

I-13

鋼・コンクリート合成断面部材の損傷
進展解析

東北学院大学工学部 学生員 ○田村 建士
同 学生員 小野里雄介
同 正員 中沢 正利

1. まえがき

合成構造の一つであるコンクリート充填鋼製橋脚では、コンクリートが充填されることにより、角形断面柱では補剛板の局部座屈を防ぎ、結果として鋼板角溶接部の割れを防ぐ効果があると報告されている。しかしながら、コンクリートと鋼板の接合部は力学的特性が異なる両構造を接合するため、接合部における応力の三次元的伝わり方はそれぞれ単独な構造とは異なっていることが予想され、不明確な点が残されている。そこで本研究では、鋼板によるコンクリートの拘束効果とコンクリート材料の劣化挙動を三次元有限要素解析により追跡し、基礎的な特性を把握することを目的とした。

2. 解析方法

解析モデルの対称性より、図-1中の○で囲まれた部位の4分の1部分を取り出し、図-2に示されるように、メッシュ分割したコンクリートを鋼板で巻きたてた箱型の構造物を対象として解析を行う。また、その比較対象として図-3に示されるようなメッシュ分割したコンクリート塊のみについても同様に解析する。鋼板によるコンクリートの拘束効果の基礎的な特性を示すため、基本的な荷重条件である圧縮荷重を作用させた場合を取り上げる。

比較対象は4種類とし、鋼板で覆われたコンクリート解析対象物を“モデル1”と呼び、その比較対象であるコンクリートのみを“モデル2”と呼ぶことにする。モデル1については、コンクリートを鋼板で巻きたてて両者に圧縮作用を与えたものを“モデル1A”、またモデル1Aと同様にコンクリートを鋼板で巻きたて、コンクリートのみに圧縮作用を与えたものを“モデル1B”とした。そして、鋼板のみに圧縮荷重を与えたものを“モデル1C”と呼ぶこととする。モデル1Cはモデル1A、1Bとは異なり、鋼製脚柱内にコンクリートを充填したコンクリートをモデル化したものである。

また、解析結果を示すグラフにおいては、基本的には解析結果を隅角部と中央部に分け、それぞれモデル1Aに対しては○印、●印、モデル1Bに対しては△印、▲印、モデル1Cに対しては◇印、◆印で表示するのに対し、モデル2に対する解析結果を実線または点線によって描くこととする。

3. 一軸圧縮解析の結果および考察

(1) 荷重—変位関係について

図-4には圧縮荷重—圧縮変位関係を示す。

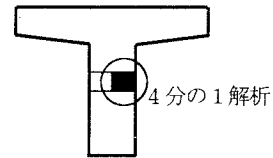


図-1 合成部材の単柱部分

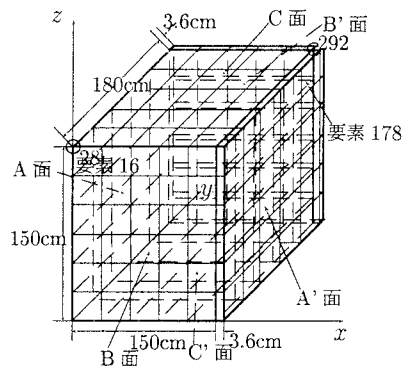


図-2 解析モデル1のメッシュ分割図（節点数343、要素数216）

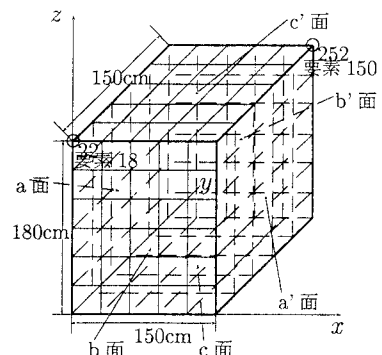


図-3 解析モデル2のメッシュ分割図（節点数252、要素数150）

縦軸は、圧縮荷重を圧縮降伏応力で除して無次元化し、横軸は z 軸方向の変位を z 方向のモデル寸法で除した無次元化 z 方向の変位である。着目する節点は、荷重面上ではモデル1A、1B、1Cでそれぞれ節点28、292を、モデル2においては節点22、252

である。コンクリートの降伏後、モデル 1A、1C、2 については変位の差は小さいが、モデル 1B については荷重が大きくなるにしたがって変位の差が広がっていくことが分かる。このことから、モデル 1B は、他のモデルに比べて中央部と隅角部の変位の差が大きいことにより、圧縮面の鋼板との接合部である隅角部で拘束効果が発揮されていることが確認できる。

