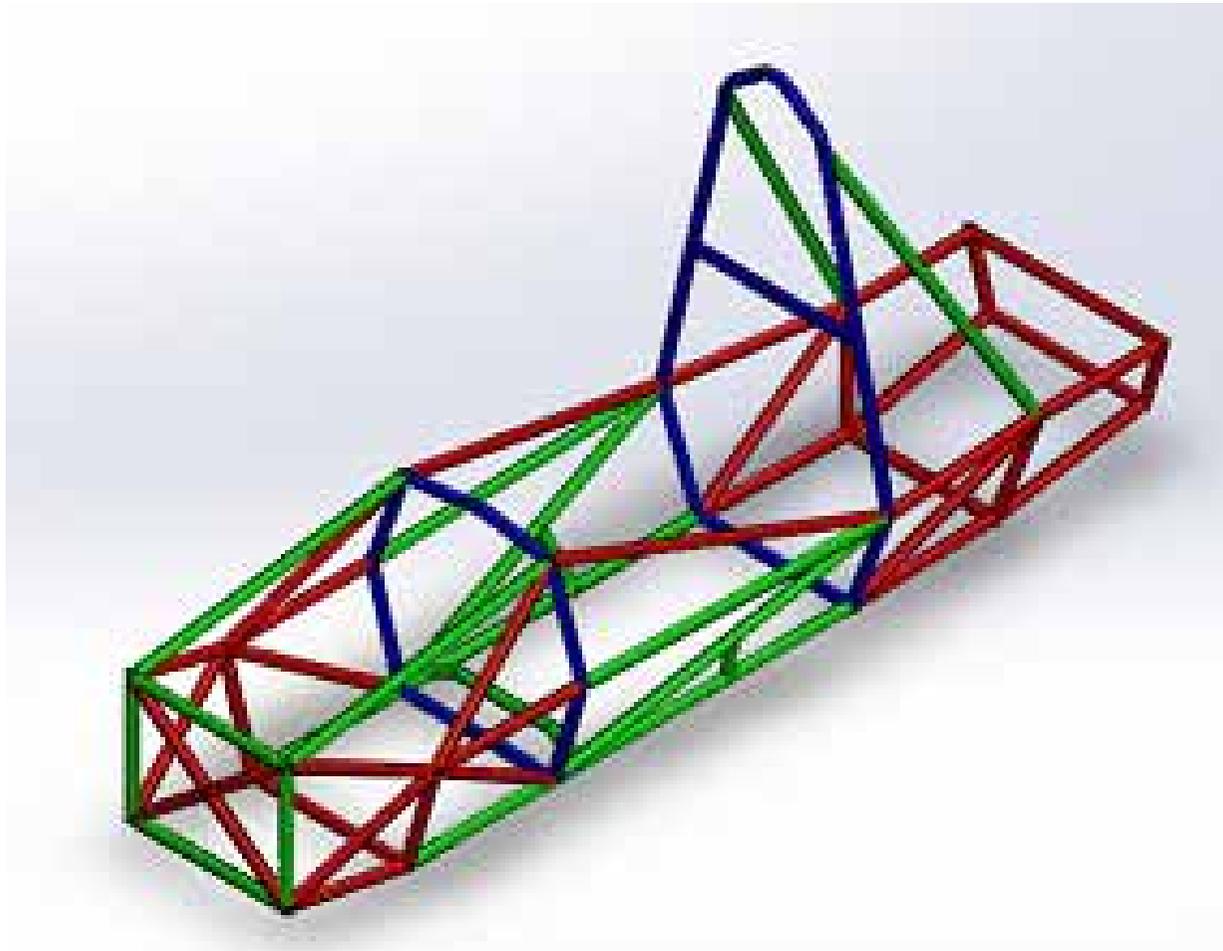


# SES (等価構造計算書) Steel Tube の場合



# 目 次

1. SES作成にあたり
2. SES作成要領

2019年版SES Ver.1.4に基づく  
<http://www.fsaeonline.com>

# 1.SES作成にあたり

# SES作成にあたり

基本構造体(Primary Structure)は万一の際に**ドライバの命を守るための最後の砦**である。よって適切な設計が要求される。

全てのチームは等価構造計算シート (SES) を提出しなければならない  
提出されたSESに不備がある場合は再提出や追加資料提出を要求する。

SESデータは、Excel 15Mb以内

提出期限： 5月13日(月) 14:00

遅延提出期限： 5月18日(土) 14:00

遅延提出： 10ポイント/日 最大50ポイントかつ車検に参加不可

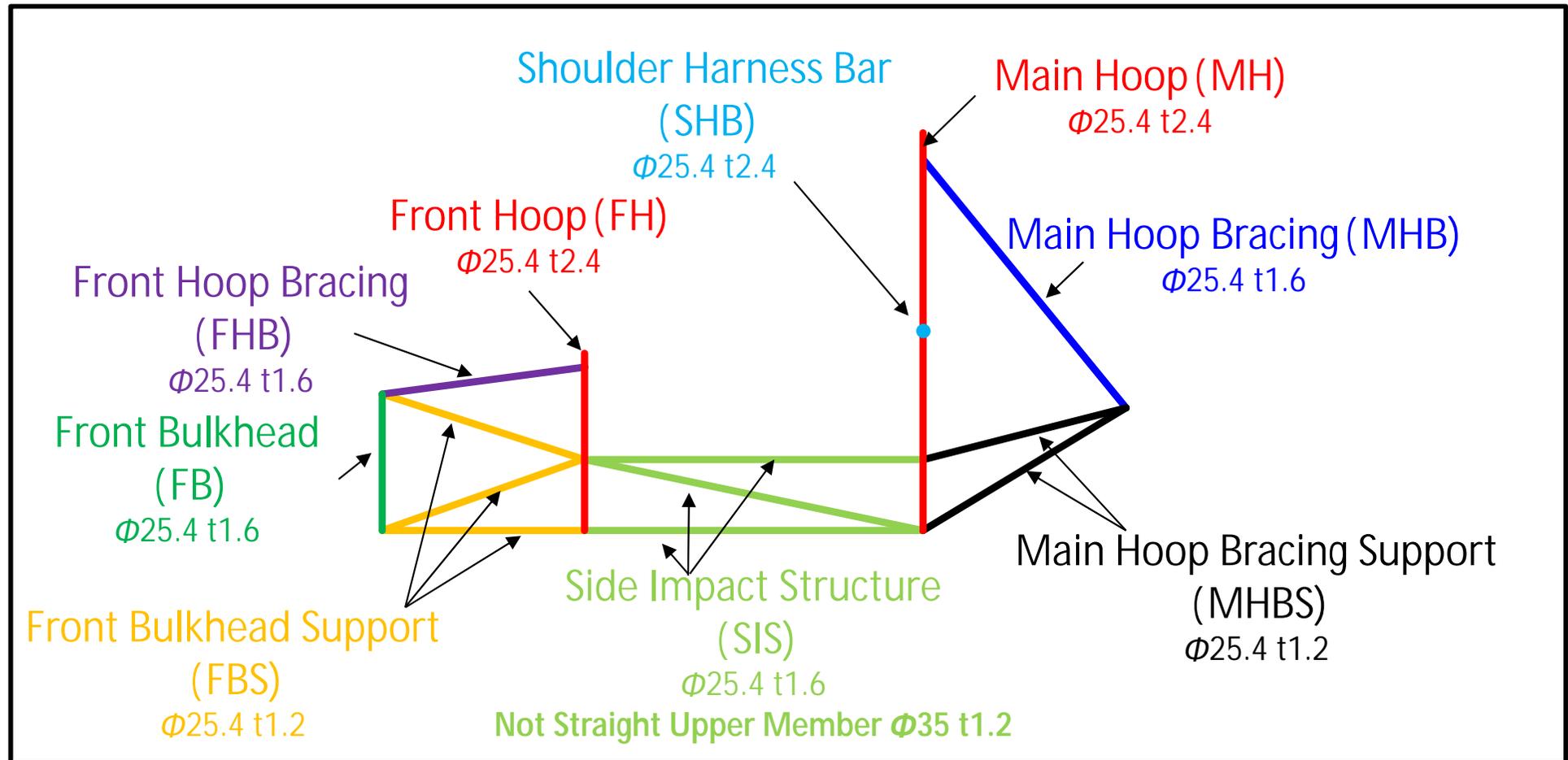
再提出受付期限：7月31日(水) 14:00

再提出・追加資料提出を要求された場合、**再提出要求から1週間以内**である  
IADの不備により、Front Bulkhead等の設計変更が生じた場合は考慮する

