

立命館大学工学部 正会員 児島孝之 立命館大学工学部 正会員 高木宣章
 ビーシー橋梁(株)技術部 正会員 竹内正喜 (株)熊谷組 正会員 ○望月秀朗
 (株)前田建設 安江泰紀

1. はじめに

本研究は、超高強度コンクリートを用いたRCはりおよびPRCはりのせん断耐力の評価に土木学会「コンクリート標準示方書・設計編」の算定式を適用する際の問題点について実験検討したものである。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。実験要因として、コンクリートの設計強度を800、1200kgf/cm²の2水準、a/dをRCはりについては2.0、2.5、3.0の3水準、PRCはりについては3.0、3.5、4.0の3水準とした。PRCはりでは、コンクリートの圧縮強度によって導入プレストレス量を変化させた。全てのはりにせん断補強筋は配置していない。

供試体寸法および荷荷条件を図-1に示す。荷荷方法は、単調荷荷とした。RCはり、PRCはりとも供試体寸法は12×20×200cmであり、引張側軸方向鉄筋の有効高さを17cmとした。RCはりの引張側軸方向鉄筋はD16(SD345)を3本、PRCはりはD19(SD345)を2本配置し、せん断破壊先行型とした。また、PRCはりの緊張材位置は断面下縁から7cmとし、φ26(SBPR110/125)を1本使用した。プレストレスの導入は、ポストテンション方式で行った。表-2に使用鋼材の機械的性質を示す。表-3に荷荷試験時のコンクリートの力学的特性を示す。

表-1 実験計画

供試体名	コンクリートの強度 (kgf/cm ²)	導入プレストレス量 (kgf/cm ²)	a/d
RC-8	800	—	2.0、2.5、3.0
RC-12	1200	—	—
PRC-8	800	200	2.0、3.0、4.0
PRC-12	1200	250	—

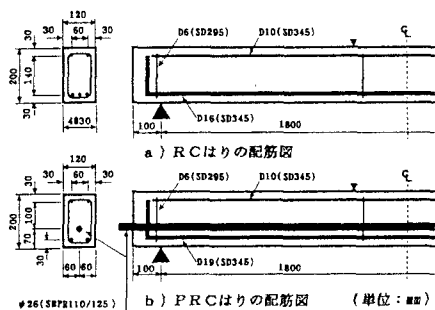


図-1 供試体寸法および荷荷条件

表-2 鋼材の機械的性質

種類	PC鋼線	異形鉄筋			
呼び径(mm)	26.21	6	10	16	19
降伏強度(kgf/cm ²)	11540	3500	4030	3940	4010
引張強度(kgf/cm ²)	12600	5530	5870	5760	5190
弾性係数(kgf/cm ²)	2069000	2.1×10 ⁶			
伸び(%)	8.0	16.1	24.2	22.8	22.1

3. 実験結果および考察

静的試験結果を表-4に示す。表-4に示す終局せん断耐力の計算値は、式(1)と式(2)を用いて算定した。

$$V_{c,d} = 0.9 \cdot f'_c \cdot 1/3 \cdot (100p_w)^{1/3} \cdot (100/d)^{1/4} \cdot \beta_n \cdot b_w \cdot d \quad (1)$$

$$V_{c,d} = 0.94 \cdot f'_c \cdot 1/3 \cdot (100p_w)^{1/3} \cdot (100/d)^{1/4} \cdot \left(0.75 + \frac{1.4}{a/d} \right) \cdot \beta_n \cdot b_w \cdot d \quad (2)$$

ここに $\beta_n = 1 + M_o/M_u$ M_o : テンションメント、 M_u : 終局曲げモーメント

式(1)は土木学会「コンクリート標準示方書・設計編」のせん断耐力算定式であり、式(2)はその基になった二羽式である。以下式(1)を「示方書式」、式(2)を「基本式」と称する。なお、材料係数は1.0とした。

RCはりの破壊形式は、コンクリートの圧縮強度に関係なく、a/dが2.0ではせん断圧縮破壊、a/dが2.5と3.0では斜め引張破壊となった。せん断圧縮破壊となったRC8-2およびRC12-2供試体は、斜めひびわれ発生後、破壊に至るまで荷重が大きく増加した。これはせん断スパンの斜めひびわれの進展に伴い、はりがタイドアーチ的耐荷機構に移行し、せん断力に対して抵抗したためと考えられる。また、斜め引張破壊となった他の

表-3 コンクリートの力学的性質

目標強度	f' _c	f _{cu}	f _t	E _c × 10 ⁴
800	880 (721)	109	56	4.3 (4.0)
1200	1140 (1040)	113	67	4.8 (4.6)

