

(V-49)ねじりを受けるコンクリート 充填鋼製柱の有限要素法解析

早稲田大学理工学部 学生員 広瀬 健太郎, 白 済鉦

早稲田大学理工学部 フェロー会員 清宮 理

1 緒言

最近、橋脚や杭基礎に鋼板とコンクリートの合成部材が用いられる場合がある。これは、合成部材の強度と靱性が大きいこと、鉄筋工や型枠工を削減できることなどRC部材よりも総工費を削減できる場合があるからである。構造物の設計にあたり、ねじりに関する検討は通常省略されているが、構造物の大型化や荷重作用の方向によりねじりモーメントを無視できない場合も考えられる。しかしながら、合成部材がねじりを受ける際の力学特性はいまだに不明確である。そこで、ねじりを受ける鋼殻柱、無筋コンクリートおよび合成部材を材料非線形性を考慮した有限要素法で解析した。又ねじりを受ける部材の静的載荷試験の結果との照合により、解析的にどの程度予測できるか検討した。

2.有限要素法の解析モデル

図1のような解析モデルを作成した。長さ70cm高さ15cm幅15cmの鋼製の柱部材で、内部が中空になっている。鋼板の厚さは0.45cm、0.32cm及び0.23cmとした。充填コンクリートには普通コンクリートを想定し設計基準強度を240kgf/cm²とした。これは現在、別途行っているねじれ実験に用いる供試体をモデルにした。有限要素法解析では汎用プログラム(SOLVIA)を使用した。使用する要素の種類は、鋼板にシェル要素を、コンクリートにはソリッド要素を用いた。この際の鋼板の材料特性値は、ヤング率は $2.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比は0.3、降伏値は4000kgf/cm²、塑性後のヤング率は $2.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ とした。コンクリートについては、ヤング率 $2.40 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ 、ポアソン比0.167とした。各々の応力~ひずみ関係を図2と図3に示す。

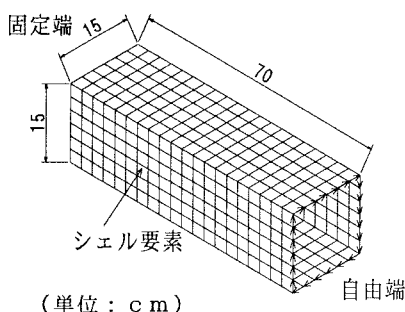


図1 FEM解析モデル

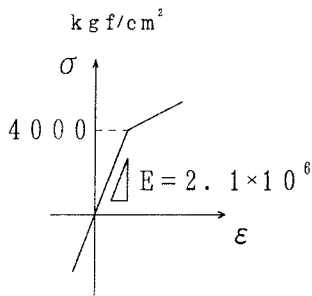


図2 鋼材の材料特性

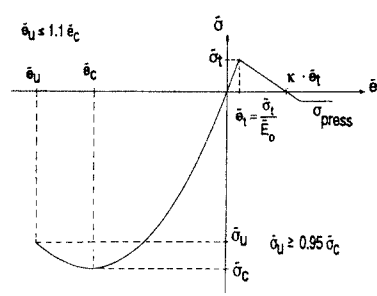


図3 コンクリートの材料特性

また、部材にねじりモーメントを与えるにあたり、プログラム入力制約上、部材横断面の図心に直接ねじりモーメントを加えることができないので、部材の自由端となる側の横断面各4辺に分布荷重をかけることにした。

3. 理論設計式

鋼殻柱および無筋コンクリート柱のねじりモーメント設計耐力 M_t 及び M_{tcd} は次式より求められる。

(1) 鋼殻柱 $M_t = 2 A \tau t$ ここに A : 板厚中心線に囲まれる面積 τ : 最大せん断応力 t : 板厚

(2) 無筋コンクリート柱 $M_{tcd} = \beta_{nt} K_t f_{td} / \gamma_b$ ここに K_t : ねじり係数

f_{td} : コンクリート設計引張強度 γ_b : 材料係数 β_{nt} : 軸方向圧縮力に関する係数

(1)、(2) 式より求められた降伏値を表1に示す。

キーワード: ねじれ 有限要素法 材料非線型 合成部材 角柱

連絡先: 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 51号館 16階 (清宮研) Tel.Fax: 03-5286-3852