**SESが極力早期に承認され、フレーム構造を確定させることを強く推奨する**

# SES作成にあたり

SESは下に示す基準構造に対して、  
剛性強度が同等以上であることを証明するための計算シート



基本構造の各部名称はルールに定義されている  
間違えないように注意すること

# SES作成にあたり

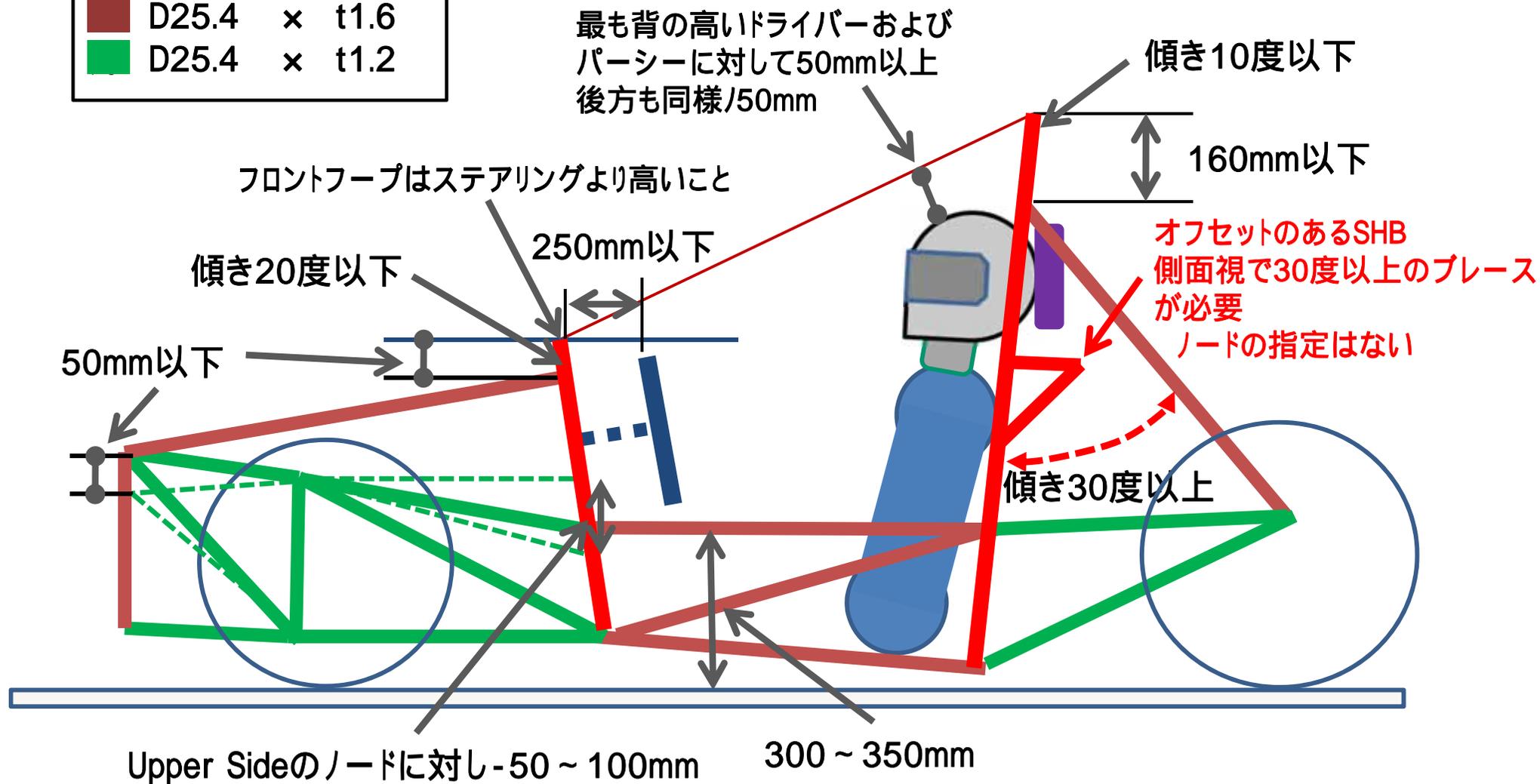
## フレームの基本構造について

基本パイプサイズ	
<span style="color: red;">■</span>	D25.4 × t2.4
<span style="color: brown;">■</span>	D25.4 × t1.6
<span style="color: green;">■</span>	D25.4 × t1.2

トラス構造

規格内パイプ

規格内寸法



# SES作成にあたり

2019年で記入フォームが変更されたが、判断基準に変更は無い

## 判定基準

全ての基本構造部位にて、**EI・断面積・強度が基準材同等以上（100%以上）**  
**パイプは鉄、アルミで指定された寸法以上**でなければならない。(T.2.5～T.2.7)

肉厚が1.2mm未満のパイプは構造的に考慮されておらず、無いものとして扱う  
(T.2.6.5)

EI	2.68E+03	4.02E+03	150.0
Area, mm <sup>2</sup>	182.5	273.0	150.0
Yield tensile strength, N	5.57E+04	8.35E+04	150.0
UTS, N	6.66E+04	9.99E+04	150.0
Yield tensile strength, N as welded	3.28E+04	4.93E+04	150.0
UTS, N as welded	5.47E+04	8.21E+04	150.0
Max load at mid span to give UTS for 1m long tube, N	1.54E+03	2.31E+03	150.0
Max deflection at baseline load for 1m long tube, m	1.20E-02	7.98E-03	66.7
Energy absorbed up to UTS, J	9.22E+00	1.38E+01	150.0

Max deflection at baseline load for 1m long tube, m  
については変形量であるため100%以下である。

判定は2018年の計算方式がベースである

# SES作成にあたり

## STKM11Aの使用について

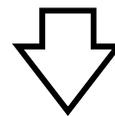
鉄パイプの種類 <http://www.toishi.info/sozai/stkm/stkm11a.html>

### STKM11Aの成分

STKM11Aの成分 (%) : 11種A						
鋼管の記号	C (炭素)	Si (シリコン)	Mn (マンガン)	P (リン)	S (硫黄)	Nb (ニオブ) もしくはV (バナジウム)
STKM11A	0.12以下	0.35以下	0.60以下	0.040以下	0.040以下	-

使用するスチール材の物性（関連規則2019FSAE® T.2.5.3）

化学組成規格において、炭素含有率0.1%以上という項目は削除された



**【STKM11A】の日本大会での使用を  
2018年同様、許可する。**

# SES作成にあたり

## (2018年) T3.4.1基本的な鋼材

ITEM or APPLICATION	OUTSIDE DIMENSION X WALL THICKNESS
Main & Front Hoops, Shoulder Harness Mounting Bar	Round 1.0 inch (25.4 mm) x 0.095 inch (2.4 mm) or Round 25.0 mm x 2.50 mm metric
Side Impact Structure, Front Bulkhead, Roll Hoop Bracing, Driver's Restraint Harness Attachment (except as noted above) EV: Accumulator Protection Structure	Round 1.0 inch (25.4 mm) x 0.065 inch (1.65 mm) or Round 25.0 mm x 1.75 mm metric or Round 25.4 mm x 1.60 mm metric or Square 1.00 inch x 1.00 inch x 0.047 inch or Square 25.0 mm x 25.0 mm x 1.20 mm metric
Front Bulkhead Support, Main Hoop Bracing Supports, Shoulder Harness Mounting Bar Bracing EV: Tractive System Components Protection	Round 1.0 inch (25.4 mm) x 0.047 inch (1.20 mm) or Round 25.0 mm x 1.5 mm metric or Round 26.0 mm x 1.2 mm metric

リストから削除されたが

## (2019年) T.2.5.1最小許容外径 スチールパイプ

従来通り 25.4 t1.6もOK  
J2019-04で発行済み

### T.2.5 Baseline Tubing and Material T.2.5.1 Minimum Dimensions – Steel Tubing

Application	Outside Diameter and Wall Thickness Options
Main Hoop, Front Hoop, Shoulder Harness Mounting Bar	Round 1.0 inch x 0.095 inch, Round 25.0 mm x 2.50 mm
Side Impact Structure, Front Bulkhead, Roll Hoop Bracing, Driver Restraint Harness Attachment (other than Shoulder Harness Mounting Bar), (EV) Accumulator Protection Structure	Round 1.0 inch x 0.065 inch, Round 25.0 mm x 1.75 mm, Square 1.0 inch x 1.0 inch x 0.047 inch, Square 25.0 mm x 25.0 mm x 1.20 mm
Front Bulkhead Support, Main Hoop Bracing Supports, Shoulder Harness Mounting Bar Bracing, (EV) Tractive System Component Protection	Round 1.0 inch x 0.047 inch, Round 25.0 mm x 1.5 mm
Bent Upper Side Impact Member	Round 1.375 inch x 0.047 inch Round 35.0 mm x 1.2 mm

# SES作成にあたり

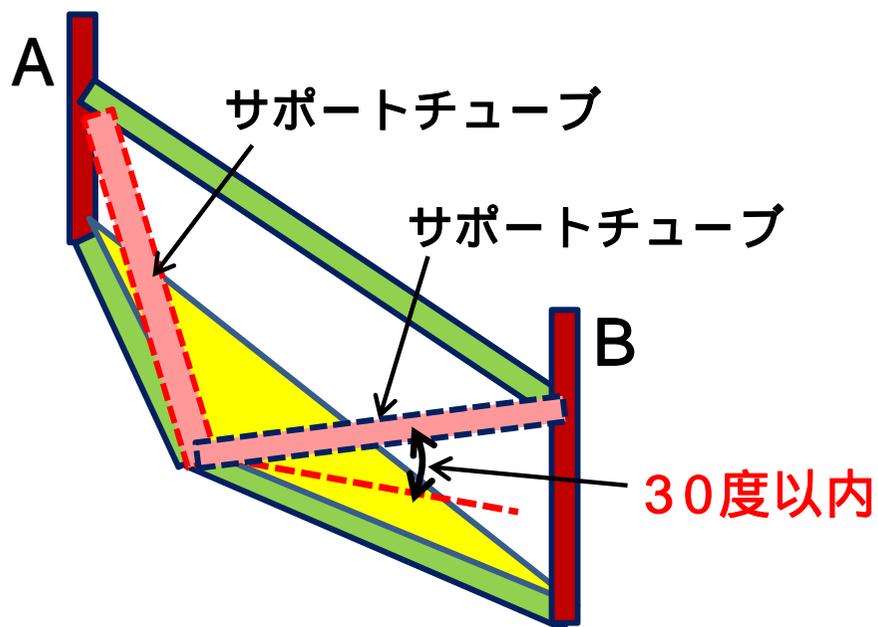
曲がりパイプに対するサポートチューブの追加は2018年同様

(例)

