

横浜アリーナ吊り荷重チェックシステムの概要

2013年3月28日

株式会社 竹中工務店

本報告書は1999年5月から現在までの間に吊り荷重チェックシステムに関して竹中工務店より発行された文書を編集し再構成したものである。

2013/03/28 竹中工務店

目次

1．はじめに

- 1.1 吊り荷重システム役割・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.1
- 1.2 吊り荷重の扱い・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.1
- 1.3 吊り荷重の伝達経路・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.3
- 1.4 吊り荷重チェックシステムのプログラム仕様・・・・・・・・・・P.4
- 1.5 吊り荷重が許容荷重を超えた場合の問題点・・・・・・・・・・P.4
- 1.6 吊り荷重監視システムが警報を発した場合の対応方法・・・・・・・・P.4

2．横浜アリーナの許容吊荷重に関する注意点

- 2.1 ステージ上の最大許容総吊荷重について・・・・・・・・・・P.5
- 2.2 吊り荷重の具体例・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.7

参考資料

- 各吊り荷重状態における応力図・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.9

1. はじめに

横浜アリーナでは、安全にかつ許容範囲内で効率よく屋根吊り荷重を吊るために**吊り荷重チェックシステム**と**吊り荷重監視システム**という2重のチェックシステムを採用しています。以下にその概要とシステム利用上の留意点を示します。

1.1 吊り荷重システム

横浜アリーナでは吊り荷重の過積載を防ぐため、計画時点と実施時点で以下の2つの荷重チェックシステムを用いて吊り荷重のチェックを行っています。

【計画時点】荷重の吊り方の計画を**吊り荷重チェックシステム**で確認しながら決定します。

【実施時点】吊り作業は**吊り荷重監視システム**で確認しながら行います。

代表的な吊り点に設置されたロードセルで実際に吊られた荷重を計測し、実際の吊り荷重が計画時の値を超えた場合にパトランプ（黄）が点灯、回転して警報を発します。

また、荷重が吊りフック単体の許容値を超えた場合にはパトランプ（赤）が点灯、回転して警報を発します。

1.2 吊り荷重の扱い

吊り荷重は建築基準法に定められる「長期荷重」として扱っています。長期荷重とは、建物に長時間にわたって作用し続ける荷重のことで、建物自重、仕上げ荷重、積載荷重などに分類されます。吊り荷重は積載荷重の一種です。

一方、地震荷重や風荷重、積雪荷重（多雪地域を除く）のように、建物に短期的に作用する荷重を短期荷重として扱います。

建築基準法では、アリーナの屋根梁のような鉄骨部材の場合、短期荷重に対する部材の安全性について、部材に生じる力が鋼材の降伏点を超えない事、長期荷重に対しては鋼材の降伏点の2/3以下であることを定めています。

これは鋼材が、作用する力が降伏点を超えると力が増大しなくても連続的に変形が増大（降伏）し、荷重が取り除かれても変形がもとに戻らなくなるという性質を有することによります。（図-1）

