

産業安全研究所安全資料

SAFETY DOCUMENT

OF

THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

NIIS SD NO.19 (2005)

床型枠用鋼製デッキプレート(フラットデッキ)の安全性



床型枠用鋼製デッキプレート(フラットデッキ)の安全性

目 次

1. はじめに	(2)
2. フラットデッキについて	(2)
3. フラットデッキの崩壊による労働災害事例	(3)
4. フラットデッキを用いた作業のリスク	(4)
5. 強度試験	(5)
6. 試験結果	(8)
7. 考 察	(10)
8. おわりに	(12)

参考文献

抄 録

Safety Performance of Steel Deck Plate (Flat Decks) Used for Concrete Slab Moulding

CONTENTS

1. Introduction	(2)
2. Flat Decks	(2)
3. Occupational Accidents Caused by the Fracture of Flat Decks	(3)
4. Work Risk Using Flat Decks	(4)
5. Strength Tests	(5)
6. Experimental Results	(8)
7. Consideration	(10)
8. Conclusion	(12)

References

Abstract

床型枠用鋼製デッキプレート(フラットデッキ)の安全性

永田久雄* , 大幢勝利* , 高梨成次* ,
日野泰道*

Safety Performance of Steel Deck Plate(Flat Decks)Used for Concrete Slab Moulding

by Hisao NAGATA* , Katsutoshi OHDO* , Seiji TAKANASHI*
and Yasumichi HINO*

Abstract ; Recently steel flat decks used for concrete slab moulding have been utilized at many construction sites. At the same time labour accidents caused by fractures of steel flat decks are being reported. Typical accidents mainly are caused by fracture of steel flat decks were investigated. As a result , it became clear that there was a problem with the strength-property of a flat deck which causes occupational accidents. We intended to give the risk information of flat decks to safety managers in the construction industries.

The typical flat decks which are used in the building construction now were examined to clarify their strength property. In order to know the strength property of flat decks , actual experimental measurements were carried out for three types of steel flat decks. Three thicknesses of steel materials of flat decks and two lengths were examined. Bending load test , load test for the end-closed of flat decks and compression test for ribs of flat decks were carried out. Two different types of fixation of the end-closed of flat decks , i.e. , welded and non-welded , are examined. The following results are obtained:

- (1) Safety factor of an allowable stress of flat decks is designed to be 1.3 on the base of the voluntary guideline made by the Association of Flat Decks Manufacturing Industries.
- (2) According to results of bending tests in case of non-welded edges of flat decks , average safety factors - actual fracture bending loads to allowable bending loads are 1.35 in 0.8mm thickness , 1.51 at 1.2 mm thickness , and 1.82 at 1.6mm thickness. It implies that risk of fracture of flat decks increases, as the thickness of flat decks material becomes thinner.
- (3) In the case of welded edges of flat decks , an average safety factors for bending loads are 2.28 at 0.8mm in thickness , 2.48 at 1.2 mm thickness , and 2.78 at 1.6mm thickness.
- (4) Comparing the strength of end-closed of flat decks at 50mm of bearing width in case of non-welded edges of flat decks, the strength at 20 mm of bearing width is 57% of strength at 50mm of bearing width, the one at 35 mm of bearing width is 76%. As the bearing width become shorter from the standard width of 50mm, the risk of fracture of flat decks increases inversely proportional to the bearing width.
- (5) The strength of a rib for shoring loads is greatly safer, because safety factors are 4.0 at 0.8mm thickness, and 4.2 at 1.2 mm thickness.

Keywords ; Flat deck, Accident, Concrete slab, Construction

*建設安全研究グループ Construction Safety Research Group

1. はじめに

現在、床型枠として鋼製デッキプレートの上面を平らに加工して、裏側にリブを付けた新たなタイプの製品が開発され建設現場で幅広く用いられている。(以下、床型枠用の鋼製デッキプレートを「フラットデッキ」とする)

フラットデッキを使用する床型枠工法では、支保工や型枠ベニヤ板を使用せずに施工できることから、経費節減と工期短縮ができる利点がある。フラットデッキは、当初はラワン材などの熱帯雨林木材の大量消費の制限といった観点から、約20年前から鉄骨造(以下、S造とする)の建築工事に使用されてきた。その後、鉄筋コンクリート造(以下、RC造とする)、鉄骨鉄筋コンクリート造(以下、SRC造とする)の床型枠工法においても使用されるようになり、建設現場における型枠ベニヤ材の代替品となった。しかしながら、これまでに、施工作业中にフラットデッキが崩壊し、労働者が死傷する事故が数多く発生している。

そこで、フラットデッキが原因と思われる過去の代表的な災害事例から予見される作業リスクを考察し、それを参考にして、フラットデッキの強度試験をおこなった。強度試験を実施するにあたり、流通している代表的なフラットデッキを取り上げ、その試験結果を安全管理者へリスク情報として提供をすることにした。ただし、RC造、SRC造で使用されるフラットデッキを支える梁型枠部(縦さん木、横さん木など)の強度特性は扱っていない。

2. フラットデッキについて

2.1 フラットデッキの設計施工指針

建設工事でフラットデッキを使った設計施工基準となっているのは、社団法人公共建築協会編、フラットデッキ工業会発行の設計施工指針¹⁾(以下、工業会指針とする。)である。この指針は、建設省(現在:国土交通省)の建設技術評価制度(昭和53年建設省告示第976号)に基づき、1990年7月23日建設省告示第1368号において、「鉄筋コンクリート建築物における床型枠用鋼製デッキプレートの開発」という研究課題で公募を行い、応募のあった製造メーカー5社(住金鋼材工業㈱、東邦シートフレーム(株)、東京フォーミング(株)、日本鋼管ライトスチール(株)、(株)日建板)の設計、施工方法、製品、技術について評価と検討を行った結果、定められたものである。それを受けて、フラットデッキ型枠技術開発委員会を設置して、建設省、建築研究所、ゼネコン3社、メーカー5社により、建設省「建設技

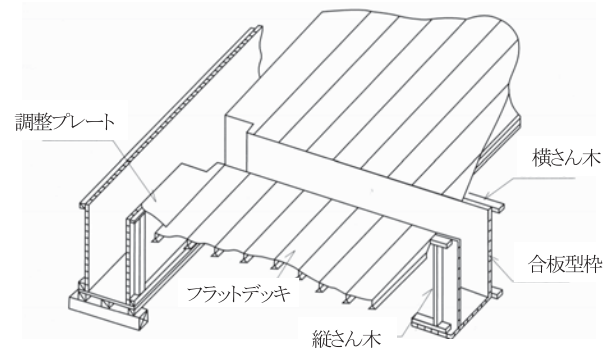


Fig. 1 Steel flat decks for reinforced concrete structure.
鉄筋コンクリート造用のフラットデッキ

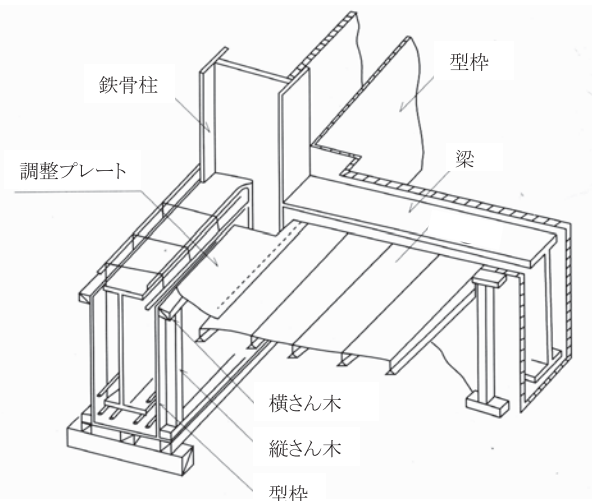


Fig. 2 Flat decks for steel and reinforced concrete combination structures.
鉄骨鉄筋コンクリート造用のフラットデッキ