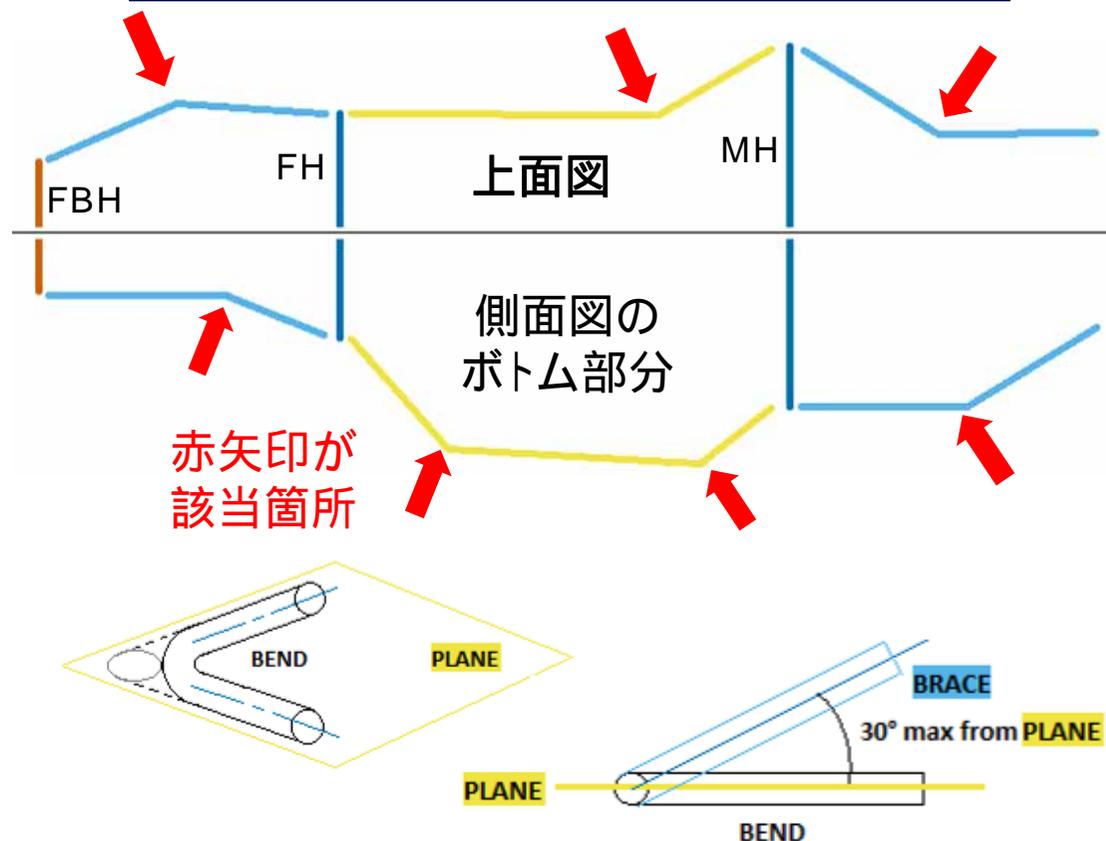
パイプA-Bに対し、パイプが曲がっている場合サポートチューブが必要

追加ノードの角度：とで構成される黄色の面に投影された角度が30度以内という意味

図でとの角度ではない



2019年フォームを正しく理解する事



赤矢印が該当箇所

曲がりパイプとサポートチューブの角度を示すCAD図が、SESで指定されたスペースに入りきらない場合、エクセルシートを追加してください

## 2.SES作成要領

# チーム情報の入力

表記方法に制限は無いが、正しく入力する事

University Name		BLANK
Team Name		BLANK
Competitions	FSAEJ2019を推奨	BLANK
Car Numbers		BLANK
Team Contact(s)		BLANK
Email Address(es)		BLANK
Faculty Advisor		BLANK
Email Address		BLANK
Powertrain Type	Select Drop Down	BLANK

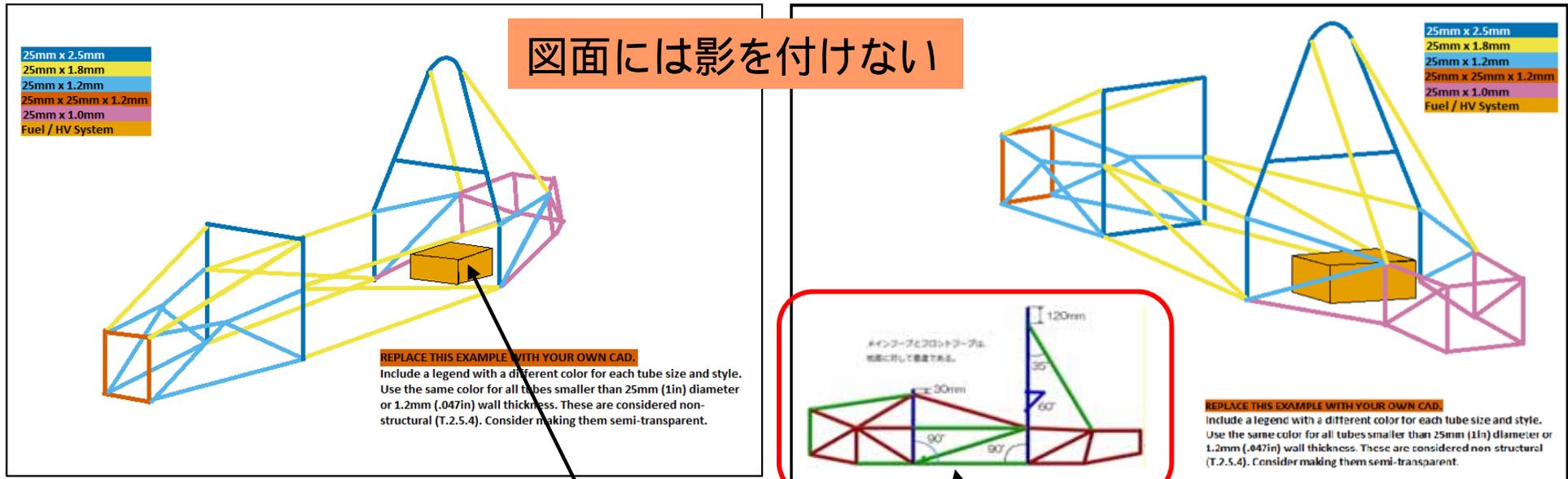
入力すると「EQ」となる

EQ  
EQ  
EQ  
EQ  
EQ  
EQ  
EQ  
EQ

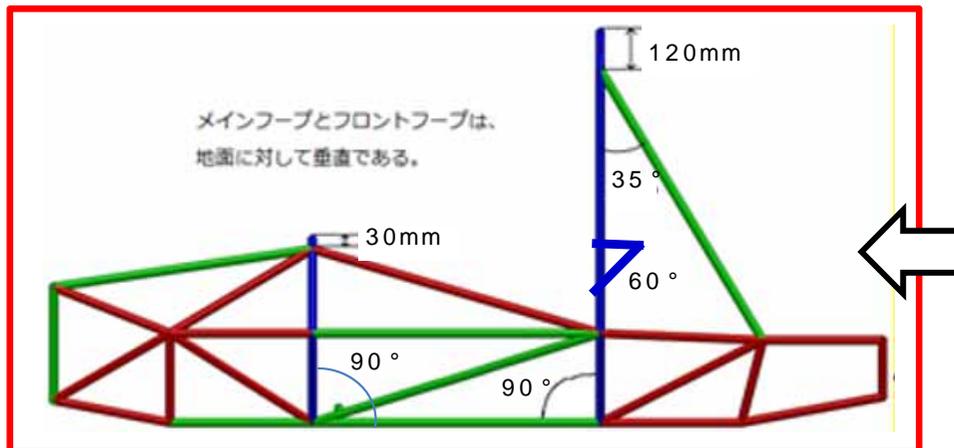
Internal Combustion  
または  
Electric Vehicle を選択する

# 使用パイプの明確化・図面

アイソメ図は下記に示す様に、前方・後方を入力する



- 1 . 三面図は不要
- 2 . ICVでは**燃料タンク**を、EVでは**Accumulator Container**を図示する
- 3 . パイプの色分けはサンプルと同様を推奨
- 4 . 外径25mm、又は肉厚1.2mmより小さいパイプは全て同一色とする

