

東北大学 学生員 ○鳥居 謙一  
東北大学 正員 尾坂 芳夫  
東北大学 正員 佐藤 孝志

### 1. はじめに

せん断を受けるRC部材の終局強度設計方法として、ACI, CEBなど様々な設計方法が提唱されているが、今だに統一されていないのが現状である。これは、せん断破壊の機構が、曲げ破壊の機構に比べてかなり複雑で、破壊機構に影響している要因が、十分に明らかにされていないのが原因であると考えられる。そこで、本研究では、各国学会で発表された梁のせん断に関する実験データを基に、各国現行設計方法の持つ特徴及びその問題点を指摘し、さらに統計的手法によって、今後より合理的な設計方法を確立する上で、考慮すべき要因を明らかにすることを目的とする。

### 2. 解析方針

解析方針は、図-1に示すフローチャートのとおりである。

### 3. 調査項目

(1)目的変数については、①せん断耐力 $Q_u$  ②斜めひび割れ発生荷重 $Q_c$  ③斜めひび割れ角度 $\theta$ (図-2参照)の3つとした。 $\theta$ については、スターラップ量により、斜めひび割れ角度が大きく変化することが認められており、設計上ひび割れ角度が、非常に重要なファクターとなっていると考えられるためにこれを調査項目に加えた。

(2)説明要因については、①軸方向引張主鉄筋に関するもの ②圧縮鉄筋に関するもの ③材料強度に関するもの ④供試体断面、供試体形状に関するもの

以上の項目について、ACIジャーナル、ASCE報告書、CEB学会報告書よりデータを収集した。

### 4. 単紙集計の結果

収集された全データ444本について単紙集計を行なった結果、コンクリート円柱 図-2.斜めひび割れ角度 供試体圧縮強度 $f'_c$ 、有効高さ $d$ 、ウェブ幅 $b_w$ 、せん断スパン比 $a/d$ 、有効高さウェブ幅比 $d/b_w$ 、引張主鉄筋比 $P_t$ が、目的変数 $Q_c$ 、 $Q_u$ 、 $\theta$ と比較的高い相関を示した。このことより、これらの説明要因が重回帰式を推定する際に重要な要因となっていることが明らかとなった。各々の説明変数には、例えば支間長が著しく小さな供試体や鉄筋比が非常に大きな供試体など、実際の構造物とはかけはなれた条件で実験が行われた実験データが含まれていることが明らかとなった。また、従来あまり斜めひび割れ角度について着目されていなかったために十分なデータ数を得ることができなかった。そこで、本解析においては、解析対象として、スターラップを有さない単鉄筋矩形断面でかつ、軸力を受けないせん断破壊した梁47本とすることとした。

### 5. $Q_{test}/Q_{cal}$

各国示方書が持つ特徴について調べる目的で、各国示方書より終局強度設計法を採用しているACI、及びCEB示方書のせん断規定を取り上げ、実験耐力を $Q_{test}$ 、算定式による算定せん断力を $Q_{cal}$ とし、 $Q_{test}/Q_{cal}$ により、両者の比較を行なった結果を図-3に示す。

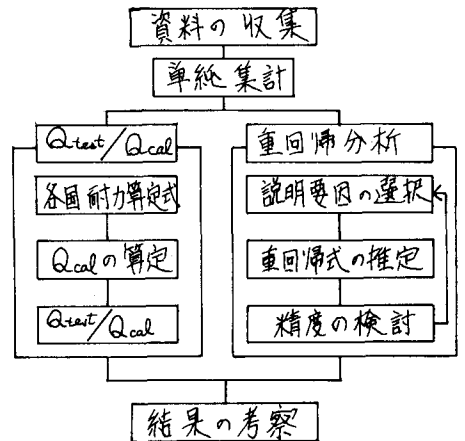
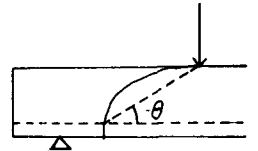


図-1. 解析フローチャート



ただし,  $Q_{cal} A C I = 0.53 \sqrt{f_c'} \cdot b w \cdot d$   
 $Q_{cal} C E B = 0.25 f_{ctd} \cdot K(1+50 \rho_e) \cdot b w \cdot d$   
 $K = 1.6 - d$

である。これより、次の結果が得られた。

① A C I code 式は、一連の梁の集中荷重載荷試験を基に実験値の 5% フラクタイルに相当する値を統計的手法によって求められた回帰式であって、せん断耐力の最低保証値となっていることが確認された。