術評価書」指針編、「フラットデッキ型枠設計・施工マニュアル」を1991年7月にまとめた²⁾。1992年9月にその検討内容がフラットデッキ工業会より設計施工指針として発行され、現在にいたっている。フラットデッキの強度試験は、財団法人 建材試験センターが実施し、その結果から社団法人 公共建築協会が製品の審査を行い、メーカーに対して品質性能に関する評価書(3年間有効)を発行している。日本においては、現在のところ主要な製造メーカーは8社ほどと思われる。

2.2 フラットデッキを用いた床型枠工法

建設する躯体構造によりRC造では、Fig.1のように、SRC造ではFig.2のように、フラットデッキを敷込み、その後配筋し、生コンクリートを打設する。S造では、

フラットデッキの端部を鉄骨梁に直接，スポット溶接する。Fig.1と Fig.2に示すように，端部の処理（柱周り，敷始め，終端部）は各サイズの調整プレートをあてて施工する。施工後は，フラットデッキをスラブと一体化させて残置するものである。

2.3 形状と種類

フラットデッキの断面形状は，Fig.3に示すように下に突出したリブ部（ウエップと下フランジを含めた部位）の形状により，閉塞型と中空型がある。フラットデッキの横幅は，トラックの荷台積込みの利便性や現場での作業性の観点から，図で示す箇所の幅は，600から630mmを基本としている。使用する際には，各フラットデッキを連結させて使用するが，その連結方法は，Fig.3のように，端部がはげタイプのもので，差し込みタイプがある。現在，ほとんどが差し込みタイプとなっている。曲げ応力に対して，ウエップ上部が広がるのを防ぐために，カシメ止め加工あるいは，シーム溶接止め加工を行っている。ただし，差し込み部のウエップは，フラットデッキを相互に連結するための差し込み溝とするためにウエップ上部の止め加工を行っていない。

2.4 フラットデッキの長さ と 厚さ

工業会指針によれば，フラットデッキの基準長さは，1.5mから最大4.9mとし，スパンが3m以上となる場合は，原則として中間に支保工を設けるようにしている。なお，鋼板厚さは0.8mmから1.6mmの範囲である。

2.5 エンドクローズ部の納まり

一般に，Fig.4とFig.5に示すように，フラットデッキのエンドクローズ部を平板に形成させている。工業会の指針によれば，フラットデッキを建設現場で敷込む際の梁部とエンドクローズ部のかかり代は，50mm以上を取り，S造の場合は，エンドクローズの端部を鉄骨にスポット溶接する。Fig.4のRC造，SRC造では，合板製型枠に釘打ちする。また，施工後にフラットデッキが落下するのを防ぐためにのみ込み代10mmを取る。オフセット寸法を長く取ると，強度が弱くなるために，エンドクローズの長さは，75から最大90mmとしている。

3. フラットデッキの崩壊による労働災害事例

フラットデッキを使った作業リスクを，建設現場の安全管理者に明らかにするために，フラットデッキの崩壊による典型的な労働災害事例 5件についてその概要を示す。

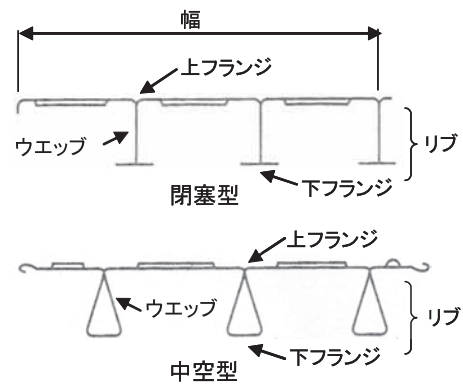


Fig.3 Section drawings of flat decks.
フラットデッキの断面形状

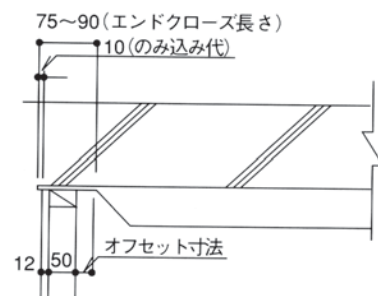


Fig.4 Details of end-closed of flat decks for reinforced concrete structures.
鉄筋コンクリート造用のエンドクローズ部の詳細

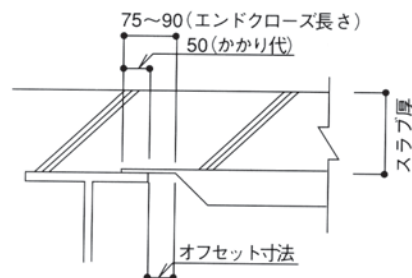


Fig.5 Details of end-closed of flat decks for steel frame structures.
鉄骨造のエンドクローズ部の詳細

3.1 労働災害事例

(1) 鉄筋仮置き時の崩壊³⁾

発生日：2001年10月11日

被災：死亡1名（圧死・内臓破裂），負傷2名

場所：神奈川

被災時の状況：敷込んだフラットデッキの中央に鉄筋を設置した際に，その重みにより崩壊し，フラットデッキ上の作業員が墜落負傷し，階下の労働者が鉄筋などの落下物により死亡した。

RC造の介護老人保健施設の建設現場において、3階床面部分に取り付けられていたフラットデッキ床上に、クレーンを使用して約2.5トンの鉄筋を仮置きしたところ、床が2.3m×7.75mにわたり崩壊し、2階作業床上で支保工（パイプサポート）の建て込み作業に就いていた型枠組立作業員が鉄筋の下敷きになった。また、崩壊したフラットデッキ床作業をしていた鉄筋工が擦過傷等の軽傷を負った。

(2) 配筋作業開始直前の崩壊

発生日：1994年3月12日

被災：死亡なし，負傷3名

場所：東京

被災時の状況：スラブ配筋用の鉄筋をフラットデッキ上に置いて作業しようとしたところ崩壊した。

SRC造6階建ビル新築工事現場において4階に配筋用の鉄筋を搬入作業中、クローラクレーンにて鉄筋約3トンを取り込み、その仕分け作業にとりかかろうと作業員が集まったところ、床が崩れ、3.6m下の3階の床に落下した。その際、フラットデッキ上にいた鉄筋工及び圧接工がフラットデッキ、鉄筋とともに落下して被災し、さらに3階の床上で足場組立作業をしていた鷹工も落下物により被災した。

