

コンクリートを充填した箱形合成柱のねじり耐荷力特性に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行 大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
 住友金属工業 正 員 才村幸生 京 都 府 正 員 ○神崎昭雅

1. まえがき

鋼管にコンクリートを充てんした合成部材（合成柱、合成梁、合成梁-柱など）は、安価なコンクリートを用いて、中空鋼管部材よりもかなり耐荷力を増大させることができる点で経済的であり、また埋立地などの軟弱地盤上に多くの土木構造物が建設される都市部で特に問題となる地震荷重に対しても、鋼部材やコンクリート部材に比べて、優れた変形性能（ダグティリティー）を有することが、最近、明らかにされている¹⁾。しかしながら、合成部材にねじり荷重が作用した場合の耐荷力特性については、ほとんど明らかにされていないのが現状である²⁾。

そこで、ねじり荷重を受ける合成部材の終局強度特性、終局状態に至るまでの挙動、および変形性能を明らかにするため、実験的研究を行ったので、ここに報告する。

2. 実験供試体および載荷方法

本実験では、合成柱供試体FC 1 体以外に、合成柱のねじり強度およびねじり剛度に及ぼす外側鋼板および充てんコンクリートのそれぞれの寄与を調べるために、充てんコンクリートを打設しない鋼製柱供試体FS 1 体、および充てんコンクリートと同じ断面を有するコンクリートのみの供試体CC 2 体も製作した。

鋼製柱供試体および合成柱供試体の製作図を、図-1に示す。ねじり荷重は、文献3)の研究の際に開発されたN-M-T 載荷装置を用いて導入した。

3. 使用材料、および、それらの機械的性質

鋼板の降伏点は $\sigma_{sy}=2,800\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数は $E_s=1.99\times 10^6\text{kgf/cm}^2$ 、またポアソン比は、 $\mu_s=0.294$ であった。コンクリートの圧縮試験強度は $f_c=203.9\text{kgf/cm}^2$ 、弾性係数は $E_c=2.09\times 10^6\text{kgf/cm}^2$ 、割裂試験強度は $\sigma_{ct}=23.3\text{kgf/cm}^2$ 、またポアソン比は $\mu_c=0.19$ であった。

4. 実験結果

充てんコンクリートの終局せん断応力度を $f_o/2$ (f_o :コンクリートの圧縮強度)とし⁴⁾、塑性理論(サンド・ヒル・アナロジー)を用いて充てんコンクリート断面の全塑性ねじりモーメント T_{po} を算出し、鋼断面の全塑性ねじりモーメント T_{ps} との累加全塑性ねじりモーメント T_{pso} を求めた。そして、これと合成柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値 T_{uso} とを比較したものを、表-1に示す。

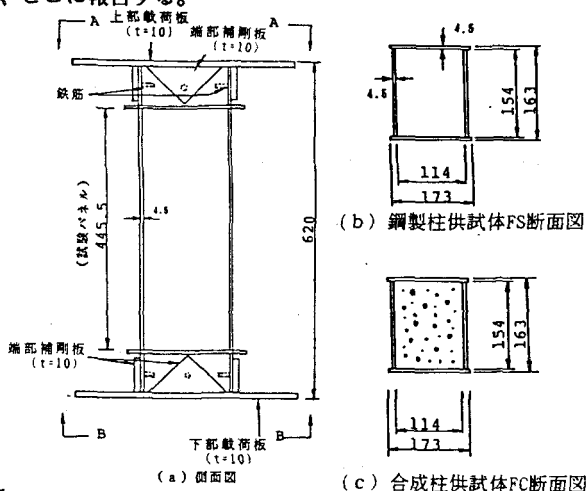


図-1 鋼製柱供試体FSおよび合成柱供試体FCの製作図
(単位: mm)

表-1 合成柱供試体の終局ねじりモーメント

合成柱 供試体名称	①実験値 T_{usc} (tf·m)	②全塑性 T_{psc} (tf·m)	③ T_{usc}/T_{psc} ①/②
FC	3.602	3.499	1.029

表-2 鋼断面とコンクリート断面との累加終局ねじりモーメントと実験終局ねじりモーメントとの比較(合成効果)

合成柱供試体 の名称	① T_{us} (tf·m)	② T_{uo} (tf·m)	③ $T_{us}+T_{uo}$ (tf·m)	④ T_{uso} (tf·m)	⑤ $\frac{④-③}{③}\times 100$ (%)
FC	2.877	0.153	3.030	3.602	18.9

