

コンクリートの圧縮・曲げ・せん断各強度に及ぼす供試体寸法効果に関する研究

日本大学大学院生産工学研究科土木工学専攻 ○馮 艶春 高野真希子 新構造技術 伊澤 閑
日本大学生産工学部 木田哲量 日本大学研究所 加藤清志

1. まえがき

コンクリートのせん断強度は、RC 構造物を設計する上で重要な特性値であるにもかかわらず、コンクリート標準示方書¹⁾には定式化されていない。これをカバーするため、20～120N/mm²の範囲にわたり、圧縮強度と一面せん断強度との関係を定式化を図っている²⁾。また、はりによるせん断強度を推定できる可能性を提示した。本報では、はりによるせん断強度を求める場合、その供試体寸法への依存性を明らかにしたものである。加えて、公知の圧縮強度、寸法効果と対比し、考察するものである。

2. 理論的背景

はり部材支点 45°の斜め線上には、最大主応力 $\sigma_1 = \tau$ (せん断応力と等価)なる引張応力が作用する。したがって、はり高さ h に相当する位置に集中荷重を作用させたならば、中立軸・主筋位置ともに一様な引張応力が作用する。この場合の支点せん断力を V_A 、中立軸のせん断応力を $\bar{\tau}$ とすると、 $\bar{\tau}$ は式(1)で与えられる。

$$\bar{\tau} = V_A / (b z) \quad (1)$$

ここに、 b : はりの幅、 z : 内力間距離

3. 実験方法

使用コンクリート強度は $f'_c = 35 \text{ N/mm}^2$ 、供試体寸法は断面積比 $\xi = A/A_0$ ($A_0 = \square 100 \text{ mm}$) を、1、2、2.25、3、4、5 を基本として決めた。そのほか Wright の実験³⁾ { $\square 75 \times 225$ 、 $\square 75 \times 338$ 、 $\square 75 \times 450$ 、 $\square 75 \times 675$ 、 $\square 100 \times 300$ 、 $\square 100 \times 450$ 、 $\square 100 \times 600$ 、 $\square 150 \times 450$ 、 $\square 150 \times 675$ 、 $\square 200 \times 600$ (mm); 中央集中荷重 } を補足した。

4. 実験結果

4.1 曲げ強度と寸法効果

図1に破壊モードを示すが、供試体寸法にかかわらず、明らかに全て曲げ破壊である。図2に曲げ強度比 $S_b = f_{bo} / f_{b0}$ ($f_{b0} : \square 100 \text{ mm}$) と断面積比 ξ との関係を、また、圧縮強度比 S_c ($f'_{c0} = \phi 100 \text{ mm}$)³⁾ を併記した。相関式を式(2)、(3)に示したが、それぞれの変化率を k_b 、 k_c とすると、それらの比率は式(4)により求まる。

