高強度コンクリートを用いたＲＣ梁のせん断耐荷力

広島大学工学部　正会員　田澤栄一　　広島大学工学部　正会員　河合研至
広島大学工学部　学生員○林　少容　　広島大学工学部　学生員　西田尚史

１．はじめに

これまでの研究により、高強度コンクリートでは極めて大きな自己収縮が生じることが明らかとなった。高強度コンクリートを用いたＲＣ梁においては、自己収縮が内部鉄筋及び断面自身に拘束されることにより大きな自己応力が発生する。この自己応力がＲＣ梁のせん断耐荷力に影響をもたらすことが考えられる。そこで、本研究では、水結合材比、養生方法を変え、高強度コンクリートにおける自己収縮がＲＣ梁のせん断耐荷力に及ぼす影響について、実験的に検討した。

２．実験概要

2.1 供試体及び使用材料

本研究では、コンクリート配合を３種類を用い、各配合別に２種類の養生方法で合計６個の供試体を作製した。供試体寸法を図１に、供試体一覧を表１に示す。供試体寸法、せん断スパン比（2.5）、主鉄筋比（3.02%）、せん断補強鉄筋比（0.18%）を一定とした。使用材料の性質を表２、表３に示す。

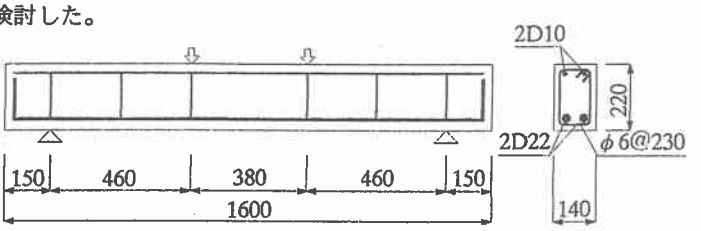

図１　供試体の寸法

表１　供試体一覧

供試体名	水結合材比(%)	養生方法
52S	52	封緘
52D		乾燥
35S	35	封緘
35D		乾燥
20S	20	封緘
20D		乾燥

2.2 養生・載荷・測定方法

材齢１日で脱型後、封緘養生供試体は全面シールし、20℃、95%RHの室内に、乾燥養生供試体は20℃、50%RHの室内に静置した。載荷試験は材齢28日に行い、載荷方法は２点集中載荷とした。凝結始発から材齢28日までコンクリート内部及び鉄筋の自己収縮を測定し、載荷試験には荷重、鉄筋のひずみ、コンクリート圧縮縁のひずみ、供試体の変位を測定し、また、同時にひび割れ発生状況を観察した。

表２　コンクリートの力学的性質

供試体名	圧縮強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 ($\times10^4$MPa)
52S	34.94	5.78	1.22	3.18
52D	29.47	4.04	1.29	2.29
35S	56.29	7.28	4.08	3.40
35D	48.15	5.26	3.42	2.91
20S	93.16	9.19	4.53	4.10
20D	83.16	6.93	4.54	3.70

注）表中の値は2.2に述べた養生方法で材齢28における実測値である。

表３　鉄筋の力学的性質

種類	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性強度 ($\times10^5$MPa)
φ6	311	438	2.12
D10	389	522	2.04
D22	342	560	2.08

３．実験結果及び考察

載荷試験結果及びそれらの計算値を表４に、終局時のひび割れ状況の一例を図２に示す。

3.1 ひび割れと破壊の状況

曲げひび割れ発生荷重について、52Ｓ供試体では実験値は計算値に近いが、そのほかの供試体では実験値は計算値を大きく下回っている。また20Ｄ供試体では載荷前、乾燥収縮ひび割れが生じた（点線で示す）。この原因は供試体では水和反応による自己収縮及び水の逸散による乾燥収縮が生じ、鉄筋及び断面自身の拘束により、断面内に引張の自己応力が生じたためである。20Ｄに生じた乾燥収縮ひび割れは引張側では荷重の増加とともに進展したが、中立軸付近及び圧縮側では変化はなかった。

破壊形式は全供試体同一で載荷点付近のコンクリートが

圧壊されたことによるせん断圧縮破壊であった。

3.2 斜めひび割れせん断耐力

表４に示すように52Ｓ、52Ｄでは実験値は計算値に近い値となったが、そのほかの供試体では実験値は計算値をかなり下回っている。その理由は自己収縮及び乾燥収縮が鉄筋及び断面自身に拘束されることにより自己応力が生じたためである。この自己応力は鉄筋による拘束の程度及び断面内における収縮の不均一さに関係しており、拘束が大きいほど自己応力は大きくなる。ここでは軸鉄筋の拘束の影響について考察する。

