

コンクリート構造部材の品質保証のための設計基準強度安全係数に関する研究

浅野工専 正会員 ○殿廣 泰史
浅野工専 正会員 加藤 直樹
防衛大 加藤 清志

1. ま え が き

筆者らはすでに超高強度コンクリートおよび PC 棒鋼を使用した持続可能なコンクリート柱の重拘束の必要性、コンクリートの最終破壊予知特性値“流動応力点”(応力比 95%)を示した¹⁾が、超高強度(80N/mm²以上)の場合には爆裂による遷移現象となり、したがって臨界応力度が終局破壊の前兆特異点となる。Fig.1 に臨界応力比・流動応力比と圧縮強度との関係を示す。流動応力比 1.00, すなわち 78≒80N/mm²以上の超高強度で爆裂現象が発生すること, また臨界応力比 1.00, すなわち強度 97≒100N/mm²以上では強度そのものが疲労限度を示す。本報ではさらに、柱高さ/径比が2の管理供試体圧縮強度が、構造物の設計強度とされている。筆者らのせん断強度-圧縮強度相関図から、円柱の破壊モードの剛性円錐体にせん断強度を適用し、圧縮強度を特定できることを明らかにした。その結果 70N/mm²以下では、躯体強度を示さず補正の要があり、構造体強度安全係数の必要性を論じている。

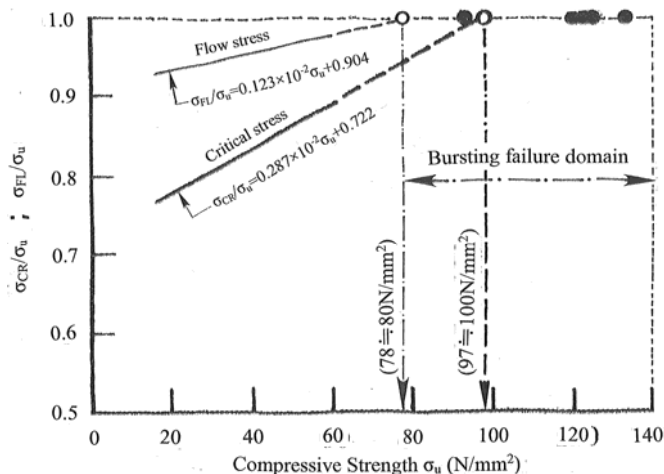


Fig.1 Comp. Str. vs. Phys. Characteristic Values.

2. 圧縮体の内力と破断傾斜角

高強度コンクリートの骨材粒子は引張またはせん断破壊する (Fig.2)。圧縮材の任意断面(θ)の垂直応力 $\sigma \{=(P/f)\cos 2\theta \cdots \textcircled{1}\}$ とせん断応力 $\tau \{=(P/f)\sin \theta \cos \theta \cdots$

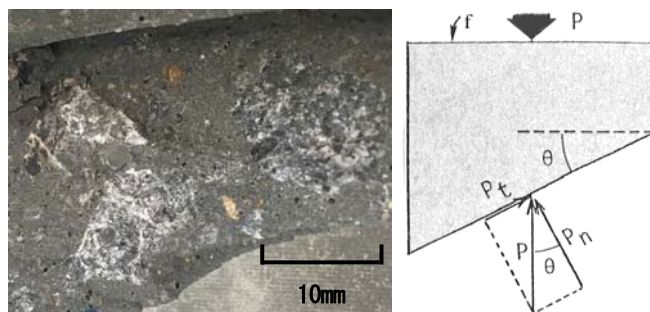


Fig.2 Tensile Crack of Aggregate. Fig.3 Internal Stress.

②, 合成応力 $p \{=(P/f)\cos \theta \cdots \textcircled{3}\}$ であり, 傾斜角の増大とともに垂直応力度は 20°から 70°に向い急激に減少し, 一方, せん断応力度は 45°面上で最大となる (Fig.3 参照)。

ここに, P: 軸力, f: 部材直断面積, K_s: 使用せん断応力度, $\mu (= \tan \varphi)$: せん断面上の摩擦係数, φ : 摩擦角

