

(I - 29) コンクリートの圧縮載荷法による実用せん断強度推定に関する研究

日本大学 学生員 高野真希子 日本大学 正会員 木田哲量
日本大学 正会員 阿 部 忠 日本大学 正会員 加藤清志
浅野工専 正会員 加 藤 直 樹

1. はじめに

本研究は、通常の圧縮試験によって圧縮強度と同時にせん断強度を得る手法を理論および実験的に考察するものである。コンクリート部材のせん断強度を3タイプの試験体を用いて 50N/mm^2 以下の普通強度コンクリートの場合を論じた報告¹⁾もあるが、本論ではさらに現今の高強度化に対応し得る 100N/mm^2 程度に研究範囲を拡張し、その妥当性についても検証した。

2. 圧縮応力場におけるせん断破壊に関する理論

図-1では、圧縮部材で載荷面に摩擦力があるととしてもサン・ブナンの原理により、斜めすべり破壊面近傍では単純応力状態にある。したがって、供試体の任意傾斜面上の垂直応力 σ とせん断応力 τ は、次式的ように与えられる。

$$\sigma = (P/A) \cos^2 \theta \quad (1)$$

$$\tau = (P/A) \sin \theta \cos \theta \quad (2)$$

ここに、 P : 圧縮力、 A : 直断面積

いま、 $\theta=0^\circ$ で $\sigma=\sigma_{\max}=P/A$ 、 $\tau=0$

$$\theta=45^\circ \text{ で } \sigma=\sigma_{\max}/2,$$

$$\tau=\tau_{\max}=\sigma_{\max}/2 \quad (3)$$

一般に、鑄鉄の圧縮載荷の場合には、斜めすべりが生じる。この現象は、まさに圧縮破壊よりもせん断破壊に起因する。また、式(3)の最大せん断応力は理論的には 45° であるが、実際のせん断破壊面はすべり面に見かけの摩擦抵抗力が作用するために大きな傾斜角を

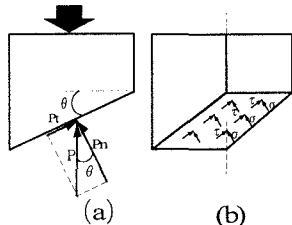


図-1 圧縮応力場におけるせん断破壊

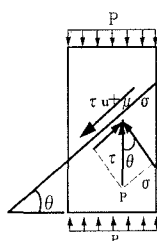


図-2 圧縮部材内力とすべり抵抗力

示すものとされている。

Navier 説によると、図-2に示す応力状態を想定するならば、式(4)を満足するときにすべり面が形成される。

$$(\tau - \mu \sigma)_{\max} \equiv \tau_u \quad (4)$$

ここに、 μ : すべり面上の見掛けの摩擦係数、 τ_u : せん断強度

そこで、式(1)、(2)、(4)から

$$\Omega \equiv \tau - \mu \sigma = (\sin \theta \cos \theta - \mu \cos^2 \theta) P / A \quad (5)$$

を得るので、 $\partial \Omega / \partial \theta$ より、 μ に対する摩擦角を ϕ とすると、せん断傾斜角 θ は次のようになる。

$$\cot 2\theta = -\mu = -\tan \phi = \cot(\pi/2 + \phi) \quad (6)$$

$$\theta = \pi/4 + \phi/2 \quad (7)$$

すなわち、式(7)で示されるように見掛けの内部摩擦角の $1/2$ が理論傾斜角 45° より大きくなる。

せん断強度 τ_u は式(4)~(7)より、次のようになる。

$$\tau_u = f_c' (\cot \theta/2) \quad (8)$$

ここに、 f_c' : コンクリートの単純圧縮強度

したがって、理論的にはコンクリートの圧縮強度とせん断傾斜角を実測すれば、せん断強度が推定できることになる。すなわち、本理論の展開は弾性破壊を仮定した「圧列法による引張強度推定法」と同一破壊コンセプトといえる。

3. 供試体の材料および寸法

3.1 使用材料および供試体寸法

実験に用いた供試体コンクリートには、普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mm の粗骨材を使用し、高強度コンクリートにはシリカフュームを加え、材齢は28日とした。なお、高強度コンクリートは、 $60 \sim 120\text{N/mm}^2$ の圧縮強度をカバーするものである。供試体の寸法は、円柱(試験体名; C) $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 、短角柱(試験体名; SP) $100 \times 100 \times 200\text{mm}$ 、長角柱(試験体名; LP) $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ の3タイプとした。