T_{us} : 鋼製柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値
 T_{uo} : コンクリート柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値
 T_{uso} : 合成柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値

Toshiyuki KITADA, Hiroshi NAKAI, Yukio SAIMURA and Akimasa KANZAKI

つぎに、鋼製柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値 T_{us} とコンクリート柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値 T_{uc} との和 $T_{us} + T_{uc}$ を求め、これと合成柱供試体の終局ねじりモーメントの実験値 T_{usc} とを比較したものを表-2に示す。また、表中には、鋼製柱供試体にコンクリートを充てんしたことによる終局ねじりモーメントの上昇率（合成効果と呼ぶ）も示してある。

さらに、合成柱供試体FCのねじりモーメント-ねじり率曲線を、図-2に示す。この図-2より、ねじり率は、全塑性状態に達して $T/T_{pso}=1$ になった後、急増していることがわかる。ねじりモーメント-ねじり率曲線の実測結果は、 $T/T_{pso}=0.7$ 付近から非線形性を呈し始めている。この理由としては、鋼板要素に含まれる圧縮残留応力のため、鋼板要素の中央部分が先に降伏すること、および充填コンクリートにひび割れが発生して、塑性化することが考えられる。

最後に、終局状態に達した後、大きな変形性能を有していることがわかる。

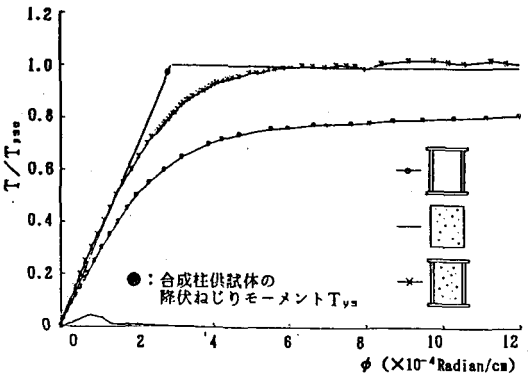


図-2 合成柱供試体のねじりモーメント-ねじり率曲線（供試体FC）

5. まとめ

- 1) 合成柱供試体の終局ねじりモーメント T_{usc} は、充てんコンクリートの終局せん断応力度を $f_o/2$ として求めた合成断面の全塑性ねじりモーメント T_{pso} によって、精度良く推定することができる。
- 2) 合成柱供試体の終局ねじりモーメント T_{usc} は、鋼製柱供試体とコンクリート柱供試体との終局ねじりモーメントの累加終局ねじりモーメント $T_{us} + T_{uc}$ の18.9%となった。すなわち、ねじりを受ける合成柱では、かなりの合成効果が期待できることがわかった。
- 3) $T < 0.7T_{pso}$ の領域における合成柱のねじり剛度は、弾性理論を用いて求められる鋼とコンクリートとの累加剛度によって精度よく推定することができる。 $T \geq 0.7T_{pso}$ では、圧縮残留応力による鋼板の塑性化や、コンクリートのひび割れ発生に起因する充填コンクリートの塑性化のために、 $T-\phi$ 曲線が非線形となる。
- 4) 合成柱供試体は、終局状態に達した後、ねじり変形が増加しても、ねじり耐荷力がほとんど低下せず、大きな変形性能を有していることがわかった。

<参考文献>

- 1) 阪神高速道路公団：合成柱（充てん方式）を有する鋼製橋脚の設計・施工指針（案）、pp.43、1985年3月
- 2) Xu Jishan, Geoge Lee and K.C. Zhang: Experimental Studies on Concrete Filled Steel Tube Short Column under Compression and Torsion, Proceedings of the International Speciality Conference on Concrete Filled Steel Tubular Structures(Including Composite Beam), Harbin, China, pp.60~66, August 1988
- 3) 北田俊行・中井 博・國廣昌史・松下孝文：圧縮・曲げ・ねじりの組合せ断面力を受ける薄肉箱形短柱の終局強度特性に関する実験的研究、構造工学論文集、土木学会、Vol.34A, pp.221~231、1988年3月
- 4) W. F. Chen原著、色部誠・河角誠・安達洋監訳：コンクリート構造物の塑性解析、丸善、pp.311~328、1984年7月