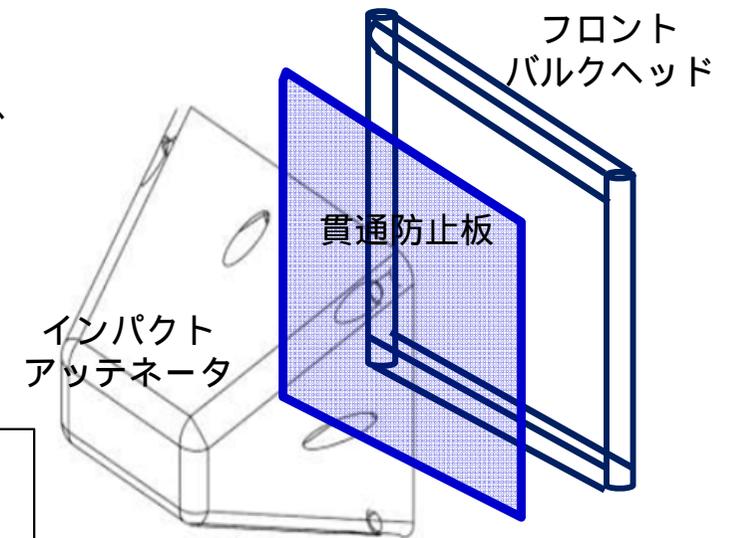


各部寸法を示す側面図を上図の様に追加して下さい  
(車検をスムーズにする為)

# 図示: Anti Intrusion Plateの固定

## T.2.22.3

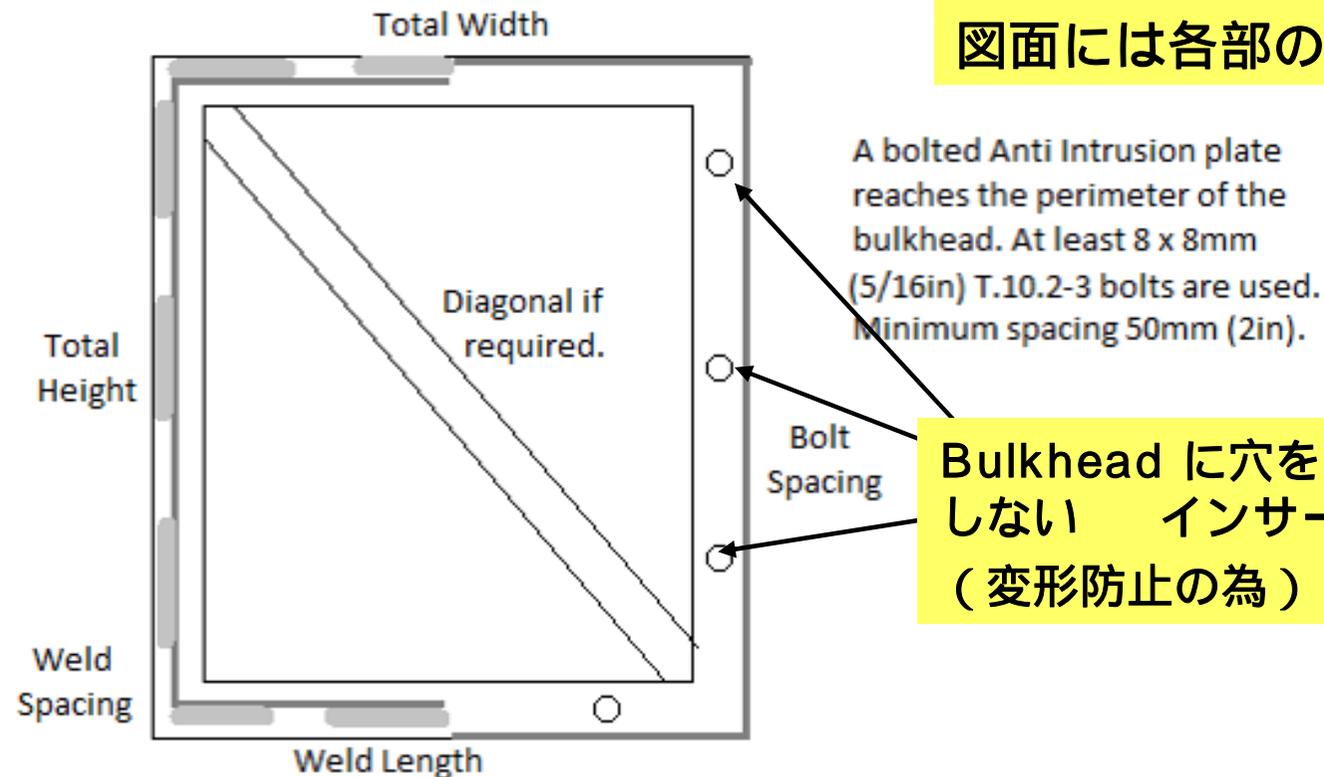
- 溶接の場合、連続溶接または断続溶接のこと。断続溶接の場合は、溶接部と非溶接部の割合が少なくとも1:1であること。全ての溶接長は25mm以上であること。
- ボルト締結の場合、M8もしくは5/16以上の強固な締結であること。ボルト間の距離は、中心距離で少なくとも50mm以上であること。[T.10.2](#)および[T.10.3](#)参照のこと。



REPLACE THIS EXAMPLE WITH YOUR OWN CAD.

Include all required dimensions.

The Front Bulkhead shape may be more complex than this example.



図面には各部の寸法を記載する事

Bulkhead に穴を開け直接ボルト締結しない インサートを入れること。  
(変形防止の為)

# 判定: Anti IntrusionとFront Bulkhead

空欄部を正しく入力する事 結果は自動判定される

## BLANK Anti-Intrusion and Front Bulkhead

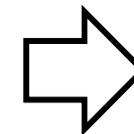
BLANK			
T.2.22.1	Anti-Intrusion Plate (AI) material:	Steel	EQ
	Steel: 1.5mm (0.060in), Aluminum: 4.0mm (.157in):		BLANK

T.2.39 - For AI plates made of any material besides steel or aluminum, either the IA test or 3-Point and Shear tests are required. In the latter case, the 3-Point and Shear tabs in the Monocoque / Hybrid / Non-Ferrous SES must be copied into this file and completed.

OKであれば  
全てがEQと  
なる

BLANK			
T.2.22.2	AI Attachment:	Welded	EQ
	AI plate must at least reach the centerline of Front Bulkhead tubes.		EQ
	At least half the perimeter must be welded:		BLANK
	Shortest weld >= 25mm (1in):		BLANK

注意：  
ボルトと溶接で  
入力内容が違う



EQ

BLANK			
T.2.19	Front Bulkhead (FB) thinnest wall tube used:	Round	EQ
	Wall thickness:		BLANK
	Outer Diameter (OD):		BLANK

注意：  
丸パイプと角パイプで  
入力内容が違う

T.2.5.1 - minimum Front Bulkhead tube size:

Round: 25mm x 1.75mm (1in x .065in)

Square: 25mm x 25mm x 1.2mm (1in x 1in x .047in)

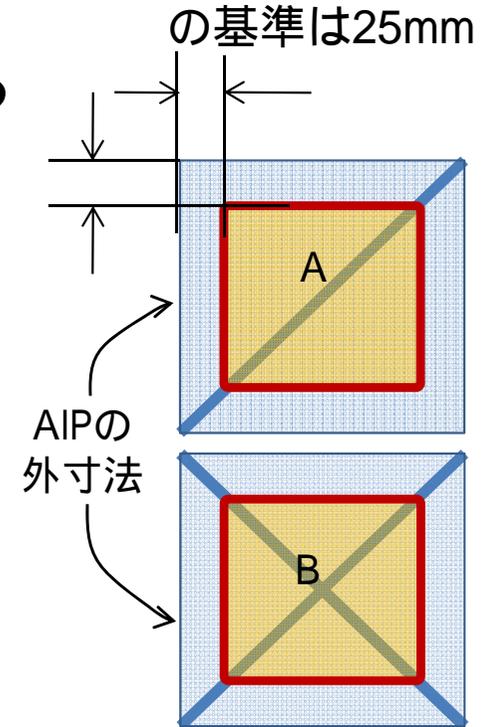
T.2.6.3 - For alternate T.2.6 Front Bulkhead wall thicknesses as low as 1.2mm (.047in), the outer diameter must be increased to maintain the cross sectional area.

# 判定: Anti IntrusionとFront Bulkhead

空欄部を正しく入力する事

結果は自動判定される

BLANK			
T.2.23.4	Impact Attenuator (IA) used:	Standard	EQ
	Longest FB dimension (Height or Width)	<input type="text"/>	BLANK
	Shortest FB dimension (Height or Width)	<input type="text"/>	BLANK
	Optional Front Bulkhead Diagonal:	Round	EQ
	Diagonal wall thickness:	<input type="text"/>	N/A
	Outer Diameter (OD):	<input type="text"/>	N/A
	No diagonal or X-brace required.		