平衡条件から $\tau - \mu \sigma \geq K_s \cdots \textcircled{4}$; よって, 式④の左辺を最大にする θ は, $\Omega \equiv \tau - \mu \sigma = (P/f)(\sin \theta \cos \theta - \mu \cos^2 \theta)$

$$(f/P) \partial \Omega / \partial \theta = (f/P) \partial / \partial \theta \{ \cos \theta (\sin \theta - \mu \cos \theta) \}$$

$$= (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta) + 2\mu \sin \theta \cos \theta = 0; \cos 2\theta + \mu \sin 2\theta = 0$$

$$\cot 2\theta = -\mu = -\tan \varphi = \cot(\pi/2 + \varphi), \therefore \theta = \pi/4 + \varphi/2 \cdots \textcircled{5}$$

よって, 使用限界状態せん断応力度は

$$K_s = (P/f) \{ \sin \theta \cos \theta + \cot(\pi/2 + \varphi) \cos^2 \theta \} \cdots \textcircled{6}$$

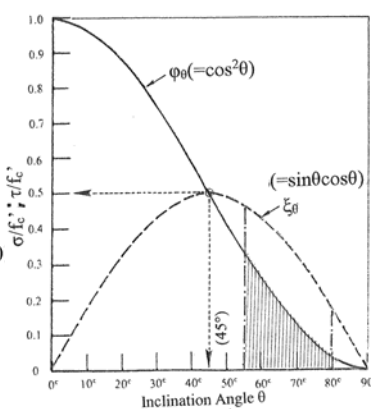


Fig.4 Eminent Shear.

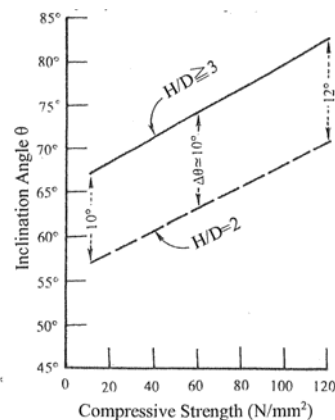


Fig.5 Shear Angle vs. H/D.

キーワード 超高強度コンクリート, 流動応力点, 爆裂現象, 品質保証, せん断強度, 部材寸法効果

連絡先 〒220-0073 横浜市神奈川区子安台 1-3-1 浅野工学専門学校 TEL:045-421-0403 FAX:045-431-9724

Fig.4は単純圧縮応力分布で、破断面傾斜角 $55^{\circ}\sim 80^{\circ}$ で σ より τ は卓越している。Fig.5は柱部材の H/D 比と強度との関係で、管理供試体2は端面拘束と寸法効果を受け傾斜角は小さく、3以上ではほぼ一定で約 10° 大きい。

3. せん断強度による圧縮強度の評価

3.1 せん断耐力による圧縮耐力の定式化

強度管理供試体 ($H/D=2$) の円柱部材が圧壊すると、剛体部・破壊面・放出部に分離する (Fig.6)。上下2個の剛体部側面積 F_0 は式⑦で与えられる。

$$F_0 = 2\pi d(d^2 + h^2)^{1/2} \quad \cdots \textcircled{7}$$

ここに、 d : 円柱半径、 h : 高さ $H/2$

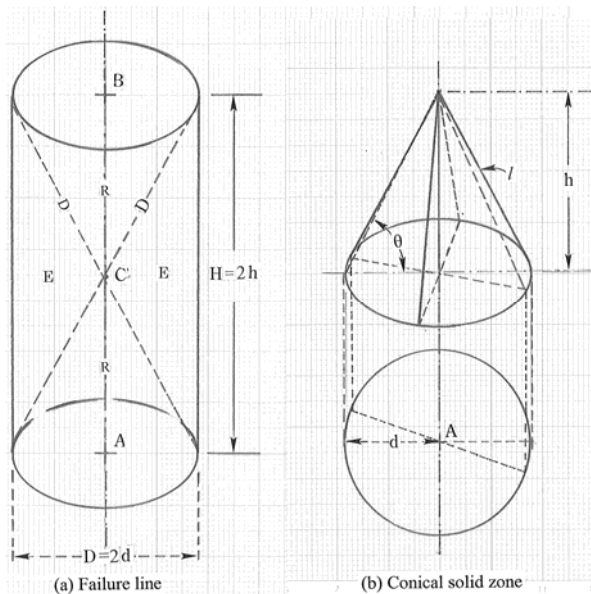


Fig.6 Conic Failure Mode of Compressed Column.