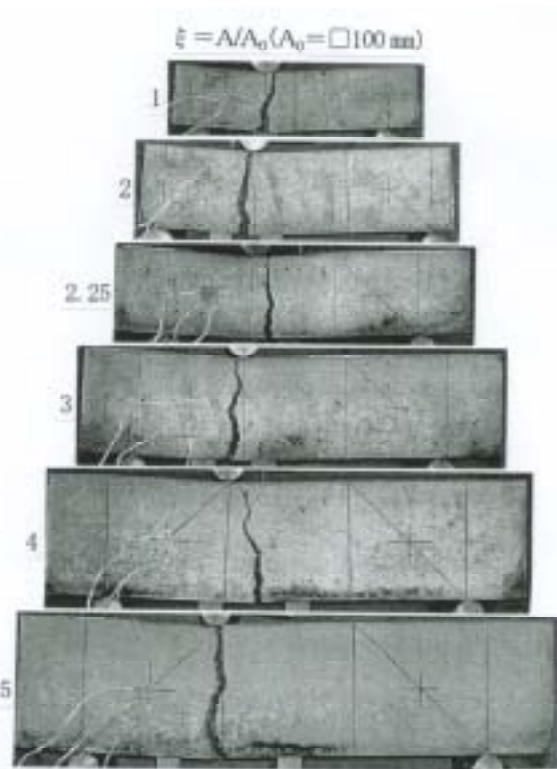


図1 プレーンコンクリートばりの曲げ破壊モード

$$S_b = 1.087 \exp(-0.1056 \xi) [\gamma = -0.927] \quad (2)$$

$$S_c = 1.035 \exp(-0.0257 \xi) [\gamma = -0.975] \quad (3)$$

$$k_b / k_c = (\partial S_b / \partial \xi) / (\partial S_c / \partial \xi) \quad (4)$$

$$\approx 4 \quad (\xi = 1 \text{ の場合})$$

$$\approx 3 \quad (\xi = 5 \text{ の場合})$$

曲げ強度は圧縮強度に比較すると、最弱リンクに起因するため断面寸法に関しては3～4倍も“組織敏感な物理量”(Structure-sensitive property)であることがわかる。

4.2 せん断強度と寸法効果

図3は、2D13を曲げ破壊先行防止鉄筋に使用した場合の破壊モードであるが、斜めせん断ひび割れが生じており、典型的なせん断破壊といえる。このときのせん断応力度 f_s を式(1)で求めたものが、図4である。せん断強度 f_s とはり断面積比 ξ との関係を、式(5)、(6)に示す。