標準IAの場合、FBHのサイズによって、X-braceの要・不要が判定される

T.2.23.4

標準IAを使用しかつ、AIPの外寸法が標準IA（外寸法）よりどの側面でも25mm以上大きい場合、下記事項の一つに合致しなければならない。

- フロントバルクヘッドは、T.2.5に定められるフロントバルクヘッドサポート用チューブもしくは、T.2.6もしくはT.2.7で認証される等価チューブにより構成される、対角線ブレースもしくはクロスブレースを含まなければならない。
- 実験により、AIPが25mm以上歪まないことを証明しなければならない。

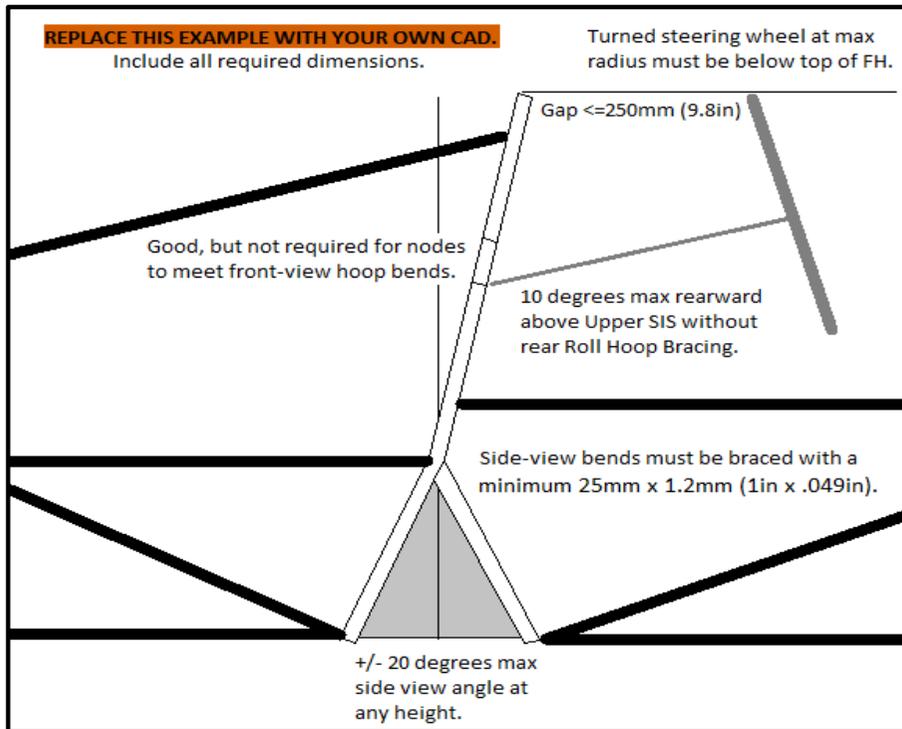
25mm以上かつ  
Braceが無い場合はNG



STD品の劣化に注意

# 図示と判定: Front Hoop

側面図にて下記図解に該当する部分の寸法を記載する事  
空欄部を正しく入力する事 結果は自動判定される



OKであれば  
全てが「EQ」  
となる

EQ



## BLANK

## Front Hoop (FH)

T.2.12.2 - The FH runs from the lowest frame member on each side.  
T.2.12.3 - The FH may be multiple pieces. Side view bends must be braced per T.2.8.

BLANK			
T.2.12	Front Hoop thinnest wall tube used:	Round	EQ
	Wall thickness:	<input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD):	<input type="text"/> in	BLANK

T.2.5.1 - minimum Front Hoop tube size:  
Round: 25mm x 2.5mm (1in x .095in)

T.2.6.3 - For alternate T.2.6 Front Hoop wall thicknesses as low as 2.0mm (.079in), the outer diameter must be increased to maintain the cross sectional area.

BLANK			
T.2.12.4	Turned Steering Wheel minimum below FH top:	<input type="text"/> in	BLANK

BLANK			
T.2.12.5	FH to Steering Wheel gap <=250mm (9.8in)	<input type="text"/> in	BLANK

BLANK			
T.2.12.6	Maximum Front Hoop side angle <=20 degrees:	<input type="text"/> degrees	BLANK

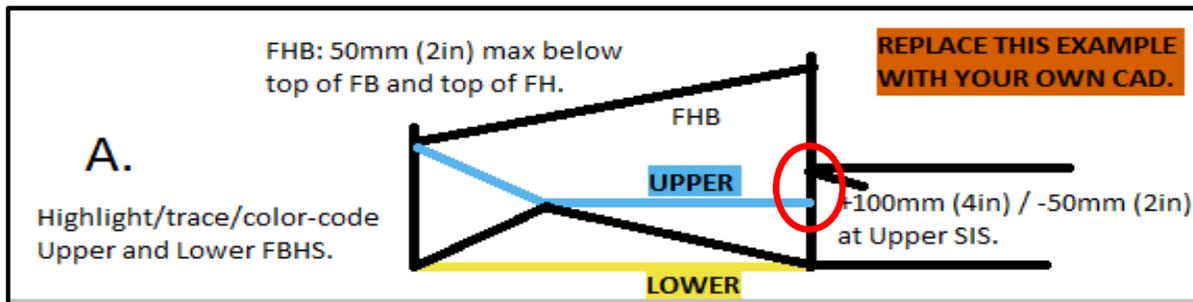
BLANK			
T.2.14.5	FH rearward lean above Upper SIS <= 10, or braced:	<input type="text"/> degrees	BLANK
	Rearward Front Hoop Brace is not required.		

# 要注意！：FBHSとFHB

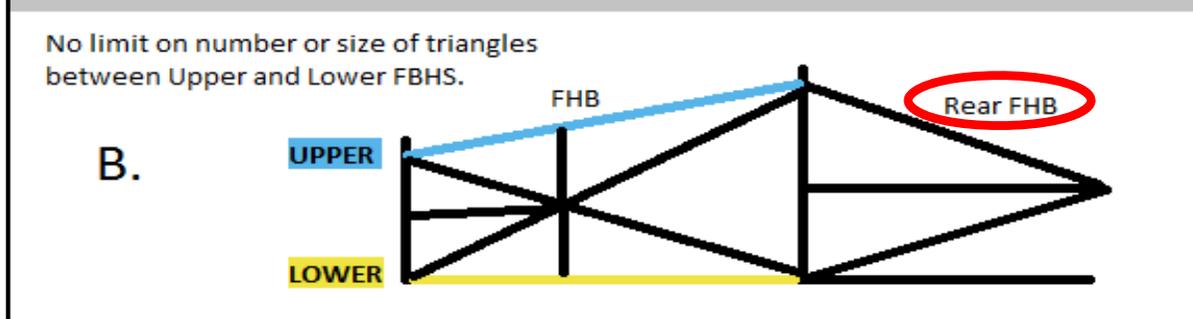
Front Bulkhead Support と Front Hoop Braceに関しては、側面図にて下記図解の「A・B・C」の何れに該当するかを明確にすること

There are three basic configurations for the FBHS:

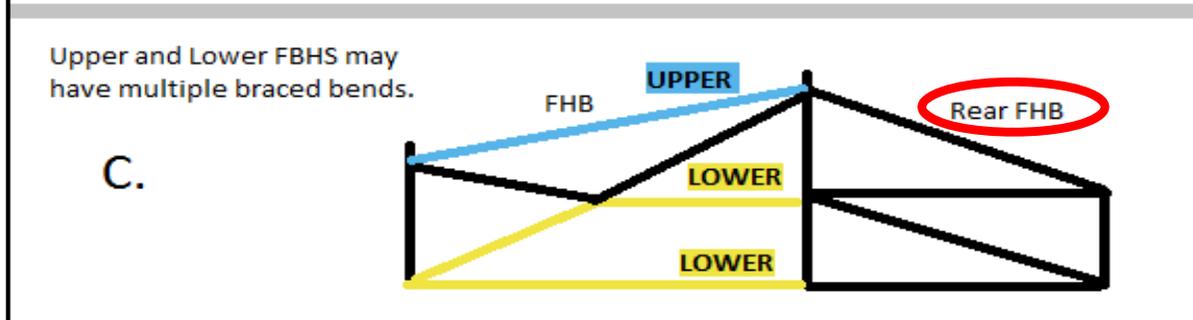
- A. Upper FBHS from the top of the FB to the Upper SIS, with a tolerance.  
Lower FBHS from the bottom of the FB to the Lower SIS.
- B. Upper FBHS from the top of FB to above the Upper SIS, braced rearward.  
Lower FBHS from the bottom of the FB to the Lower SIS.
- C. Upper FBHS from the top of FB to above the Upper SIS, braced rearward.  
Lower FBHS from the bottom of the FB to the Upper SIS, with a tolerance.  
A second Lower FBHS path from the bottom of the FB to the Lower SIS.



