

局部載荷重を受けるコンクリートの強度性状に関する検討

日本大学工学部 正会員 ○子田康弘
 日本大学工学部 正会員 原 忠勝
 東北学院大学工学部 フェロー 大塚浩司

1. はじめに

せん断力作用下のRC部材の場合、斜めひび割れの発生によってトラス的な釣合機構に変化することが知られている。このうち、トラスを形成する圧縮ストラットは、ディープビーム的なRC部材の場合、載荷点や支点の荷重幅がコンクリートの面積に比べて小さいために起る局部応力状態の変化によるものである。これら圧縮ストラットの強度性状には、低減係数を用いた定式化¹⁾や、FEMによる解析²⁾を行なったものが知られてる。しかし、圧縮ストラットの強度性状の検討は、経験式に依存している場合が多く、耐力算定式としての整合性の向上には、未だ検討の余地が残されているように思われる。

ここでは、2次元のダブルパンチ法によるコンクリートの支圧応力分布よりストラット・タイ機構によるトラスモデルを構築し、幾何学的に局部載荷重下のコンクリートの耐力算定を行なった。また、X線造影法を用いた支圧強度試験により、コンクリート内部のひび割れ性状から、ここでのトラスモデルの妥当性の検討も併せて行なったものである。

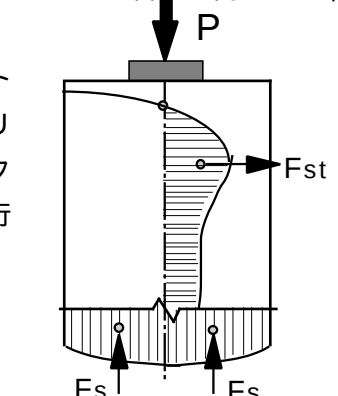


図-1 局部荷重による応力状態

2. ストラット・タイモデルによる支圧強度の検討

局部載荷重作用下のコンクリートにおける横方向と鉛直方向の応力は、概略、図-1のようになり、弾性論³⁾に基づく解析値と比較的良好一致することが示されている⁴⁾。このことより、ここでは、コンクリートの支圧耐力の算定に対して、図-1の応力分布に基づき、図-2に示すようなストラットとタイから成るトラスモデルを仮定し、支圧耐力 P_{cal} を求めた。節点位置は、N1を横方向応力が零となる位置とし、またN2、N3は、試験体中央の鉛直応力の合力作用位置と横方向引張応力の合力作用位置とが交わる点とした。また、最大耐力 P_{cal} は、タイ材に生ずる引張応力 f_{st} がコンクリートの引張強度に達した時に起こると仮定して求めたもので、式(1)のようになる。

$$P_{cal} = 0.269 f_c'^{2/3} (H - 2y_o) \times t \times \tan \theta_s \quad - (1)$$

ここに、コンクリートの引張強度：圧縮強度の2/3乗則、 t ：試験体厚さ

図-3は、これまでに行ってきた実験結果と、式(1)による計算結果を比較したものである。実験値は、高さ H が300mm～1800mm、幅 B が300mm～900mm、載荷幅 b が30mm～300mmとした条件における計55体の結果である。

図に示すように、実験値と計算値の比(P_{max}/P_{cal})は、平均値が1.29、標準偏差が0.41となり、また、相関係数としては0.916であった。ここでは、図-2に示したストラット・タイモデルから、タイ材の破壊によって最大耐力に至ると仮定したが、計算値は、安全側で推定できるものの、耐力が大きい領域でのばらつきが多い傾向にある。このことは、支圧強度が単一モデルで評価できないことを示唆するものであり、適用範囲などについて検討する必要がある。

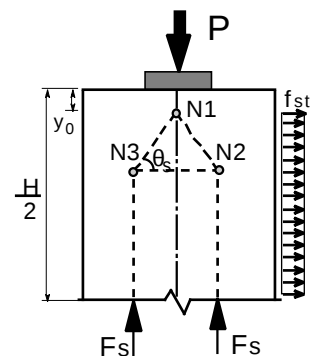


図-2 トラスモデル

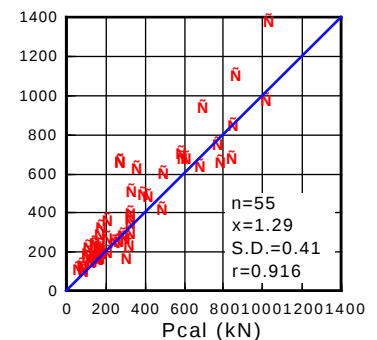


図-3 計算値と実験値の比較

キーワード：圧縮ストラット，ディ・プビーム，支圧強度，X線

〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1 TEL&FAX:024-956-8721

3. X線造影法による局部載荷重下のひび割れ様相

表 - 1 実験条件

Specimen	Dimensions and Test Variables					
	h (mm)	B (mm)	b (mm)	t (mm)	b / h	b / H
SP99X-30-20-5	300	200	50	70	0.167	0.083
SP99X-30-20-10	300	200	100	70	0.333	0.167
SP99X-30-30-10	300	300	100	70	0.333	0.167

