

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 曲がり部材の実構造物への適用へ向けた研究
(Application to the actual structure of curved pair members)

熊本大学大学院自然科学研究科 環境共生科学 専攻 防災システム工学 講座
(主任指導 山尾 敏孝 教授)

論文提出者 遠 藤 史
(by Chikashi Endo)

主論文要旨

土木構造物によく使われる鋼構造が圧縮力に対して弱いとされる第一の理由は、コンクリート構造と比較し荷重に抵抗する断面を小さくできるため、細長比が大きくなり座屈をおこすという点にある。

軸圧縮力が作用する柱部材を想定した場合、その弾性座屈強度はオイラーの座屈荷重として求められ、細長比がその決定の上でのパラメータとなる。オイラーの座屈弾性理論によると、両端ヒンジの 1 本柱が軸圧縮力を受けて座屈する 1 次の変形モードは対称 1 次となる。この柱の座屈強度を向上させるためには対称 1 次の変形を抑制し、他のモードになるように有効座屈長を小さくすればよい。この点に着目し 1 本柱を縦方向に 2 分割し、中央部をタイで結合した柱構造を考えたが、これでは片方の部材にもうひとつの部材が追随して変形し 1 本柱と同様となる。そこで両部材を外側に凸となる放物線形状に曲げ、両者をタイで結合する構造とすることで、対称 1 次モードの変形を抑制することが可能ではないか、と着想したことが曲がり部材で構成された構造物のアイデアの出発点である。すなわち、タイを配置することで部材の変形を抑制し、さらに曲がり部材においてはその形状によりアーチ効果を出現させようという狙いがある。

既往の研究では、この曲がり部材に一定の圧縮力・荷重のもとで水平力を作用させた場合、真直ぐ部材をタイおよび斜材で結合した構造形式と比べると、アーチによる変形効果とタイおよび斜材の効果により耐荷力が向上し、最大強度までの変形量が抑制されるなどといった基本的な耐荷力や変形挙動の特性が明らかされている。本研究はこの曲がり部材の基本特性をさらに明らかにするとともに、実構造物への適用へ向けた研究を行うものである。

本論文は 6 章で構成し、第 1 章の序論では、前述のような研究の背景と既往の研究を取りまとめた。

第 2 章では、曲がり部材からなる構造体の圧縮強度特性について、細長比をパラメータとし検討を行なった。細長比の小さな領域では、主部材の変形が小さくタイの働きが十分

でないため、曲がり部材は構造の特性が現れず、真直ぐ部材よりも最大強度が低くなる。一方、細長比の大きな領域では、曲がり部材は主部材の変形に対するタイの働きによりアーチ効果が現れ、真直ぐ部材よりも最大強度が上昇し、軸直角方向変位量の減少にも効果を発揮した。また、曲がり部材は主部材の断面積が真直ぐ部材の半分でも、同程度の強度を有するという結果を得た。

第3章では、曲がり部材からなる鋼製橋脚の変形挙動と強度特性について、鉛直、水平荷重を各々作用させ、主部材とタイ・斜材の結合条件による挙動の違いを検討した。鉛直荷重に対しては、ピン結合とした場合、主部材が降伏しねじれて崩壊するが、剛結合とすると、ねじれが抑えられ最大強度が上昇した。水平荷重に対しては、曲がりと真直ぐで結合条件による大きな挙動の違いはみられなかったが、基部周辺の斜材断面積を増加すると、曲がり部材は顕著な強度の上昇がみられ、基部周辺の斜材への依存度が高いことがわかった。

第4章では、曲がり部材を用いた鋼製橋脚の耐震性能について検討した。まず、主部材断面を対象に弾塑性有限変位解析を行い、純圧縮および純曲げの単調荷重により各々の骨格曲線を作成し、相関曲線を圧縮と曲げの同時荷重により定式化した。この結果をもとに高橋脚橋梁を対象とした非線形動的解析を行った。固有値解析では、曲がり、真直ぐとも低次の振動モードで有効質量比の分布が大きく、また耐震性能も同等であった。これらの結果、曲がりと真直ぐで特出した差異はなかったことから、曲がり部材の橋脚への適用は、その実用性が示された。

第5章では、曲がり部材を用いたエネルギー吸収構造部材の開発と挙動特性について検討した。曲がり部材の性質を利用した制震部材を提案し、軸方向に圧縮と引張の繰返し変位を作用させ、履歴特性やエネルギー吸収性能を検討した。解析では、曲がり部材のエネルギー吸収性能は、幅厚比が小さな方が有効であることがわかった。また、軸方向変位の繰返し荷重実験からも曲がり部材のエネルギー吸収効果の向上を確認した。さらに、実構造物であるラーメン構造のブレースに、この曲がり部材の性質を利用した制震部材を組込み、どう機能するかを時刻歴応答解析により検討した。ブレース材のみのもものと比較すると、すべての状況で最大応答変位、残留変位を軽減できるものではなかったが、制震部材を組込んだ方は、制震部材に局所的な塑性が発生して、ラーメン基部、ブレース材の塑性化を防ぐことができることがわかった。

第6章は結論とし、第2章から第5章までの総括と今後の課題および将来の展望をまとめた。本研究により曲がり部材の特性が判明し、さらに、詳細な検討を加える必要はあるが、実構造物へ適用できる可能性もみいだせた。