

I-83

組合せ荷重を受ける複数配置されたスタッドアンカーの強度評価

大阪大学工学部 正員 大谷恭弘
大阪大学工学部 正員 福本秀士

大阪大学大学院 学生員 吉本正浩
大阪大学工学部 学生員 橋本恭典

1. まえがき

鋼およびコンクリートを用いた複合構造では、異種材料間の接合部に広くスタッドアンカーが用いられている。接合部で荷重が伝達される時、これらのスタッドアンカーには一般に組み合わせ荷重が作用することになる。組合せ荷重を受けるスタッドアンカーの強度評価は、合理的に接合部を設計する上で重要である。1本配置されたスタッドアンカーの耐力については、国の内外において既往の研究が存在する。しかし、実際的な複数配置されたスタッドアンカーの耐力については、せん断のみ、あるいは引張のみに対しては存在するものの、組合せ荷重に対してはその実験データが乏しいのが現状である。

本研究では、スタッドを複数配置したスタッドアンカーに引張荷重あるいは、引張・せん断組合せ荷重を載荷させる実験を行った。そして、組合せ荷重を受ける複数配置されたスタッドアンカーの耐力の評価法について検討を行った。

2. 実験概要

実験では、高さ8cm、軸径13mmの頭つきスタッドを用いた。2本、あるいは3本配置した場合について、スタッド中心間隔、荷重比を変化させて実験を行った。載荷方法は、いづれも比例載荷とした。組み合わせ載荷の場合、スタッド配置は、せん断載荷方向に対し、垂直に対称配置とした。

表-1に引張荷重のみを載荷させた実験の結果を示す。また、表-2に組合せ荷重を載荷させた実験の結果を示す。

3. 耐力力の算定

1)スタッドが等間隔DでN本配置されたときの引張耐力力を次式で与える。

$$T_{uN} = T_{u1} \{1 + (N - 1) \lambda_T(D)\}, (\lambda_T \leq 1) \quad \text{----- ①}$$

T_{uN} : N本配置されたスタッドアンカー引張耐力力(kgf)

$\lambda_T(D)$: 中心間隔Dで配置されたスタッドアンカーの1区間に対する引張強度係数

T_{u1} : 一本配置されたスタッドアンカーの引張耐力力(kgf)¹⁾

$$T_{u1} = 1.06 A_0 \sqrt{f_c}$$

$$A_0 = \sqrt{2} l_0 \pi (l_0 + d_n)$$

l_0 : スタッド軸部の長さ(cm)

d_n : スタッド頭部直径(cm)

①式を変形して次式を得る。

$$\lambda_T = \frac{1}{N - 1} \left(\frac{T_{uN}}{T_{u1}} - 1 \right) \quad \text{----- ①'}$$

①'式とDとの関係をプロットしたものを図-1に示す。ここで T_{uN} には、表-1の実験結果より得られた引張耐力力を用いた。データを直線回帰して次式を得る。ただし、回帰に際しては、 $D = 0$ のとき $\lambda_T(D) = 0$ であると仮定した。

$$\lambda_T(D) = 0.040D$$

表-1 複数配置スタッドアンカー引張耐力力

供試体 No.	スタッド間隔(cm)	スタッド本数	耐力力(tonf)	コンクリート強度(kgf/cm ²)
T-1	6.0	2	6.92	370
T-2	8.6	2	8.18	370
T-3	10.0	2	6.87	316
T-4	10.0	2	7.41	316
T-5	10.0	2	8.62	354
T-6	10.0	2	7.70	354
T-7	10.0	2	6.50	257
T-8	10.0	2	6.94	257
T-9	18.0	2	9.34	303
T-10	4.3	3	7.51	370
T-11	9.0	3	8.08	266

表-2 複数配置スタッドアンカー引張・せん断耐力力

供試体 No.	比例載荷荷重比(T:S)	耐力力(tonf)		スタッド間隔(cm)	スタッド本数	コンクリート強度(kgf/cm ²)
		引張	せん断			
C-1	1:1	5.19	5.24	6.0	2	228
C-2	1:1	7.70	7.70	18.0	2	303
C-3	2:1	6.60	3.56	6.0	2	370
C-4	2:1	6.85	3.40	8.6	2	228
C-5	2:1	7.80	3.96	8.6	2	370
C-6	2:1	7.80	3.96	18.0	2	303
C-7	1:1	5.26	5.30	4.3	3	228
C-8	1:1	6.63	6.86	9.0	3	266
C-9	2:1	8.13	4.16	4.3	3	370
C-10	2:1	7.00	7.54	9.0	3	266

