

I-53 台形型LPプレートの2主桁橋への適用に関する研究

榊崎製作所 正員 塚 島 朗
 日本道路公団 高 橋 昭 一
 日本道路公団 川 尻 克 利
 榊崎製作所 正員 林 芳 文
 榊崎製作所 正員 矢ヶ崎 保 幸

1. はじめに

最近、鋼橋の建設費用縮減の取り組みとして、鋼重軽減を目的に、長さ方向に板厚を変化させて圧延製造されたLP (Longitudinally Profiled) プレートをフランジに使用する試み¹⁾が行われている。また、LP プレートをフランジに用いた鋼I桁の力学特性に関する研究も開始され、西村ら²⁾の実験的研究では、フランジの局部座屈強度が道路橋示方書³⁾に従った設計の断面強度を上回るという興味深い知見が得られている。

北海道横断自動車道の一部として建設が予定されている2主桁橋のキウス第一橋では、日本で初めて二方向にテーパの付いている台形型LPプレートの使用を計画している。同橋は現場溶接継手を採用していることから、LPプレートの使用は、材料の節約とともに継手部板厚の薄板化による溶接施工能率や耐疲労性の向上が期待できるなど効果は大きい。

しかしながら、LPプレートを橋梁に適用した事例はまだ少なく、資料も不足しているのが現状である。そこで、本文では、LPプレートをを用いたキウス第一橋の橋梁概要を述べ、つづいて実断面寸法の台形型LPプレートをを用いて実施した密着性に関する施工試験と自由突出板の局部座屈耐荷力実験の結果を報告する。

2. 橋梁概要

キウス第一橋は、支間割り 2 @ 42.5 m = 85.0 m、総幅員 10.9 m の緒元を有する PC 床版 2 主桁橋（上り、下り線）で、非合成 I 桁として設計された。主桁フランジ幅は一定とし、腹板は水平補剛材を省略できる厚肉ウェブを用いている。詳細設計の結果、主構造重量は 334 ton、有効幅員面積当たりの鋼重は 212 kgf/m² である。LPプレートの最大板厚変化比は 3.7 mm/m、最大板厚差は 25 mm、形状は台形型の他に、平行部付き一方テーパのLPプレートをを用いており、総重量は 81 ton である。図-1に主桁断面構成図を示す。

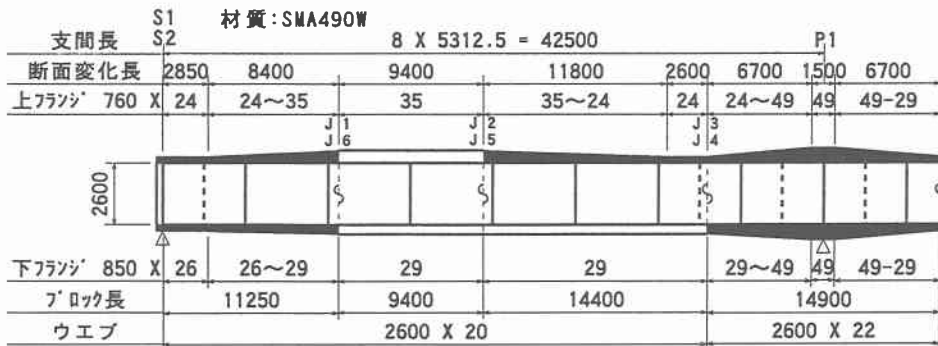


図-1 主桁断面構成図

A Study on Application of Trapezoid-Shaped LP Plates to 2-Girder Bridge
 By Akira TUKAJIMA, Shoichi TAKAHASHI, Katutoshi KAWASHIRI, Yoshihumi HAYASHI and Yasuyuki YAGASAKI

3. 1 数値解析と試験計画

図-2に示した台形型LPプレートの施工難易を確認する目的で行ったFEM解析の結果を図-3に示す。

密着性に関する隙間の許容値³⁾は 1.0 mm であり、作用外力および発生応力度も問題ない範囲であることから施工は可能と判断された。

そこで、実施工に先立ち、数値解析結果を検証するとともに施工性を確認する目的で、図-2に示した断面寸法をもつ台形型Lプレートを用い、密着性に関する施工試験を行った。板曲げ応力の測定は図-2のc、d位置とし、それぞれプレート上面に3枚、下面に1枚のひずみゲージ（一軸ゲージ）を貼付した。