FHBとUpper FBHSが**独立**、Upper FBHSとUpper SISの距離次第でRear FHB必要



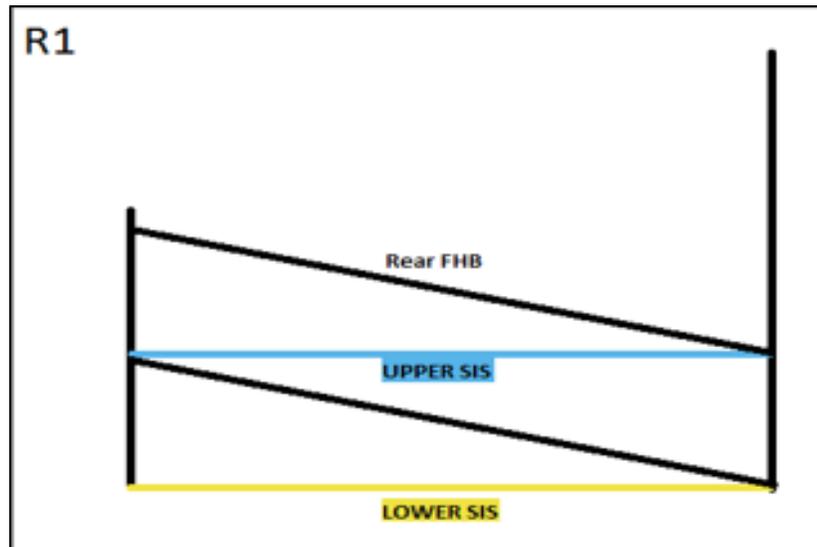
FHBとUpper FBHSが**共通**、Upper FBHSとUpper SISの距離次第でRear FHB必要



FHBとUpper FBHSが**共通**、Upper FBHSとUpper SISの距離に関係なくRear FHB必要

# 要注意！ : Rear FHB

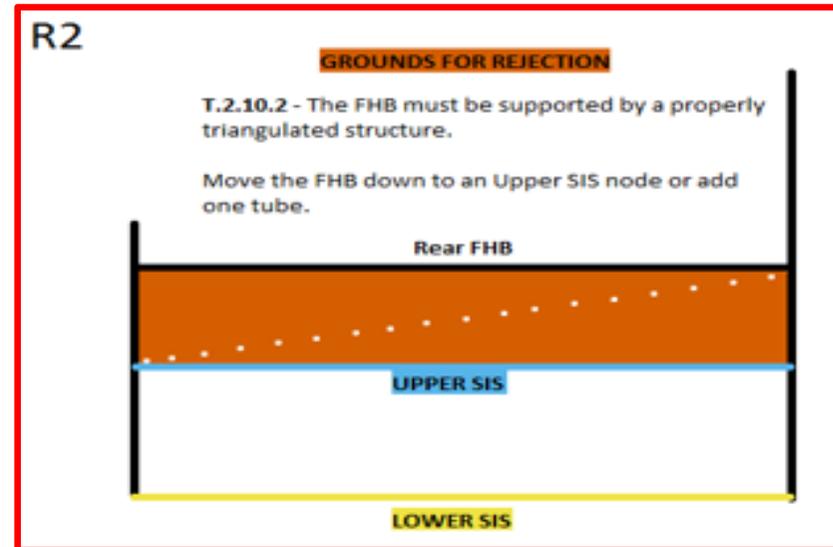
Front Bulkhead Support と Front Hoop Braceの位置関係で「Rear FHB」が要求された場合、下図「R1」と「R2」に注意する事



Rear FHBがノードに接続されている



追加のトラス構造は不要



Rear FHBがノードに接続されていない



追加のトラス構造が必要

- ✓ Rear FHBは、FHBと同一規格のパイプが要求される
- ✓ 追加トラスのパイプについても同様である

# 判定: FBHS・FHB

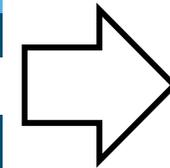
空欄部を正しく入力する事 結果は自動判定される

**BLANK**

FBHS and FHB

BLANK			
T.2.20	Front Bulkhead Support (FBHS) thinnest wall tube:	Round	EQ
	Wall thickness:	<input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD):	<input type="text"/> in	BLANK
T.2.5.1 - minimum FBHS tube size: Round: 25mm x 1.5mm -or- 26mm x 1.2mm (1in x .047in) Square: 25mm x 25mm x 1.2mm (1in x 1in x .047in)			
BLANK			
T.2.20.2a	Top of FB to Upper FBHS tube, 2in vertical limit:	<input type="text"/> in	BLANK
BLANK			
T.2.20.2at	FBHS configuration:	A	EQ
	Top of Upper FBHS tube relative to top of Upper SIS tube:	Above	EQ
	Without Rear FHB, vertical limit 4in above:	<input type="text"/> in	BLANK
Rearward Front Hoop Brace is not required.			
BLANK			
T.2.14.4	Top of FH to top of FHB tube, 2in vertical limit:	<input type="text"/> in	BLANK
BLANK			
T.2.14	Forward Front Hoop Brace thinnest wall tube:	Round	EQ
	Wall thickness:	<input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD):	<input type="text"/> in	BLANK
Rearward Front Hoop Brace is not required.			
EQ			
T.2.20.2b	Rear Front Bulkhead Support thinnest wall tube:	Round	N/A
	Wall thickness:	<input type="text"/> in	N/A
	Outer Diameter (OD):	<input type="text"/> in	N/A

OKであれば  
全てが「EQ」  
となる



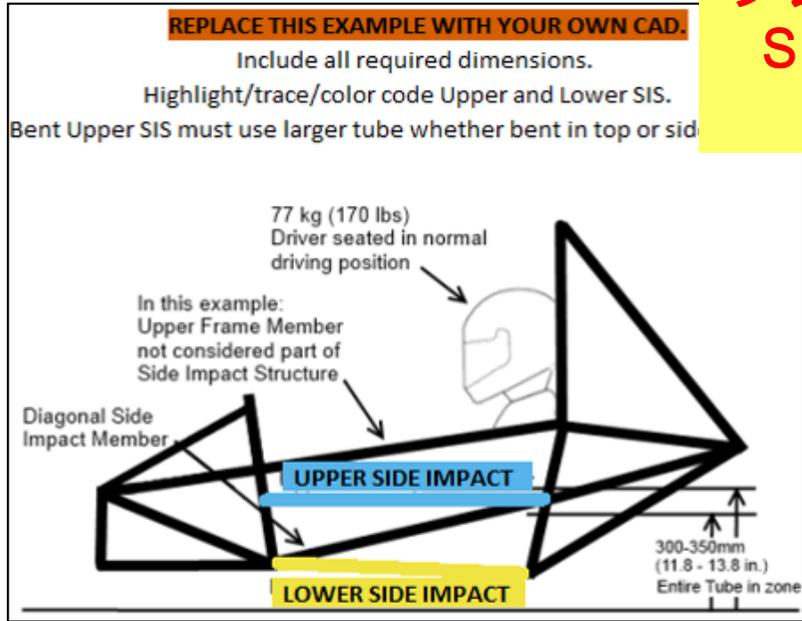
EQ

# 図示と判定: Side Impact Structure

CAD図と空欄部を正しく入力する事

結果は自動判定される

フレーム構成のOK-NGは  
S1~S5 と R1~R5を  
良く見る事



OKであれば  
全てが「EQ」  
となる

BLANK

Side Impact Structure (SIS)

BLANK

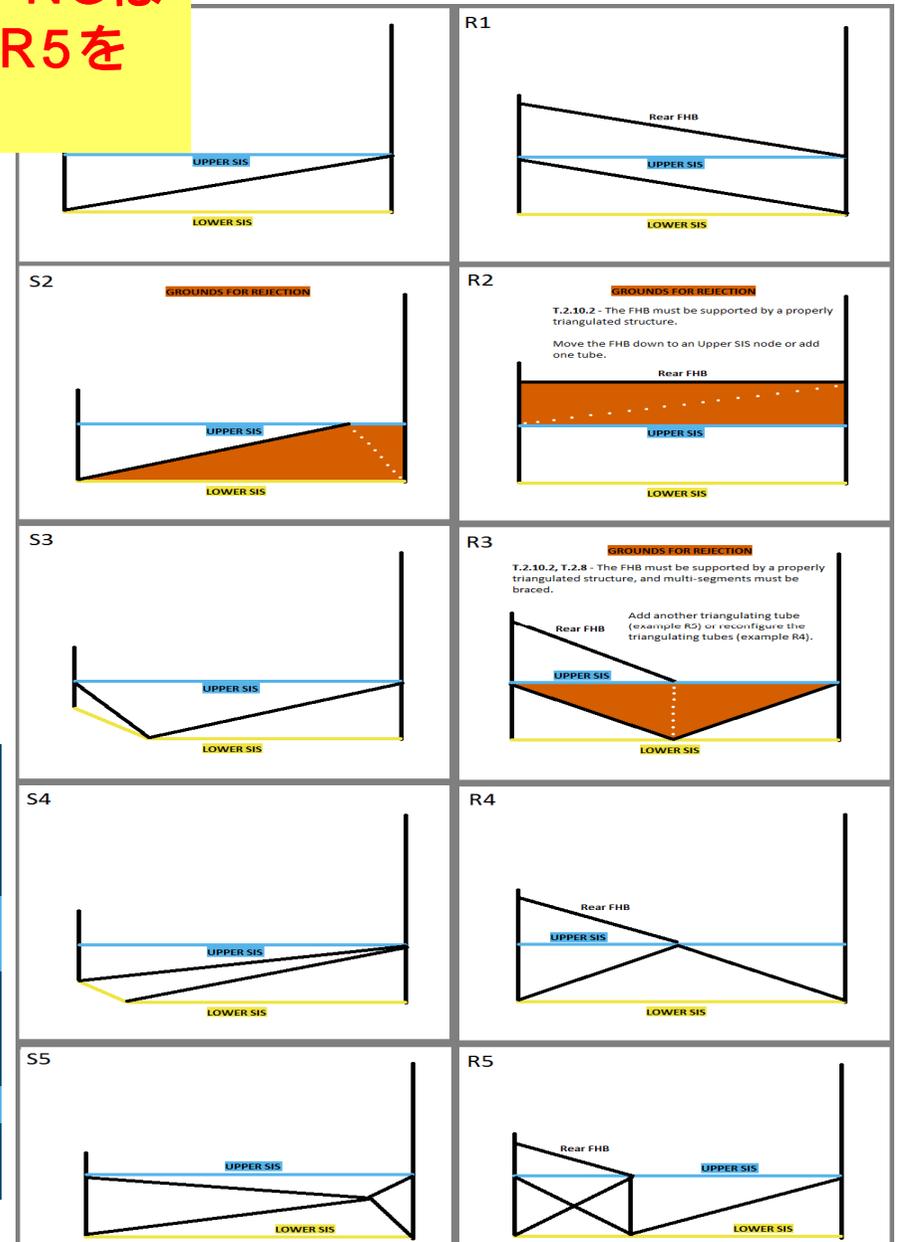
T.2.26.4	Lowest point of Upper SIS at ride height $\geq 11.8$ in:		in	BLANK
	Highest point of Upper SIS at ride height $\leq 13.8$ in:		in	BLANK

