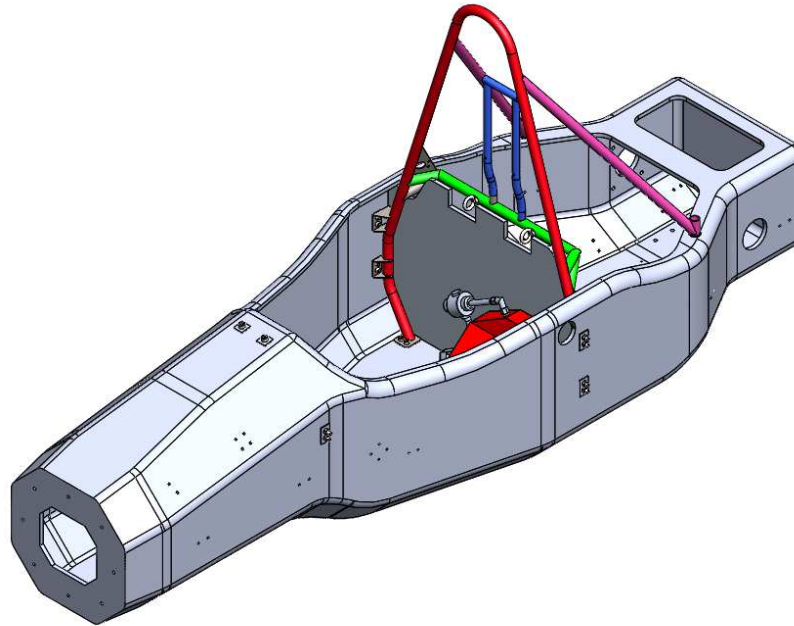


2022 S E S (等価構造計算書) Monocoqueの場合



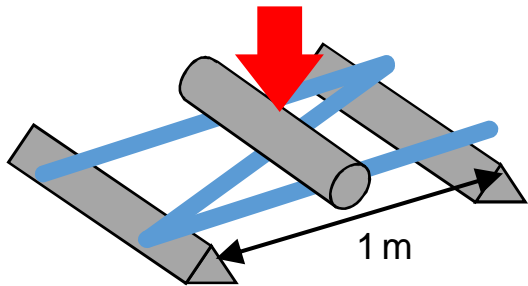
F.4.3 Composite
F.7 Composite Chassis

上記以外は「Tube Chassis」及び「Front Protection」と共通

Monocoque 積層試験

等価構造計算の主旨（パイプフレームの場合）

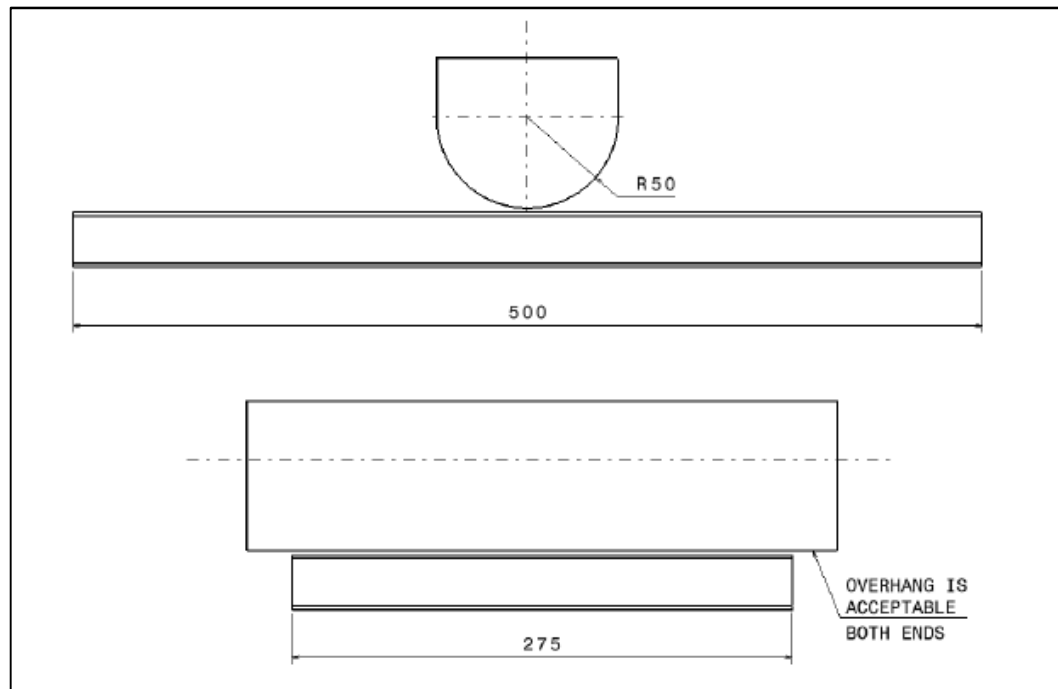
使用しているパイプを1mスパン（m本）の単純梁で曲げ試験したときに
各要求がBaseline Materialsのパイプ(n本)と等価以上であることを評価



