

収縮による RC はりのせん断強度への影響評価

広島大学大学院 学生会員 ○宮本 和也
 太平洋セメント株式会社 正会員 兵頭 彦次
 広島大学大学院 学生会員 太田 光貴
 広島大学大学院 学生会員 中山 紘紀
 広島大学大学院 フェロー会員 佐藤 良一

表 - 1 コンクリートの使用材料

材料	記号	種類/物理的性質
水	W	工業用水
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm ³
膨張材	EX	低添加型膨張材(石灰系), 密度: 3.16g/cm ³
細骨材	S	砕砂(砂岩), 表乾密度: 2.65g/cm ³ , 吸水率: 1.86%
粗骨材	G	砕石(砂岩), 表乾密度: 2.69g/cm ³ , 吸水率: 0.89%
混和剤	—	高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系), AE 剤

表 - 2 コンクリートの配合

目標値 スランプ (mm)	空気量 (%)	WC (%)	sa (%)	単位(kg/m ³)				
				W	C	EX	S	G
15±25	4.5±1.5	35	41.0	170	486 466	— 20	686	1001

1. はじめに

実構造物において過大な収縮による大きな損傷¹⁾が生じ、収縮問題に関心が高まっている。最近、自己収縮が高強度コンクリート部材のせん断強度の低下につながる事が明らかとされ、耐力算定式が提案されるに至っている²⁾。普通コンクリートにおいては乾燥収縮が主となるが、筆者らは、既に W/C50% のコンクリートにおいて、乾燥した場合の斜めひび割れ発生強度が封緘養生した場合よりも低下する³⁾ことを確認している。本検討では、現象の一般性を確認するために、強度レベルを拡張(W/C35%)し、実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの使用材料・配合

本研究で使用した材料を表 - 1 に、コンクリートの配合を表 - 2 に示す。骨材にはコンクリートの乾燥収縮が大きいとされるものを用いた。本検討では収縮の影響を比較するため、養生条件を気乾および封緘の 2 種類としており、両者の収縮の差を明確にするため、封緘養生する供試体については、膨張材(EX)を内割で 20kg/m³ 使用した。

2.2 供試体概要

RC はり供試体は、引張鉄筋比 1.03~1.06%、せん断補強筋および圧縮鉄筋のない RC はりを有効高さ d=250,500,1000mm の 3 種類作製した。例として、図 - 1 に d=1000mm の RC はり供試体の概要図を示す。気乾養生、封緘養生供試体を有効高さ毎にそれぞれ 2 体ずつ、計 12 体作製した。供試体名は気乾供試体を HSA0.35-250,500,1000-A,B 封緘供試体を EX0.35-250,500,1000-A,B とする。封緘養生は、材齢 7 日まで湿布養生後、脱型し、アルミ粘着テープでシールした。気乾供試体は、脱型後、室内暴露した。養生期間中の引張鉄筋ひずみは、ひずみゲージで計測した。

2.3 載荷試験概要

載荷試験は、2 点集中の単調載荷とし、せん断スパン (=a) 有効高さ比は全て 3 で統一した。せん断変位を測定するため、打設時にインサートを埋め込み、載荷時に、磨き丸鋼を付け、上辺・下辺・対角辺・縦辺の変位を測定した。

3. 実験結果

3.1 力学特性

RC はり載荷時のコンクリートの圧縮強度 (f_c) は d=500,1000 において、気乾供試体で 46N/mm² 程度 (材齢 306 日)、封緘供試体で 55N/mm² (材齢 230 日) 程度となった。また、d=250 において、気乾供試体で 46N/mm² 程度 (材齢 226 日)、封緘供試体で 59N/mm² (材齢 150 日) 程度となった。上述より、各

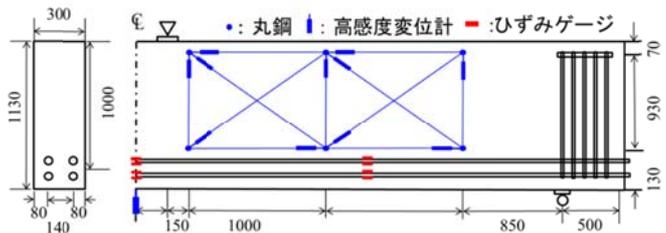


図 - 1 RC はり供試体概要図(d=1000mm)

