

学位論文題名

折板理論による鋼床版構造の解析に関する研究

学位論文内容の要旨

橋梁の床構造を軽量化するために多く用いられるようになってきた鋼床版構造は、従来の床構造に比べて変形が起りやすくその変形も複雑となるため、その全体的挙動とともに局所的な変形挙動を精確に評価できる解析手法の開発が望まれている。また、構造内部の溶接部における疲労問題や鋼床版上部に施工される舗装層のひび割れ問題を解明するためにも、実際の作用荷重をそのまま解析に組み込める手法による局所応力解析が必要とされている。

本研究は、このような問題を解明するために鋼床版構造の解析に折板理論の手法を適用することを試みたものである。ここにおいて、鋼床版の折板理論解析で得られた数値解を、鋼床版解析に従来用いられてきた直交異方性板理論による解と比較して検討することによって折板理論による解析の厳密性について明らかにするとともに、車輪荷重の作用時の鋼床版の変形特性や走行荷重による応力波形、および舗装体に生じる局所曲げなどについて明らかにした。以下に、この論文の内容とそこで明らかにされたことを概説する。

第1章においては、鋼床版構造など直交異方性板の研究、および薄肉構造の解析について述べ、この研究の内容を示すと同時に、折板理論の基本的な概念から板要素の剛性マトリクスの誘導、さらに折板理論による桁構造の立体解析の手法について述べた。

第2章においては、縦リブで片面補剛された曲線鋼床版を解析の対象として、その力学的機能のうち床版作用に関して、リブの偏心と諸剛性の評価に考慮して誘導された構造的な曲線直交異方性板理論による解析法と、折板理論による解析法の2つの解析手法を用いて、具体的な車輪荷重が作用する場合の変形と応力を解析した。

その両解析手法より得られた数値解を比較した結果より、解析において鋼床版の断面内部の変形(断面変形)を考慮できるか否かによって、変形および応力の解析値に明確な差が表われる場合があることを示した。すなわち、たわみの解析値では、曲線直交異方性板理論は小さめの値の結果を与えること、また、半径方向曲げモーメントの解析では数十倍もの差を生じること、そしてその差異は異方性が強い場合ほど大きく開くことを示した。一方、縦リブに生じる円周方向応力の場合では、たわみや半径方向曲げモーメントほどには数値的な差はないことも示した。

それらの結果より、強い異方性をもつ曲線鋼床版の場合、折板理論による構造解析はきわめて有効であることを明らかにし、一方において、曲線直交異方性板理論は、リブの偏心と諸剛性の評価を考慮すれば、円周方向応力の解析においては十分有効であるが、半径方向については鋼床版の曲率の複雑な変化を表わしきれていないことを明らかにした。

第3章においては、鋼床版上を自動車荷重が走行するときの鋼床版に生じる局所応力と局所変形について折板理論を用いた解析結果を示した。そのなかで、溶接部や舗装の疲労問題に関係して、車輪荷重の移動にもなう局所応力の変動性状について、応力波形を解析的に明らかにし考察を加えた。

そこにおいて、鋼床版に生じる最大の局所曲げモーメントは、複輪荷重が主桁またはリブを挟むように載るときの、その挟まれた主桁上またはリブ上において生じる、幅員方向の負の曲げモーメントであることを明らかにした。また、その最大局所曲げモーメントの走行荷重作用時の変動波形について、変動波形は bell shape wave の形状であること、主桁上の曲げモーメントにおいては、波形は片振りであり、その形状は主桁とリブの間隔によって異なること、一方、リブ上の曲げモーメントでは、その波形は両振りであることなどを明らかにした。

さらに、その応力波形に関する検討・考察を行った結果、主桁の剛性による影響は微小であること、および、車輪荷重が幅員方向に位置を変えた場合においては、主桁やリブを挟む場合より小さな応力値となっても変動波形の形状の特性は変わらないことを明らかにした。

またさらに、応力波形の片振りと両振りの違いについては、鋼床版の幅員方向の曲げを全体曲げと局所曲げに分けることによって説明できることを示した。

第4章においては、舗装された鋼床版の実際の変形挙動を明らかにするために、鋼の弾性体力学とともに舗装体の力学をも組み込んだ折板理論の解析手法を用いた。まず、アスファルト混合物の力学的性状について検討を加え、それが変形係数で表現されることから、舗装体の力学を解析的手法に組み込めることを示した。つぎに、鋼床版の橋面舗装が、走行する車両荷重の作用をうけるときの力学的挙動の検討を行い、舗装体内部に生じる局所的な変形と応力を解析した。

解析の結果から最初に、局所変形問題においては車輪荷重の載荷寸法が解析結果に影響を与えるため、実情に合わせた載荷寸法を採る必要性を示した。

次に、車輪荷重が作用するときの鋼床版舗装に生じる局所変形の大きさは、荷重位置によって影響されるため、作用荷重とリブ接合部との相対的位置関係による影響、および作用荷重と主桁との相対的位置関係による影響のそれぞれについて明らかにした。その結果より、鋼床版橋の橋面舗装において、舗装層に最大の局所変形と局所応力が生じる場合の車輪荷重の作用位置を示した。