SESで計算すべきパイプの本数は荷重伝達スパンの断面で
考慮しなければならない。

構造として、荷重伝達スパンでパイプ本数やパイプ寸法が変
わる場合は、**最も弱い断面で評価し、等価以上であればOK**

3点曲げ試験の考え方は同様



Steel Tube 3-Point Test

新しい考え方が展開されている（チームは要確認）

BLANK			
F.4.3.1	Dates of tests:		BLANK
F.4.3.4.a	Metallic load applicator 50mm (2in radius):	mm	BLANK
	Tube Support Span =400mm L:	mm	BLANK
F.4.3.3.a	Number of tubes =2 n:	Round	BLANK
	Wall thickness (t): 1.2	mm	BLANK
	Outer Diameter (OD): 25.0	mm	BLANK
	Tube cross sectional area (A): 114	mm ²	BLANK
	Tube second moment of inertia (I): 8509	mm ⁴	BLANK
Enter values for minimum and maximum load/deflection in linear-elastic region			
	x ₁	mm	BLANK
	x ₂	mm	BLANK
	y ₁	N	BLANK
	y ₂	N	BLANK
F.4.3.3.b	Maximum displacement >=19mm:	0	REJECT
	Absorbed energy at 19mm deflection (Area under curve):	J	BLANK
y1 to y2	Displacement from bending ($P \cdot L^3 / 48 \cdot E \cdot I$):	#DIV/0!	EQ
	Local crush ($P \cdot A^2 \cdot t / (16 \cdot \pi \cdot S_y \cdot I^2)$):	#DIV/0!	EQ
	Displacement from shear ($0.5 \cdot P \cdot 0.5 \cdot L \cdot \text{shape} / A \cdot 0.3 \cdot E$):	#DIV/0!	EQ
	Displacement from test rig:	#DIV/0!	#DIV/0!
	Rig compliance:	#DIV/0!	EQ
	Theoretical EI:	#VALUE!	EQ
	Tested EI, uncorrected:		EQ
Propagate the yield formula provided in column AC to complete this section.			
	Beam curvature radius for 0.2% strain offset:	0	EQ
	Deflection at curvature:	0.00E+00	EQ
	Yield Force:	N	BLANK
	Maximum Moment:	N*m	EQ
	Theoretical Yield:	305	EQ
	Tested Yield:		EQ

試験結果はその年のみ有効
過去データは無効です。

F.4.3 ラミネートテスト

F.4.3.1 テスト要件

同じテスト結果のセットを、
異なる年の異なるモノコック
に使用してはいけません。

Steel Tube 3-Point Testだけでなく
Composite 3-Point Test
Perimeter Shear Test
Lap Joint Test