キーワード : 圧縮載荷法、コンクリート、せん断強度、破壊

〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工(院) TEL 047-474-2459 FAX 047-474-2449

3.2 実験方法

本実験は、コンクリート圧縮試験 JIS A 1108 の規定に基づき、荷重載荷速度は圧縮強度が毎秒 0.6 N/mm² で行った。また、荷重載荷後の記録写真上で傾斜角を測定した。

4. 破壊モード、実せん断傾斜角およびせん断応力

4.1 破壊モード

本実験における破壊モードの一例として、高強度の円柱供試体を図-3に示す。円柱の圧縮載荷による破壊傾斜角は、圧縮強度 20 N/mm² では約 60° で、圧縮強度が大きくなるにつれて破壊傾斜角も比例して大きくなる。とくに、圧縮強度が 80 N/mm² 以上の高強度コンクリートでは、爆裂的な破壊となり、その角度も 70° を超過した。短角柱の破壊傾斜角は、円柱に類似している。長角柱では、圧縮強度が 80 N/mm² 以上となると圧裂形ひび割れが顕著となる。



図-3 破壊モード

4.2 実せん断傾斜角および推定せん断強度

(1) 実せん断傾斜角

コンクリートの圧縮強度と実せん断傾斜角との関係を図-4に示す。なお、図-4は文献¹⁾の結果も含めた結果である。

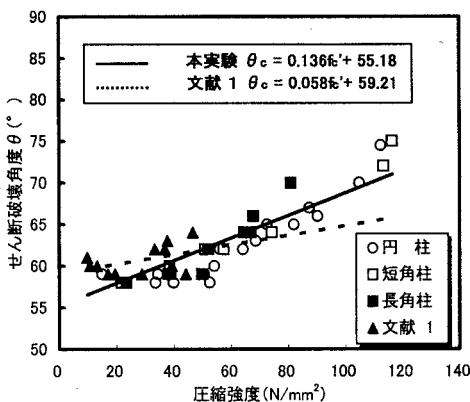


図-4 圧縮強度と破壊傾斜角

本実験より得た実せん断傾斜角は、コンクリートの圧縮強度が 10~120 N/mm² の範囲内では、式(9)で与えられる線形関係にあることが分かった。

$$\theta_c = 0.136f_c' + 55.18 \quad (\gamma = 0.866) \quad (9)$$

ここで、 θ_c : 実せん断傾斜角(°), f_c' : コンクリートの圧縮強度(N/mm²), γ : 相関係数

(2) 推定せん断強度

式(9)の実せん断傾斜角を式(8)に適用した場合のせん断応力度と圧縮強度の関係を図-5に示す。また、式(2)に傾斜角 45° を適用した場合を鉄型、実験傾斜角を適用した場合を純弾性理論と称する。なおここでは、既住の実せん断強度と現用許容せん断応力度²⁾とも対比させている。

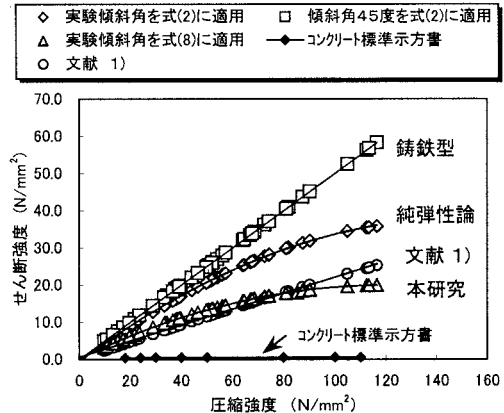


図-5 圧縮強度とせん断応力度

5. まとめ

1) 式(2)はすべり面の見掛けの摩擦効果を考慮しない均質材料としてのせん断強度であり、純弾性論的な値である。一方、式(8)はすべり面の見掛け摩擦係数を考慮した場合で、文献¹⁾での一面せん断試験法により求めた実せん断強度と近似しており、現実的なせん断強度といえる。なお、式(2)における最大せん断強度を与える傾斜角 45° の場合、せん断強度は過大値となり実用性に乏しいことがわかる。

2) 圧裂法による引張強度の推定法と同様に、圧縮載荷法によるせん断強度推定法の有効性がわかる。

3) 図-5より、現在の設計基準がいかにも安全側であるというよりも、むしろ過小評価であることがわかる。

謝 辞

本研究の供試体の製作にご協力頂いた浅野工専卒研生各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 加藤清志, "圧縮載荷法によるコンクリートのせん断強度推定に関する研究," セメント技術年報 41, (1987) 323~326
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書(設計編)