

学位論文題名

プレストレスト二重鋼管コンクリート構造の
軸方向力下の力学的特性に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、鋼とコンクリートを組み合わせた鋼コンクリート合成構造の利用が盛んであり、その中に鋼管コンクリート構造がある。鋼管コンクリート構造は、鋼管とコンクリートが互いの短所を補い合い長所を合わせ持つことにより非常に高い強度と靱性が得られる。さらに、断面寸法を小さく出来るため経済的であり、かつ、制限されたスペースでの施工性にも優れている。コンクリート充填式二重鋼管柱は、このような従来の鋼管コンクリート構造の優れた性能を有するとともに、圧縮力と引張力の両方に対して弾性的に挙動するので地震動に対して優れた復元能力を示し、我が国において耐震設計上非常に有利な構造形式であると言える。コンクリート充填式二重鋼管柱は、外径の異なる鋼管が同心円状に二重に配置され、外側鋼管と内側鋼管の間及び内側鋼管内にコンクリートが充填されたものである。さらに、内側コンクリートの中心にはPG鋼棒が配置されており、これにより内側コンクリートにプレストレスが導入される。コンクリート充填式二重鋼管柱は、引張力にはPC鋼棒と外側鋼管が抵抗し、圧縮力には二重鋼管と外側コンクリートによって拘束された内側コンクリートのみが抵抗する新しい構造形式である。一般的な鋼管コンクリート構造の軸圧縮力下における特徴は、充填されたコンクリートにより鋼管の座屈が防止されるとともに、コンクリートも鋼管の拘束効果により強度の上昇が見込まれ、さらに鋼管とコンクリートを単純に累加した以上の終局強度が得られると言ったことであるが、本研究で取り扱うコンクリート充填式二重鋼管柱も上述の特徴を有している。

本論文は、新しい構造形式であるコンクリート充填式二重鋼管柱の実用化を図る上で必要とされる基本的な力学的特性を明らかにするものである。すなわち、軸方向圧縮力及び軸方向引張力を受けるコンクリート充填式二重鋼管柱の変形及び耐力に関する実験及び解析的な検討を行う。また、コンクリート充填式二重鋼管柱の一つの適用方法としてブレース材を考え、その動的応答特性に関する検討も行う。本論文は、全5章から構成されている。

第1章は、序論であり、本研究の背景と目的を述べている。

第2章では、コンクリート充填式二重鋼管柱の圧縮力下での力学的特性に関する実験及び解析的検討を行っている。コンクリート充填式二重鋼管柱の圧縮載荷試験より、二つの終局限界状態を定義できる特殊な荷重-変位関係を得た。また、三次元弾塑性破壊モデルを軸対称問題用の有限要素解析プログラムに導入することによって、解析的にコンクリート充填式二重鋼管柱断面の応力状態を明らかにし、内側鋼管降伏時と外側鋼管降伏時の、二重鋼管と外側コンクリートの拘束効果による内側コンクリートの強度増加が二重鋼管と外側コンクリートの平均拘束応力をCEB式に適用することによって評価できることを明らかにした。

第3章では、コンクリート充填式二重鋼管柱の引張力下での力学的特性に関する検討を行っている。コンクリート充填式二重鋼管柱の軸方向引張力載荷試験を行い、コンクリート充填式二重鋼管柱は引張力下において荷重の増加にともなって剛性が三段階に変化し、除荷時に載荷時と同じ経路をたどることを実験的に明らかにするとともに、三つの剛性を弾性バネによりモデル化した計算手法によりその変形を正確に算定することができることを明らかにした。

