



## [吊り物の安全について]

～吊り素材の破断検証と美術バトンへの荷重実験～

### 開催報告

日時：2015年6月8日（月）13:00～17:00

会場：東京芸術劇場 プレイハウス

対象者：舞台技術者、舞台監督、文化施設職員、高校・大学・専門学生等  
舞台技術に興味・関心のある方

参加費：1000円

参加者：98名

#### ◆ 内容 ◆

##### <第一部>

- ・実演「吊り素材の安全検証」

綿ロープ、バインド線、ワイヤー等、吊り素材の破断状況を検証

##### <休憩>

##### <第二部>

- ・座学「吊り物機構の概論と安全について」

- ・解説実演「美術バトンの荷重実験」

バトンを使用して偏荷重や点荷重時のバトンへの影響

吊る時の荷重の変化（接地時から浮遊時の変化）について

講師：新国立劇場 テクニカルマネージメントオフィス テクニカル・デザインチーム

株式会社 シアターコミュニケーションシステムズ

三精テクノロジーズ株式会社 東京支店 舞台機構事業本部

主催：アーツカウンシル東京 / 東京芸術劇場（公益財団法人東京都歴史文化財団）

協力：明治座舞台株式会社

公共劇場舞台技術者連絡会

平成27年度文化庁 劇場・音楽堂活性化事業

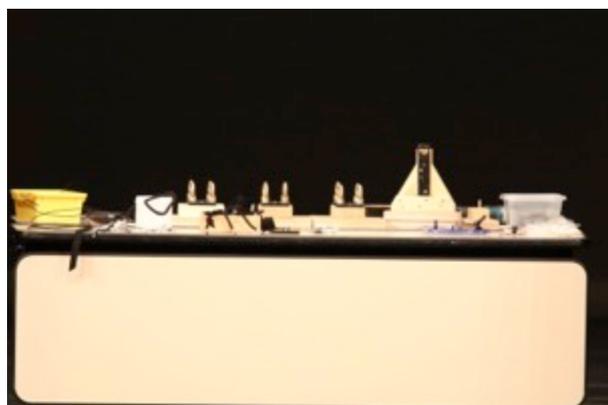
<第一部>

実演「吊り素材の安全検証」 13:00～14:45

吊り素材の引張り強度・破断を検証するのに、測定器を使用した。  
今回の測定器は引っ張る力が荷重 250kg（≒2500N）まで加えられる機材を用い、  
舞台上でよく使われる素材を用意し、検証を行った。



解説：小西弘人、久保幸司、北村俊也、濱崎俊幸（左から）  
進行：尾中孝次



アタッチメント製作

株式会社シアターコミュニケーションシステムズ

計測機材：デジタルフォースゲージ/ZTS-2500N

計測スタンド/MX2-2500N-FA

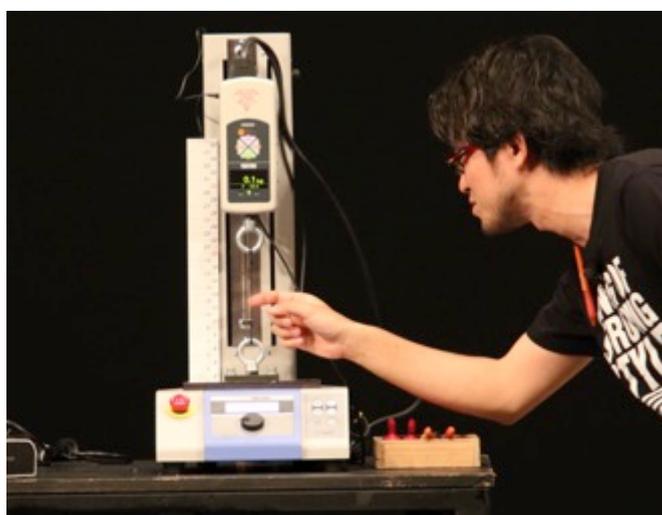
株式会社イマダ



[吊り素材の引張り強度実験]