軸鉄筋の拘束を表すには軸鉄筋中の全圧縮軸力を用い、全圧縮軸力が大きいほどコンクリートの自己応力は大きくなる。図３に圧縮強度と軸鉄筋中の全圧縮軸力の関係を示す。この軸力は材齢28日における軸鉄筋の収縮ひずみの実測値を用いて求めたものである。いずれの養生方法でも、圧縮強度が高いほど、軸力が大きくなり、同一水結合材比では乾燥供試体の軸力が封緘供試体より大となり、また、水結合材比が小さくなるに従って両者の差が小さくなっていることを示している。

図４に斜めひび割れせん断耐力の実験値と計算値の比を示す。多少ばらつきがあるが、概ね鉄筋の全圧縮軸力の増大に従い、斜めひび割れせん断耐力の低下が著しくなる傾向がある。

3.3 最大せん断耐力

表４に示すように最大せん断耐力の実験値は計算値を上回っているかまたはそれに近い値となっている。この原因として、供試体の破壊モードがせん断補強鉄筋の降伏によるとした算定式のモードと異なっていることが考えられる。本実験では、いずれの供試体においてもせん断補強鉄筋の降伏後、タイドアーチ作用で更に大きな荷重に耐え、最終的にコンクリートの圧壊によって終局を迎えた。図３、表４からわかるように軸鉄筋の全圧縮軸力の大きい供試体では最大せん断耐力の実測値は比較的小さい値となっており、それは自己応力の影響であると思われる。

４．結論

１）高強度コンクリートでは、自己収縮の内部鉄筋による拘束で生じた自己応力がＲＣ梁の斜めひび割れせん断耐力を低下させる。

２）鉄筋による拘束はコンクリート強度が高いほど大きくなる。

３）自己応力がＲＣ梁の最大せん断耐力に及ぼす影響について今後更に検討が必要である。

表４　実験結果と計算値一覧

供試体名	曲げひび割れ発生荷重(KN)		斜めひび割れ耐力(KN)		最大せん断耐力(KN)	
	実験値	計算値	実験値	計算値[1]	実験値	計算値[2]
52Ｓ	24.52	27.61	44.13	48.33	99.03	61.95
52Ｄ	9.81	19.16	44.13	45.68	86.79	59.30
35Ｓ	19.61	35.07	29.42	56.67	62.77	70.30
35Ｄ	9.81	25.13	34.33	53.80	65.71	67.42
20Ｓ	19.61	44.44	51.49	67.04	107.88	80.66
20Ｄ	載荷崩壊	33.36	34.33	64.55	79.93	78.17

注）計算値[1] $=0.20f_c^{1/3}(100P_w)^{1/3}(d/100)^{-1/4}\{0.75+1.4(a/d)\}b_wd$

計算値[2]：土木学会コンクリート標準示方書算定式

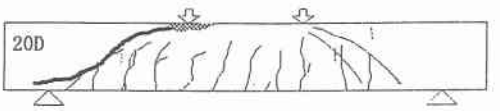

図２　終局ひび割れ状況

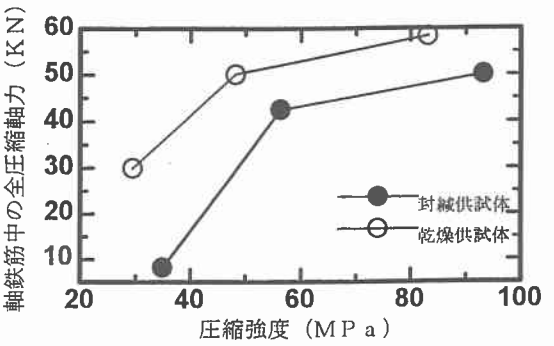

図３ 圧縮強度と軸鉄筋中の全圧縮軸力との関係（載荷前、材齢２８日）

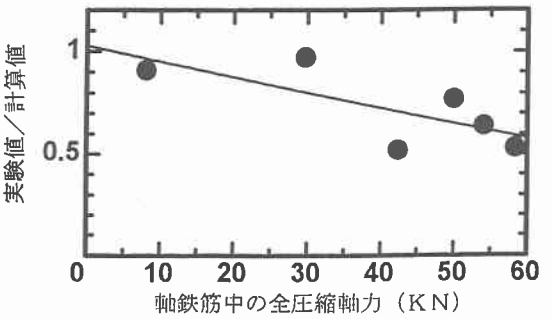

図４ 斜めせん断耐力の実験値と計算値の比