円錐体全側面積 F_0 に Fig.7 に示す圧縮強度と一面せん断強度相関図²⁾によるせん断強度 f_v を F_0 に乗じ、全せん断力 V_t を求めかつ鉛直成分を直円柱断面 A で剰し、見掛けの圧縮強度は $f_c'' = V_t \sin \theta / A \cdots \textcircled{8}$ となる。しかし、Fig.5に示すせん断傾斜角は、高強度ほど大きくなる。

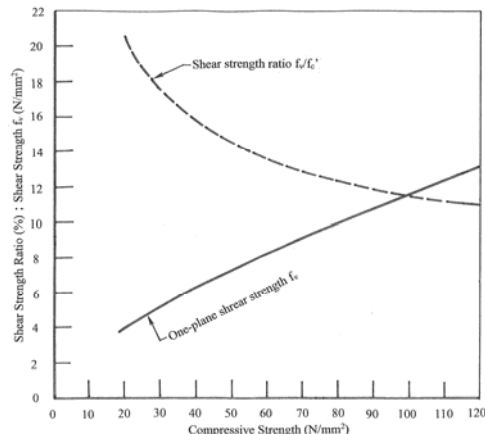


Fig.7 Relation between Shear and Compressive Strength.

3.2 寸法効果の導入

式⑦の高さ h は $h = d \tan \theta$ であることに留意しなければならない。したがって、 $H/D = 2h/(2d)$ を用い、部材寸法効果³⁾ λ を Fig.8 より定めることができる。

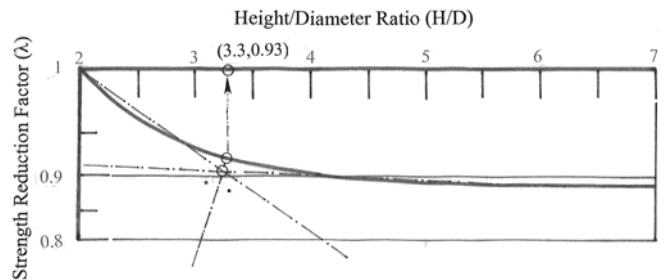


Fig.8 Relation of Strength Reduction Factor vs. H/D.

4. 構造物強度と管理供試体強度との関係

Fig.9に実構造物コンクリート強度と設計強度を示すが、流動応力点以下の爆裂を生じない超高強度未満で設計基準強度を満たしていないことが判明した。よって、現用の設計基準強度安全係数として、 $\alpha = 1.11 \sim 1.20 \approx 1.15$ を新規に採用するのが望ましい。

5. ま と め

超高強度コンクリートでは、流動応力点相当で爆裂すること、一般に円柱の破壊モードから円錐剛体側面に一面せん断強度を適用し、 H/D 比および寸法効果を取り込み、柱部材の耐力を推定できる。 70 N/mm^2 以下では設計基準強度に安全係数 1.15 を乗じ、実構造強度と一致させ一定品質保証を図る手法を示した。

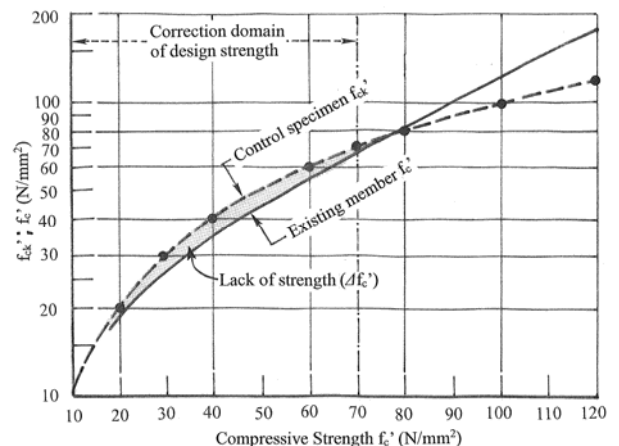


Fig.9 Correction Domain of Control Specimen.

参考文献

- 1) 加藤清志：研究開発四季報⑤土木・建築・環境編，日本ビジネスレポート，pp.22-29 (1980)。
- 2) 高野真希子・木田哲量・阿部 忠・加藤清志・加藤直樹：コンクリートのせん断傾斜角要因定式化に関する研究，45回材研連論文集，pp.292-293 (平 13.9)。
- 3) ASTM, 25, Part II, pp.237-250 (1925)。