

大阪市立大学工学部

日立造船(株)鉄構技術統括本部(大阪市立大学大学院工学研究科後期博士課程)

大阪市立大学大学院工学研究科

大阪市立大学大学院工学研究科

大阪市立大学大学院工学研究科

学生員 ○尾崎 大輔

正会員 福本 和弘

正会員 北田 俊行

正会員 山口 隆司

正会員 松村 政秀

1. 目的

鋼床版には、橋軸方向(以下、縦方向と略す)と橋軸直角方向(以下、横方向と略す)との2方向面内応力が発生していると同時に、面外より直接輪荷重を支持するという役割をもっている。道路橋示方書¹⁾の設計法には、2方向面内応力が同時に発生する補剛板の耐荷力を、座屈現象を考慮して評価したものはない。北田ら²⁾は、2方向面内応力が発生する補剛板の極限強度の相関曲線、および極限強度の簡易算定法を、座屈を考慮して提案した。その中では、鋼床版に対する輪荷重の影響を初期たわみに置換して強度評価を行っている。本研究では、2方向面内力が同時に発生する鋼床版の輪荷重を面外荷重として扱い、その耐荷力特性を明らかにすることを目的とした。解析には、有限要素法に基づく弾塑性有限変位解析が実行できるプログラム USSP³⁾を用いた。

2. 輪荷重と2方向面内力が同時に作用する鋼床版の解析

2.1 解析モデルと初期不整

鋼床版によく用いられるトラフリブおよび鋼床版全体の終局強度を正當に評価することを目的として、図-1に示す鋼床版を対象に斜線部分をモデル化した。終局状態を考慮して設定した境界条件も、図-1に示す。輪荷重はT荷重100kNを想定し、鋼床版の横リブ間中央に載荷した。

解析モデルに導入した初期不整と材料特性を図-2に示す。初期たわみ w_0 は、鋼床版の全体的な波形 w_g とトラフリブ腹板間の局所的な板パネルの波形 w_l との和として与えた。初期たわみの最大値は、道路橋示方書の製作基準を準用して、全体的な波形については、 $a/1000$ 、局所的な波形については、 $b_l/150$ とした。残留応力は、文献4)で報告されている、実物大供試体による実測結果に基づき、自己平衡となる条件を満たす分布形状で与えた。

材料特性は、実橋においてよく用いられるSM400材とした。

2.2 2方向面内力を独立に作用した時の座屈変形モード

解析モデルには、一定の面内変位を与えることにより、内部面内応力を発生させる。図-3には、縦・横方向の面内変位を独立して与えた場合の座屈モードを示す。縦方向のみの面内変位を増分させた場合、解析モデルは、鋼床版全体に座屈変形が発生した。これに対して、横方向のみに面内変位を増分させた場合、トラフリブ取付け位置を節にする局部座屈変形が生じることがわかる。

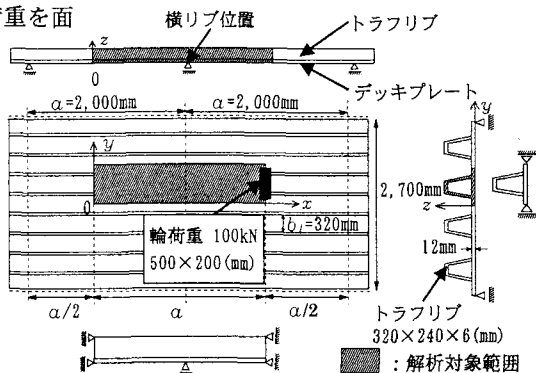


図-1 対象とした連続補剛板と解析モデル

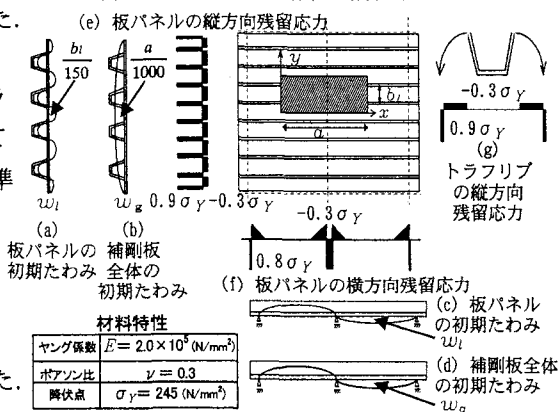


図-2 初期不整と材料特性

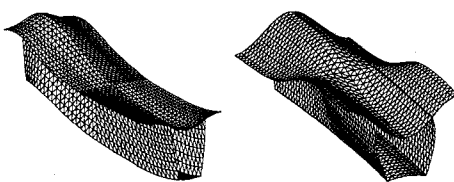


図-3 座屈変形モード

2.3 2方向面内圧縮力が発生している鋼床版の終局強度特性(輪荷重なし)

2方向面内力が発生している鋼床版の終局強度特性を明らかにするために、輪荷重は考慮せず、縦・横方向の面内変位増分値を変化させ、終局状態に至るまでの鋼床版の応力経路を調査した。発生するそれぞれの縦・横方向の平均応力度 $\bar{\sigma}_x$ 、 $\bar{\sigma}_y$ を降伏点 σ_y で無次元化し、それぞれ、縦・横軸に表した値、および、von Misesの降伏条件を図-4に示した。終局強度に至った時に発生している平均応力度の比を $\rho = \bar{\sigma}_{xu} / \bar{\sigma}_{yu}$ とし、応力比と定義する。図からおおよそ応力比0.39付近で応力経路は縦・横のどちらの方向にも変化せず、鋼床版が終局状態を迎えることがわかる。この応力比を境に、図-3 a)