キーワード：コンクリートはり、寸法効果、圧縮強度、曲げ強度、せん断強度、組織敏感な物理量

連絡先：〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL : 047-474-2460

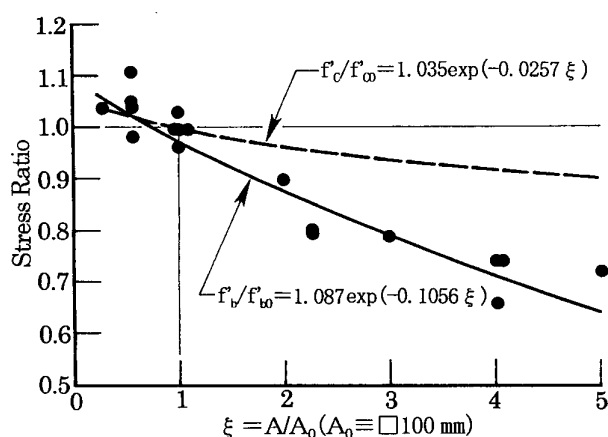


図2 曲げおよび圧縮強度比と断面積比との関係

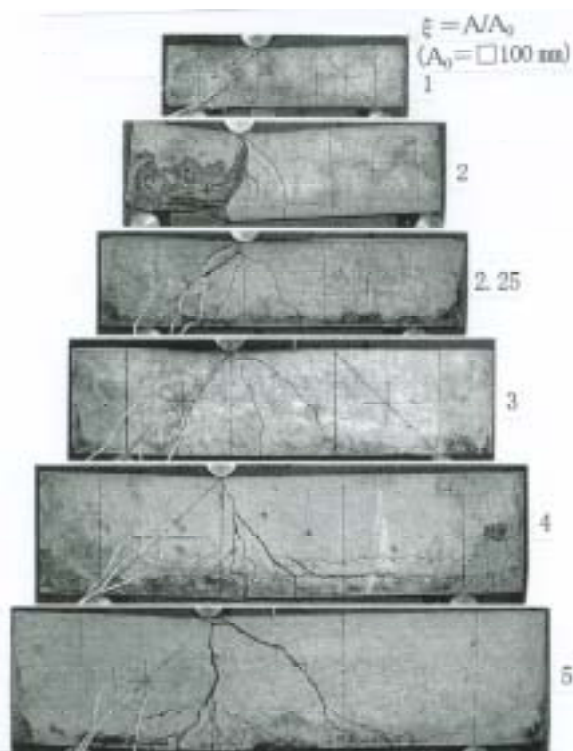


図3 RCはりのせん断破壊モード（2D13の場合）

$$2D13; f_s = 10.720 \exp(-0.2629 \xi) [\gamma = 0.990] \quad (5)$$

$$4D13; f_s = 13.360 \exp(-0.2360 \xi) [\gamma = 0.958] \quad (6)$$

せん断強度低下率 $\partial f_s / \partial \xi$ は 2D13 の場合で、 $\xi = 1$ に対し -2.17 N/mm^2 、 $\xi = 5$ に対し -0.76 N/mm^2 、4D13 の場合で、 $\xi = 1$ に対し -3.04 N/mm^2 、 $\xi = 5$ に対し -1.18 N/mm^2 となる。よって、4D13 の場合のほうが約 1.5 倍も減少率は大きい。また、同一構造コンクリート強度にもかかわらず、主筋量の増大によりせん断強度が大きく評価される。このような現象的事実は、曲げ破壊とせん断破壊とを支配する鉄筋量の存在を示唆している。この注目すべき物理量を“限界せん断制御鉄筋量(比)”

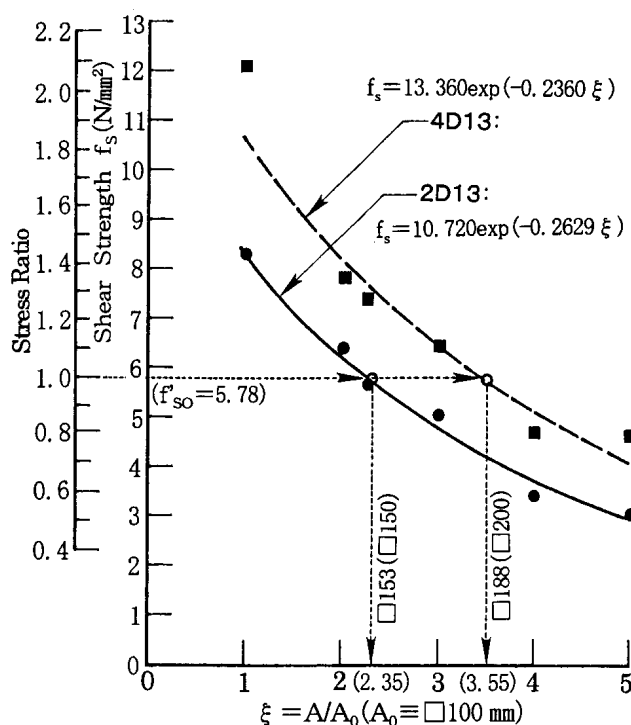


図4 せん断強度と断面積比との関係

(Critical shear controlling steel ratio) と定義するが、その定量化は改めて報告する。

一方、一面せん断強度は f_{sk} は式 (7) のように定式化されている⁴⁾。

$$f_{sk} = 0.54 f'_{ck}{}^{2/3} \quad (7)$$

式(5)と式(6)とを等価とすると $\xi = 2.35$ となり、一面せん断強度式が成り立つのは □153 の場合となるが、実用的にははりせん断試験法では □150 を用いるのがよい。いずれにしても、せん断強度は曲げ試験の場合と同様に、組織敏感な物理量である。

5. まとめ

コンクリートの圧縮強度は、組織鈍感であるが、せん断や曲げ強度は寸法効果を強く受ける。

【参考文献】

- 1) 土木学会、コンクリート標準示方書[設計編]、(2002)
- 2) M. Takano, et al., Formulation of Practical Shear Strength of Concrete and Its Application, Theor. and Appl. Mech., Vol. 51, pp.63-68 (2002)
- 3) 伊藤茂富、コンクリート工学、森北出版、(1972)
高野真希子ほか、RCはりのせん断・曲げ遷移破壊平衡限界主筋量の確定に関する研究、第57回セメント技術大会講演集、(2003)