素材毎のピークを超える引っ張り力を加えて破断するまで検証。



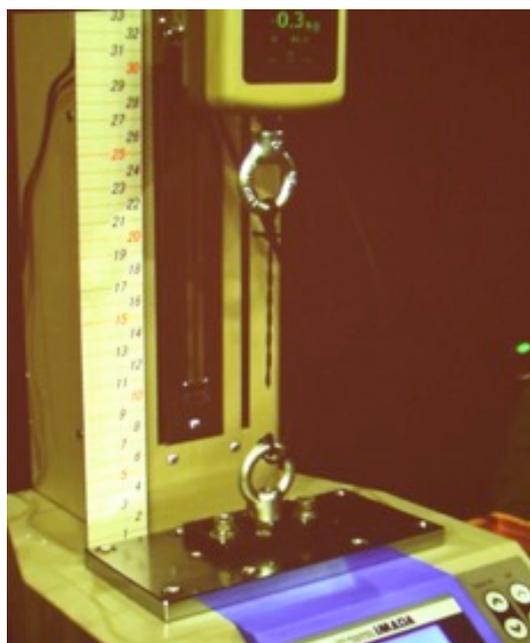
バインド線 1 本の引張り  
//ピーク約 23kg  
中央で破断

バインド線 2本燃り

結び目で破断

負担が掛かる所で破断したと考察する

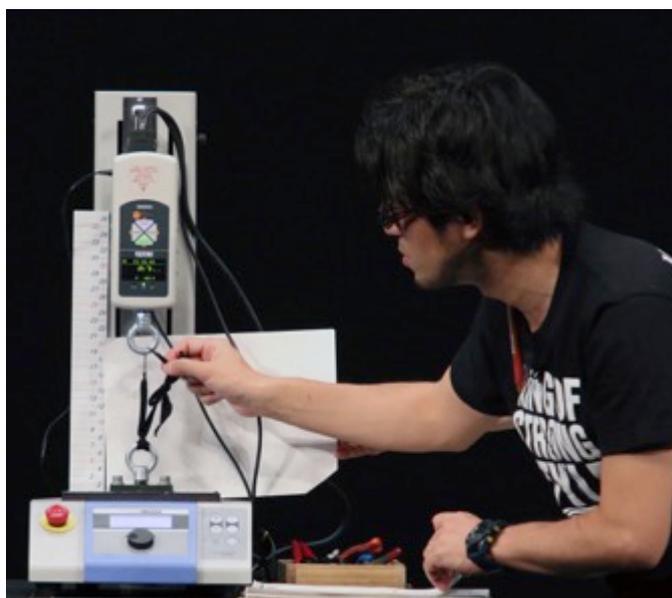
//ピーク約 45kg



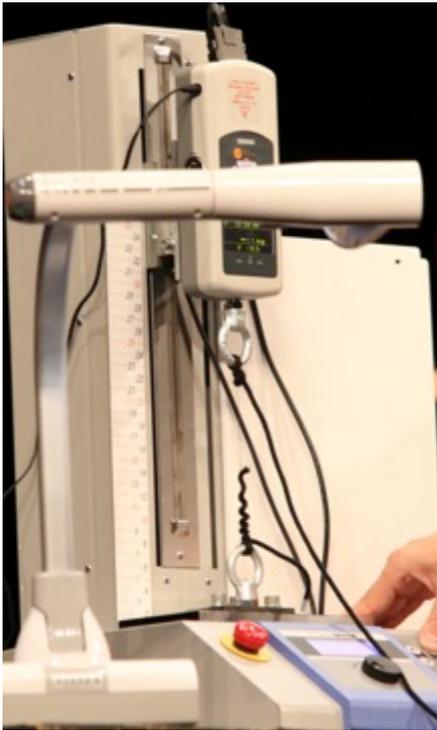
くじら糸 (ナイロン道糸)

