

1. はじめに

RC 部材のひび割れ面には、せん断力に対して鉄筋自身の曲げで抵抗するダウエル作用が存在し、ずれ変位を抑制してくれる。そのため、ダウエル作用はRC部材のせん断設計を考える上で重要になってくる。しかし、ダウエル作用における「せん断力一ずれ変位関係」は fib^1 に提示されている曲線式のみで、その曲線式も影響因子が少なく、未確定係数もある。そこで、本研究では、過去の論文^{2,3)}の実験結果を収集し、そのデータからより精度の高い曲線式を提案する。

2. 研究の現状と問題点

類似のものとして、頭付きスタッドに関しては、島・渡部⁴⁾により曲線式が定義されている。ダウエル作用に関して、唯一 fib^1 で提示されている曲線式には影響因子が少なく、影響を与えと思われる引張力も考慮されていないのが現状であり、実設計では使えないのが問題である。

3. 研究方法

過去の論文^{2,3)}から、引張力の影響を考慮したダウエル作用における「せん断力一ずれ変位関係」の図を収集した。ダウエル作用に関して、頭付きスタッドに似た曲線式になるのではないかと考え、式(1)の島らの曲線式⁴⁾をもとに17種類すべてのグラフの近似曲線をフィッティングし、それぞれの係数 α 、 β の値を記録した。

$$\frac{V}{V_u} = 1 - e^{-\alpha\left(\frac{\delta}{\phi}\right)^\beta} \quad (1)$$

ここで、 V : せん断力、 δ : ずれ変位、 ϕ : 鉄筋直径であり、 V_u には最大ダウエル力の実験値を用いた。

4. 結果と考察

実験結果に対する α 、 β を特定するためのフィッティングの例を図1に示す。この時、 $\alpha=32$ 、 $\beta=1$ である。ダウエル作用のせん断力一ずれ変位曲線は、頭付きスタッドと同様の曲線式で表すことができることが分かる。

せん断力一ずれ変位関係の曲線形状に影響を及ぼす

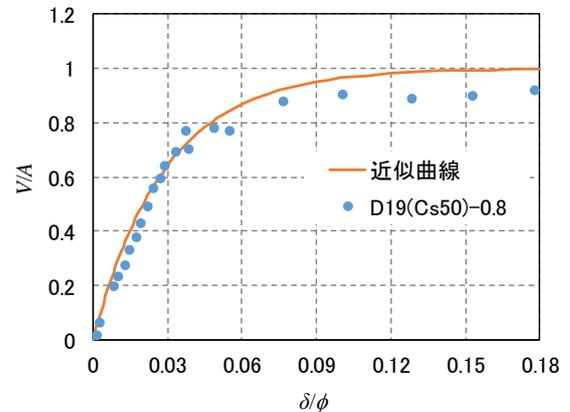


図1 せん断力一ずれ変位関係のフィッティング例

要因のひとつが軸方向鉄筋の引張力 T と思われる。ここで、鉄筋径の降伏強度 f_y に対する軸方向引張応力 T/A_s の比である引張応力比 ($T/A_s \cdot f_y$) と α の関係を図2に示す。引張応力比が大きくなると α が小さく (曲線の曲率が小さく) なることがわかる。直線は、引張応力比の違いに対する近似直線を示している。この図から α は引張応力比だけでなく、他の要因も影響していることが分かる。 β についても同様である。

曲線形状に影響する他の要因としては、コンクリート強度とかぶり厚さが考えられる。そこで、それらの影響をずれ変位に対する影響と考えて処理することとし、ずれ変位は鉄筋径に比例するという式(1)に対して、コンクリート強度とかぶりは最大ダウエル力には影響す

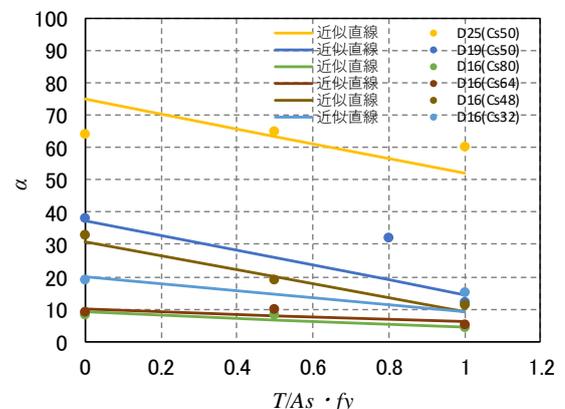


図2 α - $T/A_s \cdot f_y$ 関係

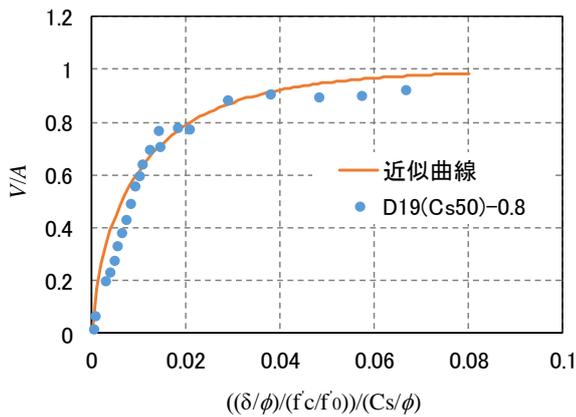


図3 せん断力-ずれ変位関係の再フィッティング例

るが、初期剛性にはあまり影響しないことから、さらに
ずれ変位を式(2)で正規化した。

$$\gamma = \frac{\delta}{\phi} / \left(\frac{f'_c}{f'_0} \right) / \left(\frac{C_s}{\phi} \right) \quad (2)$$