3. 2 試驗結果

試験は写真-1に示すように、LPプレートを鉛直に立て側方よりジャッキで押すことによりおこなった。試験結果を表-1, 2に示す。c位置の発生応力度が解析値に比べて大きいのは、プレートの初期曲がりの影響によるものと考えられる。また、d位置下面の応力度が小さいのは試験の実施上、この部位を短い範囲で仮付け溶接したことによるものと考えられる。

プレートの密着は容易に行うことができ、設計上の断面応力照査位置であるdの発生応力度も解析値に近く、施工上も設計上も問題ないことを確認できた。実施工では、プレートの初期曲がりの小さい側をウェブに溶接することにした。

表-1 隣間計測値(mm)

表-1 隙間計測値(mm)

位 置	セット時	Case-1	Case-2
a	12.3	0	0
b	14.4	11.0	0
b～c	4.0	3.1	0.5
e～f	6.4	5.9	3.1
f	11.3	8.8	0
g	11.9	0	0

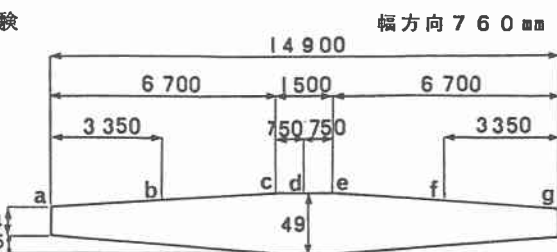


図-2 LPプレートの断面寸法

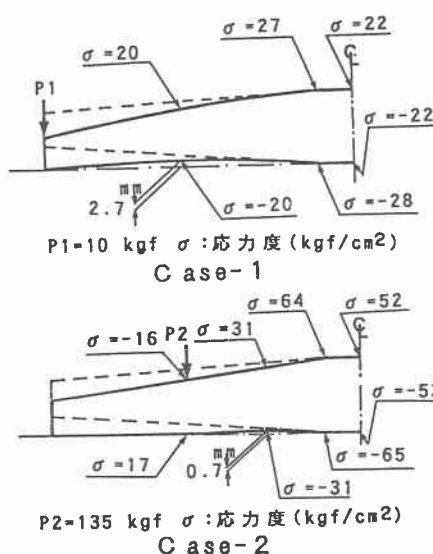


圖-3 FEM解析結果

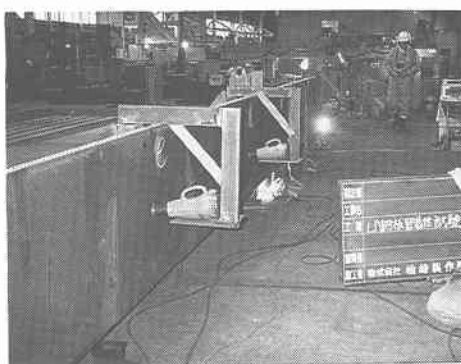


写真-1 密着性試験状況

表-2 発生応力度(kgf/cm²)

		Case-1	Case-2	密着時
c	上面	23	109	94
	下面	- 26	- 103	- 87
d	上面	- 5	20	50
	下面	4	- 19	- 8

