

プレストレス木床版の変形特性に関する実験的研究

Experimenntal Study on Deformation Characteristics of Stress-Laminated Tmber Deck

○米谷 裕* 堀江 保*
YONEYA Hiroshi, HORIE Yasushi

*秋田工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒011-8511 秋田市飯島文京町1-1)

ABSTRACT Many loading tests of small stress-laminated deck with constructed of sawn lumber was conducted. The goal of this research was to obtain the mechanism and magnitude of deck bending and deformation. The one point load was applied at the center of deck and the two point of loads were applied at breadth of deck symmetrically. The friction induced by the high level prestress was sufficient to prevent movement between the lamination. On the other hand, low level prestress was caused slip the laminations vertically at the point of load. Various deformation characteristics were obtained with changing lamina position and changing a kind of lamina.

Keywords : プレストレス木床版、曲げ特性

Stress-Laminated Timber Deck, Characteristics of bending deformation

1. はじめに

木材を橋梁等構造用部材として用いる発想は、現在ではまだ主流ではないが、今後予想される資源の有効利用、環境問題に適合した材料の選択等により、木材を構造材料の一つとして考慮に入れることは、重要な意味を持つ。戦後、橋梁材料として鋼材およびコンクリートにその席を譲った最大の原因は、木材の強度および剛性のばらつき、大断面材料の供給の困難性にあったと考えられる。これらは、集成材の登場によりほぼ解決され、また、防腐処理技術の発展により、自然環境下でもその耐久性は満たされたと思われる。

現在、日本では木橋がかなり架設されているとはいえ、木材の流通過程の不備という問題により、他の材料より高価になっている。しかしながら、適切な植林により唯一生産可能な資源であるという、木材の最も大きな利点を利用しない手はない。今のうちに木材でも橋梁を作れる態勢を整えておくことは、将来的に非常に重要であると考えられる。そのためには、木橋に関する設計指針の確立が重要な課題となる。

プレストレス木床版は、それ自身橋梁として利用できるほか、他の形式の木橋の床版としても利用できる。接着接合した集成材を利用することにより、ある程度欠点を持つ材料も利用可能となり、また、鋼棒で締め付け一体構造とするので、スパンより短い材料も使用可能となる。これは、間伐材等の利用も可能であるとことを意味する。本研究では、プレストレス木床版の曲げ変形特性を様々な観点から実験により検討したものである。プレストレス力の大小による変形特性の違い、荷重載荷位置の影響のほか、床版を構成する板の弾性係数配置の影響、材種の違い等を検討した。

2. 実験概要

実験の対象とした床版は、厚さ 2.5cm のひき板を 35 枚並べ、4箇所を鋼棒で締め付けたもので、幅 87.5cm となる。長さは約 2m であるがスパン 180cm で実験を行った。実験では、厚さ 10cm のマツ床板と厚さ 8cm のスギ床板の 2 体の床版を準備した。プレストレス導入方法は、図-1 に示すように、床板の上下に鋼棒を配置し、ねじを締め付けることにより圧縮力を与えている。プレストレス力はロードセルで測定し、4 本の鋼棒が同一の値となるよう調整した。実際のプレストレス床版は、床版に穴を開け、鋼棒を通して締め付ける構造であるが、以前、鋼棒の配置を変化させ床版変形性状の違いを検討したとき、穴による剛性損失の影響を避けるためこのような構造とした。その際、同一の材料を用いて、両者の載荷実験を行い、その変形性状に違いがないことを確かめている。

載荷位置は、床版軸方向中央断面とし幅員方向の中央 1 点載荷と、中央から等間隔の 2 点載荷とした。2 点載荷の間隔は、20cm、25cm、30cm、35cm、40cm、60cm の 6 種類とし、各載荷位置について、プレストレス力を細かく変化させながら載荷した。

荷重の値もプレストレス力の大小によ

り変わるが、一つのプレストレスで 4 回から 10 回とった。それぞれの実験において、たわみを測定し、床版全体の変形状態を検討するため、軸方向中央断面の幅員方向に 9 点、幅員中央の板で軸方向に 9 点ダイヤルゲージを用いて測定した。本論文では、各種曲げ性状の比較のため幅員方向のたわみについて考察する。