ここで、 f'_c : コンクリート強度 (N/mm²), $f'_0=30$ N/mm²
 C_s : かぶり (mm), ϕ : 鉄筋直径 (mm),
これを横軸とした式(3)を用いて、図3に示すように改
めてフィッティングを行った

$$\frac{V}{Vu} = 1 - e^{-\alpha\gamma^\beta} \quad (3)$$

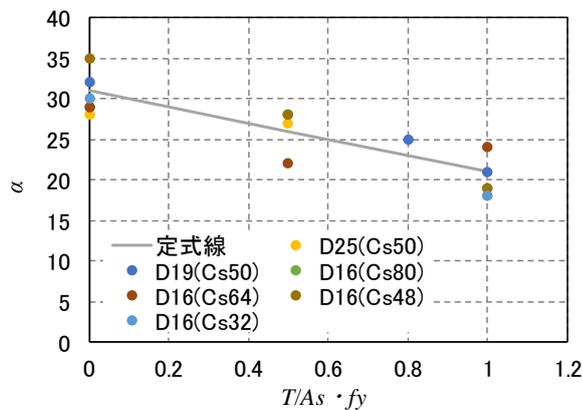


図4 α - $T/A_s \cdot f_y$ 関係

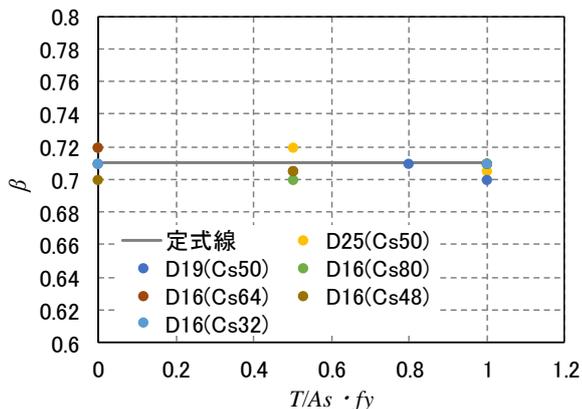


図5 β - $T/A_s \cdot f_y$ 関係

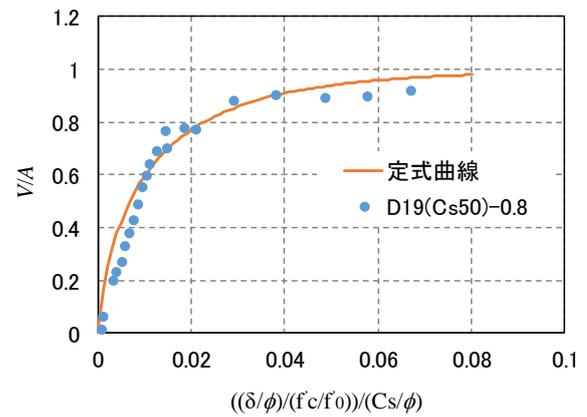


図6 せん断力-ずれ変位関係式の検証

改めて求めた α , β の結果を図4および図5に示す。ず
れ変位にコンクリート強度とかぶりの影響を考慮した
ことで、 α , β は引張応力比に対してひとつの直線式で
表すことができることが分かる。ここで、 β に関しては
図5より、横一直線で表せるため 0.71 の一定値とし、 α
に関しては直線式として、図3に示す式(4)を構築した。

$$\alpha = -10 \left(\frac{T}{A_s \cdot f_y} \right) + 31 \quad (4)$$

ここで、 T : 鉄筋引張力 (N), f_y : 降伏強度 (N/mm²)
 A_s : 鉄筋断面積 (mm²)

式(2)から式(4)を用いたモデルによる曲線と実験結果
とを比較した例を図6に示す。多少の誤差は生じたが
近い曲線となっている。

5. まとめ

- (1) ダウエル作用のせん断力-ずれ変位曲線は、頭付
きスタッドと同様の曲線式で表すことができる。
- (2) ずれ変位に鉄筋径、コンクリート強度およびかぶ
りを考慮することで、曲線形状を表す係数 α は鉄筋引
張応力比に対して一つの式、 β は一定値で表せる。
- (3) 曲線形状係数 α および β と鉄筋引張応力比との関
係を直線式および一定値で表した曲線式を構築し、精
度を検証した。

参考文献

- 1) fib CEB・FIP Model code 2010 Final draft Volume 1
- 2) 鈴木基行, 中村泰介, 堀内 信, 尾坂芳夫: 軸方向鉄筋の
ダウエル作用に及ぼす引張力の影響に関する実験的研究,
土木学会論文集, No426/V-14, pp.159-166, 1991
- 3) 品川幸次郎, 日比野憲太, 高木宣章, 小島孝之: RC 部材の
ダウエル作用に及ぼす軸方向鉄筋の引張力の影響,
コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No2, 2005
- 4) 島 弘, 渡部誠二: 頭付きスタッドのせん断力-ずれ関係
の定式化, 土木学会論文集 A, Vol64, No4, pp.935-947, 2008