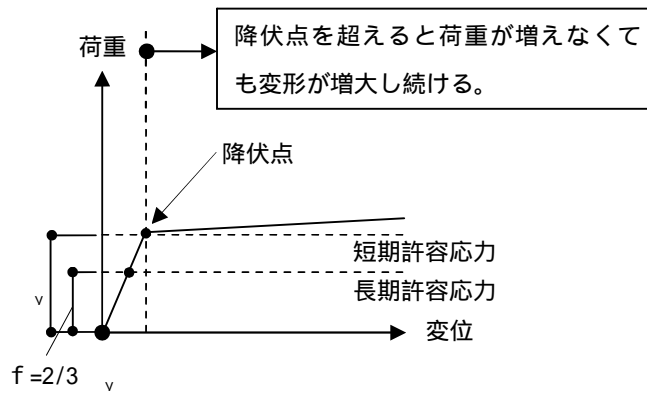


図-1 鋼材の性質（荷重-変形関係）

特に長期荷重の場合、荷重が連続的に作用し続ける（取り除かれない）ため、鋼材が降伏すると破断に至るまで変形が増大し、大変危険です。

このため、長期荷重に対しては荷重のばらつきなども考慮し、降伏点の 2/3 以下で用いることが法律で定められています。

建築基準法における荷重の分類と鋼材の許容応力度

長期荷重・短期荷重

長期荷重：自重、**積載荷重（吊り荷重は積載荷重の一種）**

短期荷重：風、地震、雪荷重等

鋼材の許容応力度

長期許容応力度は降伏応力度の 2/3

短期許容応力度は降伏応力度

1.3 吊り荷重の伝達経路

屋根架構は、小梁、中梁、大梁の3つの構成部材から成り立っています。(図-2)
 屋根の鉄骨は以下の部材で構成されています。

- ・小梁 スパン 6 m 間隔 3 m
- ・中梁 スパン 12 m 間隔 6 m
- ・大梁 スパン 108 m 間隔 12 m

小梁に作用する吊り荷重は、上位架構である中梁からさらに上位架構である大梁に伝達され、最終的に柱を通じて建物基礎まで伝達されます。中梁に作用する吊り荷重は上位架構である大梁に伝達されますが、下位架構である小梁には影響を与えません。また最上位架構である大梁に作用する吊り荷重は直接柱に伝わり、下位架構である小梁および中梁には影響を与えません。(図-3)

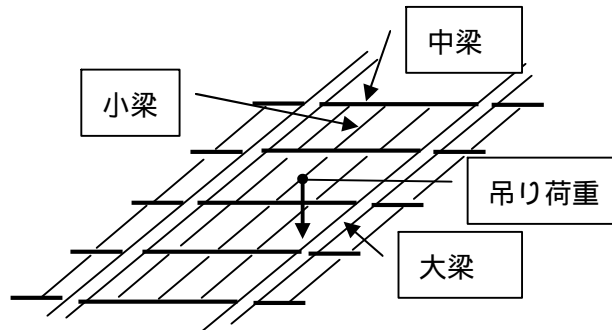


図-2 屋根架構の構成

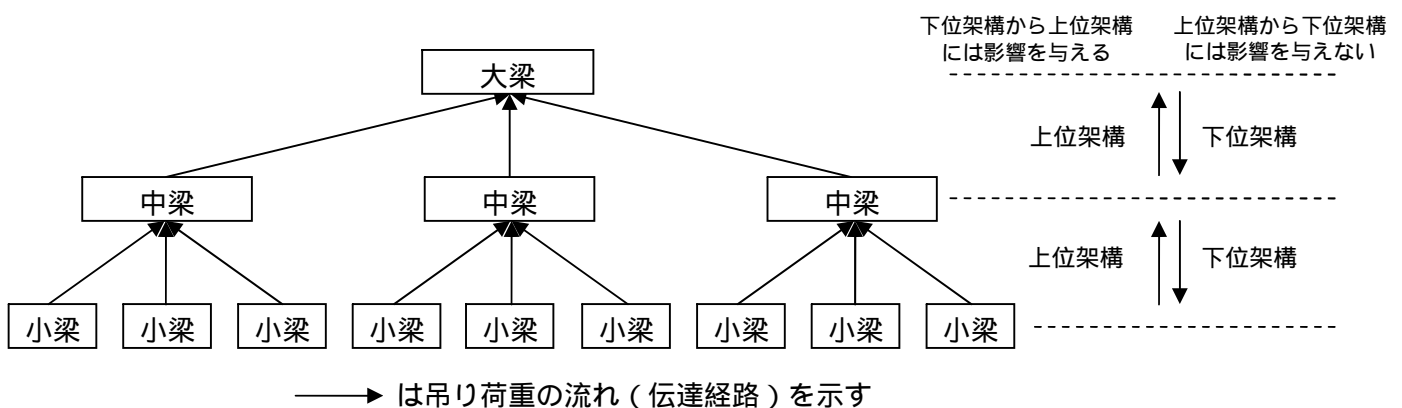


図-3 屋根架構における吊り荷重の流れ

1.4 吊り荷重チェックシステムのプログラム仕様

吊り荷重は力の伝達を前述のとおり以下のように考慮し、荷重の影響範囲のすべての部材をチェックしています。

小梁 中梁 大梁

プログラム内で部材はすべて単純梁としてモデル化しており、すべての部材に対し、吊り荷重による許容曲げモーメント M_a 、許容せん断力 Q_a の分布形を与えてあります。曲げモーメントとは梁を曲げる力、せん断力とは梁をずらす力です。

荷重が1箇所入力される毎に、荷重が伝達される範囲のすべての部材の曲げモーメント M_d とせん断力 Q_d を計算し、許容曲げモーメント M_a 、許容せん断力 Q_a の値と比較し、