マツおよびスギの 2 体の試験体は、材種の違いと床版厚さの違いを検討するために用意した。また、それぞれの床版を構成するひき板の弾性係数を測定し、ひき板の並び方を変えることにより、床版の幅方向の剛性配置の違いによる影響も検討した。タイプ A は幅中央に弾性係数の大きい板を配置したもので、タイプ B では逆に中央に弾性係数の小さい板を配置してみた。マツおよびスギのそれぞれのタイプの弾性係数分布は図-2 および図-3 となる。床版を構成する板の平均弾性係数は、マツが 141000 kgf/cm^2 、スギが約半分の 77200 kgf/cm^2 である。

本論文では、上記供試体実験より次の点を検討した。

- (1) 導入プレストレス力と床版変形の関係
- (2) 中央 1 点載荷と 2 点載荷の変形特性
- (3) 床版を構成する板の弾性係数の配置の影響
- (4) 材種および床版厚の違いの影響

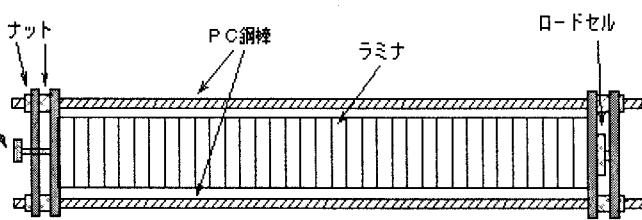


図-1 プレストレス導入方法

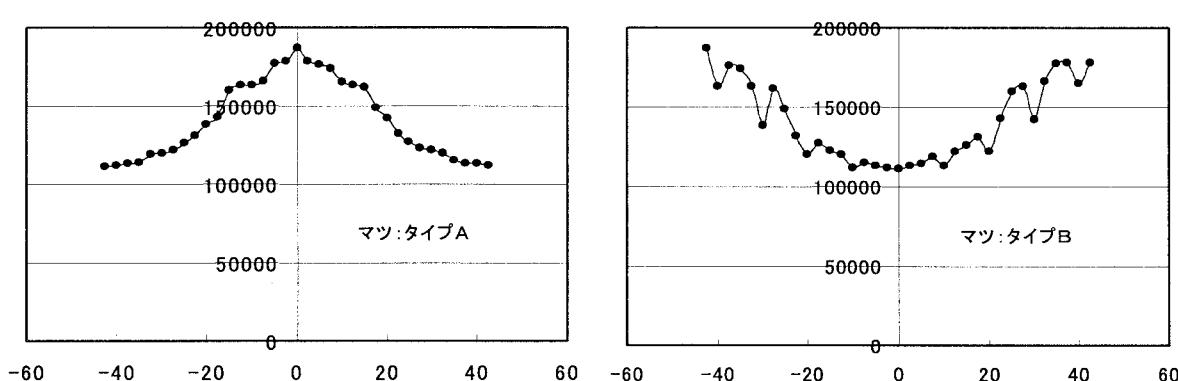


図-2 マツの弾性係数分布

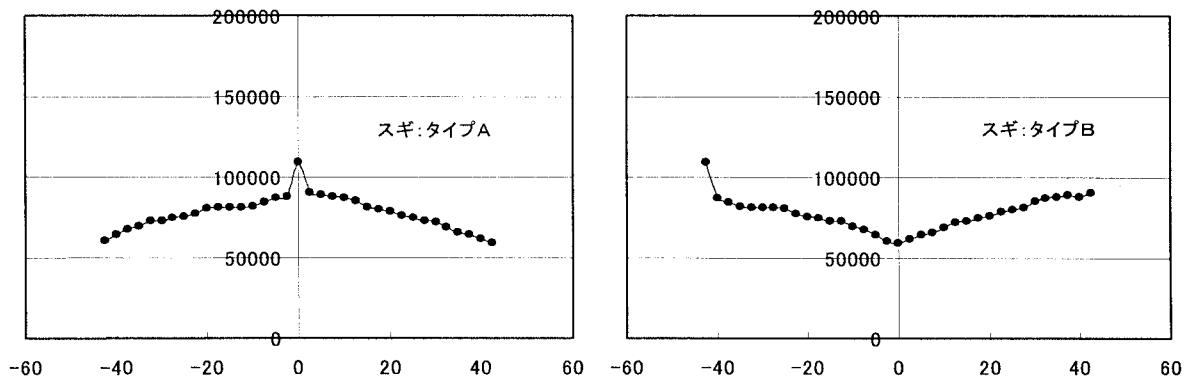


図-3 スギの弾性係数分布

3. 実験結果

各実験項目について、床版中央位置の幅員方向たわみ分布により、比較検討する。荷重は1点載荷は幅員中央、2点載荷は中央から対称の位置としたので、たわみ分布は、幅員中央に対して対象になるはずである。実験値は、ほぼそれを満たしているが、ケースにより、プレストレス導入の際、片側部分のみ浮き上がり、載荷と同時にねじれ変形が生じているものがある。今回の研究では、床版の曲げ変形を対象としているので、実験値は、左右の対応する点のたわみの平均値を用いて整理した。