結び目付近で破断

チチ紐は結び目ではなく  
負担がかかる位置で破断



綿ロープは結び目付近で破断

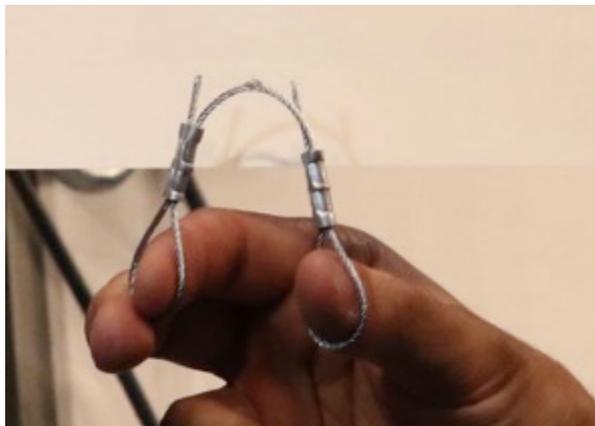
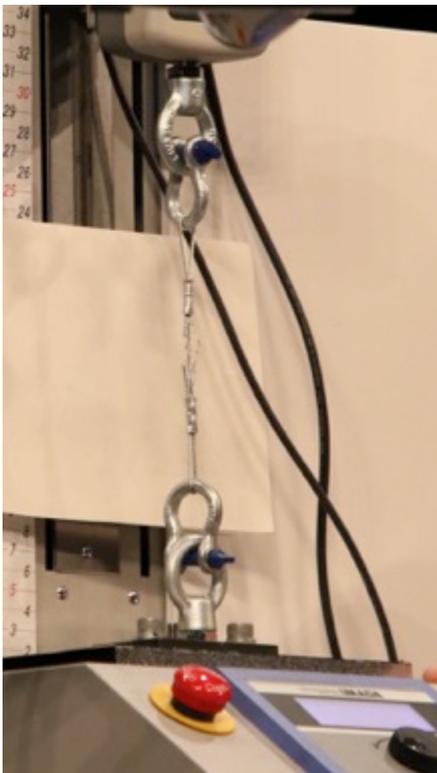