4. L Pプレートの局部座屈耐荷力実験

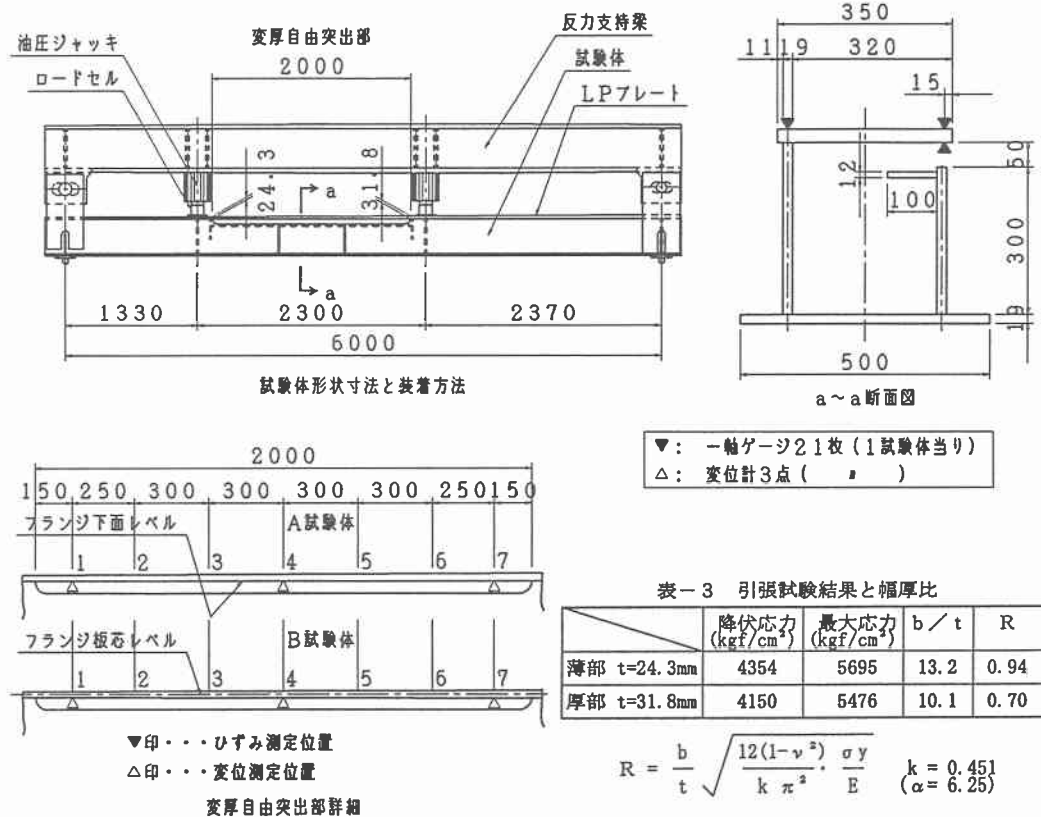
4. 1 実験計画

L Pプレートを橋梁の圧縮フランジに使用する場合、従来の等厚プレートに比較して興味深い点が多々ある。ひとつは、ウェブ高を一定にし、圧縮フランジにL Pプレートをを用いた梁部材では、L Pプレートの板厚差による偏心曲げモーメントがフランジに作用すると思われるが、それが耐荷力にどう影響するのか。もうひとつは、一枚の板の中で板厚が変化するL Pプレートを等応力の状態にした場合、どの位置が先に座屈するのか。このふたつの点に着目して、前項の台形型L Pプレート（材質 SMA490CW）を用い、試験体を製作し自由突出板の局部座屈耐荷力実験を行った。

4. 2 試験体形状と実験要領

試験体は箱断面の梁部材とし、L Pプレートを上フランジに用いた。試験体Aはウェブ天端をレベルに製作し、試験体BはL Pプレートの板芯がレベルになるように製作した。変厚開始点から 2 m の範囲は片側のウェブを切欠き、変厚フランジ部を自由突出板の状態とした。荷重の載荷は、反力支持梁により単純支持された試験体に対し、油圧ジャッキ 2 基を用いて、自由突出部の変厚フランジ応力が一定になるように同一の力で載荷した。載荷荷重は油圧ジャッキと試験体の間に設置したロードセルを用いて測定した。

試験体の測定項目は、変厚フランジのひずみと鉛直変位とした。ひずみの測定は 1 軸ひずみゲージを用い、変厚フランジ部分を 7 断面に分割し、各断面ごとに上面に 2 枚、下面に 1 枚、ひずみゲージを貼付した。鉛直変位は電気式変位計を用い、端部と中央の 3 箇所計測した。実験概要を図-4に示す。実験に先立ち実施したL Pプレートの薄部と厚部の引張試験結果を表-3に幅厚比と合わせて示す。自由突出部の初期変位は断面4位置で、試験体Aは 1.5 mm、試験体Bは 3.0 mm いずれも下側への変位であった。



4. 3 実験結果

耐荷力実験は断面4位置のフランジの鉛直変位が急激に増加した時点で終了した。その時の載荷荷重は、A試験体が112 tf、B試験体は114 tfであり、両者に有意な差は認められなかった。断面4位置の上フランジの荷重と鉛直変位の関係を図-5に示す。