3.1 導入プレストレスと床版変形の関係

導入プレストレスは、それにより床版の一体構造が達成されるので、プレストレス床版では最も重要である。また、設計においても所要のプレストレス力の維持は重要な要求事項となる。プレストレス力は木材のクリープにより時間とともに減少するほか、自然環境下での乾湿の影響により、木材が膨張、収縮することにより変化する。設計では、これらを考慮し余裕を持たせた力を加えるが、実際、プレストレスの大きさにより変形特性がどのように変化するか確かめてみた。

図-4にマツ床版を対象にプレストレスが0.25tfから1.0tfまで変化させたときのたわみ分布の比較を示す。図の上が中央1点載荷、下が間隔20cmの2点載荷の場合である。荷重は1点載荷では1.5tf、2点載荷では3.0tfである。図よりプレストレスが最も小さい0.25tfの時、それぞれ載荷点のみのたわみが顕著である。プレストレスの増加とともに中央部分のたわみが大きいものの床版全体で抵抗しており、一体構造となっているのが認められる。2点載荷では0.75tfと1.0tfの場合、幅員全体にわたりほぼ同じような変形を

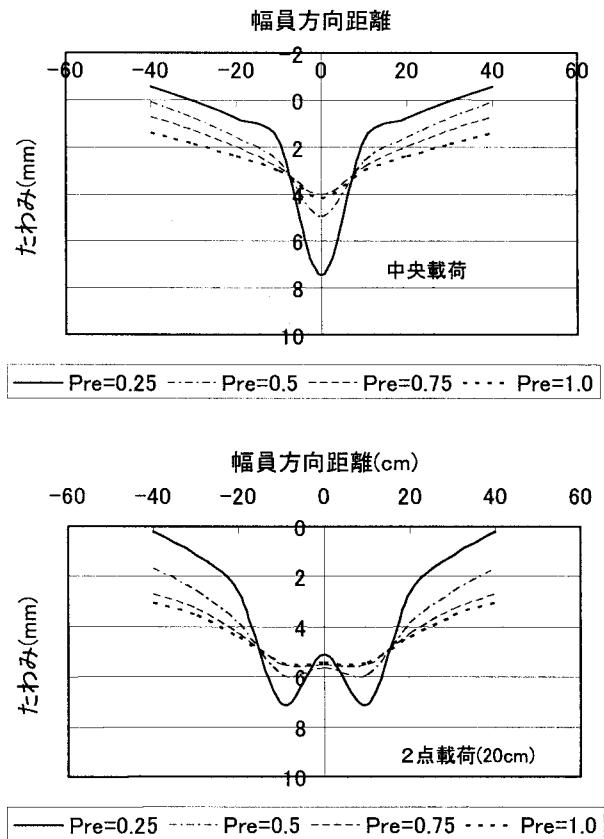


図-4 プレストレス力と変形の関係

しており、十分なプレストレス力が導入されているが、1点載荷では、幅員端部に向かい差があり、1.0tfではまだ十分なプレストレス力とは言えない。

3. 2中央1点載荷と2点載荷の比較

床版幅員方向の載荷位置の違いによる影響を検討してみた。載荷断面は、床版軸方向の中央位置とするが、幅員方向に中央1点載荷と中央から対称に2点載荷を実験した。図-5にマツ床版を対象にプレストレスが小さい場合と大きい場合について、中央1点載荷と2点載荷の比較を示す。上図がプレストレス0.25tf、下図が1.0tfの場合である。2点載荷では、間隔が20cm、40cm、60cmの3ケースのものを示した。荷重は、1点載荷、2点載荷とも1.5tfと同じもので比較した。プレストレスが小さい場合は、載荷点でのたわみが認められ、特に、2点載荷の場合は、幅員中央のたわみが載荷点より小さくなっている。この傾向は床版全体が一体化しているプレストレスが大きい場合によって説明できる。中央1点および間隔20cmのケースでは幅員中央付近でたわみが大きくなり、下に凸の分布となるが、間隔40cm、60cmでは幅員中央でのたわみが小さくなり、上に凸の分布となっている。