(2) 相当応力—相当ひずみ関係について

図-5に示したのは相当応力—相当ひずみ関係である。縦軸は相当応力 σ 圧縮降伏応力で除して無次元化し、横軸は要素の相当ひずみ $\bar{\eta}$ である。モデル 1A、1B、1C の隅角部では同じような挙動となることが確認できる。コンクリート中央部に関しては、各モデルごとに異なった挙動が確認でき、特にモデル 1C では大きな変化が見受けられる。このことから、鋼板で巻きたてたコンクリート解析対象物は、隅角部と中央部のひずみの受け方が異なることが分かる。また、中央部ではボイドの増減による変化の影響が大きく出ている。

(3) ボイド体積分率の変化について

図-6に示したのは、モデル 1A、1B、1C のそれぞれ要素 16、178、またモデル 2 においては要素 18、150に着目したボイド体積分率の変化である。

縦軸はコンクリートのボイド体積分率 f^* であり、横軸は要素の相当塑性ひずみ $\bar{\eta}^P$ である。モデル 1C において、隅角部のボイド体積分率は減少し、中央部は増加している。これは、コンクリートを覆っている鋼板に圧縮荷重を加えているために、中央部では反対に引張り作用が働いているためと考えられる。このことから、圧縮面においては中央部から降伏が始まると考えられる。モデル 2 は他のモデルと比較してボイドの変化に大きな差は見受けられないが、モデル 1A、1B の中央部と隅角部ではボイドの変化に大きな差が生じていることが確認できる。これは、ボイド体積分率の変化が塑性体積ひずみに支配され、荷重の載荷条件によってボイドの減少の傾向が大きく異なっているためである。またこの場合においては、モデル 1C のボイド体積分率は隅角部で増加し中央部では減少しているが、変化の大きさはモデル 1A、1B と同じ程度であると言える。

4. 結論

- (1) 鋼板などの存在により変形が拘束されるような状況下においては、得られた荷重—変位関係より、鋼板で巻きたてたコンクリート柱のコンクリート部分のみに圧縮作用に与えたモデル 1B が最も拘束効果が発揮されていることを数値的に確認し、定量的にも示した。
- (2) 相当応力—相当ひずみ関係から、モデル 1A、1B、1C の隅角部は同じような挙動をすることが確認された。これに対し、コンクリート中央部では各モデルごとに異なった挙動が確認でき、特にモデル 1C は大きな変化が見受けられる。このことから、鋼板で巻きたてたコンクリート柱では隅角部と中央部でのひずみの発生状況が異なることが分かる。

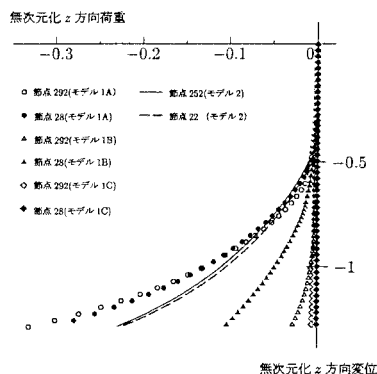


図-4 一軸圧縮解析 (z 軸方向); 節点 22(252), 節点 28(292) の荷重—変位関係

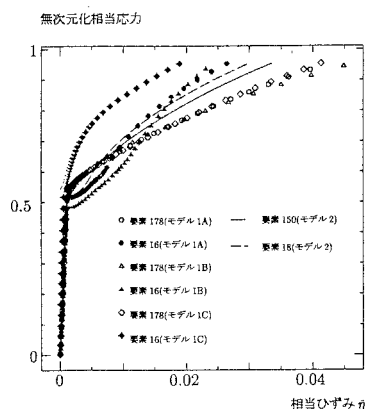


図-5 一軸圧縮解析 (z 軸方向); 要素 18(252), 要素 16(178) の相当応力—相当ひずみ関係

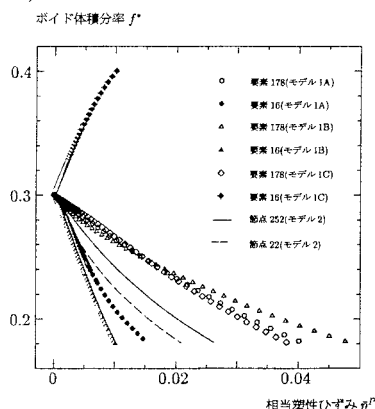


図-6 一軸圧縮解析 (z 軸方向); 要素 18(252), 要素 16(178) のボイド体積分率の変化

- (3) 鋼板によりコンクリートが覆われたモデル 1A、1B、1C については、隅角部でのボイドの減少傾向はモデルによらず同様である。中央部は、損傷状況が各モデルにより異なるため、モデルによってボイドの変化傾向が異なる。