

V-194

高強度コンクリートを用いたPCはりの曲げ、せん断耐力

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 斉藤 敦志
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

最近、比較的容易に高強度コンクリートが得られるようになってきており、その合理的な使用法が求められている。しかしながら、高強度コンクリートを用いた部材の挙動の解明が十分行われているとは言えず、基礎的な研究が必要である。本研究は、高炉スラグ微粉末を含むセメントを用いた高強度コンクリートのPCはりを用いて、その曲げ及びせん断耐力についての検討を行った。なお、用いたコンクリートに関するクリープ、乾燥収縮、塩分浸透試験を同時に進めているが、これらについては別の機会に発表したい。

2. 使用材料および試験方法

結合材は、高炉スラグ微粉末を含むセメントを用いた。このセメントの素材構成は、早強ポルトランドセメント30%、高炉スラグ微粉末30%、高炉スラグ細骨材40%である。細骨材は登別産の海岸砂（比重 2.68、吸水率 1.59%）を、粗骨材は敷生川産の碎石（比重2.65、吸水率 2.34%）を使用した。コンクリートの示方配合を表-1に、鋼材の引張試験結果を表-2に示す。

供試体の寸法は15×30×210 cmとした。導入プレストレス量は、プレストレスによる部材下縁の応力がプレストレス導入時のコンクリートの圧縮強度の1/2.5、1/3、1/4となるように定めた。載荷方法はせん断スパンと有効高さの比(a/d)を1.5、2、2.5、3として2点対称載荷により行い、破壊荷重の70%～90%で除荷載荷を繰り返し、その後破壊まで載荷した。荷重は1 tごとに段階的に上昇させ、荷重ごとにPC鋼棒、鉄筋及びコンクリートのひずみ、はりのたわみを測定した。供試体の断面寸法及び載荷方法を図-1に示す。

3. 実験結果と考察

実験結果を表-3に、破壊性状を写真-1、2、3に示す。

本実験では、図-1に示す断面寸法に対して、所定のプレストレス導入に必要なPC鋼棒を選定したが、この結果すべてのはりがover-reinforcementになった。over-reinforcementとunder-reinforcementでは応力状態が異なるが、曲げ破壊耐力とせん断破壊耐力の計算値の比較から全てのはりにおいてせん断破

表-1 コンクリートの示方配合

配合 NO.	単位 量 (kg/m ³)				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
1	170	480	694	1028	—
2	170	500	721	991	—
3	173	650	517	1041	—
4	176	700	485	1028	—
5	153	800	415	1060	6.24

表-2 鋼材の引張試験結果

	径 (mm)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
P C 鋼材	φ32	110	121	9.8
	φ23	125	131	9.8
	φ21	125	132	9.5
	φ19	127	135	8.2
	D10	41	59	26
軸方向鉄筋	D10	41	59	26
	D6	39	59	28

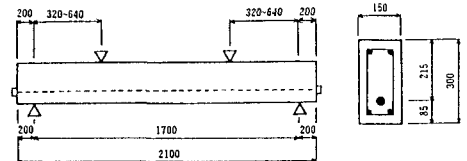


図-1 供試体の断面寸法及び載荷方法

表-3 実験結果

NO.	配合 NO.	σ _c (kgf/cm ²)		PC 鋼材	せん断鉄筋 種類	鉄筋比	フルス リ量	a/d	計算値 (t)		破壊 荷重 (t)	破壊 形式
		導入時	試験時						曲げ	せん断		
1	2	586	590	φ19	—	—	σ/4	2.0	38	17 (11)	36	SCF
2	2	541	584	φ19	D6	0.0026	σ/4	2.0	38	23 (17)	37	MCF
3	1	452	510	φ32	D10	0.0100	σ/4	2.5	40	38 (34)	37	MCF
4	2	549	580	φ21	—	—	σ/3	2.0	44	19 (13)	38	SCF
5	2	500	541	φ21	D6	0.0026	σ/3	2.0	42	18 (18)	41	MCF
6	1	483	553	φ32	D10	0.0100	σ/3	2.5	42	39 (35)	39	MCF
7	4	677	726	φ23	—	—	σ/3	2.0	52	21 (14)	48	DTF
8	4	676	680	φ23	D6	0.0026	σ/3	2.0	51	26 (20)	51	MCF
9	4	651	685	φ23	D6	0.0026	σ/3	1.5	68	30 (20)	67	MCF
10	4	656	659	φ23	D6	0.0042	σ/3	2.0	50	30 (23)	49	MCF
11	3	581	684	φ32	D10	0.0059	σ/3	2.0	61	33 (27)	60	MCF
12	3	612	690	φ32	D10	0.0100	σ/3	2.0	62	42 (36)	61	MCF
13	3	642	738	φ32	D10	0.0100	σ/3	2.5	51	41 (36)	48	MCF
14	3	660	765	φ32	D10	0.0100	σ/3	3.0	44	41 (37)	39	MCF
15	3	693	814	φ32	D10	0.0158	σ/3	2.0	69	56 (49)	64	MCF
16	5	757	975	φ32	D10	0.0100	σ/3	2.5	62	43 (38)	55	MCF
17	5	784	935	φ32	D10	0.0100	σ/3	2.5	60	44 (39)	58	MCF

