

スラブ押抜きせん断耐力に対する合理式

山口大学大学院 (学生員) ○大岩 昇
 山口県庁 原田賢哉
 (株) ピーエス (正会員) 阿部宗人
 山口大学工学部 (正会員) 浜田純夫

1. まえがき

近年、交通量の増加による床版耐力の低下にともなって道路橋鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断破壊が問題となっている。現在、鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力算定式は基本的なはりのせん断耐力算定式と同様の形式で表されているが、スラブは面的な広がりをもつ高次元の不静定システムであるために破壊に影響する要因は、はりのせん断破壊に比べ極めて複雑であり、現在の算定式は決して十分なものとはいえない。そこで本研究では、鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断破壊に注目し、床版の押抜きせん断試験を行い、今までに提案された算定式を比較、検討しコンクリート標準示方書による算定式を修正し、実験結果と適合性の良い耐力算定式を提案するものである。

2. 実験概要

本実験で用いた供試体は寸法が 100×100 , 140×140 cmの2種類であり、引張鉄筋は格子状に配筋した。鉄筋はD10を使用し、床版厚を13.5 cm, 13 cm, 10 cmの3種類とし、2方向の引張鉄筋間隔を23 cm, 16 cm, 13 cm, 11 cm, 10 cm, の5種類として鉄筋量と床版厚を変化させた供試体合計13体を作成した。実験は図-1に示すように支持条件は、スパン 80×80 cm, 120×120 cmで四隅の浮き上がり防止を設けない四辺単純支持とし、支点は30 cm, 80 cmで支持辺の中央に設置した。また載荷条件は供試体の中央の位置に厚さ、1 mmの硬質ゴム板を介し、辺長10 cm, 厚さ3 cmの正方形鋼板において載荷した。

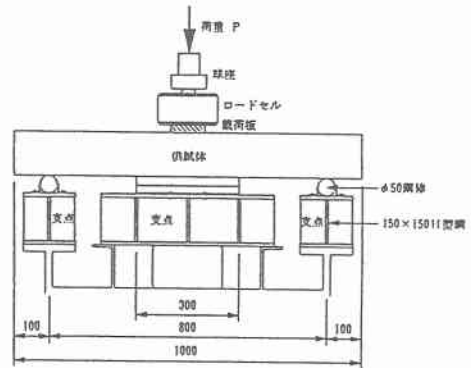


図-1 押抜きせん断試験載荷装置

3. 考察

◎耐力算定式について

1) コンクリート標準示方書の押抜きせん断耐力算定式を下記に示す。

$$V_{pcd} = \beta_d \beta_p \beta_r f'_{cd} u_p d / \gamma_b$$

ここに、 $f'_{cd} = 0.6 \sqrt{f'_{cd}}$, $\beta_d = \sqrt[4]{100/d}$, $\beta_p = \sqrt[3]{100/p}$

$\beta_r = 1 + 1/(1 + 0.25 u/d)$, f'_{cd} : コンクリートの設計圧縮強度, u : 載荷面の周長

p : 鉄筋比, u_p : 設計断面の周長 ($= 2a + 2b + \pi d$), γ_b : 部材係数 (1.0として計算を行った)

計算結果を図-2に示す。実験値はコンクリート標準示方書の耐力算定式による計算値よりもかなり下回っており、実験値/計算値の値は変動係数15.75%でばらつきが目立ち、平均値も0.81で危険側を示していた。

2) 角田らの押抜きせん断耐力算定式を下記に示す。

$$V_{cai} = 0.674 (b_o + 3\pi d) \sqrt{\sigma_{ck}} (1 + 0.5 p \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{ck}}) / (1 + d/20)$$

ただし、 $p \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{ck}} > 3.33$ のとき $p \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{ck}} = 3.33$ とする。

ここに、 b_o : 載荷板の周長 (cm) d : 有効高さ (cm) σ_{ck} : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm^2)

p : 鉄筋比 σ_{sy} : 鉄筋の降伏応力度 ($= 3500 \text{ kgf/cm}^2$)

計算結果を図-3に示す。角田らの式における変動係数11.62%の値は、コンクリート標準示方書の耐力算定式に比べるとかなり良い値を得ることが出来た。平均値=1.03となっており耐力算定式による計算値が理想的な値を示している。