φ3mm 綿ロープ

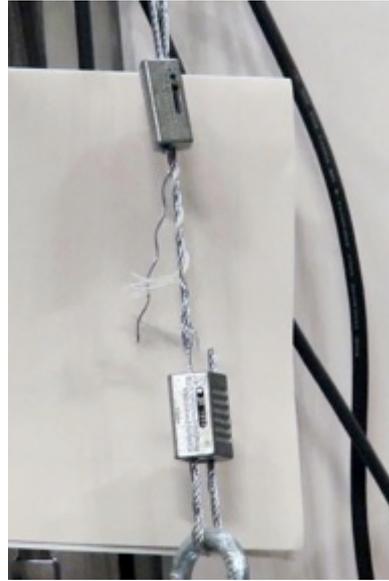


φ6mm 綿ロープ

ワイヤーロープ：素線切れ



## リーズロック



簡易にワイヤーロープを結束が出来る金具。  
許容を超えると、ワイヤーが滑り抜け始めた。  
内部のロックが噛む所での負荷による破断。

## [釘・ビスでの引き抜き実験]



固定側資材：垂木

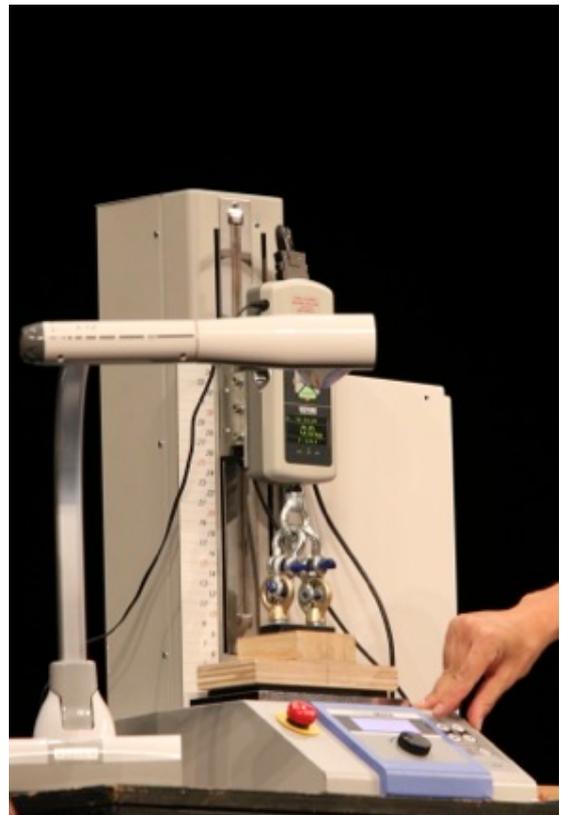


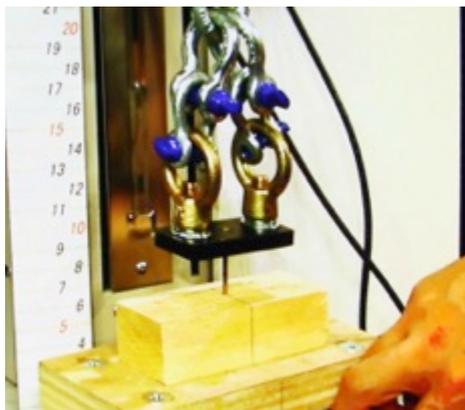
固定側資材：ベニヤ



固定側資材：ランバーコア

固定用資材はロープ状の物だけではなく、釘やビスまたはヒートンの様な物も使用するが、実際どれくらいの力で負荷を掛けると抜け始めるか。もしくは破損するかを見て検証をした。



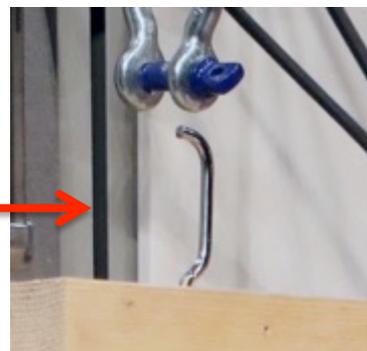
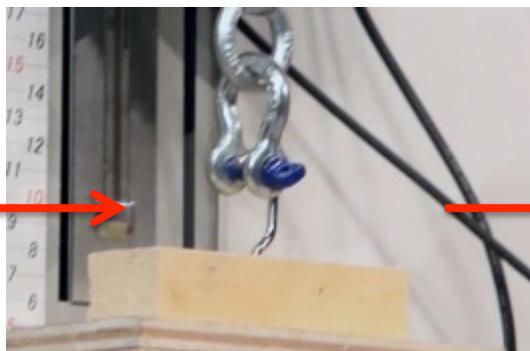


固定側資材：垂木と鉄釘

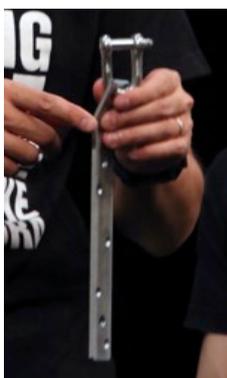


固定側資材：ランバーコアとビス

## ヒートン



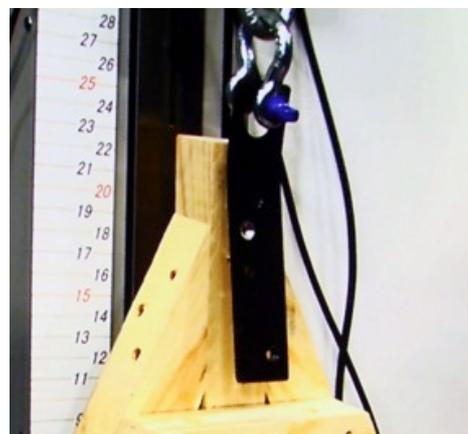
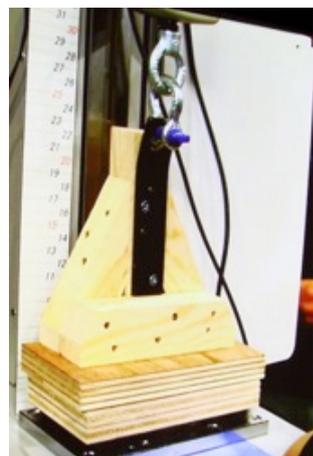
## ・その他、フライングプレート



