

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挙動

大阪大学工学部 正 員 大谷恭弘 大阪大学工学部 学生員 橋本恭典
大阪大学工学部 学生員 ○吉本正浩 大阪大学工学部 正 員 福本秀士

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とき、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。スタッドアンカーによる荷重伝達や変形挙動は、複合構造の力学的挙動に大きく影響を与えると考えられるため、組合せ荷重を受けるスタッドアンカーの力学性状の解明は、合理的に複合構造物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力学性状については、国の内外において既往の研究が存在する。しかし、実際の複数配置されたスタッドアンカーの力学性状については、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荷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、いず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. 耐荷力の算定

1)スタッドがN本配置されたときの引張耐荷力を次式で与える。

$$T_{uN} = \phi_T N T_{u1} \quad \text{--- ①}$$

T_{uN} : N本配置されたスタッドアンカー引張耐荷力(kgf)

ϕ_T : 複数配置に対する低減係数

T_{u1} : 一本配置されたスタッドアンカーの引張耐荷力(kgf)¹⁾

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

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

l_0 : スタッド軸部の長さ(cm)

d_h : スタッド頭部直径(cm)

複数配置に対する低減係数 ϕ_T は、スタッド中心間隔Dの関数となる。

T_{uN}/NT_{u1} とDとの関係をプロットしたものを図-1(A),(B)に示す。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 $\phi_T=1/N$ であると仮定した。

2本配置の場合 $\phi_T = 0.023D + 0.5$

3本配置の場合 $\phi_T = 0.020D + 0.33$

表-1 複数配置スタッドアンカー引張耐荷力

供試体 No.	スタッド 間隔(cm)	スタッド 本数	耐荷力 (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・せん断耐荷力

供試体 No.	比例載荷 荷重比 (T:S)	耐荷力(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

Yasuhiro OHTANI, Masahiro YOSHIMOTO, Yasunori HASHIMOTO, Yuhshi FUKUMOTO

なお、図-1には、比較のためPCI¹⁾、ドイツ²⁾で用いられている、スタッドアンカー複数配置のときの引張耐荷力直線も示す。ドイツの耐荷力直線は実験値をよくとらえているが、PCIの耐荷力直線は、かなり危険側となっている。図中の耐荷力直線を次式に示す。

$$PCI: \frac{T_{uN}}{NT_{u1}} = \frac{1}{N} \left\{ \frac{4}{\pi} + \frac{(2\sqrt{2}l_o + d_h)(N-1)}{\sqrt{2}l_o\pi(1+d_h)} \right\} D$$

$$ドイツ: \frac{T_{uN}}{NT_{u1}} = \frac{1}{N} \left(1 + \frac{N-1}{4l_o} D \right)$$

2) スタッドがN本配置されたときのせん断耐荷力を次式で与える。

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

S_{uN} : N本配置されたスタッドアンカーのせん断耐荷力(kgf)

ϕ_s : 複数配置に対する低減係数

S_{u1} : 一本配置されたスタッドアンカーのせん断耐荷力(kgf)³⁾

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

A_s : スタッド軸部断面積(cm²)

E_c : コンクリートヤング係数(kgf/cm²)

複数配置に対する低減係数 ϕ_s は、せん断耐力における破壊形式をスタッド破断のみであると考え $\phi_s = 1$ とした。

3) 組合せ荷重を受ける複数配置されたスタッドアンカーの耐荷力の評価

表-2に示される、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荷力は、それぞれスタッド中心間隔、スタッド本数、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荷力を①式、せん断耐荷力を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。耐荷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ドアンカーの耐荷力の算定は可能であると考えられる。

4. まとめ

- ・ 複数配置されたスタッドアンカーの引張耐荷力は、スタッド中心間隔の関数として一次式で表せる。ドイツの算定式は実験値とよく一致するが、PCIの算定式は危険側の値を与えることが分かった。
- ・ 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荷力は、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.

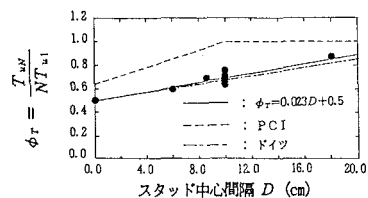


図-1(A) T_{uN}/NT_{u1} と D との関係 (2本)

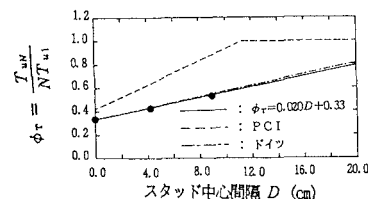


図-1(B) T_{uN}/NT_{u1} と D との関係 (3本)

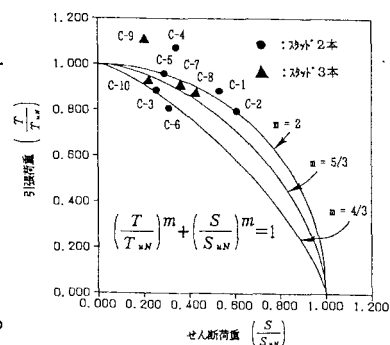


図-2 相関関係図