(3) コンクリート打設作業中の崩壊

発生日：2000年12月1日

被災：死亡1名（胸郭部挫滅），負傷1名

場所：東京

被災時の状況：予想外の量の生コンクリートがフラットデッキ上に流れ込み、その集中的な重量に耐えられずに崩壊した。

SRC造の新築建築工事現場において、28階エレベーターシャフトの開口部に、仮設の止水用スラブを設けるためクレーンで吊ったホッパーからモルタルを流し込む作業を行っていた。作業中に、ホッパーのバルブが閉まらず、中のモルタル（1.9m³・約4トン）がフラットデッキ上に一時に流れ、荷重に耐え切れずフラットデッキが崩壊した。

フラットデッキ上にいた労働者2名が27階と26階の開口部養生用の足場板を突き破り、25階スラブまで約10m墜落し1名が死亡、1名が負傷した。使用されていたフラットデッキの寸法は、621×2445mm、板厚0.8mm、崩落部分は5.2m×2.47mの片側半分ほどの範囲であった。

(4) コンクリート打設終了直前の崩壊

発生日：1992年9月26日

被災：死亡1名（窒息死），負傷3名

場所：東京

被災時の状況：コンクリート打設終了直前に、フラットデッキが崩壊した。

RC造の6階建て雑居ビル増築工事現場4階において、既設エレベータ開口部（3.2m×2.4m）をふさぐためのコンクリート打設工事において、既存床部にアンカーボルトを介して、片側をL型鋼、反対側はプレートにH鋼をボルト止めし、その上にフラットデッキを敷き配筋施工後にスラブを打設した。床スラブ打設を終了する直前に、突然、床が抜け落ち、その衝撃で3階の床も抜け落ちた。その結果、4階でコンクリート圧送作業をしていた圧送工が1階に墜落し重傷、3階で打設コンクリート均し作業をしていた左官工が負傷、1階で作業していた土工が落下してきたフラットデッキ、コンクリートなどにより圧死した。

(5) コンクリート打設作業終了直後の崩壊

発生日：2002年11月20日

被災：死亡なし，負傷5名（そのうち1名重傷）

場所：東京

被災時の状況：フラットデッキが生コンクリートの重量と労働者5名の荷重に耐えきれずに崩壊した。

SRC造のビル新築工事現場3階において、コンクリート打設のため、鉄骨に掛け渡して敷き詰めたフラットデッキ上に設けた配筋してコンクリートを流し終わった。その直後に、当該フラットデッキ（3.4m×4.9m）が生コンクリートの重みで抜けて床鉄筋と共に垂れ下がった。当該フラットデッキ上で作業していた労働者5名が階下の2階フラットデッキ上に墜落し、その衝撃で2階フラットデッキが抜け落ちて、さらに、4名が約12m下の1階スラブ上に墜落した。

4. フラットデッキを用いた作業のリスク

4.1 基本的なリスク

工業会指針では、許容引張応力度を降伏点の強度と同じ205 N/mm²とし、引張強さを270N/mm²としている。この値から安全率を計算すると引張強さに対して「1.3」となる。

フラットデッキは非常に簡素化されている反面、このように、強度的に限界に近い状態で設計し、使用されている。そのために、コンクリート打設時または養生時にフラットデッキが崩落し、労働者が墜落あるいは、落下物により死傷する作業リスクが大きいといわざるをえない。現状の設計施工法から、以下のようにフラットデッキの崩落による作業リスクがいくつか見られる。

4.2 曲げ強度不足による崩落

・RC造，SRC造での崩落リスク

フラットデッキは，S造で使用する場合は，端部をスポット溶接することにより，強度を高めることができる。しかし，合板製の梁型枠に釘打ち止めをするRC造，SRC造では強度が劣ると推察される。前節の災害事例（1）と（5）のようにRC造，SRC造工事では，力学的にはほとんど固定されていない状態の釘打ち止めと推定されるため，僅かな設計荷重オーバーで崩壊したと推察される。

・集中荷重による崩落リスク

工業会指針によれば，フラットデッキの設計荷重は，等分布荷重と仮定している。もし，フラットデッキ（スパン長 L ）の中央部に力が集中したとすると，その集中荷重（ P ）による曲げモーメント値（ $PL/4$ ）は，等分布荷重の設計値（ $PL/8$ ）の2倍となる。前節の災害事例（1），（2）がこの場合に該当する。つまり，この崩落災害は，集中荷重により曲げモーメント値が設計値の2倍近くになり崩壊したと推察される。多くの作業員が床の中央部に集中したり，鉄筋や生コンを中央部に山積みしたりするだけで，フラットデッキが崩落するリスクがある。

4.3 エンドクローズ部の強度不足による崩落

RC造，SRC造ではエンドクローズ部を合板製の梁型枠にかけるが，その際に，フラットデッキの寸法ミス，厚さミス，施工ミスによりかかり代が所定の寸法（標準50mm）より狭い場合に，その箇所から崩落すると推察される。

4.4 支保工によるリブの変形による崩落

工業会指針では，RC造，SRC造では，スパン長が3mを超える時は，中間に支保工を設けるとしている。型枠支保工を用いる場合にリブの変形により崩落することが推察される。しかし，今回，調査した労働災害の中には，フラットデッキの中間部に型枠支保工を設けた場合の災害事例は見当たらなかった。

5. 強度試験

基本的な作業リスクの予見を踏まえて，実際のフラットデッキの強度特性を知るために，曲げ強度，エンドクローズ部の強度，リブの支圧強度について実測した。試験と試験では固定方法（スポット溶接止めと固定なし）による強度の違いを求めた。試験では，フラットデッキ端部のかかり代が標準より狭い2条件についても強度の違いを明らかにした。

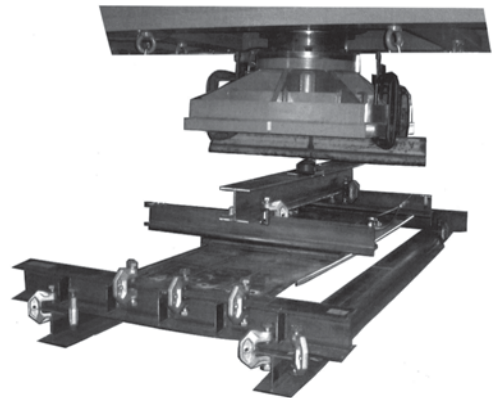


Fig.6 A view of a bending test
曲げ試験の様子

5.1 試験装置

Fig.6に示す3000kN圧縮荷重試験機を用いた。圧縮試験機のロードセルの荷重の精度は，使用した測定レンジ（最大300kN）で0.4%の相対誤差がある。ヘッドの変位も同時に計測した。レンジは，荷重30kN/V，変位30mm/Vである。出力は，光磁気ディスクに記録（TEAC製DR-M2a），モニター及び記録紙への出力は，NEC製のオムニエースRT - 3200を用いた。