引張りの力がシャックル側である。

ビスで固定されるが、皿側方向での引っ張りでは無く横から力が加わる。

その時の状況を検証。25mm コースレッド 2本固定。



鉄板からの負荷により、下のビス皿が切断し、最後に上のビス皿が切断。  
垂直方向での引き抜きに強度があるが、横からの負荷に大変弱い。

引張り計測器での結果は以下の通りだった。

①吊り素材 引張り強度・破断				
素材		破断時の荷重 (kg)	破断部分	備考
バンド線	バンド (1本)	23,8	バンド線中央	
	ダブルバンド (2本燃り)	45,6	根本の方	鉄素材の為、疲労でも破断する
ナイロン道糸(28号)		24,6	根本の結び目	シャンデリアのまとめ糸などに使用されている
綿テープ	チチ紐(22mm)	82,4		幕を吊るときに使用 古くなると劣化する
綿ロープ	3mm	72,5	上の結び目	
	6mm	166,9	上の結び目	
ワイヤーロープ	1,5mm	228,2	外側から破断	
	2,0mm	228,7		破断せず?
	1,5mm(キンクしている)	228,7	外側から破断	ダメージが入ってこの結果に
	1,5mm(素線切れ)	113,7	外側から破断	
その他	リーズロック	257		50kgですべり出し(リーズロックの中)
	ナスカン	測定できず	真ん中から開いた	

②釘・ビス 引き抜き・強度試験			
素材	打ち付ける素材	引き抜かれる荷重 (kg)	備考
釘 2寸	タルキ	47,4	
	ベニヤ	33,2	
	ランバーコア	43	
ビス 3.8mm	タルキ	244,2	
	ベニヤ	275	
	ランバーコア	184,5	
	ヒートン	90, 6	口が開いていく

！注意！計測結果は表の通りになり、メーカーが提示している破断荷重に近い数値が出た。

しかし、素材の状況や負荷の状況によって許容荷重が変わる為、今回の結果は参考程度としたい。

<第二部>

- 座学「吊り物機構の概論と安全について」 15:10~15:40



解説：香島正宜



進行：伊藤久幸



舞台機構から吊り物機構について焦点を当てた。  
吊り物機構の仕組みから、モーター回転の速度を可変速するサーボやインバーターの違い、特徴など。仮設である舞台装置と違う本設側の機械的な部分（ワイヤーロープ、滑車、バトン本体）の解説、吊物機構安全指針や懸垂物安全指針も含めた座学を行った。



## <第二部>

- 解説 実演「美術バトンの荷重実験」 15:40～16:40

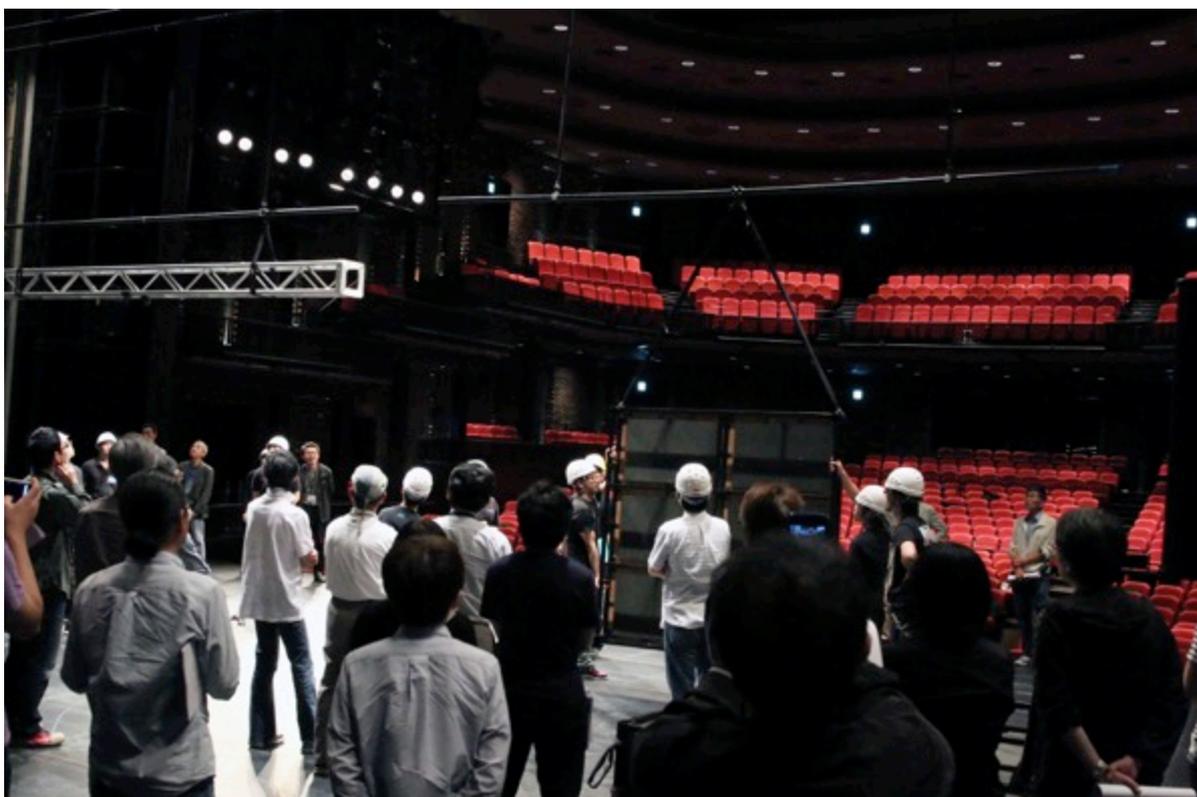
吊物機構の座学に引き続き本設に対して仮設になる舞台装置を吊るにあたり、偏荷重や点荷重で吊り込んだ時の美術バトンへの影響はいかなるものかを実際に行い検証をした。