BLANK

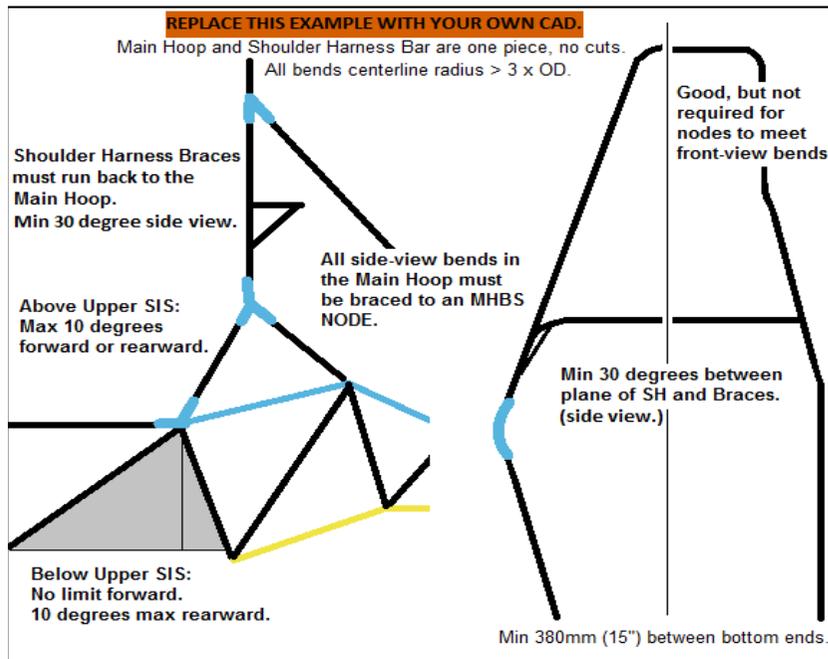
T.2.26	Upper SIS geometry:	Straight		EQ
	Upper SIS thinnest wall tube used:	Round		EQ
	Wall thickness:		in	BLANK
	Outer Diameter (OD):		in	BLANK

BLANK

T.2.26	Lower and Diagonal SIS thinnest wall tube used:	Round		EQ
	Wall thickness:		in	BLANK
	Outer Diameter (OD):		in	BLANK



# 図示と判定: M/Hoop と S/H Bar



CAD図と空欄部を正しく  
入力する事  
結果は自動判定される

OKであれば  
全てが「EQ」  
となる

EQ ←

BLANK

M/Hoop and S/H Bar

BLANK

T.2.11	Main Hoop thinnest wall tube used: Round	EQ
	Wall thickness: <input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD): <input type="text"/> in	BLANK

BLANK

T.4.5	Shoulder Harness Bar Geometry: Straight	EQ
	Shoulder Harness Bar thinnest wall tube used: Round	EQ
	Wall thickness: <input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD): <input type="text"/> in	BLANK

Shoulder Harness Bar does not require braces.

EQ

T.4.5.3b	Brace angle to plane of SH side view $\geq 30$ : <input type="text"/> degrees	N/A
T.2.8.1	The plane of a bent tube is defined by the straight axes on either side of the bend.	
	Shoulder Harness Bar does not require braces.	

EQ

T.4.5	Shoulder Harness Brace: Round	N/A
	Wall thickness: <input type="text"/> in	N/A
	Outer Diameter (OD): <input type="text"/> in	N/A

BLANK

T.2.11.3a	Main Hoop direction in side view above Upper SIS: Rearward	EQ
	Main Hoop side angle above Upper SIS $\leq 10$ : <input type="text"/> degrees	BLANK

T.2.13.3 Main Hoop Braces may run forward or rearward.

BLANK

T.2.11.3c	Main Hoop direction in side view below Upper SIS: Rearward	EQ
	Main Hoop $\leq 10$ degrees in the rearward direction: <input type="text"/> degrees	BLANK

BLANK

T.2.11.4	Distance between Main Hoop ends $\geq 380$ mm(15"): <input type="text"/> in	BLANK
T.2.8.1	Enter the tightest bend on any T.5-6 tube in the chassis (usually in the MH or SH.)	

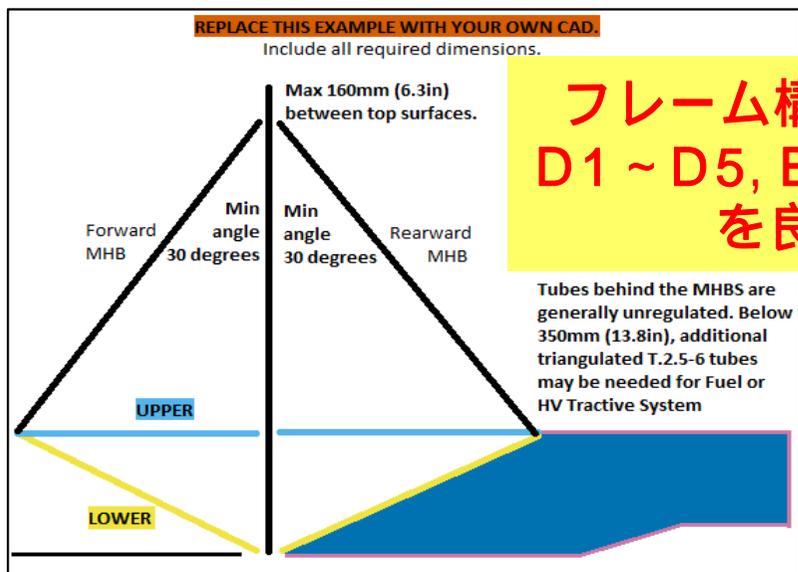
BLANK

T.2.8.1	Minimum tube centerline radius: <input type="text"/> in	BLANK
	Outer Diameter (OD): <input type="text"/> in	BLANK