5.2 試験体

下記の代表的な差し込みタイプの垂鉛メッキをほどこしたフラットデッキ三種類（仮称 デッキA，デッキB，デッキC）を使用した。

- ・曲げ強度試験に使用したのは，長さ2800mm，厚さ0.8mm，1.2mm，1.6mmで，フラットデッキの重量は，フラットデッキのタイプにより若干異なるが，それぞれ平均0.20kN，0.30kN，0.39kNである。ただし，幅はデッキAが621mm，デッキB，デッキCが630mmである。
- ・エンドクローズ部の強度試験では，長さ1500mm，幅630mm，厚さ0.8mm，1.2mm，1.6mmのものを使用した。フラットデッキの重量は，それぞれ平均0.11kN，0.16kN，0.21kNである。エンドクローズ部の長さは85mmである。ただし，幅はデッキAが621mm，デッキB，デッキCが630mmである。
- ・リブの支圧強度試験では，曲げ試験と同じ試験体（長さ2800mm）で行った。
- ・断面係数は工業会指針より，1mの幅に対して厚さ0.8mmの時 - $18.7 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ ，厚さ1.2mm - $29.4 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ ，厚さ1.6mm - $39.3 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ である。ただし，デッキAについてはこの値よりやや大きい。なお，断面係数は，鋼板厚さに比例している。

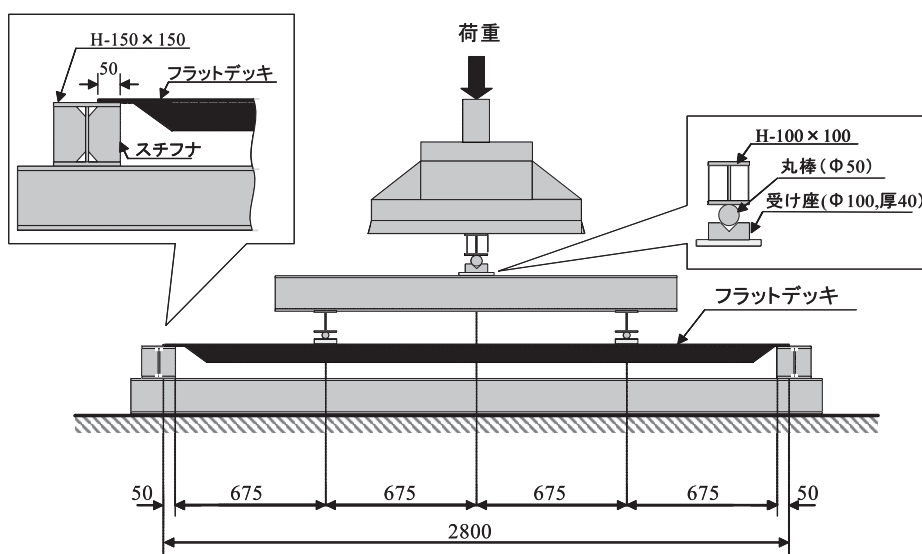


Fig.7 Bending tests.
曲げ試験

(1) デッキA

- ・リブ閉塞型・差し込みタイプ
- ・開き留めは、カシメ止め加工
- ・下フランジ幅30mm，高さ75mm
- ・断面係数は，標準よりやや大きく，カタログ資料から1mの幅に対して厚さ0.8mmの時 - $19.4 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ ，厚さ1.2mm - $32.1 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ ，厚さ1.6mm - $43.8 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{m}$ である。
- ・水抜き穴なし（密閉型のため）
- ・端部に釘穴あり

(2) デッキB

- ・リブ中空型・差し込みタイプ
- ・開き留めは，カシメ止め加工
- ・下フランジ幅44mm，高さ75mm
- ・下フランジの水ぬき穴間隔@500mm
- ・端部に釘穴なし

(3) デッキC

- ・リブ中空型・差し込みタイプ
- ・開き留めは，シーム溶接止め加工
- ・下フランジ幅40mm，高さ75mm
- ・下フランジの水ぬき穴間隔@750mm
- ・端部に釘穴あり

5.3 曲げ試験方法

Fig.7に示すように等分布荷重時の最大曲げモーメントと等値となるように両支持点からスパン長の1/4の距離に載荷した。フラットデッキ上部に直接接触する載荷点には丸棒（径30mm）を使用し，線接触となるようにした。ただし，応力集中が起こるために，Fig.8に示すように，厚さ20mmのゴム材を貼り付けた厚み

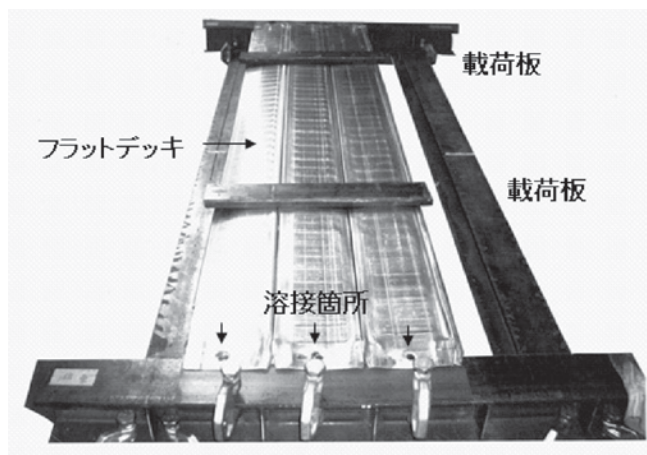


Fig. 8 Welded parts on attached iron plate and end-clamps
溶接した鉄板部のクランプ止め

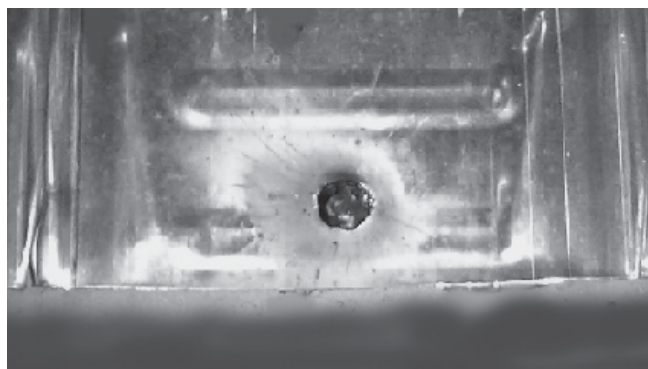


Fig.9 Point of spot welding (@210mm)
スポット溶接箇所 (@210mm)

