

3. 実験結果

3.1 ひびわれ性状

図-3にひびわれ状況を示す。エポキシジョイントの場合、エポキシの引張強度はコンクリートの引張強度よりも大きいため、接合面ではひびわれが生じず、ブロック内に配筋した引張鉄筋の先端部と接合面の間、即ち補強筋がないコンクリート部でひびわれが生じ、これが圧縮縁に向かって進展していった。ドライジョイントの場合では、ひびわれ(または開口)は当然の如く接合面から生じ、荷重の増大とともに接合面が開いていった。ブロック長が60cmの場合には、ブロックの中央付近にもひびわれが発生したが、大きくは進展せず、接合面付近のひびわれが上部に進展した。一体打ちの場合には、引張鉄筋が連続して配筋されている

表-3 実験結果および計算結果

供試体 No.	ひび割れ 発生荷重 P (tf)	終局時ケーブル 2本分張力 (tf)	最大耐力 P (tf)			
			実験値	精算法[1]	Naaman[2]	示方書
1	5.0	35.5	6.7	6.7 (1.00)	8.3 (1.24)	6.1 (0.91)
2	4.8	34.3	6.5	6.7 (1.03)	8.2 (1.26)	6.1 (0.94)
3	5.0	32.6	6.4	6.8 (1.06)	8.3(1.30)	6.1 (0.95)
4	5.3	38.5	7.0	8.2 (1.17)	8.2 (1.17)	6.1 (0.87)
5	5.2	39.9	6.5	6.9 (1.06)	8.2 (1.26)	6.1 (0.94)
6	5.1	38.5	6.5	6.7 (1.03)	8.1 (1.25)	6.0 (0.92)
7	5.5	38.6	8.6	8.6 (1.00)	11.1(1.29)	8.1 (0.94)

(): 解析値/実験値

ため、ひびわれはある間隔で生じている。以上のように、エポキシジョイントとドライジョイントではひびわれが生じる位置およびその進展の仕方において違いが見られた。また、ブロック長によりひびわれが発生する位置およびその大きさが異なることが観察された。

3.2 ひびわれ発生荷重と最大耐力

表-3は実験から得られたひびわれ発生荷重、最大耐力の実験値と計算値、終局時におけるケーブルの張力を示したものである。プレキャストブロックを用いた供試体No.1から6のひびわれ発生荷重は4.8tfから5.3tfであった。ドライジョイントのひびわれ発生荷重が小さいのは、3.1で述べたようにひびわれが接合面から生じたため、コンクリートの引張強度の寄与分がないためである。最大耐力についてみると、供試体No.1,2,3,5,6の最大耐力はほとんど同じであるが、デビエータをスパン中央にも設置した供試体No.4の耐力がNo.7を除く他の供試体より大きい。これは、変位の増大に伴うケーブル位置の変化量、すなわち偏心量の変化が最も小さくなるからである。一体打ちの供試体No.7の耐力は他のどの供試体よりも大きい、これは内部に連続した軸補強筋が配筋されているからである。

表に示した計算結果は、変形の適合条件とケーブル位置の変化を考慮した精算法[2]、Naamanによって提案されているアンボンドPC部材の耐力算定式[3]、土木学会コンクリート標準示方書によるアンボンドPC部材の耐力評価法により得られたものである。なお、供試体No.1からNo.6の計算には、ブロック内に配筋されている軸補強筋は考慮されていない。Naamanの方法では、耐力を過大に評価しており、示方書の方法では逆に過小に評価している。一方、精算法では計算値と実験値はよく一致しており、外ケーブルPC部材の曲げ耐力を精度よく評価するためには、変形の適合条件とケーブル位置の変化を考慮した耐力算定式を確立する必要がある。

3.3 荷重-変位関係

図-4(a)は、供試体No.1(エポキシジョイント)、No.2(ドライジョイント)、No.7(一体打ち)の荷重-変位曲線を示したものである。供試体No.2は、No.1とくらべひび割れ発生前までの剛性はやや低下したが、両者の曲げ性状はほとんど同じであった。