() 内は a/d = 5.6とした値

DTF : 斜引張破壊

MCF : 曲げ圧縮破壊

SCF : せん断圧縮破壊

壊が先行すると思われ、図-1に示す断面のままで実験を行った。なお、せん断耐力の算定には次式を用いた。

$$\tau_c = 0.94 \cdot f_c^{1/3} \cdot P_w^{1/3} \cdot (1/d)^{1/4} \cdot (0.75 + \frac{1.4}{a/d}) \quad \text{----- (1)''}$$

$$V_{yd} = \tau_c \cdot \beta_n \cdot b \cdot d + A_w \cdot f_{wd} / S_s \cdot Z \quad \text{----- (2)}$$

式(1)はコンクリート標準示方書に示されている式の基本となるもので、示方書に示されている式は式(1)を安全側にしたものである。

実験の結果曲げ圧縮破壊したはりが多く、せん断補強鉄筋量および a/d の影響を検討することができなかった。これはコンクリートが高強度であること及び高プレストレスであることにより、せん断耐力が著しく増加したために曲げ破壊が先行したためである。曲げ耐力は、通常の計算によって、実験値をよく予測できた。せん断破壊したはりNO.1、4、

7の破壊荷重は計算値の2倍以上であった。コンクリートの圧縮強度が約 600 kgf/cm^2 で導入プレストレス量が $\sigma/3$ のはりNO.1と導入プレストレス量が $\sigma/4$ のNO.4のせん断破壊荷重はあまり差がなかった。しかし、導入プレストレス量が $\sigma/3$ で圧縮強度が 726 kgf/cm^2 であるNO.7のせん断破壊荷重は、NO.4より26%大きくなった。

荷重とたわみの関係の一例を図-2に示す。41tで一旦除荷し再び載荷したが、残留たわみはほとんどなく、繰り返しによる影響は見られなかった。

現在のせん断耐力算定式は、コンクリートの圧縮強度が 400 kgf/cm^2 程度までのものを対象としたものがほとんどである。高強度コンクリートを用いたRCはり及びPCはりのせん断耐力の増加は既に指摘されているところであるが^{2)、3)}、コンクリートの強度及び軸力の効果についての検討を更に進める必要がある。

4. まとめ

せん断耐力算定式(2)は実際の耐力よりかなり安全側の値を与えた。実験で得られたせん断破壊の形式が異なること、またそれらに対応する変数の範囲が極めて限定されていることから、必ずしも既往のせん断予測式に基づく議論は適当でない。しかしながら、本実験結果は、コンクリートの高強度及び高プレストレスのせん断耐力に及ぼす影響を評価するための基礎的な研究の必要性を示していると思われる。

参考文献

1. コンクリートライブラリー第61号、土木学会、1986
2. Mphonde, A.G. and Frantz, G.C : Shear tests of high-and low-strength concrete beams with stirrups, Publ Am Concr Inst (SP-87), pp 179-196, 1985
3. 船越 稔、田中 弘、谷 政幸：高強度コンクリートを用いたPC梁の耐力と破壊の性状、第6回コンクリート工学年次講演会論文集、pp469-472, 1984

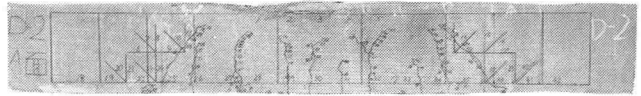


写真-1 曲げ圧縮破壊



写真-2 せん断圧縮破壊



写真-3 斜引張破壊

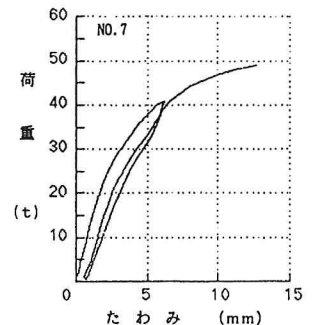


図-2 荷重とたわみの関係