床型枠用鋼製デッキプレート（フラットデッキ）の安全性

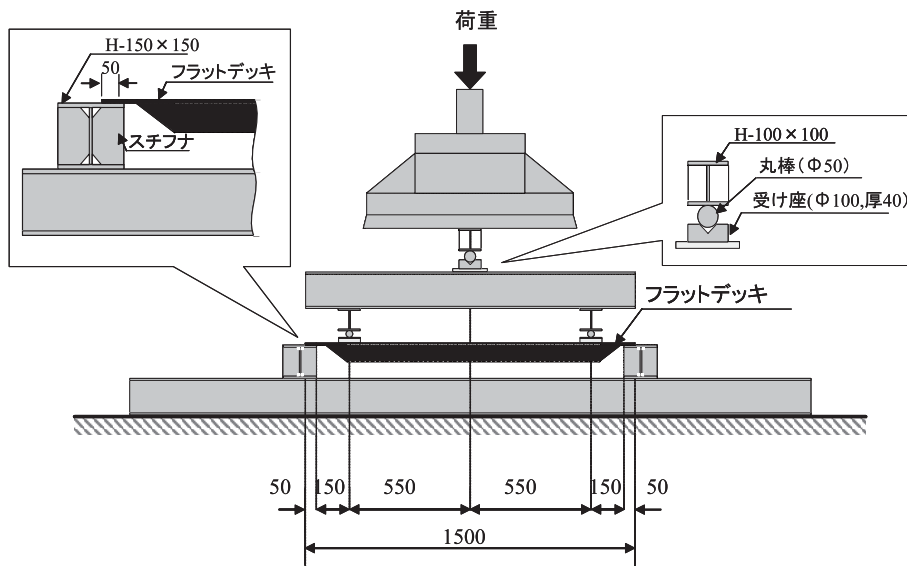


Fig.10 Strength test for end-closed of flat decks (bearing width 50mm)
 エンドクローズ部の強度試験(かけり代50mm)

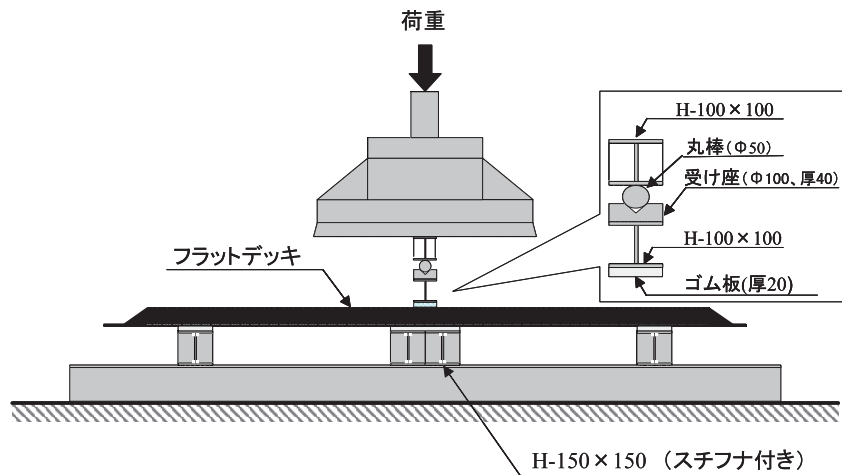


Fig.11 Supporting test for ribs.
 リブの支圧試験

9mm，幅100mm，長さ700mmの載荷板をフラットデッキの上に前もって置き，その上から載荷した。

(1) フラットデッキの材端条件

端部固定なし：試験用のH型鋼の梁に，フラットデッキのかけり代50mmを取り，そのまま設置した。

端部の固定：Fig.8に示すように，フラットデッキ端部に長さ650mm，幅150mm，厚さ6mmの鉄板をスポット溶接して固定した。Fig.8に示すように，@210mmの間隔で3カ所にスポット溶接を行った。溶接作業は，溶接経験のある建設作業員が行った。使用した溶接棒は，イルミナイト系被覆JISD4301，3.2mmで溶接径

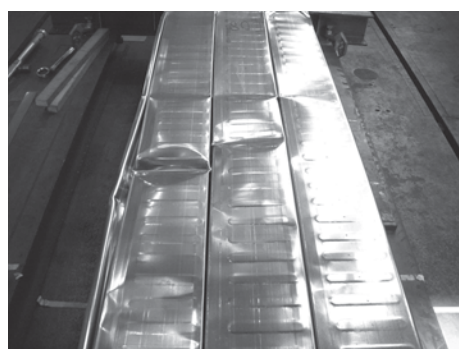
は約13mmである。溶接箇所をFig.9に示す。試験用梁枠への取り付けは，挟定金具3個を用いて固定した。そのボルトの締め付けトルクは196Nm (20kgfm)である。

(2) 載荷方法

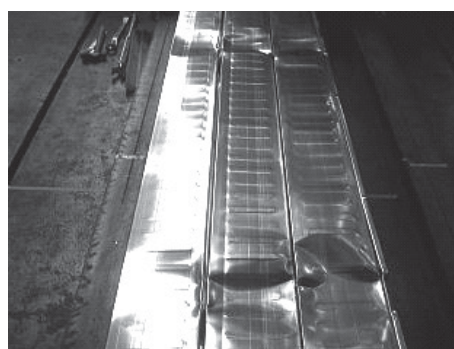
初期荷重を与えてから解放し，次に破壊するまで荷重を載荷した。試験は各条件につき3回行った。

5.4 エンドクローズ部の強度試験方法

エンドクローズ部の強度を知るために，Fig.10に示すように載荷した。エンドクローズ部のかけり代を50mmとして，梁から150mmの位置に荷重を載荷した。



(a) 中央部で変形
(固定, 閉塞型デッキA, 厚さ0.8mm)



(b) 荷点で変形
(固定, 中空型デッキC, 厚さ0.8mm)

Fig.12 Fracture patterns of flat decks.

破壊の状況

鉄板をスポット溶接し固定した場合と固定なしの場合について試験を行った。荷点の丸棒（径30mm）が線接触となり応力が集中するために、図に示すように厚さ20mmのゴム材を取付けた厚み9mm、幅100mm、長さ700mmの荷板を通して、フラットデッキに荷重を載荷した。また、作業ミスや材料の設計寸法ミスによるデッキのかかり代不足を想定して、かかり代20mm、35mmについて試験した。ただし、端部を固定しない場合についてのみ試験を行った。

(1) フラットデッキの材端の固定方法

端部固定なし：曲げ試験方法に準じた。

端部の固定：曲げ試験方法に準じた。

(2) 載荷方法

曲げ試験方法に準じた。

5.5 リブの支圧強度の試験方法

Fig.11に示すように、大引き（幅100mm）に相当するH鋼の上に受け座（100mm）を置いて荷重を載荷した。なお、本試験方法は、実際にパイプサポートなどの支保工で保持する状態とは天地が逆である。

フラットデッキの下には、長さ700×幅300×厚さ20mmのゴム板を、上部には、長さ700×幅100×厚さ20mmのゴム板を挟んでいる。なお、予備試験で、リブの支圧強度は、一般にフラットデッキの中央部で小さく、端部近くでは大きくなった。そのため、最も弱い長さ2800mmのフラットデッキの中央部で試験することにした。載荷方法は、曲げ試験方法に準じた。