3) A C I の押し抜きせん断耐力算定式を下記に示す。

$$V_c = \left(2 + \frac{4}{\beta_c}\right) \sqrt{f'_c} b_o \quad \text{----- (1)}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \sqrt{f'_c} b_o \quad \text{----- (2)}$$

$$V_c = 4 \sqrt{f'_c} b_o d \quad \text{----- (3)}$$

式(1), (2), (3)の中から最小のものを選ぶ。ここで、

β_c : 載荷板の長辺と短辺の比

f'_c : コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²)

b_o : 載荷板周長 (cm) d : 有効高さ (cm)

α_s : 係数 = 30

計算結果を図-4に示す。変動係数が27%を越えており耐力算定式の精度は良くない。平均値 = 0.73 となり計算値の方が上回り危険側を示している。

4) 本研究の提案式

a) β_d について

コンクリート標準示方書では有効高さ d の影響を考慮する係数 β_d について $\beta_d > 1.5$ となる場合には $\beta_d = 1.5$ として計算するようになっている。しかし、 β_d に、さらに角田らと同様に $(1 + d/20)$ で除する必要がある、以下に示す β_d の修正を行う。

$$\beta_d = \sqrt{\frac{100}{d}} / \left(1 + \frac{d}{20 \text{ cm}}\right)$$

b) $f_{p,c,d}$ について

$f_{p,c,d}$ はコンクリート標準示方書においては2乗根が用いられているが、せん断耐力算定式におけるコンクリート圧縮強度の影響を考慮する場合、2乗根を適用するか3乗根を適用するか明確でないのが実状であることから検討した結果、3乗根の方が適合性がよいことが判明した。さらに、最小二乗法で $f_{p,c,d}$ を求めると次の式が得られた。

$$f_{p,c,d} = 2.17^3 \sqrt{f'_c d}$$

c) 有効高さ d とスパン長 L の影響に対する修正

本研究では、有効高さ、スパン長が耐力算定式において十分考慮されておらず、結果に $(1 + 2d/L)$ を乗ずることにより修正を行う。

a), b), c) の修正を行った計算結果を図-5に示す。変動係数10.64%となりばらつきが少なく、当然ながら平均値1.00となっている。

【謝辞】本実験を行うにあたり、卒論生の石川和浩君の御協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表す。

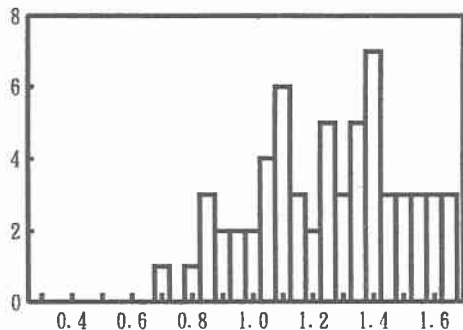


図-2コンクリート標準示方書

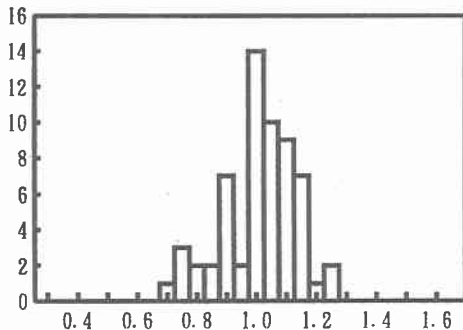


図-3角田らの式

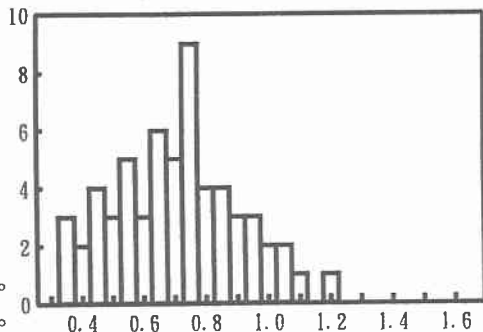


図-4 A C I

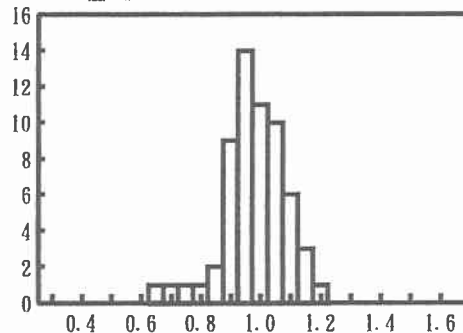


図-5本研究の提案式