$M_d > M_a$ または $Q_d > Q_a$

となった場合に荷重超過と判断します。

1.5 吊り荷重が許容荷重を超えた場合の問題点

吊り荷重が計画値を多少超えても前述のとおり吊り荷重を長期荷重として扱っていますので屋根が即座に壊れることはありません。

しかし、吊り荷重を含む屋根荷重全体のばらつきや、すべての吊り点の荷重をロードセルで計測しているわけではないこと等の不確定性と、長期荷重に対して万一部材が降伏した場合の危険性を考慮すると、吊っても壊れなければよいと言うものではなく、建築基準法の定める範囲、すなわち吊り荷重チェックシステムで「OK」となる範囲を超えて使用することは原則的に禁止です。

また吊り荷重によるたわみが過大となりすぎる可能性も無視できません。吊り荷重チェックシステムは建築基準法の値よりも更に余裕を見込むことをしておりませんので、吊り荷重チェックシステムの結果を超えて荷重を吊ることはできません。

1.6 吊り荷重監視システムが警報を発した場合の対応方法

安全に万全を期するため、計画荷重よりも若干低い値で警報が発するようシステム上若干の余裕を見込んでいます。

警報が表示された場合すみやかに実荷重を調べ、再度吊り荷重チェックシステムを使い計画をやり直す必要があります。

2. 横浜アリーナの許容吊荷重に関する注意点

以上の内容を踏まえて、安全に、より大きな荷重を吊るための留意事項を下記に示します。

2.1 ステージ上の最大許容総吊荷重について

吊荷重は分散するほど多く吊れますが、荷重が集中すると吊れなくなります。

吊れる荷重は吊り荷重パターンによって左右されます。従って、荷重が何トン吊れるか一口で正確に言うことは大変難しく、吊荷重チェックシステムで事前に確認する必要があります。

吊り荷重チェックシステムを用いて限られた時間の中で効率よく荷重をチェックするためには、屋根構造の特性を理解し、あらかじめより多くの荷重を吊れるような計画を立案することが大切です。