すなわち、間隔20cmから40cmの間で床版たわみの傾向が逆転している。たわみ分布が幅員方向にほぼ一定となれば、床版は全体としてはりのような変形をしていることになる。

3. 3弾性係数配置の比較

これまでの導入プレストレストと変形の関係、1点載荷と2点載荷の関係の実験結果は、マツ材を用いた中央に弾性係数の大きい板を配置した床版を対象に行ったものである。板の弾性係数分布は、図-2のタイプAである。ここでは、板の配置を換え弾性係数分布の異なる床版について、曲げ変形の違いを検討した。対象としたのは、図-2に示すタイプAとタイプBで、それぞれ床版中央から弾性係数の大きい板、小さい板を配置している。

図-6に中央1点載荷の時のタイプAとBの

比較を示す。図には、プレストレスの小さい0.25tfと、大きい1.0tfの場合を示し、荷重は1.5tfの時のものである。プレストレスが大きい場合は、多少の差があるもののAとBはほぼ等しい分

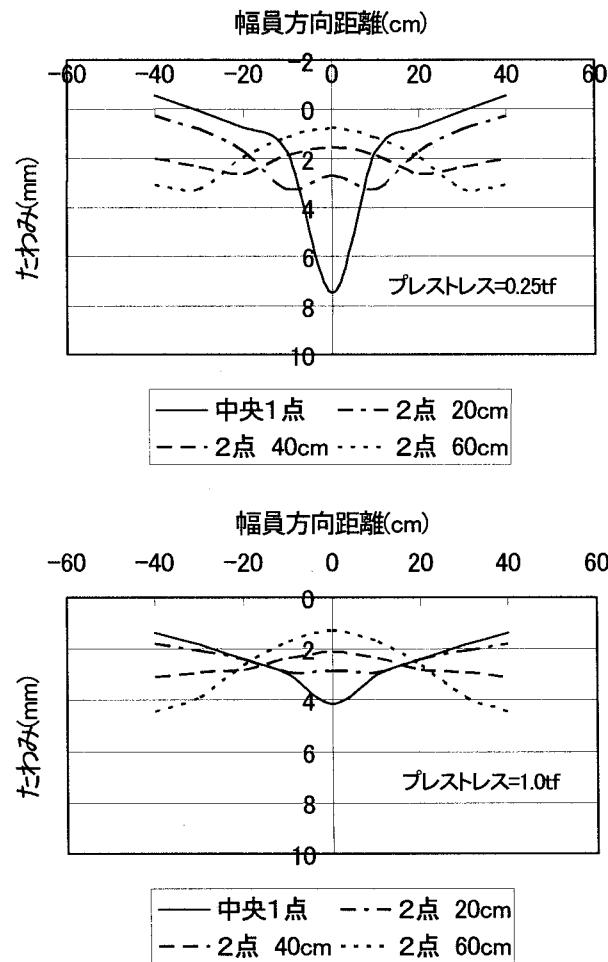


図-5 中央載荷と2点載荷の比較

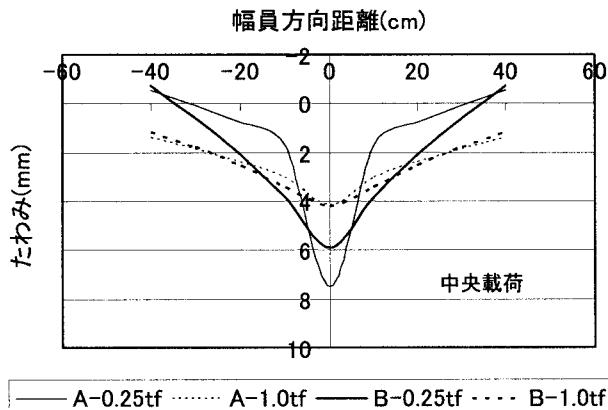


図-6 マツのタイプA・B比較（中央載荷）

布を示している。しかし、プレストレスが小さいときは、タイプAでは載荷点でのたわみのみが際立っている。これは、プレストレス不足のため弾性係数が大きいにもかかわらず、中央の板のみが滑りたわみが大きくなっているためである。タイプBでは幅員端部に向かい弾性係数が大きい板を配置しているので、それらが曲げに抵抗し、床版全体で抵抗しているたわみ分布を呈している。