実験から得られた断面2～6の位置の荷重とひずみの関係を図-6～10に示す。各断面位置の降伏荷重 P_y と降伏ひずみ ε_y は表-3の降伏応力を直線補間して求めた。

断面1と断面7は、隣接する箱断面の拘束影響を受けると判断されたので、自由突出板の検討対象から除いた。

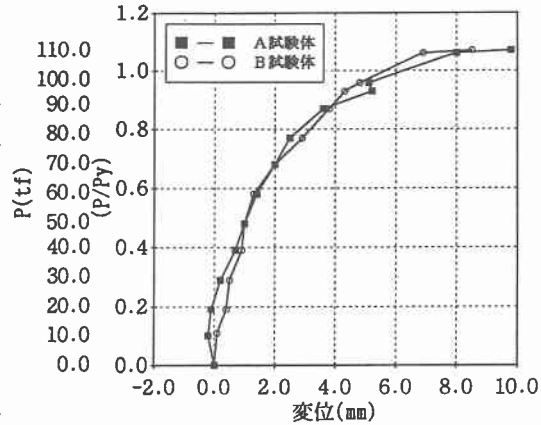


図-5 断面4の荷重と鉛直変位の関係

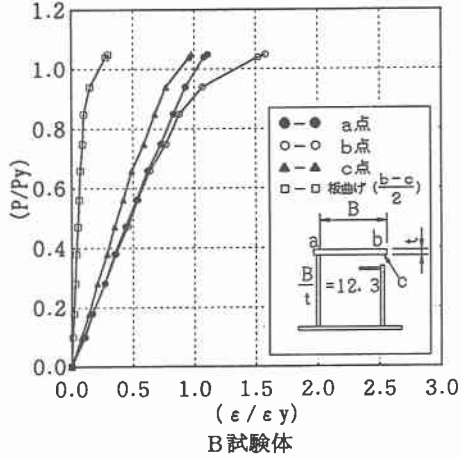
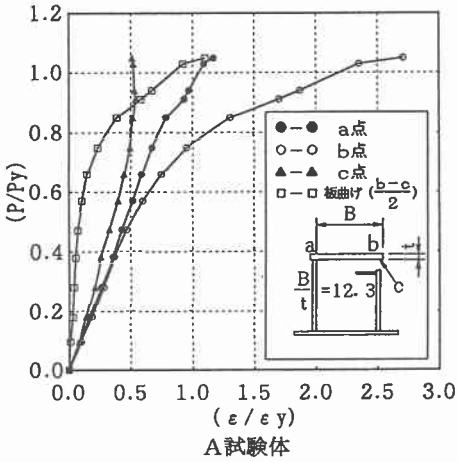


図-6 断面2の荷重とひずみの関係

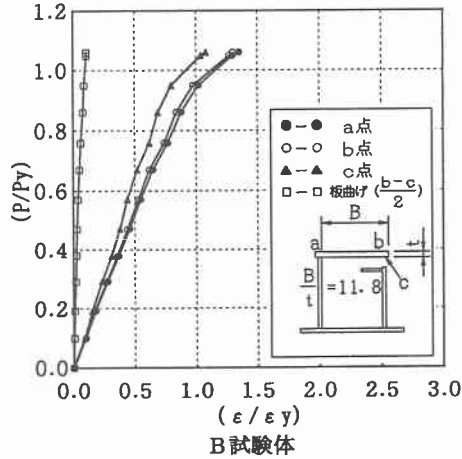
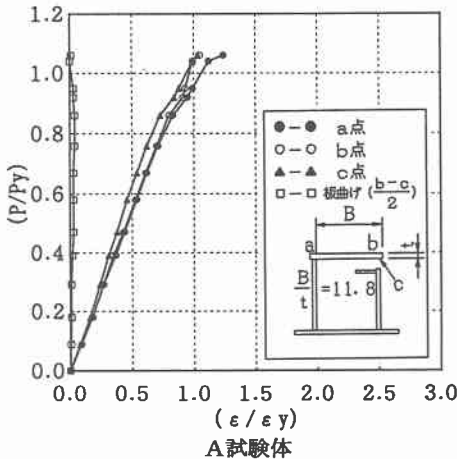