図-4(b)は、供試体No.1(ブロック長=30cm)、No.3(ブロック長=60cm)、No.7(一体打ち)の荷重-変位曲線を示したものである。供試体No.3の荷重-変位性状は供試体No.1とほぼ同様であった。しかし、変位が45mmを越えたあたりから、供試体No.3の荷重が減少し、コンクリートの圧壊により破壊に至った。

この理由として、供試体No.3では曲げスパン内のスパン中央にブロックの継目がひとつだけあるため、ここにひびわれが生じ、ひびわれ上部のコンクリート圧縮部に応力が集中したからであると考えられる。

図-4(c)は、供試体No.4(デビエータをスパン中央にも設けている)、No.1、No.7の荷重-変位曲線を示したものである。デビエータをスパン中央に設けることによって、変位の増大によるケーブルの位置変化、すなわち偏心量の変化を抑えることができ、曲げ耐力が増大する。実験結果からは、供試体No.4の耐力は供試体No.1に比べて4%増大した。また、偏心量の変化を抑制することによって、圧壊を遅らせることができ、その結果、破壊時の変位は供試体No.1よりも大きくなっている。

図-4(d)はブロックに拘束筋を配置した供試体No.5,6と拘束筋を配置していない供試体No.1の荷重-変位曲線を示したものである。曲げを受ける外ケーブル式PC部材の終局破壊性状はコンクリートの圧壊となる場合が一般的である。このため、破壊性状は脆性的であり、じん性能に欠けることが考えられる。ここでは、コンクリートを拘束することによってコンクリートブロックの圧縮じん性を改善し、外ケーブル部材全体の変形能を高めることを目的として行なったものである。図より、拘束筋がない供試体No.1では65mm程度の変位で圧壊が生じ部材全体が急激に破壊した。一方、拘束筋を配置した供試体No.5および6では、耐力は一旦低下するものの、拘束筋により圧縮部のコンクリートは破壊せず、その結果部材の変形能は大幅に改善されることが分かる。このことから、拘束筋を用いたプレキャストブロック外ケーブルPC部材は、従来の曲げ降伏型のPC部材と同様にじん性のある破壊性状を示すことが明らかとなった。

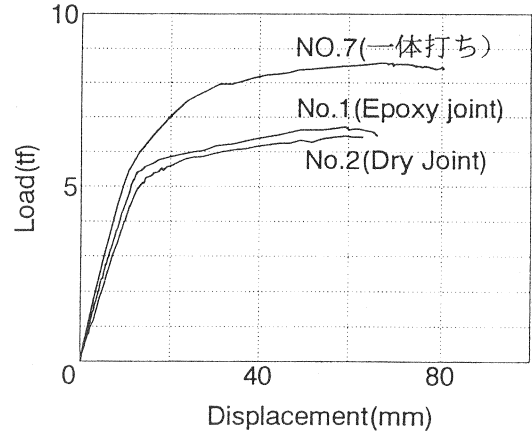


図-4(a)

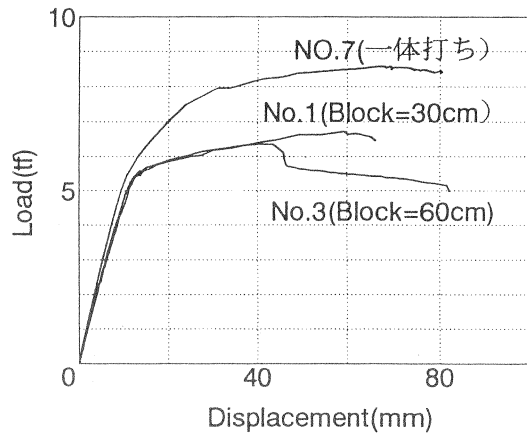


図-4(b)