第4章では、コンクリート充填式二重鋼管柱をブレース材へ適用した場合の動的応答性状に関する検討を行っている。コンクリート充填式二重鋼管柱をブレース材として用いた場合の地震動に対する動的応答特性を解析的に把握するために、軸方向圧縮力載荷試験と軸方向引張力載荷試験の結果より得たそれぞれの荷重-変位関係(履歴曲線)を用いて、コンクリート充填式二重鋼管柱をブレース材として組み込んだ一層一スパンの柱・はり鉄骨フレーム全体を一質点系にモデル化し、モデル化された一質点のトリリニアな剛性を持つ弾性振動系の動的応答性状を、線形加速度法を用いた動的応答解析により明らかにした。また、フレームの剛性が第二段階で低下することは、フレームの固有周期が大きくなることに等しく、第一段階目での固有周期に近い周期の加速度が与えられた場合にも共振による発散振動を防ぐことができ、線形弾性系と弾塑性系の解析結果との比較を行うことにより、剛性の低下を示さない弾性系よりも応答変位を小さく抑え得ることを明らかにした。

第5章は結論であり、各章の主たる結果を取りまとめたものである。

学位論文審査の要旨

主査	教授	角田	與史雄
副査	教授	佐藤	浩一
副査	教授	佐伯	昇
副査	教授	城	攻
副査	助教授	上田	多門

学位論文題名

プレストレスト二重鋼管コンクリート構造の 軸方向力下の力学的特性に関する研究

近年、鋼コンクリート合成構造の優れた特性が注目され、各種の合成構造の研究と応用が盛んになりつつある。本論文は、荷重の大きさによって弾性剛性が変化する新形式の合成構造であるプレストレスト二重鋼管コンクリート構造の軸方向力下の力学的特性に関する研究について述べたものである。この合成構造は、同心円状に配置された二重鋼管の間および内側鋼管内部にコンクリート（外側および内側コンクリート）を充填し、内側コンクリートには付着のないPC鋼棒によりプレストレスが与えられるもので、軸方向圧縮力に対しては二重鋼管によって横方向拘束された内側コンクリートが抵抗し、軸方向引張力に対しては荷重レベルに応じてPC鋼棒と内側コンクリート、PC鋼棒のみ、またはPC鋼棒と外側鋼管が抵抗する部材である。

初めに、二重鋼管コンクリート部材が軸方向圧縮力を受ける場合の力学的特性について実験により検討し、内側鋼管が降伏した後も外側鋼管が降伏するまではほぼ線形の荷重-変形関係が保たれること、二重鋼管による高い横方向拘束効果により内側コンクリートの圧縮強度は、一軸圧縮強度の数~10数倍に達し得ることを明らかにしている。

次に、三次元弾塑性破壊モデルを導入した非線形有限要素解析により、軸方向圧縮力を受ける二重鋼管コンクリート部材の力学的挙動を算定できることを実験結果との比較により示すとともに、外側コンクリートの挙動について解析的に検討し、外側コンクリートは低荷重では周方向に引張応力を受けるが、高荷重では圧縮応力に転じること、半径方向には一軸圧縮強度の数倍の圧縮応力を伝達しうることなど、外側コンクリートの特性を明らかにしている。

また、二重鋼管コンクリート部材の内側鋼管降伏時および外側鋼管降伏時の軸方向圧縮力の大きさは、CEB/FIPモデルコードの拘束コンクリート強度式より近似的に算定できることを明らかにしている。

次に、プレストレスト二重鋼管コンクリート部材の軸方向引張実験を行い、荷重の大きさによって抵抗断面が変化することにより、弾性範囲内で剛性が三段階に変化するトリリニアな力学的特性を有すること、および、除荷時には載荷時とほぼ同じ経路をたどるほぼ

完全な回復性をもつことを実証している。

続いて、プレストレスト二重鋼管コンクリート部材をブレース材に用いたフレームの一質点系モデルについて、定常波およびEl Centro 地震波に対する応答解析を行い、線形弾性系および弾塑性系と比較し、弾性範囲にありながら変形量により剛性が変化することにより、耐震上優れた応答特性を示すことを明らかにしている。

これを要するに、著者は、新しい合成構造であるプレストレスト二重鋼管コンクリート構造の力学的特性について検討し、軸方向圧縮力に対する二重鋼管による拘束作用や軸方向引張力に対する回復性をもつ非線形性状など、その力学的特性に関して多くの新知見を得たもので、構造工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。