なお、図-1には、比較のためPCI¹⁾、ドイツ²⁾で提案されている耐力算定式より得られる1区間の強度係数 $\lambda_T(D)$ も示す。

$$PCI: \lambda_T(D) = \frac{2\sqrt{2}l_e + d_h}{\sqrt{2}l_e\pi(1_e + d_h)}D$$

$$ドイツ: \lambda_T(D) = \frac{1}{4l_e}D$$

ドイツの式より得られる係数 $\lambda_T(D)$ は、スタット中心間隔とスタット埋め込み深さの関数であり、本研究での $l_e=7$ (cm)に対し $\lambda_T(D)=0.036D$ となり、近い値を示している。

2)スタットがN本配置されたときのせん断耐力を次式で与える。

$$S_{uN} = \mu_s N S_{u1} \quad \text{----- ②}$$

S_{uN} : N本配置されたスタットアンカのせん断耐力(kgf)

μ_s : 複数配置に対するせん断耐力の低減係数($\mu_s \leq 1$)

S_{u1} : 一本配置されたスタットアンカのせん断耐力(kgf)³⁾

$$S_{u1} = 3.34 A_s f_c'^{0.3} E_c^{0.44}$$

A_s : スタット軸部断面積(cm²)

E_c : コンクリートヤング係数(kgf/cm²)

せん断載荷方向に垂直に複数配置された場合の低減係数 μ_s は、破壊形式をスタット破断のみであると考え $\mu_s = 1$ とした。

3) 組合せ荷重を受ける複数配置されたスタットアンカの耐力の評価を行う。表-2に示した組合せ荷重を受ける複数配置されたスタットアンカの耐力は、それぞれスタット中心間隔、スタット本数、コンクリート強度が異なる。各実験値を同時に評価するため引張耐力を①式、せん断耐力を②式で除し無次元化を行った。図-2に各実験値の相関関係図を示す。

耐力算定のため次の相関曲線を考える。

$$\left(\frac{T}{T_{uN}}\right)^m + \left(\frac{S}{S_{uN}}\right)^m = 1 \quad \text{----- ③}$$

図-2には各実験値と比較のため③式において $m=4/3, 5/3, 2$ で与えられる相関曲線を示す。

図-2を用いて各実験値と③式で与えられる相関曲線を比較すると $m=4/3$ の場合の相関曲線が、実験値をほぼ、安全側にとらえている。よって①、②、③式を用いて $m=4/3$ とすることにより組合せ荷重を受ける複数配置されたスタットアンカの耐力の算定は可能であると考えられる。

4. まとめ

①複数配置されたスタットアンカの引張耐力は、スタット中心間隔の関数として一次式で表せる。

②組合せ荷重を受ける複数配置されたスタットアンカの耐力は、4/3乗相関曲線を用いて安全側に評価できる。

参考文献

- 1) Prestressed Concrete Institute: Prestressed Concrete Institute Design Handbook, Second Edition
- 2) Bode, H. and Roik, K.: Headed Studs-Embedded in Concrete and Loaded in Tension, Paper Presented at the PCI Annual Convention, LOS Angeles, 1983.
- 3) McMackin, P. J., Slutter, R. G. and Fisher, J. W.: Headed Steel Anchors under Combined loading, AISC, Engineering Journal pp. 43~52, 1973.

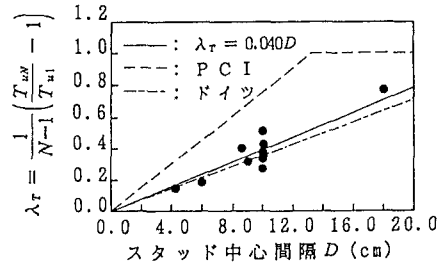


図-1 $\frac{1}{N-1} \left(\frac{T_{uN}}{T_{u1}} - 1 \right)$ と D との関係

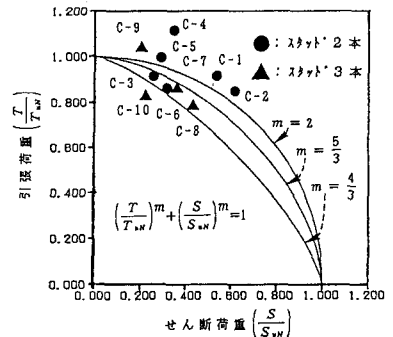


図-2 相関関係図