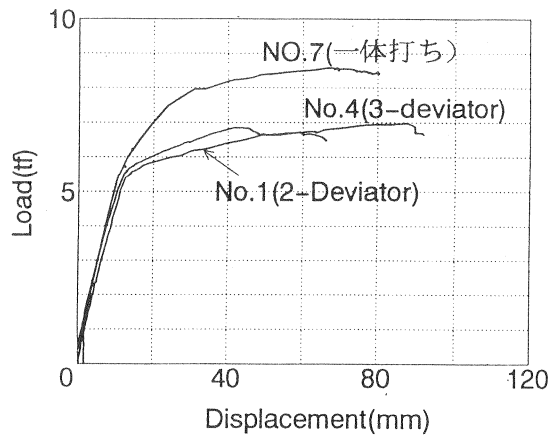


図-4(c)

図-4 荷重-変位関係

4. まとめ

本研究は、プレキャストブロックと外ケーブルを用いたPC部材の曲げ載荷実験を行い、基本的な曲げ性状、各種要因が曲げ性状に及ぼす影響、一体打ちした部材との相違等を明らかにしようとしたものである。本研究から以下のことが明らかとなった。

(1) エポキシジョイントの場合、エポキシの引張強度はコンクリートの引張強度よりも大きいので、接合面ではひびわれが生じず、ブロック内に配筋した鉄筋の先端部と接合面の間でひびわれが生じた。ドライジョイントの場合では、ひびわれ(または開口)は当然の如く接合面から生じ、荷重の増大とともに接合面が開くことが分かった。

(2) 一体打ちの供試体では、コンクリート内部に配筋した鉄筋が降伏するまで荷重が増加するのに対して、プレキャストブロックはりでは、引張鉄筋が連続して配筋されていないため、ひびわれ発生後の荷重増加は少なく、拘束筋のない供試体は最終的にコンクリートの圧壊により破壊することが分かった。

(3) 拘束筋を配置したはりでは、拘束筋により圧縮部のコンクリートは破壊せず、部材の変形能と破壊性状は大幅に改善されることが明らかとなった。このことから、拘束筋を用いた外ケーブルPC部材は、従来の曲げ降伏型の部材と同様の破壊性状を示すことが明らかとなった。

(4) 外ケーブルPC部材の曲げ耐力を精度よく評価するためには、変形の適合条件とケーブル位置の変化を考慮した耐力算定式を確立する必要がある。

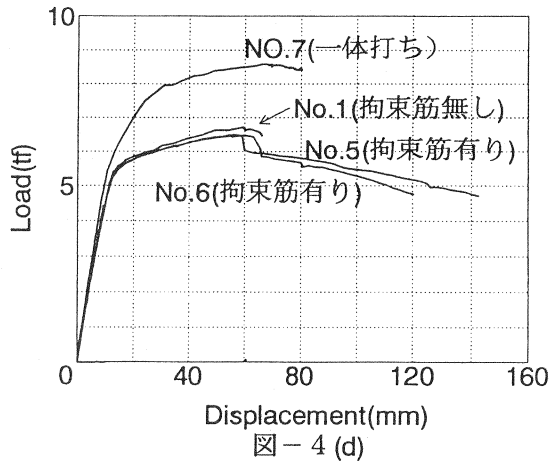


図-4 荷重-変位関係

謝辞

本研究を行うにあたり、埼玉大学建設材料研究室の諸氏に多大な協力を頂いた。また、(株)住友電工、ショーボンド建設(株)から実験材料の一部を提供して頂いた。ここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

[1]土田、睦好、MATUPAYONT、谷口：外ケーブル式PCはりの曲げ性状に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16, No.2, pp.1009-1014, 1994, 6
 [2]土田、睦好、谷口、町田：新素材を外ケーブルに用いたPCはり部材の曲げ解析、土木学会第48回年次学術講演会概要集第5部、pp.758~759
 [3]Naaman, Antoine E., and Alkhairi, Fadai M., "Stress at Ultimate in Posttensioning Tendons-Part 1: Proposed Methodology", ACI Structural Journal, Vol 88, No.6, Nov-Dec. 1991, pp.683-692.