(): プレストレス導入時(材齢7日)単位: kgf/cm²

供試体は、斜めひびわれの発生後、破壊に至るまでの荷重の増加が非常に少なかった。

図-2にRCはりのせん断耐力の実験値と計算値の比とa/dの関係を示す。示方書式ではa/dに関係なくコンクリートの圧縮強度が800kgf/cm²程度のRCはりは安全側を示すものの、基本式ではa/dによっては20%程度危険側を示す場合もあった。コンクリートがさらに高強度になると両式ともa/dが大きくなると危険側を示す。同じ荷重条件(a/dが同じ時)では、コンクリートの圧縮強度が変化しても斜めひびわれ発生荷重および終局せん断耐力に大きな差は見られない。これは、コンクリートの圧縮強度が増加しても引張強度がさほど増加しないため、せん断耐力の増加が少ないものと考えられる。圧縮強度1000kgf/cm²以上のコンクリートを用いたRCはりのせん断耐力算定に土木学会式を適用すると荷重条件によっては過大評価になる場合があるので注意が必要である。

図-3にPRCはりのせん断耐力の実験値と計算値の比とa/dの関係を示す。PRCはりの破壊形式は、コンクリート強度およびa/dに関係なく、全てのはりが斜め引張破壊となった。しかし、RCはりに比較して、斜めひびわれ発生後も荷重に対して抵抗し、斜めひびわれ発生後から破壊に至るまでの荷重の増加分は大きいものとなった。また、荷重点と支点を結ぶ線にあるコンクリートがはりの破壊と同時に爆裂し、欠落する傾向にあり、この現象は、導入プレストレス量が大きいほど激しいものとなった。

PRCはりのせん断耐力の実験値と計算値の比は、示方書式では1.19~2.61、基本式では1.04~1.72と荷重条件によってはかなり安全側の値を示した。せん断耐力へのプレストレスの影響は、一般に係数 β_n で考慮される。しかし、高強度コンクリートで導入プレストレス量が大きくなると、係数 β_n はせん断耐力を過小評価する傾向にある。

4. まとめ

- 1) 土木学会のせん断補強筋を有しないはりのせん断耐力算定式は、圧縮強度が1000kgf/cm²以上のコンクリートを用いたRCはりでは、荷重条件によってはせん断耐力を過大評価する場合がある。
- 2) 超高強度コンクリートを用いたPRCはりでは、導入プレストレス量が大きくなると、せん断耐力へのプレストレスの影響を示す係数 β_n の値は、せん断耐力を過小評価する傾向にある。

表-4 静的試験結果

供試体名	σ_{ce} (kgf/cm ²)	P _{cr} (tf)	P _{cd} (tf)	Pu(tf)						破壊形式
				示方書式 式(1)			基本式 式(2)			
				実験値	計算値	実/計	計算値	実/計		
RC12-2		4.30	7.75	16.20	8.45	1.92	12.79	1.27	せん断圧縮	
RC12-2.5		2.60	7.50	8.73	8.45	1.03	11.56	0.76	斜め引張	
RC12-3		3.50	6.50	7.40	8.45	0.88	10.73	0.69	斜め引張	
RC8-2		3.75	7.50	17.65	7.84	2.25	11.87	1.49	せん断圧縮	
RC8-2.5		3.00	7.00	8.50	7.84	1.08	10.72	0.79	斜め引張	
RC8-3		2.70	6.00	8.29	7.84	1.06	9.95	0.83	斜め引張	
PRC12-2	231	19.00	27.50	36.80	14.12	2.61	21.38	1.72	せん断引張	
PRC12-3	232	14.50	23.00	28.30	14.13	2.00	17.96	1.58	斜め引張	
PRC12-4	239	10.00	17.00	21.90	14.2	1.54	16.31	1.34	斜め引張	
PRC8-2	176	16.25	22.50	30.10	12.61	2.39	19.10	1.58	斜め引張	
PRC8-3	188	12.00	17.25	19.55	12.75	1.53	16.20	1.21	斜め引張	
PRC8-4	180	8.50	15.50	16.30	13.66	1.19	15.70	1.04	斜め引張	

ここで σ_{ce} : 有効プレストレス量 P_{cr}: 曲げひびわれ発生荷重(実験値)
P_{cd}: 斜めひびわれ発生荷重(実験値) Pu: 終局耐力

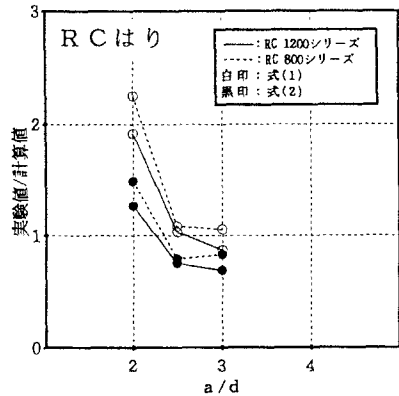


図-2 実験値と計算値の比とa/dの関係

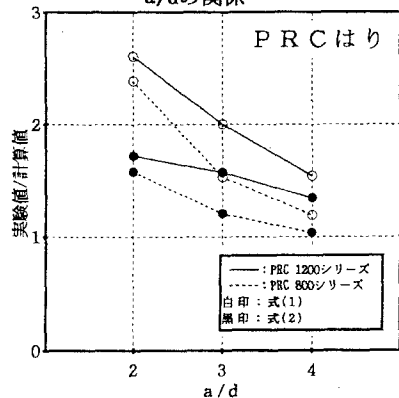


図-3 実験値と計算値の比とa/dの関係