6. 試験結果

6.1 曲げ試験結果

(1) 載荷後の状態

Fig.12に示すように、曲げ荷重により、フラットデ

Table1 Average of maximum values by bending loads (non-welded)
最大曲げ強度（固定なし）

(kN)

端部固定なし			
フラットデッキの種類	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	9.6	17.4	29.9
デッキ B	10.3	17.1	26.6
デッキ C	9.2	17.7	26.8

Table2 Average of maximum values by bending loads (welded)
最大曲げ強度（端部スポット溶接）

(kN)

端部スポット溶接			
フラットデッキの種類	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	15.5	27.3	40.7
デッキ B	16.9	27.0	41.1
デッキ C	16.8	31.2	44.6

ッキの上フランジ部とウェブの座屈により破壊している。デッキAの場合は、Fig.12 (a)のように中央付近の差込み部が開くようにしてリブ部が変形する場合が見られた。試験体の多くはFig.12 (b)のように2箇所荷点位置で変形する。エンドクローズ部の変形や破壊は見られない。

(2) 最大曲げ強度

端部固定なしの結果をTable 1に、端部スポット溶接固定の場合をTable 2に示す。結果をFig.13に図示した。最大曲げ強度には材料と治具の自重を加算してある。

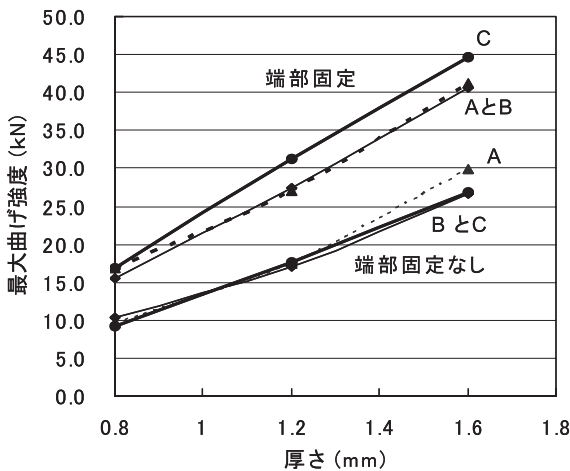


Fig.13 Thickness of flat decks and maximum bending loads.

フラットデッキの厚さと最大曲げ強度

端部をスポット溶接して固定することにより強度の増大がかなり見込める。Table1とTable 2より平均値を計算して比較すると、固定なしの強度に対して、端部を固定するとデッキAの強度は1.5倍、デッキBが1.6倍、デッキCが1.7倍と増大している。特に、デッキCは、端部固定の強度が他のタイプより大きくなっている。また、試験強度は、鋼板厚さにほぼ比例しており、厚さが0.8mmから1.6mmと2倍になると、曲げ強度は、固定なしで2.9倍、端部スポット溶接で、2.6倍となる。

6.2 エンドクローズ部の強度試験結果

(1) 載荷後の状態

Fig.14に、荷重載荷後のエンドクローズ部の変形状態を示す。エンドクローズ部が大きく折れ曲がっている。端部スポット溶接の場合は、荷重をかけると溶接箇所が大きな音をたてて破断する。

(2) 最大強度

端部固定なしの場合の実測強度をTable 3に、固定の場合をTable 4に示す。なお、最大強度には、フラットデッキの材料と治具の重量が含まれている。端部固定の場合は、タイプ別の強度差は少ないが、固定なしでは、デッキAが最も大きく、次いでデッキB、デッキCである。強度はいずれも材料厚さに比例している。標準のかかり代50mmについて見ると、エンドクローズ部の最大強度は曲げ強度より大きい。また、固定なしと固定の場合の強度を全体で比較をすると、0.8mm厚で、1.9倍、1.2mm厚で、1.8倍、1.6mm厚で1.7倍となる。やはり、フラットデッキの両端をスポット溶接することにより、強度の増大がかなり見込めることが判

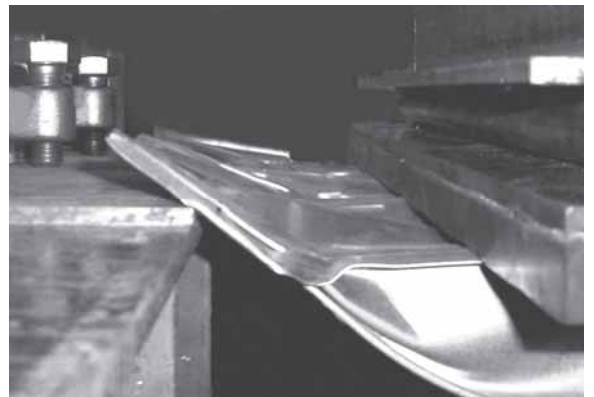


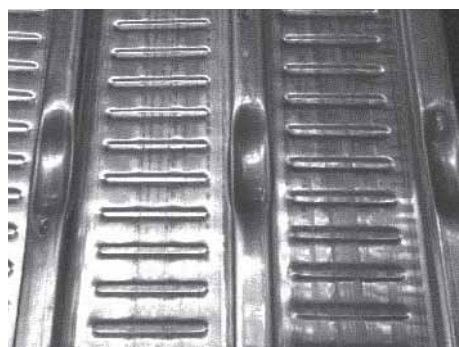
Fig.14 Deformation of the end-closed of flat decks. (bearing width 50mm)
エンドクローズ部の変形 (かかり代50mm)

Table3 Maximum values of end-closed of flat decks (non-welded).
エンドクローズ部の最大強度 (固定なし)

フラットデッキの種類	かかり代 (mm)	端部固定なし (kN)		
		厚さ(mm)		
		0.8	1.2	1.6
デッキ A	20	10.4	22.3	38.1
	35	13.6	28.5	49.8
	50	17.6	37.2	61.5
デッキ B	20	7.9	16.1	30.6
	35	11.8	21.5	41.8
	50	15.8	31.9	54.3
デッキ C	20	6.4	14.4	26.0
	35	8.5	19.2	35.7
	50	11.0	26.3	46.6

Table4 Maximum values of end-closed of flat decks (welded)
エンドクローズ部の最大強度 (固定)

フラットデッキの種類	端部スポット溶接 (かかり代 50mm) (kN)		
	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	28.9	50.8	90.8
デッキ B	28.7	65.3	103.7
デッキ C	27.1	58.8	86.2



(a) 中空型リブ



(b) 閉塞型リブ

Fig.15 Deformation of ribs.
リブの変形

明した。また、鋼板厚さが0.8mmから1.6mmと2倍になると、エンドクローズ部の最大強度は、全体的に端部固定なしで3.7倍、固定で、3.3倍となる。

(3) かかり代不足の影響

Table 3にかかり代が20mmと35mmについて試験結果を示す。ただし、端部固定なしの場合についての結果である。デッキAが最も大きな強度を示す。かかり代の長さが短くなるにつれて、エンドクロ - ズ部の強度も比例して減少する。かかり代50mmから35mm、20mmと短くなるにつれて、かかり代50mmの強度に対してデッキAの強度は79%、61%、デッキBで74%、54%、デッキCで76%、56%に減少する。