# 図示と判定: MH Brace と MHB Support

CAD図と空欄部を正しく入力する事

結果は自動判定される

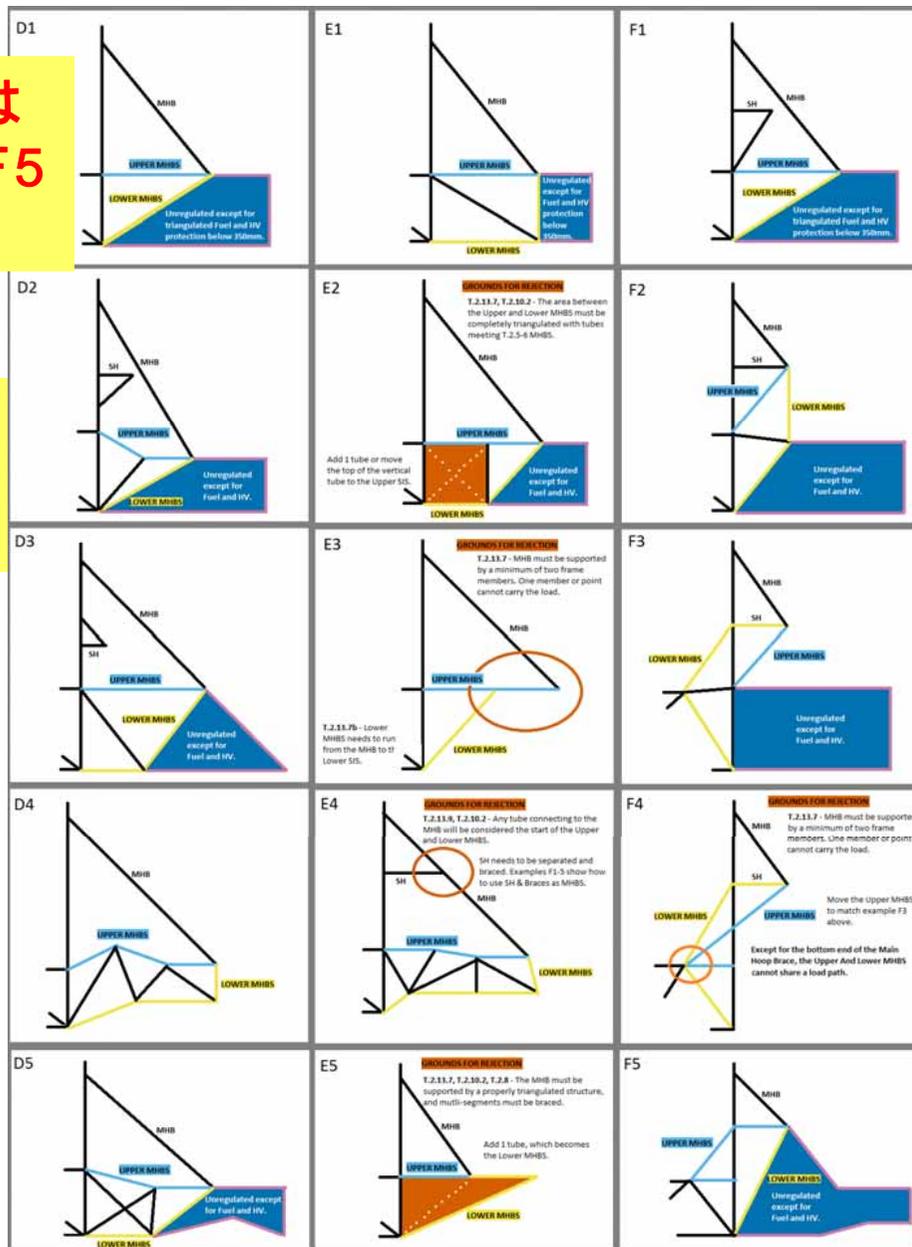


フレーム構成のOK-NGは  
D1 ~ D5, E1 ~ E5, F1 ~ F5  
を良く見る事

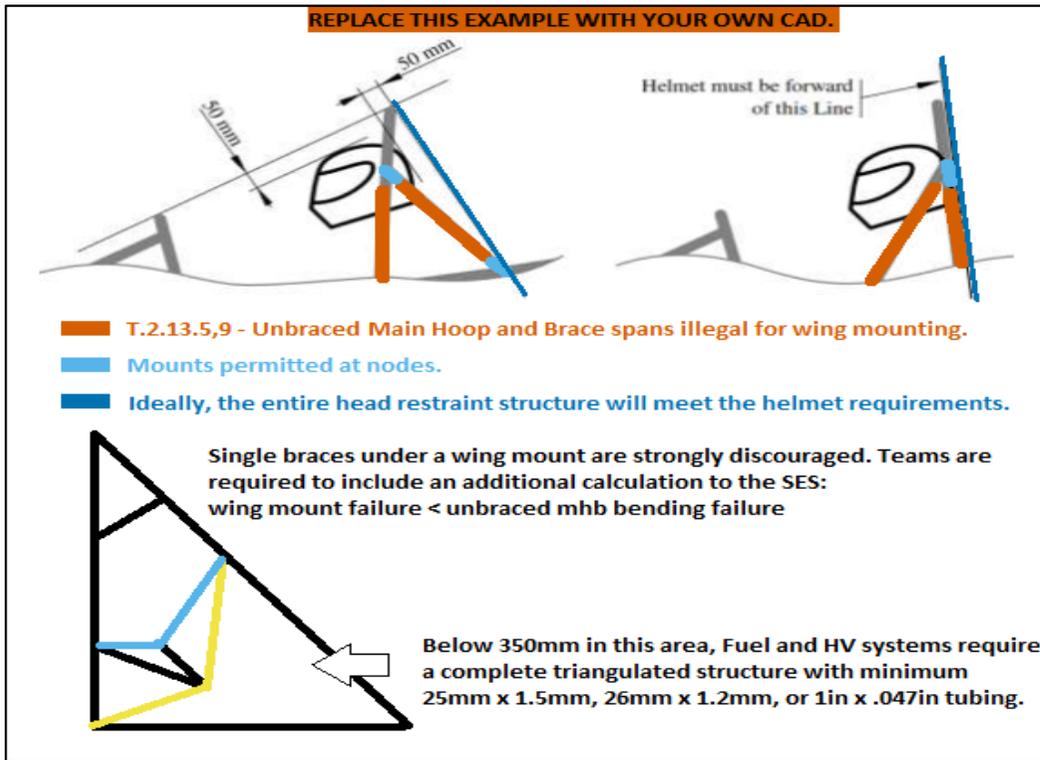
OKであれば  
全てが「EQ」  
となる

Main Hoop Braces may run forward or rearward.

BLANK			
T.2.13.3	Main Hoop brace direction:	Rearward	EQ
T.2.13.4	Angle between MH and MHB $\geq 30$ degrees:		degrees BLANK
BLANK			
T.2.13.4	Top of MH to top of MHB tube, 6.3in vertical limit:		in BLANK
BLANK			
T.2.13	Main Hoop Braces thinnest wall tube:	Round	EQ
	Wall thickness:		in BLANK
	Outer Diameter (OD):		in BLANK
BLANK			
T.2.13	Main Hoop Brace Support (MBHS) thinnest wall:	Round	EQ
	Wall thickness:		in BLANK
	Outer Diameter (OD):		in BLANK



# 図示と判定 : Helmet Clearance, Head Restraint and Rear Wing Mounting



CAD図と空欄部を正しく  
入力する事  
結果は自動判定される

T.2.13.9 -  
Wing mounts cannot be added to  
the middle of the MHB without  
bracing.

BLANK

Helmet Clearance, Head Restraint,  
and Rear Wing Mounting

BLANK				
T.2.10.3a	Helmet $\geq 50$ mm (2in) below Roll Hoop plane:	<input type="text"/>	in	BLANK
BLANK				
T.2.10.3bc	Main Hoop Braces protecting Helmet:	Rear	ward	EQ
T.2.10.3bc	Helmet $\geq 50$ mm (2in) below Hoop/Brace plane:	<input type="text"/>	in	BLANK
BLANK				
T.2.2.1	Head Restraint $\geq 0$ from ground in any rollover:	<input type="text"/>	in	BLANK
EQ				
T.2.13.9	Rear Wing chassis mounting locations:	<input type="text"/>		EQ
				EQ

OKであれば  
全てが「EQ」  
となる

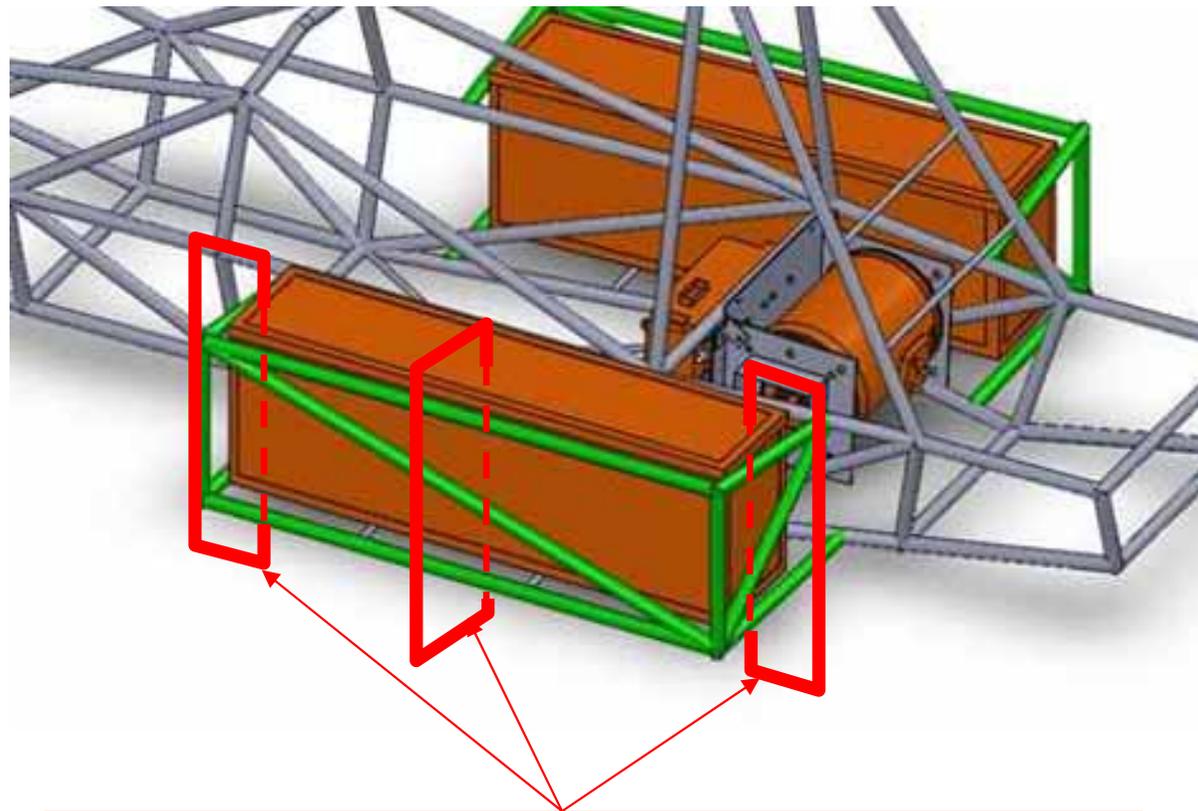
EQ

# EV

## EVのAccumulator 及びTractive System Protectionについて

基本的な考え方はSide Impact Structureと同じ

最も弱い1面の最も弱い垂直断面の構成パイプで計算すること



最も弱い断面の構成パイプで計算すること