図-7に2点載荷の場合のタイプAとBの比較を示す。中央載荷と同様プレストレスの小さいものと大きいものを示した。載荷点間隔は上図が20cm、下図が60cmの場合で、荷重はすべて3.0tfの時のものである。載荷点間隔20cmでは、幅員中央付近の荷重なので、中央部分では弾性係数の小さい板を配置したタイプBがAよりたわみが大きく、幅員端部付近ではわずかであるがAとBのたわみが逆転している。一方、載荷点間隔60cmでは、載荷点付近では弾性係数が小さいタイプAがBよりたわみが大きく、中央付近ではそれが逆転している。この傾向は、プレストレスの大小にかかわらず成り立つ。これより、載荷点付近の板の弾性係数により床版全体の変形が支配されると考えられる。

3. 4材種の違いの比較

本研究では、マツ材とスギ材からなる2つのプレストレス床版を用いて実験した。これは、材種の違いによる曲げ変形を比較するためであるが、床版の厚さもマツでは10cm、スギでは8cmとなっている。比較する場合は、床版全体の平均プレストレスが等しいもので比較した。また、平均弾性係数がマツはスギの約2倍なので、同程度のたわみを得るには、スギはマツの半分の荷重でいいが、床版厚も異なるので、これらを直接比較することは出来ない。したがって、ここでは、同程度のたわみが生じる荷重を用いて、床版の曲げ変形傾向の違いを検討した。