そのために以下の事項を守って頂きたいと思います。

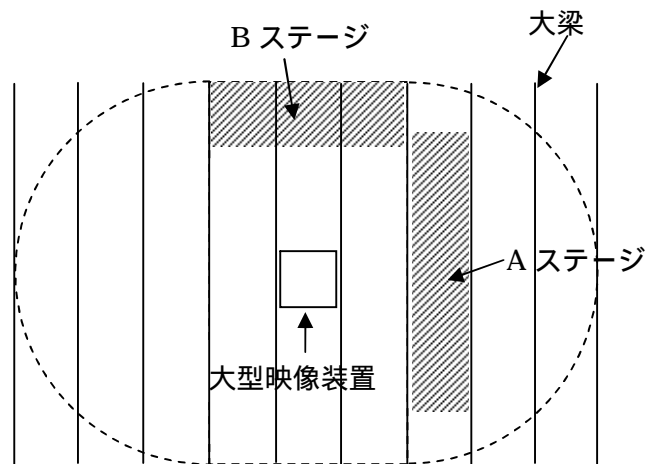
(1) ステージ上の複数の梁に荷重を負担させる

ステージ上の荷重は1台の大梁でなく、以下のように、複数の大梁に負担させると総吊荷重が増やせます。

A ステージ , の2台の大梁

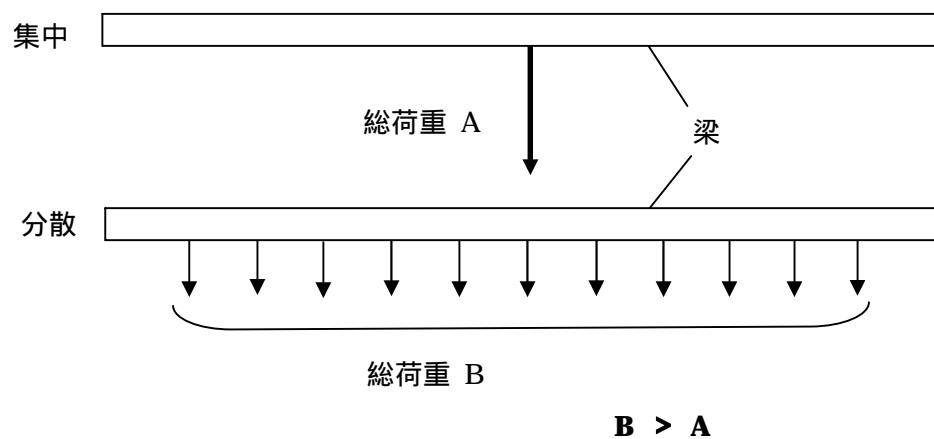
B ステージ , , , の4台の大梁

にそれぞれ分担させて下さい。



(2) 広い面積に荷重を分散させる

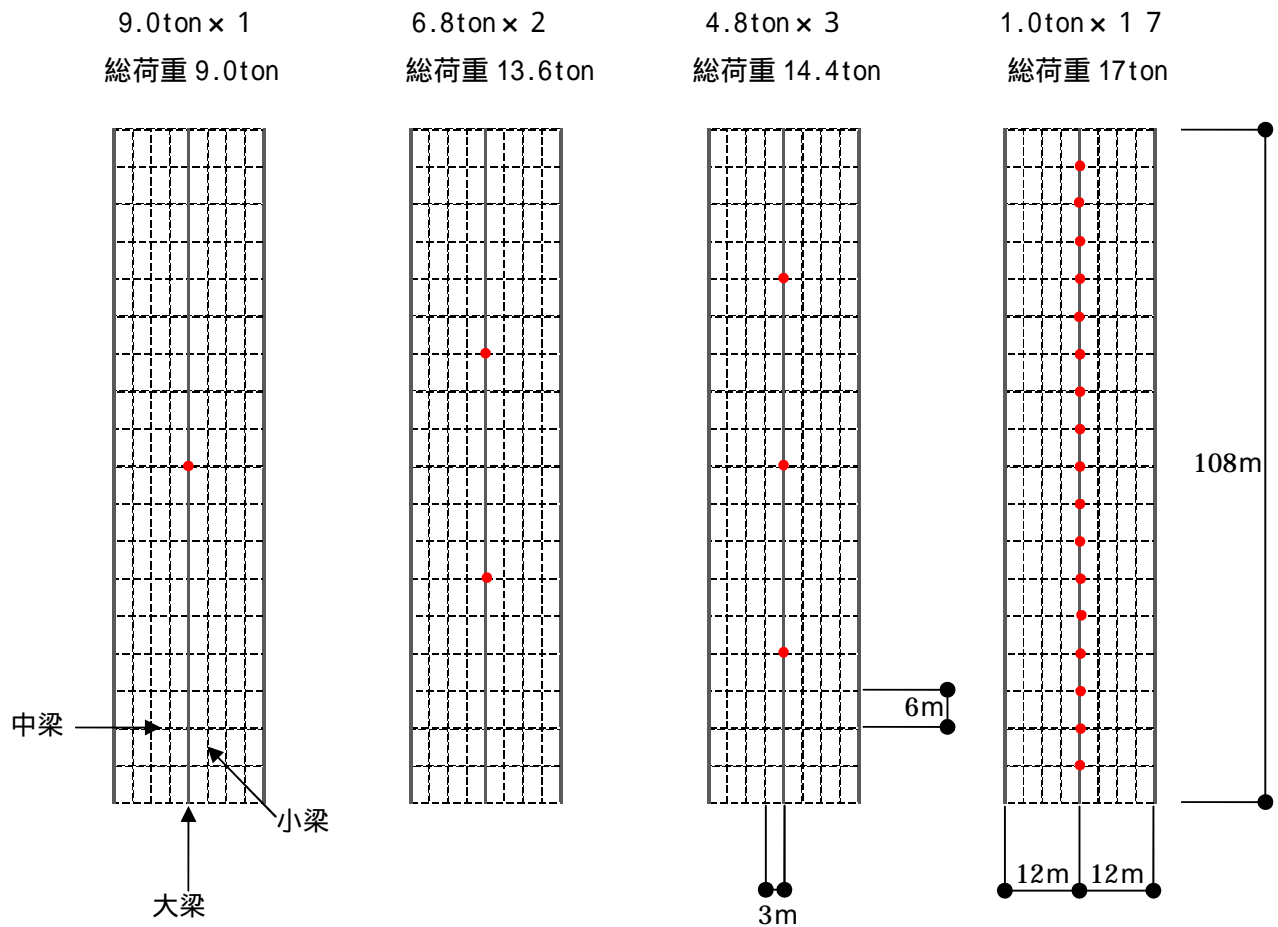
1 台の梁内でも出来るだけ荷重を分散させると総吊荷重が増やせます。



2.2 吊り荷重の具体例

吊り荷重は分散した方が吊れる総荷重が多くなります

(1) 大梁に吊る場合