図-7 断面3の荷重とひずみの関係

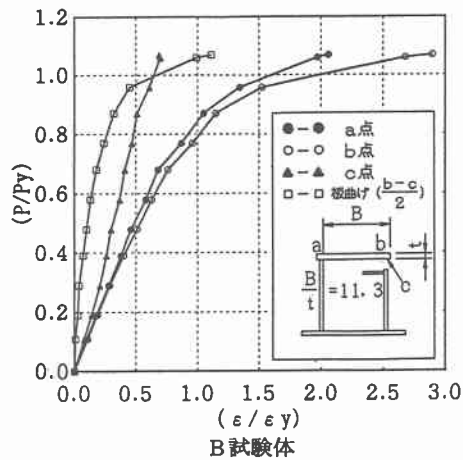
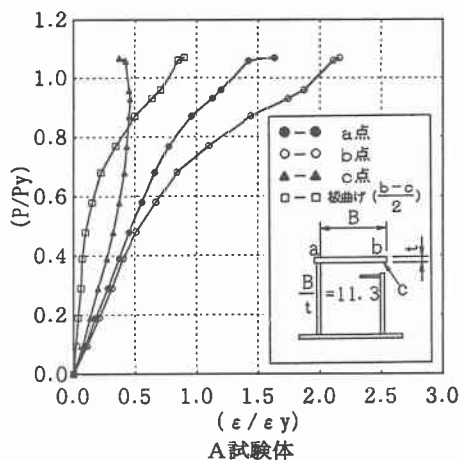


図-8 断面4の荷重とひずみの関係

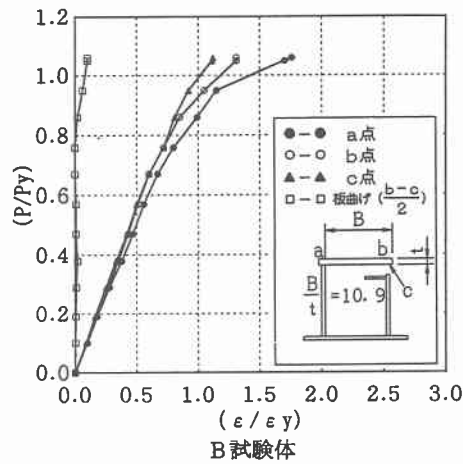
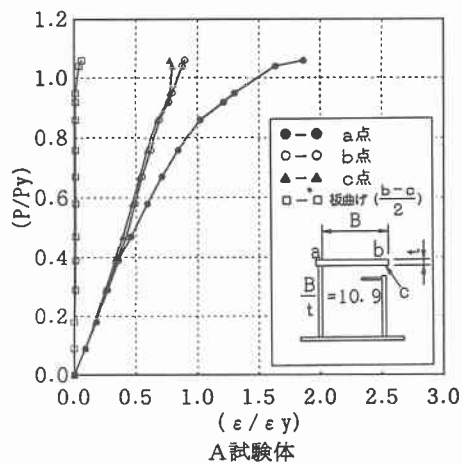


図-9 断面5の荷重とひずみの関係

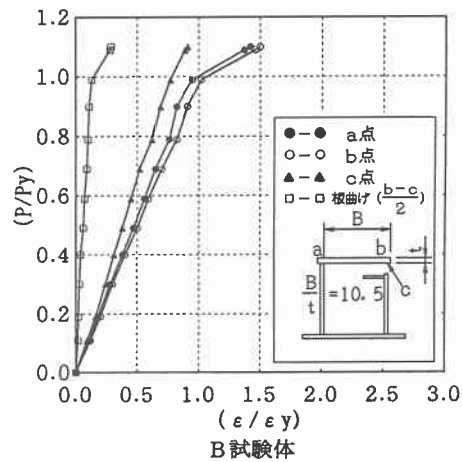
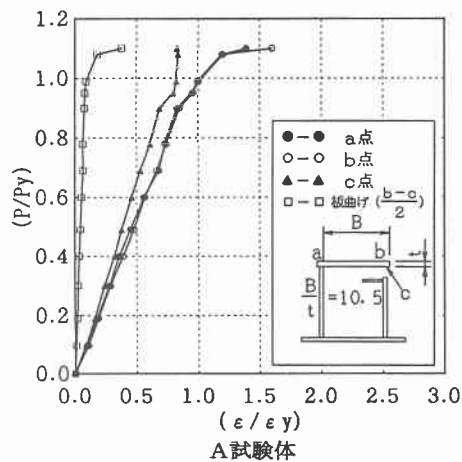