試験体には、粗骨材の最大寸法 $G_{\max}=20\text{mm}$ のレディ-ミクストコンクリートを使用した。試験体は、表 - 1 に示すように、高さ h を一定とし、幅 $B=200\text{mm}$ の場合、載荷幅 $b=50, 100\text{mm}$ の2条件、また、 $B=300\text{mm}$ の場合、 $b=100\text{mm}$ の1条件の3条件とした。試験日材齢で圧縮強度は $f'_c=26.7\text{N/mm}^2$ （ヤング係数 $=26.7\text{N/mm}^2$ ，ポアソン比 $=0.167$ ），割裂引張強度は $f'_t=2.76\text{N/mm}^2$ である。図 - 4 は試験方法の概略図を示したもので、造影剤注入孔の位置は、試験体上縁より 10mm の位置から 30mm 間隔で設置した。また、試験は、上面より支圧板を介する通常の支圧強度試験に、X線造影法を併用したものである。X線撮影は、フィルムを試験体に密着させ、照射距離を 500mm ，管電圧 120kV ，電流 2mA ，照射時間を2分30秒とした。実験では、X線用モニターで内部の様子をリアルタイムで観察しながら、初期ひび割れ発生までは漸次増加荷重とし、試験体に変化が見られたところで荷重を保持し、撮影を行ない、撮影後再び載荷を行なった。

X線造影法の実験のうち、SP30-30-10の試験体は、ひび割れが急激に発生したために、段階的なひび割れの伸展状況を撮影する事はできなかった。写真 - 1 は、SP30-20-10のひび割れ様相を示したものである。ひび割れは、 $P=265.5\text{kN}$ 付近で上から2本目の注入孔より下方にひび割れが伸展した。その後写真 - 1 に示すように、 $P_{\max}=269.5\text{kN}$ で載荷板下にくさび状のひび割れが確認され、そのくさびが試験体にめり込むように破壊した。写真 - 2 は、SP30-20-5のひび割れ様相を示したものである。初期ひび割れは、上から2，3本目の注入孔付近で発生し、試験体中央へと伸展する様相が示された。最大荷重時のひび割れは、写真 - 2 に示したように、載荷板直下から試験体中央まで伸展する様相を示した。

X線造影法による局部載荷重下のひび割れ性状は、局部載荷幅が小さい場合、中心より左右に広がる割裂的なひび割れを示し、また、載荷幅が大きい場合には、載荷板下に形成されたくさび試験体中央に向かってめり込むようなひび割れ性状を示した。このことより、局部載荷重を受けるコンクリートの破壊には、概略2つの破壊モードがあり、圧縮ストラットを検討する場合、単一モデルで表現するのは難しいように思われる。

4. まとめ

ここでは、局部載荷重下のコンクリートの支圧耐力をストラットとタイ材によるトラスモデルと、破壊性状に対してはX線造影法により検討を行なった。

その結果、計算値は若干安全側になり、タイ材の破壊によって最大耐力に至ると仮定したが、今後、適用範囲などについて検討する必要がある。

また、X線造影法による内部ひび割れの観察結果から、破壊モードは、割裂的な破壊とくさびの形成を伴う破壊の2種類があり、これが、耐力算定の精度を低くしているものと考えられる。これより、圧縮ストラットの強度性状を検討する場合、単一モデルで評価するのではなく、破壊モードの違いを考慮し、適用範囲までも含めた検討が必要と思われる。

【参考文献】

- 1)例えば、Suhlaich,J.,Schafer,K.and Jennewin,M.:Toward aConsistent Design of Stractual Concrete,PCI Journal,Vol32,No.3,May-June 1987,pp.74-150
- 2)二羽淳一郎：ディーブーム的鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷機構，東京大学学位論文，1983
- 3)Bleich,F.:Der Gerade Stab Mit Recht eckquerschnitt Als Ebenes Problem,Der Bauingenieur,HEFT9-11,1923
- 4)富塚，原，大塚：ダブルパンチ法とX線造影法による圧縮ストラットの性状に関する検討，土木学会第52回年次学術講演会，pp.972-973，1997

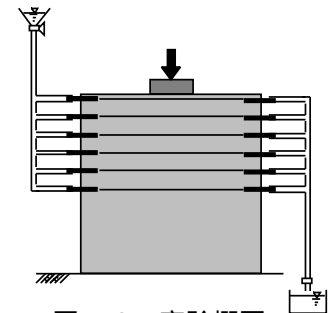


図 - 4 実験概要

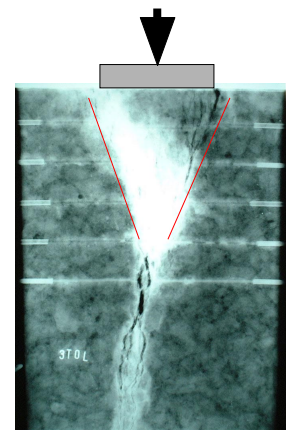


写真 - 1 SP30-20-10 ひび割れ様相

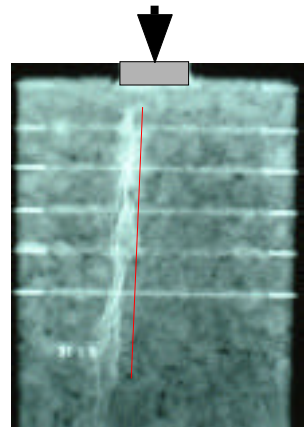


写真 - 2 SP30-20-5 ひび割れ様相