有効高さにおいて封緘供試体の方が気乾供試体より圧縮強度が 24% 程度大きい結果となった。

3.2 鉄筋ひずみ

引張鉄筋の支間中央に設置したひずみゲージにより、載荷直前までの鉄筋ひずみを計測した。ここでの鉄筋ひずみは、温度変化によって生じたひずみの影響を無くすために実測値からダミーゲージの値を差し引いて補正した値を用いた。載荷時の引張鉄筋ひずみは、乾燥条件で 300×10⁻⁶~350×10⁻⁶ 程度圧縮ひずみを生じた。封緘条件ではほぼ 0 であった。なお気乾供試体には、収縮によって下縁から 10~20cm 程度の鉛直ひび割れがほぼ等間隔に発生していることが確認された。

3.3 載荷試験結果

図 - 2 に、荷重と支間中央のたわみの関係の一例を示す。これによれば、HSA0.35 の方が EX0.35 より、同一荷重に対するたわみが大きい傾向がみられた。これは、載荷試験以前に

キーワード せん断, RC はり, 収縮, 寸法効果, 等価引張鉄筋比

連絡先 〒739-0036 広島県東広島市鏡山 1-4-1-A2-522 広島大学構造材料工学研究室 TEL082-424-7786

導入された収縮応力によってひび割れ発生荷重が低下し、また鉄筋に蓄積されたひずみの開放によるものと考えられる⁴⁾。

図-3 はせん断変位に及ぼす収縮の影響を示したものであるが、これも収縮により増大しているのが分かる

図-4 に、有効高さ d と斜めひび割れ発生強度 $\tau_c (=V_c/bd, V_c$: 斜めひび割れ発生荷重) の関係を示す。W/C=0.5 と同様、HSA0.35 の τ_c は、有効高さ $d=1000\text{mm}$ で、EX0.35 よりも17%程度小さく、250mm も低下が認められたが、500mm の場合には低下は認められなかった。図中に $d=1000\text{mm}$ の τ_c の平均強度を通る寸法依存曲線を d の $-1/4$ 乗、 $-1/3$ 乗のそれぞれについて示す。同図には河金らが提示したW/B=0.23 の場合の結果²⁾、すなわち自己収縮が卓越する場合 $d^{1/2}$ 、自己収縮を抑制した場合 $d^{2/5}$ の寸法依存も示した。これによればEX0.35 の場合 $d=250\text{mm}$ の τ_c が極めて大きいためさらに検討を要するが、おおむね寸法依存は $d^{1/3} \sim d^{1/2}$ にある。一方、収縮の大きいHSA0.35 の場合は $d^{1/3}$ より $d^{1/2}$ の方が近い寸法依存性を示した。

図-5 に、実測値を計算値で無次元化した値と有効高さの関係を示す。計算値は示方書の原式である二羽式⁴⁾(式(1))より、算出した。

$$\tau_c = 0.2 f_c^{1/3} (100 p_s)^{1/3} (d/1000)^{-1/4} (0.75 + 1.4/(a/d)) \quad (1)$$

同図にはEX0.35,HSA0.35それぞれの回帰直線を示している。これによれば、無次元化せん断強度は寸法の増大とともに低下傾向を示し、低下の程度は、 $d=1000\text{mm}$ の場合、収縮の大きいHSA0.35が24%、収縮抑制した場合は8%であった。このことは、W/C=0.35では、寸法依存性が $d^{-1/4}$ より強く、さらに収縮は寸法依存性を助長するといえよう。