図-10 断面6の荷重とひずみの関係

4. 4 考察

図-6, 8からA試験体の断面2と断面4は荷重が $P/Py = 0.7$ 付近で、B試験体の断面2と断面4は荷重が $P/Py = 0.85$ 付近で、それぞれ板曲げひずみ曲線の勾配が変化しており、局部座屈が生じていると考えられる。

図-7, 9, 10からA試験体の断面3、6およびB試験体の断面3、5、6は $P/Py = 1.0$ 近くまで弾性座屈を生じていないといえる。

荷重とひずみの曲線の勾配が急激に変化したとみとめられた点の荷重を座屈荷重とみなし、その座屈荷重と幅厚比の関係を図-11に示す。図中の道示の曲線は、道路橋示方書³⁾で示される SMA490W 材の自由突出板の基準耐荷力から求めた座屈荷重である。

板厚差による偏心曲げモーメントの影響は、梁部材の終局荷重では微少であったが、図-11から局部座屈については座屈荷重を低下させ、その度合いは薄部の方がやや大きい。しかし、偏心曲げモーメントの影響を受けるA試験体でも道路橋示方書に示される基準耐荷力を上回っている。このことは西村ら²⁾の研究成果と符号する。

断面3 ($b/t = 11.8$) の座屈荷重が高いのは、隣接断面の局部座屈モードによる負曲げの影響によるものと考えられる。B試験体のデータから、等応力状態のLPプレートでは薄部が先に局部座屈するとはいえない。一枚の板の中で板厚の変化するLPプレートは、薄部又は固定間の中央部のどちらかが、他に先行して局部座屈を生じる座屈特性を有していると考えられる。このことから、LPプレートの座屈設計には、板厚変化の影響を考慮した座屈耐荷力評価法が必要と思われる。

5. まとめ

台形型LPプレートの2主桁橋への適用に関して、密着性試験と局部座屈耐荷力実験を行った。これらの実験から得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 台形型LPプレートをウェブに密着させる作業は、容易に行うことができ、その際生じる板曲げ応力も二次応力の範囲であり、かつ、事前に数値解析で応力状態を確認することが可能である。
- (2) LPプレートの板厚差による偏心曲げモーメントによる影響は、局部座屈耐荷力を低下させ、その度合いは薄部の方がやや大きい。しかし、その座屈耐荷力は道路橋示方書で示される基準耐荷力を上回る。また、梁部材としての終局荷重に関しては、その影響は少なかった。
- (3) 等応力状態のLPプレートの局部座屈は、薄部又は固定間の中央部のどちらかに生じやすく、幅厚比の大きい薄部から座屈するとはいえない。

LPプレートは降伏点が一定ではなく、薄部の降伏点が厚部より高い材料特性を有する。変厚による座屈特性を解明すれば、等厚プレートに比べて、より合理的な設計が可能になると考えられる。

最後に、本実験のひずみ測定にご協力していただいた日鋼検査サービス㈱の関係者の方々と本文のまとめにご協力していただいた榎崎製作所 石橋雄二氏に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 緒方・林・上高原・板橋：テーパプレート橋梁への適用、土木学会第50回年次学術講演会講演概要集、I-306、1995.9. 2) 西村・滝・堀田：テーパプレートを用いたI断面桁の耐荷力実験、平成8年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集、I-46、1996.5. 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・解説 II 鋼橋編、丸善㈱、1994.2.

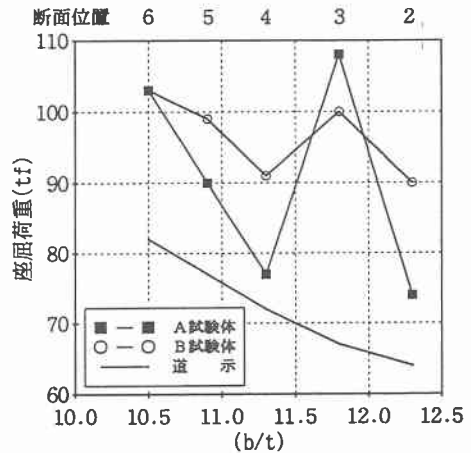


図-11 座屈荷重と幅厚比の関係