② C E B code 式の場合、平均値では 1.1 となり、C E B code 式がせん断のメカニズムを比較的良好に示していると考えられる。しかし、ばらつきは、28.6% とかなり大きくなっている。

6. せん断耐力  $Q_u$  に関する重回帰分析

目的変数を  $Q_u$  とし、説明変数を単体集計で選択された要因を基準とし、重回帰係数への影響が小さな要因を消去することを試みた。この際に、せん断耐力に関与するコンクリート強度は、圧縮強度よりむしろ引張強度であると考えられ重回帰式中では、引張強度として取り扱われるのが妥当であると思われる。そこで、円柱供試体圧縮強度  $f_c'$  を、各国示方書で引張強度を推定する際に見られる様に、 $f_c', \sqrt{f_c'}$  ( $f_c'$ )<sup>2/3</sup> と変換して解析を行なうこととした。その結果、 $\sqrt{f_c'}$  を用いた時に重相関係数が最大となり、また  $a/d, d/bw, \sqrt{f_c'} \rho_e$  で十分に説明でき、この時の重相関係数  $R = 0.80$  となった。表-1 にその時の回帰係数、 $Q_u$  との相関係数、及び重回帰式中の説明要因の適応範囲を示す。この結果より、従来算定式中で顧みられてこられなかった、有効高さウェブ幅比  $d/bw$  がせん断耐力に大きな影響を与えていることが明らかとなった。このことは、従来から言われている有効高さが、ウェブ幅に比べて大きな梁はせん断に対して弱いということを裏付けていると思われる。

同様の解析を、斜めひび割れ発生荷重  $Q_c$ 、斜めひび割れ角度  $\theta$  についても行ない、それぞれ重相関係数が最大となった時の結果を表-2、表-3 に示す。

7. まとめ

① 現行のせん断耐力算定式は、実際のせん断耐力の変動を十分に説明することができず、ばらつきが大きくなっている。

② 現行の設計方法では、考慮されていない有効高さウェブ幅比  $d/bw$  の影響について今後十分に検討されるべきであると思われる。

③ 斜めひび割れ角度  $\theta$  を図-2 の様に定義するならば、適当な説明変数を選ぶことによって、 $\theta$  を推定することが可能である。

④ 本解析では、梁の持つ要因のうち一部について解析を行なったものであり、今後スーラップを有する梁についても、データを収集して同様の解析を行なう必要があると思われる。

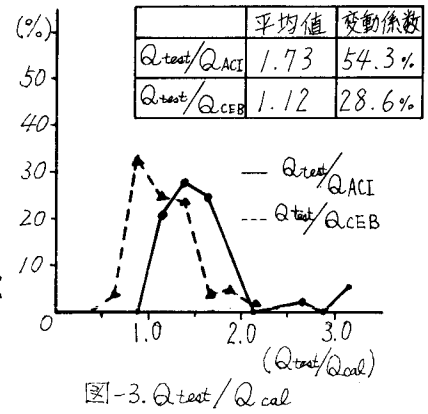


表-1.  $Q_u$  に関する重回帰分析

| 変数名           | 回帰係数  | 相関係数  | 適用範囲      |
|---------------|-------|-------|-----------|
| $\sqrt{f_c'}$ | 0.52  | 0.89  | 13.0~19.0 |
| $a/d$         | -0.79 | -0.55 | 1.9~9.0   |
| $d/bw$        | -4.30 | -0.32 | 1.2~2.0   |
| $\rho_e(\%)$  | 81.94 | -0.30 | 1.3~4.3   |
| 定数項           | 2.39  |       |           |

表-2.  $Q_c$  に関する重回帰分析

| 変数名           | 回帰係数    |
|---------------|---------|
| $\sqrt{f_c'}$ | 189.9   |
| $d$ (cm)      | 373.6   |
| $bw$ (cm)     | 244.0   |
| $a/d$         | -172.8  |
| $d/bw$        | -3368.5 |
| $\rho_e(\%)$  | 52008.4 |
| 定数項           | -6694.4 |

重相関係数  $R = 0.97$

表-3.  $\theta$  に関する重回帰分析

| 変数名              | 回帰係数                   |
|------------------|------------------------|
| $f_c' (kg/cm^2)$ | $0.13 \times 10^{-2}$  |
| $a/d$            | $-0.57 \times 10^{-1}$ |
| $\rho_e(\%)$     | $0.14 \times 10^{-1}$  |
| 定数項              | 0.28                   |

重相関係数  $R = 0.86$