4. まとめ

本実験の範囲で以下の結論が得られた。

- (1) 収縮によりたわみおよびせん断変位はともに増大する。
- (2) 斜めひび割れ発生強度は、 $d=500\text{mm}$ の場合を除けば、収縮により16~17%低下した。
- (3) 二羽式による計算値で無次元化した実測せん断強度は、直線回帰によれば、収縮の大小に拘わらず、寸法増大とともに低下した。
- (4) (3)の回帰直線によれば、寸法依存性は収縮の大きい場合が高く、収縮は寸法依存性を助長すると言える。

謝辞 本研究は、科学研究費(基盤研究(A)、課題番号: 21246071、代表: 佐藤良一)の補助を受けて実施したものであり、紙面を借りて厚くお礼申しあげたい。

参考文献

- 1) 土木学会: 垂井高架橋の損傷に関する調査特別委員会最終報告書, 2008.3
- 2) 河金甲, 佐藤良一: 高強度 RC はりの斜めひび割れ発生強度に及ぼす収縮の影響評価, 土木学会論文 EVol.65 No.2,178 - 197, 2009.4
- 3) 三谷昂大, 兵頭彦次, 太田光貴, 佐藤良一: 収縮による普通強度 RC はりのせん断強度低下とその評価, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, pp.721-726, 2011
- 4) 谷村充, 佐藤良一, 平松洋一, 兵頭彦次: 若材齢時長さ変化を考慮した RC はり曲げ部材のひび割れ・変形の一般化評価法, 土木学会論文集, Vol.63, No.760, pp.181-195, 2004.5

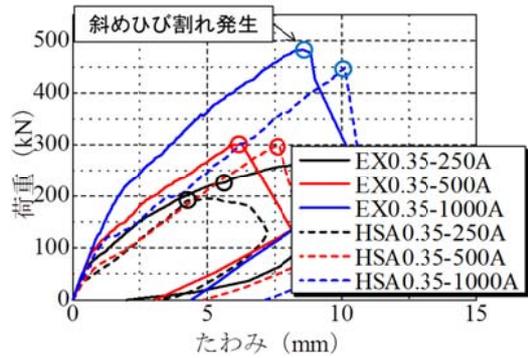


図-2 荷重—たわみ関係

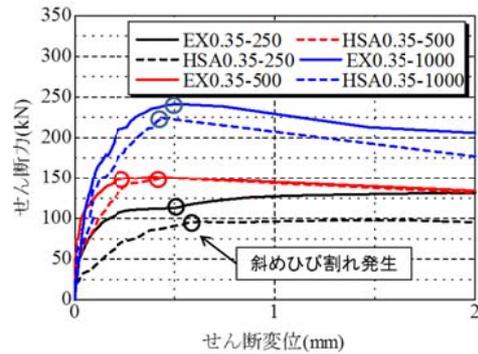


図-3 せん断力—せん断変位関係

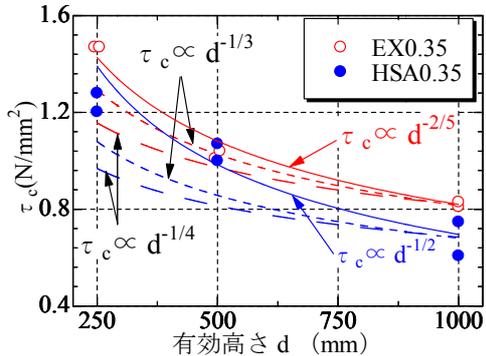


図-4 斜めひび割れ発生強度—有効高さ関係

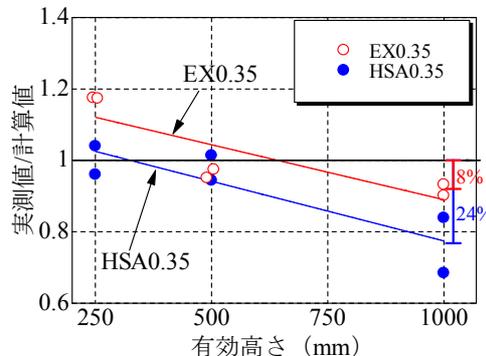


図-5 実測値/計算値—有効高さ関係

5) 二羽淳一郎ほか: せん断補強筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372, V-5, pp.167-176, 1986.8