さらに、舗装層に生じる最大曲げ応力度とアスファルトの変形係数との関係を解析結果として示した。そこにおいて、鋼床版舗装の応力は主桁の剛性や隣接する縦リブとの間隔などによっても影響を受けることを示し、その傾向についても明らかにした。

またさらに、舗装体と鋼デッキプレートの2層の境界面に生じる応力、垂直応力とせん断応力についても解析し、その応力の最大値と舗装体の変形係数との関係を示し、その傾向についても明らかにした。

第5章においては、各章で得られた成果をまとめて研究を総括した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	芳村	仁
副査	教授	角田	與史雄
副査	教授	佐伯	昇
副査	教授	佐藤	浩一
副査	教授	小幡	守

学位論文題名

折板理論による鋼床版構造の解析に関する研究

橋梁の床構造を軽量化するために多く用いられるようになってきた鋼床版構造は、従来の床構造に比べて変形が起こりやすくその変形も複雑となるため、その全体的挙動とともに局所的な変形挙動を精確に評価できる解析手法の開発が望まれている。また、構造内部の溶接部における疲労問題や鋼床板上部に施工される舗装層のひび割れ問題を解明するためにも、実際の作用荷重をそのまま解析に組み込める手法による局所応力解析が必要とされている。

本研究は、このような問題を解明するために鋼床版構造の解析に折板理論の手法を適用することを試みたものである。すなわち鋼床版の折板理論解析で得られた数値解を、鋼床版解析に従来用いられてきた直交異方性折板理論による解と比較して検討することによって折板理論による解析の厳密性について明らかにするとともに、車輪荷重の作用時の鋼床版の変形特性や走行荷重による応力波形、および舗装体に生じる局所曲げなどについて明らかにしている。

第1章においては、本研究と関連した既往の研究と折板理論の概要、立体解析の手法について述べている。

第2章においては、縦リブで片面補剛された曲線鋼床版を解析の対象として、その力学的機能のうち床版作用に関して、リブの偏心と諸剛性の評価に考慮して誘導した構造的な曲線直交異方性板理論による解析法と、折板理論による解析法の2つの解析手法を用いて、具体的な車輪荷重が作用する場合の変形と応力の検討を行っている。

それらの結果より、強い異方性をもつ曲線鋼床版の場合、折板理論による構造解析はきわめて有効であることを明らかにし、一方において、曲線直交異方性板理論は、リブの偏心と諸剛性の評価を考慮すれば、円周方向応力の解析においては十分有効であるが、半径方向については鋼床版の曲率の複雑な変化を表しきれていないことを明らかにしている。

第3章においては、鋼床版上を自動車荷重が走行するときの鋼床版に生じる局所応力と局所変形について折板理論を用いた解析結果を示している。

その結果、鋼床版に生じる最大の局所曲げモーメントは、複輪荷重が主桁またはリブを挟

むように載るときの、その挟まれた主桁上またはリブ上において生じる、幅員方向の負の曲げモーメントであることを明らかにしている。また、その最大局所曲げモーメントの走行荷重作用時の変動波形は bell shape wave の形状であること、主桁上の曲げモーメントにおいては、波形は片振りであり、その形状は主桁とリブの間隔によって異なること、および、リブ上の曲げモーメントの波形は両振りであることなどを明らかにしている。両振りの違いについては、鋼床版の幅員方向の曲げを全体曲げと局所曲げに分けることによって説明できることを示している。

第4章においては、舗装された鋼床版の実際の変形挙動を明らかにするために、アスファルト混合物の力学的性状について検討を加え、それが変形係数で表現されることから、舗装体の力学を解析的手法に組み込めることを明らかにしている。つぎに、鋼床版の橋面舗装が、走行する車輪荷重の作用をうけるときの舗装体内部に生じる局所的な変形と応力を解析し、車輪荷重が作用するときの鋼床版舗装に生じる局所変形の大きさに関し、作用荷重とリブ接合部との相対的位置関係による影響および作用荷重と主桁との相対的位置関係による影響について明らかにしている。さらに、舗装層に生じる最大曲げ応力度とアスファルトの変形係数との関係を示し、設計上有用な成果を得ている。また、舗装体と鋼デッキプレートの2層の境界面に生じる応力、垂直応力とせん断応力についても解析し、その応力の最大値と舗装体の変形係数との関係を示し、その傾向についても明らかにしている。

第5章は総括で、以上の研究のまとめである。

これを要するに、著者は、近年橋梁構造物に多く用いられるようになってきた鋼床版構造の力学的挙動を、全体的と同時に局所的にも評価するために折板理論を適用し、その妥当性を示した上で、この構造の走行荷重による変形・応力特性などを明らかにしたもので、構造力学および橋梁工学に関し貢献するところ大なるものがある。

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。