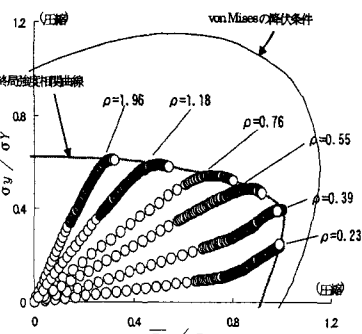


図-4 輪荷重なし時の終局強度相関曲線

に示した縦方向面内圧縮力による鋼床版の全体的な座屈変形から、図-3 b)に示した横方向面内圧縮力によるトラフリブ腹板間の局所的な座屈変形へと座屈変形モードが変化していることが観察された(以後、この応力比に対応する終局強度相関曲線上の点を座屈変換点と呼ぶ)。2方向面内圧縮応力が作用する場合の終局強度相関曲線は、座屈変換点で凸状となり、von Misesの降伏条件にほぼ相似した形状となることがわかった。

2.3 輪荷重と面内圧縮力とが作用する鋼床版の終局強度相関曲線

縦方向のみの面内圧縮応力を漸増して発生させ、それに比例的に輪荷重も漸増させた時の載荷経路、および終局強度相関曲線を図-5に示す。グラフの縦軸は輪荷重の大きさを示し、横軸は縦方向平均圧縮応力度を降伏点で無次元化したものを示す。この図から、輪荷重が作用することにより、鋼床版の耐荷力が大きく低下していることがわかる。次に、2方向面内圧縮応力($\rho=1.96$)を比例漸増載荷させて、それに比例的に輪荷重も漸増させた時の載荷経路、および終局強度相関曲線を図-6に示す。鋼床版の応力経路から、図中の点Aの位置で、座屈変換点が存在することがわかる。応力比・載荷量を順次変化させて算出した輪荷重と2方向面内圧縮応力が作用する場合の終局強度相関曲線を図-7に示す。同図より、輪荷重を道路橋示方書の規定値である100kN作用させると、軸方向終局圧縮強度は、座屈変換点を迎える応力比までは、6~8%

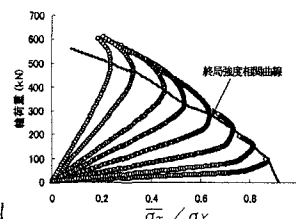
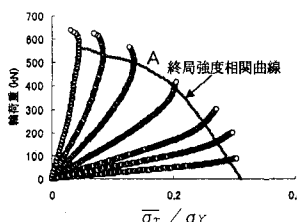
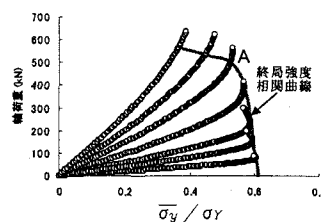


図-5 輪荷重と縦方向面内圧縮力を作用させた場合の輪荷重-面内平均応力曲線



(a) 縦方向平均面内応力



(b) 横方向平均面内応力

図-6 輪荷重と2方向面内圧縮($\rho=1.96$)を作用させた場合の輪荷重-面内平均応力曲線

図-7に示す。同図より、輪荷重を道路橋示方書の規定値である100kN作用させると、軸方向終局圧縮強度は、座屈変換点を迎える応力比までは、6~8%低下するが、その応力比以上では、輪荷重を考慮しない場合と比べて大きくは低下しない。輪荷重が100kN以上の場合にも終局強度相関曲線は同様の形状を示し、輪荷重による終局強度の低下は、座屈変換点以下の縦方向に面内圧縮応力度が卓越する領域において、より顕著に現れる。

3. 結論

鋼床版は、縦・横方向同時に面内応力が発生する場合、ある応力比で座屈変換点が存在する。輪荷重は縦方向の座屈変形モードが卓越する場合の縦方向終局強度に大きく影響を与え、鋼床版の終局強度を低下させる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説、丸善、2002年3月、2) 北田俊行、中井 博、古田富保、鈴木宏昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する研究、構造工学論文集、Vol.34A、土木学会、pp.203-214、1988年3月、3) USSP研究会、JTS:USSP Version5.0 ユーザーズ・マニュアル、2001年3月、4) 北田俊行、中井 博、古田富保：閉断面補剛材を有する鋼板に含まれる初期不整に関する研究、土木学会論文集、第428号、I-15、pp.127-136、1991年4月

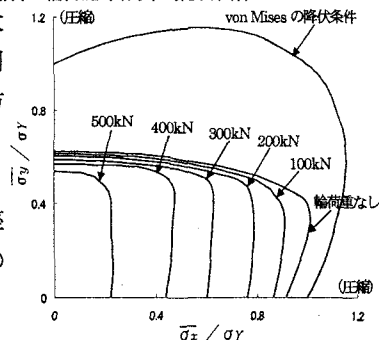


図-7 輪荷重と2方向面内力作用時の終局強度相関曲線