

RCはりのせん断耐力に及ぼす収縮応力の影響について

九州産業大学 正会員 宮川 邦彦

1. まえがき

現行の示方書等では、コンクリート部材のせん断耐力を補強筋で分担されるせん断力(V_s)とそれ以外(コンクリート)で分担されるせん断力(V_c)との和で算定している。この内、 V_s の算定にはトラス理論が適用されているが、 V_c に関しては未だ適切な理論式がなく、主に実験結果からその値を定めているため、各示方書で V_c の算定値が大幅に相違している。この原因は、部材形状や試験条件等でせん断破壊の機構が異なり、従って、 V_c と一義的に算定し得ないことによるものと思われる。

一般にコンクリート部材の構造実験の場合、部材の養生条件の相違に留意されることはあまりなく、作製した部材を一定期間湿潤養生した後、破壊試験まで実験室内に放置されることが多い。だが、室内実験で用いられる程度のRC部材では、放置期間中にコンクリートの自由収縮が埋設鉄筋で拘束されるため、部材内部に相当大きな引張応力を生じていることがある。従って、特に斜引張破壊を生じるせん断力やねじりモーメントを受ける部材では、この収縮応力が部材の破壊耐力に及ぼす影響を無視できないように思われる。

本研究は、せん断補強筋を有しない高強度コンクリートはりのせん断破壊耐力を検討すると共に、特に上記の点に着目し、部材内部に生じる収縮応力がRCはりのせん断破壊耐力にどのような影響を及ぼすかを究明するため、二、三の実験条件に関して計10本の破壊試験を行った。以下、実験概要、結果等を報告する。

2. 実験概要

本実験の使用材料は、セメントに普通ポルトランドセメント(比重 3.18)を、細骨材に玄海産海砂(比重 2.56, 吸水率 1.37%, 粗粒率 2.54)を、粗骨材に安山岩砕石(比重 2.74, 吸水率 0.84%, 最大寸法 20 mm, 粗粒率 6.57)を、また、混和剤に高性能減水剤(NL-4000)を用いた。コンクリートの配合を表-1に示す。なお、供試体の作製は8月初旬から中旬にかけて行った。

載荷試験時の硬化コンクリートの特性および供試体の寸法等を表-2に、載荷試験方法を図-1に示す。なお、引張主鉄筋として2-D16(降伏応力 $f_{sy} = 37 \text{ kgf/mm}^2$)を用いた。養生条件としては、2週間の水中養生後、3週間実験室内に放置した供試体と、ゲージ貼付の関係上、載荷試験2日前まで約5週間水中養生を継続したものを用いた。なお、後者の場合、ゲージ貼付中の供試体乾燥を防止するため、表面に簡単なシールを施した。以下、本文中では前者を空气中養生、後者を水中養生と記す。せん断試験は対称集中2点載荷で行い、支点および載荷点での応力集中を防止するため、幅 4 cm, 厚さ 2 cmの鋼板を介して載荷した。なお、最大曲げモーメント区間の部材上下縁に長さ 60 mm のストレインゲージと、せん断区間中央に主ひずみ測定用の長さ 30 mm のゲージ3枚と角度 60°の間隔に貼付し、各荷重段階でそれらのひずみ値を計測すると共に、ひびわれ発生状況と肉眼観察した。

3. 実験結果および考察

図-2に載荷試験時の部材上下縁における荷重-ひずみ図の一例を示す。試験条件で多少の差異はあるが、全体的に空气中養生供試体の場合は、部材下縁の曲げ引張応力が 20 kgf/cm^2 程度で、水中養生の

表-1 コンクリートの配合

配合記号	W/C %	s/a %	C Kg/m^3	NL-4000 C.C./C=100kg
A	47	40	351	2500
B	42	38	393	3000
C	37	37	446	3500

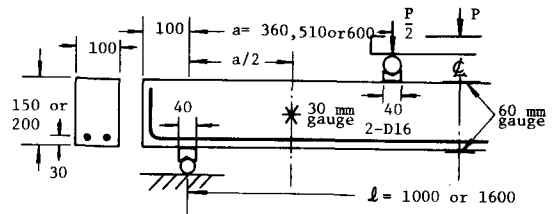


図-1 載荷試験方法

れは 45~50 kgf/cm² 程度で微細な曲げひびわれが生じたものと考えられる。これは、空气中養生供試体の場合、収縮力として軸方向鉄筋に 1300~1500 kgf 程度の軸圧縮力が生じていたことに相当する。