上記の荷重は大梁に生じる応力（荷重の影響）はほぼ同じです。一か所に集中して大きな荷重を吊るよりも、多数の吊り点に分散して吊る方が総吊り荷重は大きくなります。

(2) 中梁・小梁に吊る場合

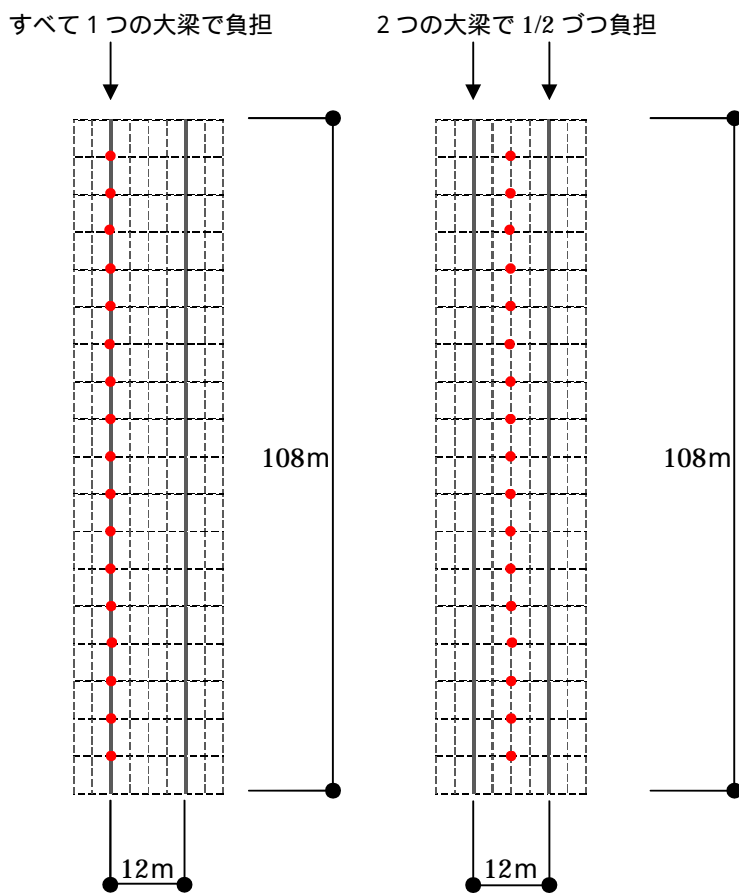
小梁に吊った荷重は、**小梁** **中梁** **大梁**の順に伝達されます。

吊り荷重チェックシステムは荷重が入力される度にその影響範囲のすべての部材をチェックします。

吊り荷重には無限の組み合わせパターンが考えられますが、吊り荷重チェックシステムは対応が可能です。

下記荷重はすべて 1.0ton

総荷重 17ton

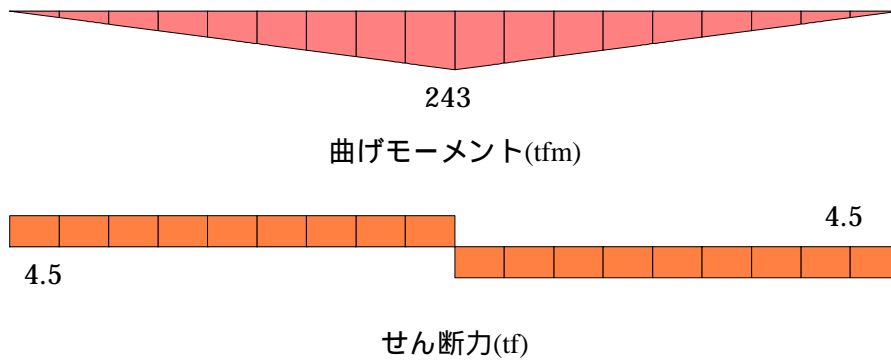


大梁のみに吊る場合総重量 17ton で大梁の許容荷重となってしまうが、中梁に吊る場合 2列の大梁で荷重を分散するため、1つの大梁の負担は1列で吊る場合の 1/2 となり、1梁あたりの吊り荷重に余裕が生まれます。