表 1 降伏値の計算結果

部材		降伏値 (kgfcm)	降伏時のねじれ率 (rad/m)
鋼殻柱	板厚 0.45 cm	467654	0.0384
	板厚 0.32 cm	332554	
	板厚 0.23 cm	239023	
無筋コンクリート		11945	—

4. 解析結果と考察

板厚 0.45 cm の場合の鋼殻柱の Von.Mises 応力分布を図 4 に示す。ねじりモーメントが約 459000 kgfcm の時であり、固定端付近が降伏しているが、柱全体はほぼ様な応力性状となっている。

図 5 にねじりモーメントとねじれ率を示す。解析から鋼殻柱のねじり耐力は、板厚 0.45 cm のとき約 4.6 t f m、0.32 cm のとき 3.3 t f m、0.23 cm のとき 2.4 t f m と、既存の理論式による結果とほぼ等しくなった。ねじれ率に関しても同様のことがいえる。さらに解析によれば図 5.(a) より、板厚の違いによらず、局部座屈せずすべて塑性変形により破壊している。また、板厚 0.45 cm のモデルについては、解析結果と実験結果は近いものとなった。しかしながら、板厚が 0.32 cm

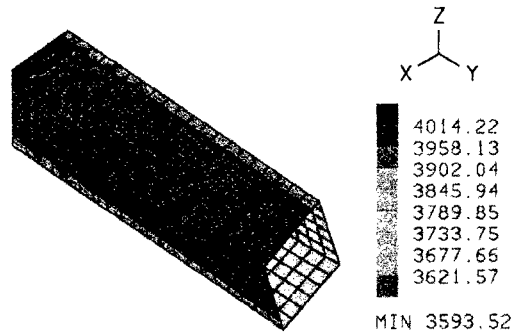
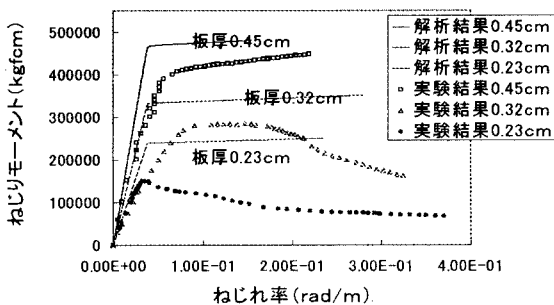


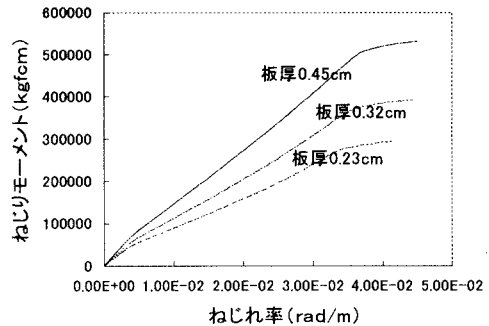
図 4 Von.Mises 応力分布図

と 0.23 cm の場合は実験結果によれば、局部座屈により破壊した。板厚が薄いと、ねじりモーメントが加わると、圧縮力により局部座屈する。今回の解析では、このような局部座屈は再現できなかった。

また、合成部材のねじり耐力は、鋼部材とコンクリート部材の耐力を単純に累加して求めるが、解析結果ではそれよりも板厚 0.45 cm で 1.03 倍、板厚 0.32 cm で 1.06 倍、板厚 0.23 cm で 1.07 倍ほど大きい値となった。



(a) 鋼殻柱



(b) 合成部材

図 5 ねじりモーメント～ねじれ率

5. 結論

材料非線型を考慮した鋼殻柱の有限要素法解析での耐荷力は、設計値とほぼ等しくなった。しかし、局部座屈を考慮していないので、実験結果とは異なるものとなった。合成部材は、有限要素法の結果によれば、設計値の累加強度よりもやや大きな強度が得られた。今後、局部座屈の影響等について検討を加えたい。

6. 参考文献

山田昌郎, 清宮 理: 鋼板・コンクリート合成部材の純ねじり特性、港湾技術研究所報告、第 32 巻、第 2 号、1997