図-8に中央載荷の場合のマツとスギの比較を示す。プレストレスは大きい場合と小

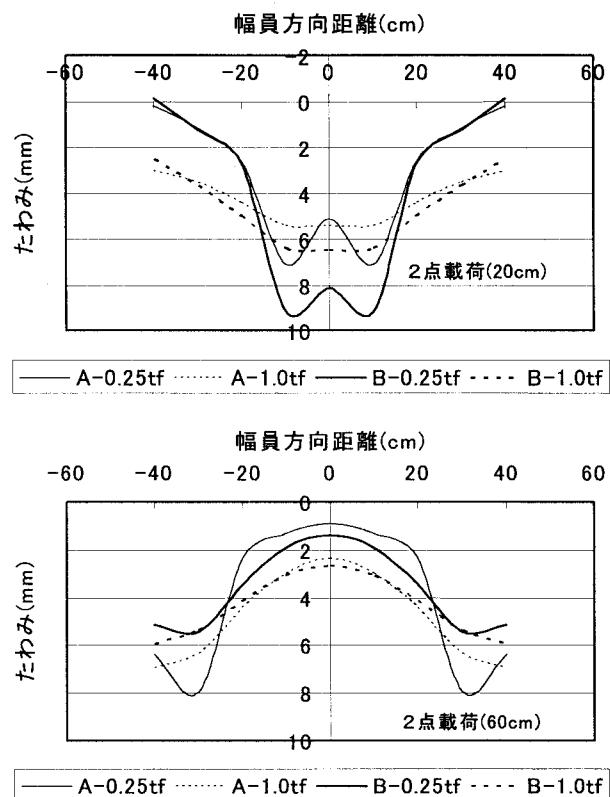


図-7 マツのタイプA・B比較（2点載荷）

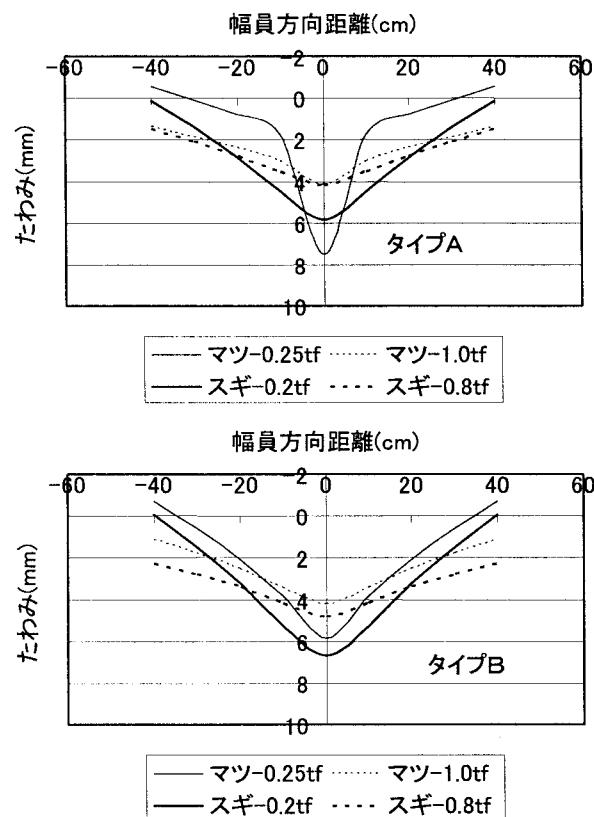


図-8 マツとスギの比較（中央載荷）

さい場合を示したが、平均プレストレスが同じになる値を用いている。上にタイプA、下にタイプBの場合を示した。荷重は、マツ床版では1.5tf、スギ床版では0.64tfとしたが、この荷重は、プレストレスが大きく一体化した床版で、ほぼ等しいたわみが得られたものである。タイプAのプレストレスが小さい場合、マツ床版はスギ床版に比較し載荷点のみでのたわみが目立つ。図-6に示すように、これは弾性係数の配置による影響とも考えられ、図-8の下図のタイプBにおいては、床版の変形特性にマツとスギの違いは認められない。図-9に載荷点間隔40cmの場合のマツとスギの比較を示す。中央載荷と同様、プレストレスの大小を同時に図示し、上にタイプA、下にタイプBを示した。荷重は、マツが3.0tf、スギが1.03tfである。図からプレストレスが小さい場合、タイプAおよびタイプBとともに、マツの場合載荷点のみでのたわみが目立ち、これは材種による違いとも言える。現段階では、この差が弾性係数の違いによるものか、材種の違いによるものか確定できず、さらに検討を要する。また、図-8、図-9を通して、プレストレスが大きい場合は、マツとスギの極端な違いは認められないが、多少マツの場合が載荷点付近でのたわみが顕著であり、スギは幅員方向へのたわみの変化が緩やかである。しかし、これも床版の厚さの違いによる影響とも考えられ、さらに実験により確認する必要がある。

4. まとめ

プレストレス床版の曲げ変形を検討するため、床版模型の載荷実験を行った。2種類の床版を用いて、載荷点を変えたり、板の配置を換えてみた。各実験において、プレストレスを変化させながら載荷を繰り返した。これらの実験結果をまとめると次のようになる。

- (1) プレストレスが小さい場合、載荷点でのたわみが顕著であるが、プレストレスの増大とともに床版全体のたわみ変形となり、一体化が確認された。
- (2) 十分なプレストレス導入により一体化された床版は、載荷点間隔が広がるにつれて、幅員方向に下に凸から上に凸の曲げ変形となることが認められた。したがって、ある載荷点間隔では、床版が幅員方向にほぼ一定分布となり、床版全体がはりののような変形をすることが予想される。
- (3) 同じ材料でも弾性係数の配置を換えてみると異なる変形を示した。マツ床版では荷重載荷点での弾性係数の大小により、床版全体の変形が支配されているような傾向が見られた。
- (4) 材種の違いによる変形特性を検討したところ、マツはスギに比較し、載荷点でのたわみが顕著であり、これが材種による影響と考えたが、弾性係数の配置の影響とも考えられ、現段階では結論付けられず、さらに検討を要する。

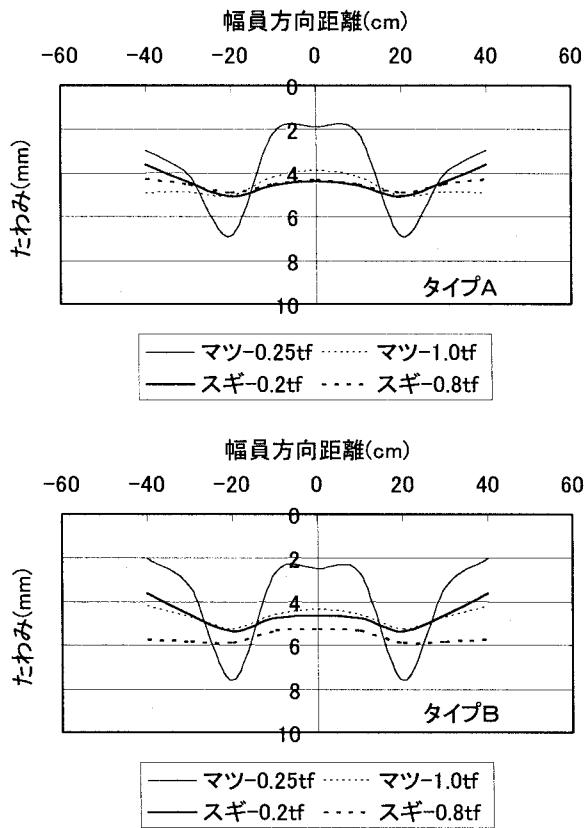


図-9 マツとスギの比較（2点載荷）