- 点荷重での単バトンに与える影響



丸パイプ1本のバトンは負荷が掛かる方向にタワミが発生する。  
劇場のデッキで負荷をかけるとどうなるかを見た。

変化は少なかったが、タワミが発生した。  
長時間吊られるとバトンは変形し、さらに負荷が掛かれば折れる。



点荷重が掛かるのであれば、劇場の設備に負荷を掛けない様に、トラス等の構造物を入れ、荷重を分散させるなどを、検討しなければならない。



また、重量物を吊る事を想定した美術バトンはこの様な W バトンを設置している劇場が増えている。

劇場のバトンは均等荷重で 1t 荷重がかけられるが、均等に荷重がかけられるのは幕類ぐらいだと思われる。

その分、幕のように出来ないがピッチを開けて点数を増やす等の工夫が必要となる。この様な極端な負荷が掛かる場合は、ワンクッション何かで分散させる事。

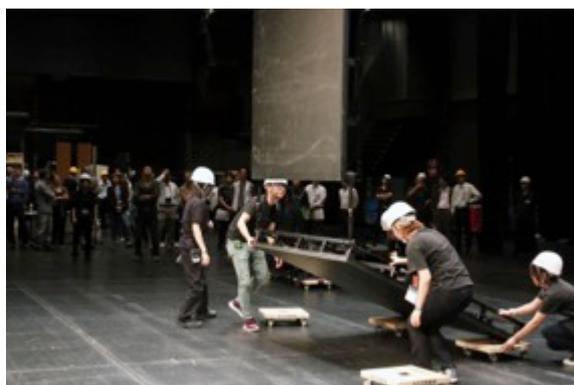
#### • 偏荷重が与えるバトンへ影響と対策



単バトンで負荷側にタワミが出ていたが、下方方向に強度があるのでタワミはないが、荷重の力は強度が弱い方向に逃げて行く。

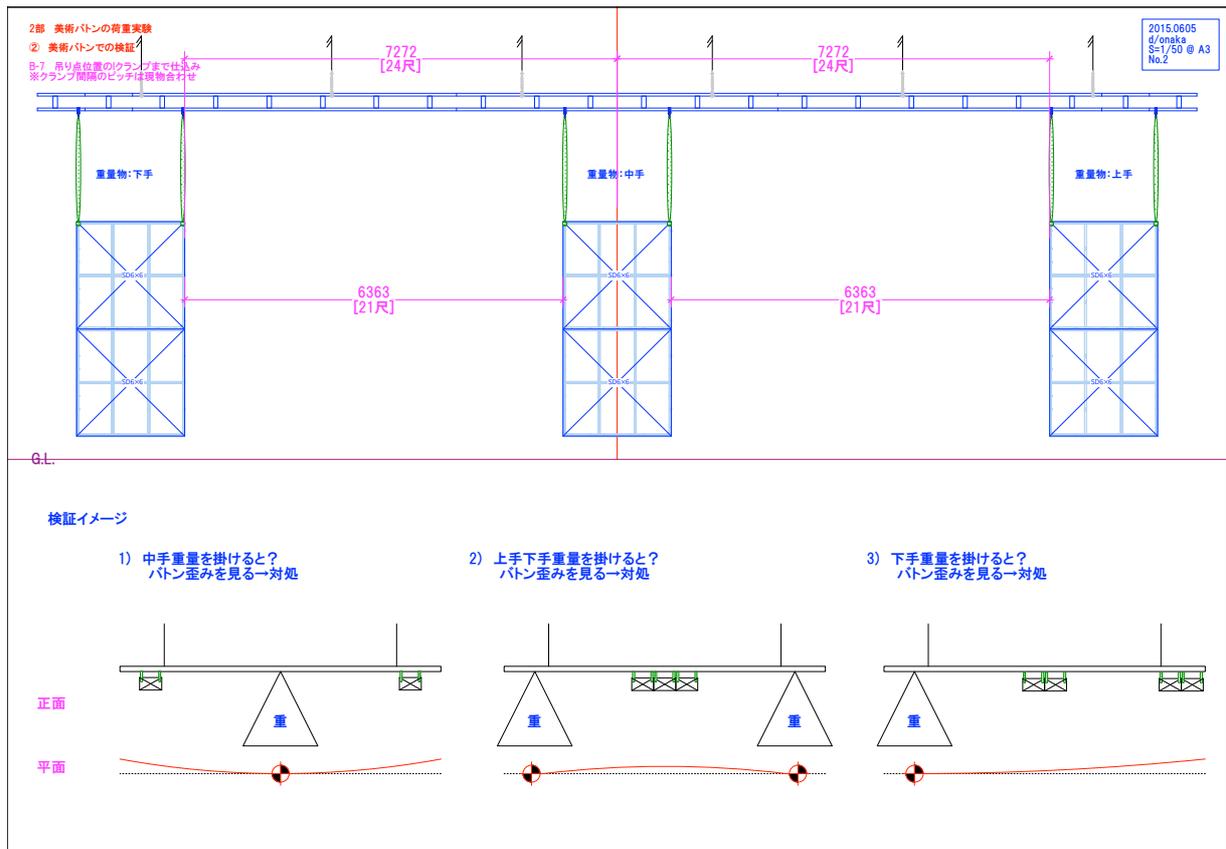
その場合によるバトンへの影響が違う場所で発生する。

実際に、極端な荷重を掛けてバトンの影響を見た。



スチールデッキを使用して美術バトンに偏荷重を掛ける。

◆バトン3点をポイントに偏荷重を掛ける。

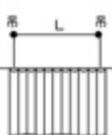
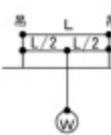
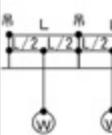
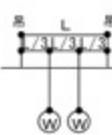