供試体の破壊形式は全て斜張破壊であったが、空气中養生供試体では、肉眼観察による斜めひびわれ発生とはほぼ同時に耐力低下を示したのに対し、水中養生のそれは、斜めひびわれ発生後もかなりの荷重増加を示した点に相違が見られた。なお、表-2に示すように肉眼観察による斜めひびわれ発生時のせん断力は、供試体の左右での差もあるが、水中養生供試体の方が空气中養生のそれより僅かに大きい程度で、破壊形状には明確な差が認められなかった。せん断破壊耐力に関しては、せん断スパンと有効高さの比 (a/d) が5の供試体を除外すれば、同一条件の空气中養生の耐力に比べ、水中養生のそれが4~5割程度大きかった。このような養生条件の相違によるせん断破壊耐力の差は、当然収縮力の有無に関連するものと考えるべきであろう。なお、空气中養生供試体の耐力低下をコンクリートに生じる偏心軸引張力の作用によるものとして、上記の軸方向鉄筋の軸圧縮力を用いて式-1から算定しても、 $(1+\beta_n)$ が0.9程度にしかならず、単にこの係数だけでは収縮力の影響を評価できないように思われる。また、 a/d が5の供試体では、水中養生の方が空气中養生より1割程度小さいが、これは、水中養生供試体の場合、斜めひびわれが片側スパンにしか生じなかったことから見て、不均等な荷重作用に起因する耐力低下であろうと考える。ただし、この点に関しては今後、検討すべきであろう。

実験値と式-2による計算値との比 (V_{exp}/V_u) は、表-2のように空气中養生で a/d が3の場合、平均値が1.12になり、多少安全側ではあるが式-2からせん断破壊耐力を算定できる。だが、水中養生のそれは1.66になり、式-2での算定は安全すぎることになる。これは式-2が一般的な空气中養生供試体の試験結果から求められたことによるものと思われる。

$$\beta_n = 2M_0/M_u \quad \text{式-1}$$

ここに、 M_0 : 引張縁力が0になるモーメント M_u : 曲げ破壊モーメント

$$V_u = 0.94 f'_c \sqrt{(0.75 + 1.40 a/d)(1 + \beta_p + \beta_d)} b w d \quad \text{式-2}$$

ここに、 $\beta_p = \sqrt{100 p_w} - 1 \leq 0.73$ $\beta_d = \sqrt{100/d} - 1 \geq 0$
 p_w : 鉄筋比, f'_c : 圧縮強度, $b w$: 腹幅

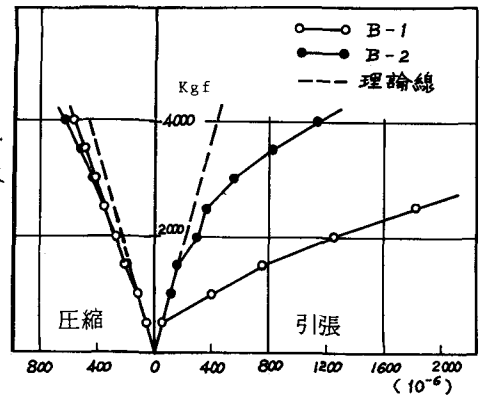


図-2 荷重-ひずみ図

4. まとめ

以上の実験結果

表-2 硬化コンクリートの特性およびせん断破壊耐力

から、斜張破壊を生じるような部

材耐力に関しては、コンクリートの乾燥収縮による収縮力をその算定式中に考慮すべきであると考える。す

供試体番号	養生方法	圧縮強度 Kg f/cm ²	引張強度 Kg f/cm ²	弾性係数 10 ⁵ Kg f/cm ²	供試体寸法 B=10 cm	a/d	斜めひび割れ発生時のせん断力 Kg f		せん断破壊耐力 V _{exp} Kg f	計算値 V _u Kg f	V _{exp} /V _u
							右	左			
A-1	空気中	519	39.8	3.67	HxL	3	---	2490	2700	2680	1.01
B-1		534	42.9	3.94	15x120	3	3250	2980	3450	2710	1.27
C-1		567	44.5	3.77		3	2500	3240	3240	2760	1.17
C-3		608	44.5	4.06	15x180	5	2250	3020	3020	2390	1.26
C-5		577	41.8	3.85	20x180	3	2750	3250	3500	3380	1.04
A-2	水中	487	38.0	3.66		3	3250	3480	4480	2620	1.71
B-2		501	35.6	3.92	15x120	3	3250	3250	4170	2650	1.57
C-2		506	36.5	3.92		3	3250	2500	4610	2660	1.73
C-4		580	41.4	4.10	15x180	5	2650	---	2740	2350	1.17
C-6		503	40.4	3.70	20x180	3	3500	4000	5230	3230	1.62

なわち、PC部材や地中ばり等のように収縮力の影響を直接受けない部材のせん断耐力に関しては、一般的な試験から得られた耐力より大きくなるものとする。また、実構造物のように大きな永久荷重が作用する場合は、更にクリープ等の影響も受けるため、室内実験での小型部材による耐力とは多少相違するものとするべきであろう。

参考文献: コンクリート構造の限界状態設計法試案 コンクリートライブラリー 48号