6.3 リブの支圧強度の試験結果

(1) 載荷後の状態

Fig.15に、荷重載荷後のフラットデッキの変形状態を示す。Fig.15 (a) のようにデッキB、デッキCは、支圧箇所のみが大きく変形した。しかし、閉塞型のデッキAは、図 (b) で右端の差込部のリブが大きく横座屈を起こし、リブ全体が傾いた。

(2) 最大支圧強度

フラットデッキの支圧の試験強度をFig.16に示す。実測強度は厚さに比例して増加している。デッキBとデッキCはほぼ同じ傾向を示すが、デッキAが、最も大きな強度を示す。しかし、閉塞型のデッキAのリブは、支圧により横座屈するため、同じ試験体の別の箇所に載荷すると強度が大きく減じる傾向がある。中空型のリブのデッキBとデッキCには、この特性は見られない。

7. 考察

(1) RC造, SRC造での作業リスクが大きい

許容引張応力度 (降伏点) から計算して求めた許容

Table5 Maximum strength values of ribs.
リブ部の最大支圧強度 (kN)

フラットデッキの種類	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	28.8	60	82.7
デッキ B	23.8	48.8	79.6
デッキ C	21.9	45.7	75.4

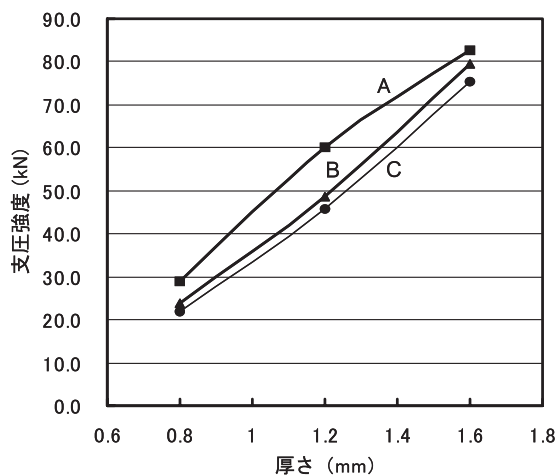


Fig.16 Plate thickness of flat decks and maximum loads of ribs (3 ribs)
フラットデッキの鋼板厚さとリブの最大支圧強度 (リブ3列)

荷重と曲げ強度試験から求めた最大強度との比から実際の安全率を求めることができる。それぞれの計算結果をTable 6とTable 7に示す。ここで、計算で使用したスパン長は、フラットデッキを支える鉄骨梁の内法寸法 (2700mm) である。

端部固定なしの場合，鋼板厚さが増すほど安全率が大きくなる。0.8mmで平均安全率1.35，1.2mmで安全率1.51，1.6mmで平均安全率1.82となる。ここで，デッキAは強度が大きいにもかかわらず安全率が他と比較して大きくなっていないのは，断面係数が他のデッキよりやや大きいいため許容荷重も大きくなるためである。

端部スポット溶接固定の場合には，鋼板厚さが増すほど安全率が大きくなり，0.8mmで平均安全率2.28，1.2mmで安全率2.48，1.6mmで平均安全率2.78となる。平均の安全率は全て2.0を越えており，固定なしと比較すると作業リスクはかなり小さくなる。

(2) 薄肉のフラットデッキの作業リスク

端部を固定しない場合，0.8mmの薄肉のフラットデッキを用いた作業の場合で崩落リスクが最も大きくなることから，フラットデッキ中央部に荷重が集中しないようにする必要がある。

また，災害事例（4）のように施工面積の狭い床スラブを施工する場合は，特に注意が必要である。作業荷重（1470N/m²）は，労安衛則の最低値であり，Fig.17に示すように床面積が狭い場合には，より多くの作業荷重を見込む必要があるためである。また，労働者がフラットデッキの中央部に片寄ることのないようにする必要がある。

(3) かかり代不足による崩壊リスク

端部を固定しない場合は，かかり代が不足すると，エンドクローズ部から崩壊することになる。ここで，例えば，長さ2800mmのフラットデッキの曲げ試験結果に当てはめて見る。但し，かかり代を狭くしてもこのスパン長は一定と仮定する。Table 1とTable 3から，デッキBのかかり代20mmでは，鋼板厚さ0.8mmと1.2mmに対してリブの曲げ破壊でなくエンドクローズ部が崩壊する。デッキCでは，かかり代20mmでは，全ての厚さで端部から崩壊する。また，かかり代35mmであっても厚さ0.8mmの場合は，端部から崩壊する。デッキAは，強度が最も大きいため端部では崩壊しない。このように，十分なかかり代が得られないと，端部から崩壊事故を引き起こすことが判明した。

Fig.18に，今回の試験結果から，かかり代に対するエンドクローズ部の強度割合を示した。縦軸は，標準のかかり代50mmの時の最大強度に対する強度割合を示す。かかり代が35mmでは，強度は76%となり，2割以上低下する。かかり代20mmでは，強度は57%となり，約4割減少する。端部を固定しない場合，かかり代が標準長さより短いことは，無視できない作業リスクとなる。

Table6 Safety factors for bending loads (non-welded)
曲げ荷重に対する安全率（端部固定なし）

端部固定なし			
フラットデッキの種類	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	1.31	1.44	1.81
デッキ B	1.44	1.52	1.82
デッキ C	1.29	1.57	1.83

Table7 Safety factors for bending loads (welded)
曲げ荷重に対する安全率（端部スポット溶接）

端部スポット溶接			
フラットデッキの種類	厚さ (mm)		
	0.8	1.2	1.6
デッキ A	2.12	2.26	2.47
デッキ B	2.36	2.40	2.81
デッキ C	2.35	2.77	3.05