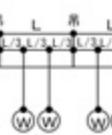
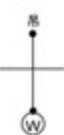
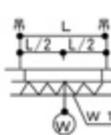
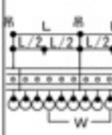


・3つのパターンで実験（上記、検証イメージ図参照）  
 下方向に影響が無い分平面の様に横方向へ力が逃げタワミが発生した。

偏荷重で重量物を吊る場合は、左画像の様に、タワミが発生する箇所に重量物の1/3目安にウエイト等を吊り、バランスを取る対策を考慮しておく。

2と3の吊り点について 舞台機構メーカー側より指摘があった。



仕込み要領による積載限度							
A	B	B'	C	C'	D	E	F
							
等分布積載 (kg/m)	中央集中積載 W (kg)	連続中央集中積載 W (kg)	中央分散積載 W (kg)	連続中間分散積載 W (kg)	吊点付近積載 W (kg)	補助ハトン中央集中積載 W (kg)	ライトハトン等積載 W (kg/m)

積載限度は上記図の様にバトンの吊り点、吊り点との間等によっても荷重限度があり、同じ重量では無い。メーカーの提案通り均等に仕込め無くても、理想に近づける工夫と努力をしなければ安全を確保出来ない。



今回、様々な資材を使用して実験・検証をしたが、メーカーが記載している荷重に似た数値で破損したが、使用方法を間違えると強度は激減する。また、何度も使い回しすると経年劣化と疲労による破損もある。

適した素材を選び、本設側と仮設側が極端な負荷が掛からない方法でバランスを考えなければならない。

利用者が安全に公演が行える場を提供出来るように、劇場として、様々な知識と状況を予測しアドバイスしていける努力が必要と思われる。