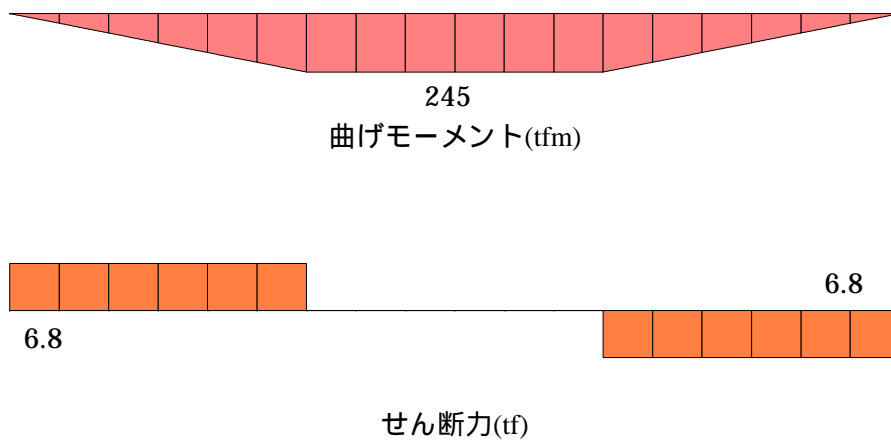
以上

参考資料 各吊り荷重状態における応力図

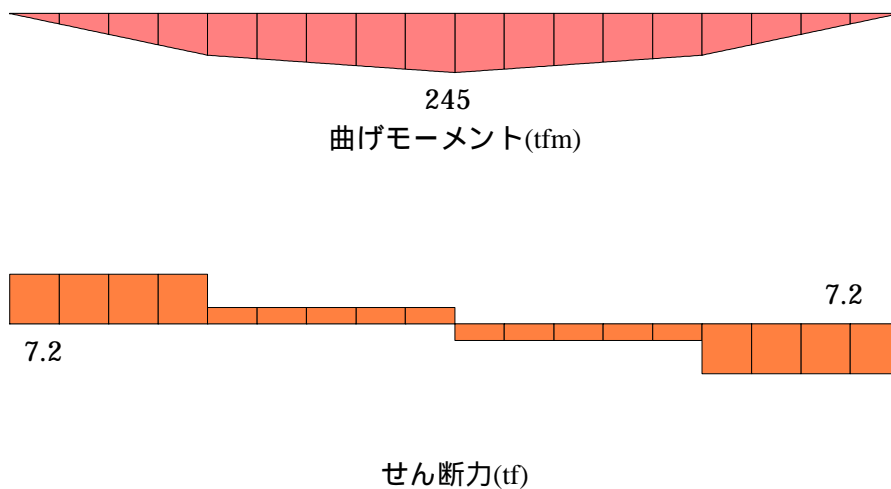
9.0ton × 1 総荷重 9.0ton を 1 台の大梁で吊る場合



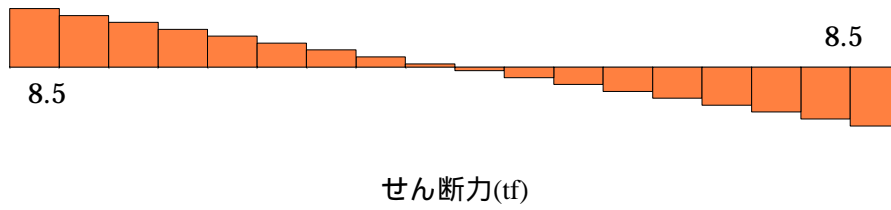
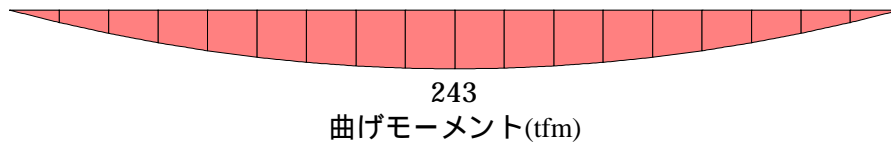
6.8ton × 2 総荷重 13.6ton を 1 台の大梁で吊る場合



4.8ton × 3 総荷重 14.4ton を 1 台の大梁で吊る場合



1.0ton x 17 総荷重 17ton を1台の大梁で吊る場合



1.0ton x 17 総荷重 17ton を2台の大梁で吊る場合