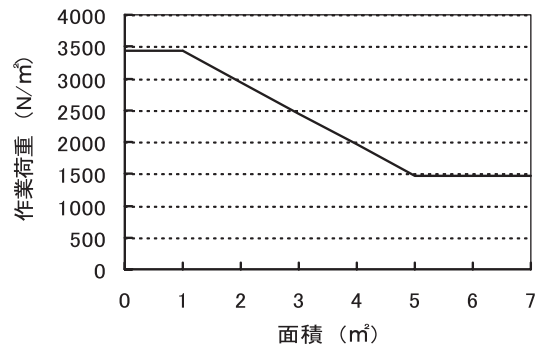


Fig.17 The surface areas and specified working loads.
作業面積と作業荷重（産業安全研究所推奨値）

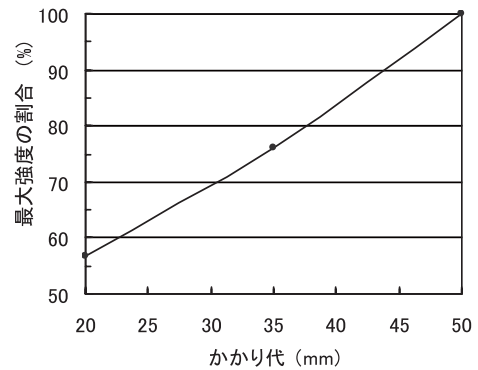


Fig.18 Bearing width and maximum strength ratio.
かかり代と最大強度の割合

(4) 支圧荷重によるリブの破壊リスク

工業会の指針による許容支圧荷重は、厚さ0.8mmで9.8kN/m、1.2mmで19.6kN/mである。この許容値は安全性でなく、床スラブの仕上がりを考慮して決定されたものである。つまり、たわみが許容範囲内（スパン長mm×1/180+5mm）となるように設定されている。今回試験したフラットデッキの幅を一律630mmとして許容荷重を計算すると、厚さ0.8mmで6.2kN、1.2mmで12.3kNとなる。本試験結果によればリブの最大支圧強度の試験値は、この許容値よりかなり大きく、各タイプ全体の安全率を計算すると、0.8mm厚で4.0、1.2mm厚で4.2であり、安全上は特に問題ないと推察される。

ただし、デッキAは、リブ強度はあるが横座屈を起こしやすいため、1箇所のみをパイプサポートなどで保持させないように、必ず大引きを通して他のリブにも力を分散させることが必要である。いずれにしても、型枠支保工で支持されたリブ部の変形が即、崩落の引き金になるリスクは比較的低いと推察される。

(5) 中空型と閉塞型の強度特性の違い

中空型（デッキB、デッキC）と閉塞型（デッキA）の強度的な特性については特に差が見られないが、エンドクローズ部及びリブの強度は、閉塞型が優れている。しかし、閉塞型の差し込み部のリブが支圧荷重により横座屈しやすい。

(6) フラットデッキの肉厚の判別

フラットデッキの鋼板厚さは0.8mm、1.0mm、1.2mm、1.4mm、1.6mmがある。近接する鋼板厚さどうしの判別は、目視では非常に難しい。そのため、安全率が低いことから、誤って肉厚の薄いフラットデッキで施工すると床が崩落する。現場で肉厚を混在して使用する場合は、鋼板厚さのミスにより事故を誘発する可能性を無視できない。また、今回の試験で使用したフラットデッキの中に、表示肉厚と実際の肉厚が異なるものが発見された。幸いに、肉厚は表示より厚いものであったが、このように、現実には、寸法表示と一致しない製品が供給されることがある。このような状況からも品質管理を適正に行っている信頼できるメーカーから資材を入手するか、または作業前に必ずフラットデッキの肉厚を確認する必要がある。

8. おわりに

フラットデッキに関する資料調査、フラットデッキの崩壊による労働災害の調査及び強度試験から、下記ことが判明した。

社団法人公共建築協会編、フラットデッキ工業会発

行の指針から安全率を計算して求めると、1.3である。また、この指針によると、フラットデッキにかかる荷重を等分布荷重としているが、実際は資材を中央部に仮置きしたり、作業員が中央に集まったりすることが想定され、このように中央に荷重が集中する場合は等分布荷重に比べ曲げモーメントが2倍になるリスクがある。

本試験結果から求めた実際の材料の安全率は、端部固定なし（RC造、SRC造）では、鋼板厚さ0.8mmで平均安全率1.35、1.2mmで1.51、1.6mmで1.82である。材料が厚くなるほど、安全率が高まるため、鋼板厚さ0.8mmで作業リスクが最も大きくなる。

スポット溶接による端部固定では、鋼板厚さ0.8mmで平均安全率2.28、1.2mmで2.48、1.6mmで2.78となった。鋼板の厚さが厚くなるほど、安全率が高まる。いずれにしても、安全率は、2.0を超えている。フラットデッキの端部がスポット溶接などで固定された場合には、鋼板厚さにかかわらず作業リスクは比較的小さい。

かかり代50mmから35mmと20mmと狭くなるにつれて、デッキAでかかり代50mm時の強度の79%と61%、デッキBで74%と54%、デッキCで76%と56%に減少する。全デッキにつてまとめると、かかり代が35mmで76%（減少率24%）、かかり代が20mmで約57%（減少率43%）となる。このことから、端部固定なしで、かかり代を充分に取らない場合は、フラットデッキが破壊し崩落するリスクがある。

リブの支圧強度は、試験結果から十分に大きいことが判明した。

以上 から に述べたとおり、現在の降伏点強度を許容引張応力度とする設計法などについて再検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 社団法人公共建築協会編、床型枠用鋼製デッキプレート（フラットデッキ）の設計施工指針・同解説、（2004.2）
- 2) 白川和司、フラットデッキ型枠による床型枠工法について、建築技術、No.502、pp124 - 130（1992）
- 3) 編集部、安全衛生法による送検事例 補強作業中の仮設床型枠が崩壊、作業員が下敷きになり死亡、労働安全衛生広報、No.672、pp34 - 35（2003.8.1）
- 4) 型枠支保工の安全対策委員会、型枠支保工の計画と設計その1、建築技術、pp179 - 184（1994.12）

（平成17年1月11日 受理）

抄 録

床型枠用鋼製デッキプレート(フラットデッキ)の安全性

永田久雄, 大幡勝利,

高梨成次, 日野泰道

床型枠として使用されているフラットデッキが崩壊して, 労働者が被災する災害が発生している。代表的な災害事例から, 事故要因を推察し, それに基づき強度試験を行った。その結果, 現行の設計(降伏点) 強度と実測した曲げ強度から求めた安全率は, 端部固定なしの場合, 厚さ0.8mmで平均1.35と作業リスクが最も大きくなる, 1.2mmで1.51, 1.6mmで1.82, 端部をスポット溶接した場合は, それぞれ2.28, 2.48, 2.78であった。このことから, 0.8mmの薄肉のフラットデッキをRC造, SRC造で使用する際に, 最もリスクが大きいことが判明した。また, 端部固定なしの場合に, フラットデッキ端部の梁へのかかり代が製品寸法のばらつき, 設計ミス, 施工ミスなどで不足するとその長さに応じてエンドクローズ部の強度が大きく減少することが判明した。

(図18, 表7, 参考文献4)

産業安全研究所安全資料 NIIS-SD-NO.19 (2005)

発行日 平成17年3月15日
発行所 独立行政法人 産業安全研究所
 〒204-0024 東京都清瀬市梅園1丁目4番6号
 電話 0424-91-4512 (代)

印刷所 株式会社 アトミ

SAFETY DOCUMENT
OF
THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

NIIS SD NO.19 (2005)

Safety Performance of Steel Deck Plate (Flat Decks)
Used for Concrete Slab Moulding



THE NATIONAL INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1-4-6,Umezono, Kiyose, Tokyo 204-0024, JAPAN