これら全てで共通である

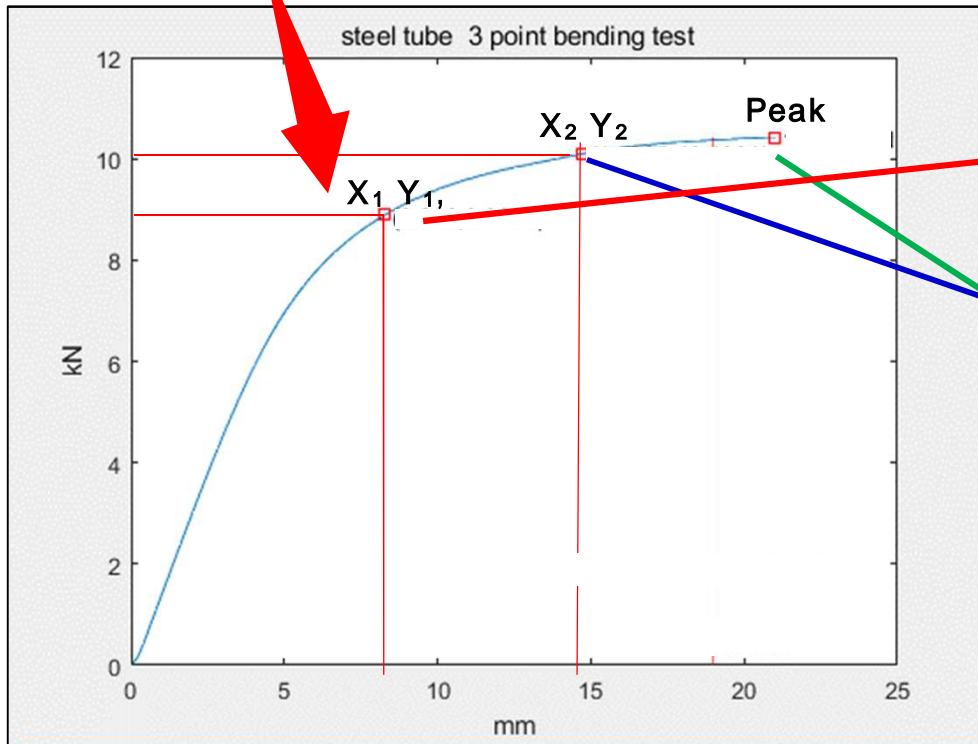
従来の丸パイプだけでなく
角パイプも選択可能。

Steel Tube 3-Point Test

Required: Test setup images, measurements.
All test samples must be presented at
Technical Inspection.



Required: Load deflection curve.



Paste in logged data from test below:
Use mm and N.
It is acceptable to resample the data at a low
frequency to reduce the number of datapoint.
Repeat the energy calculation in column three
Do not assume all steps are identical.
Propagate the yield formula.

Disp. mm	Force N	Energy J	Yield N
MAX	MAX	19	Intercept
0	0	#N/A	#N/A
0	0	Formula: #VALUE!	

Number	S/mm	F/kN
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

}}

41		
42	X_1	Y_1
43		

生データは
全て記載する事
グラフとの整合
を確認する

71		
72	X_2	Y_2
73		
74		
75		
76		
77		
78		Peak
79		
80		

$X_1 Y_1$, $X_2 Y_2$
のポイントを明確
にすることを推奨

Composite 3-Point Tests

新入力方式、それ以外は前年同様（チームは要確認）

2021年までは直接数値を入力できたが、2022年では右添付の実験データが反映される。
即ち、Displacement の最大値に該当する「Force」と「Energy」の値は、全て記載しなければならない。

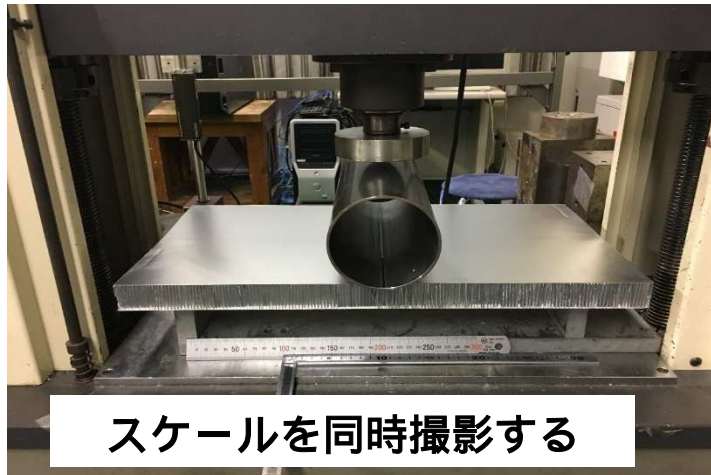
BLANK			BLANK			BLANK		
x ₁		mm	BLANK	y ₁		N	BLANK	
x ₂		mm	BLANK	y ₂		N	BLANK	
Force at panel failure or maximum tested force ymax:			0	N			EQ	
Absorbed energy at test panel height:				J			N/A	
Two Size B tubes uncorrected gradient:			N/mm				EQ	
mm panel uncorrected gradient:			#VALUE!				EQ	
Uncorrected skin modulus of elasticity E:			GPa				EQ	
Uncorrected skin modulus of elasticity E:			Pa				CHECK	
Uncorrected skin modulus of elasticity E:			psi				EQ	
Correction = MIN(Rig Compliance*(y ₂ -y ₁), 0.5*(x ₂ -x ₁)) (mm):			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	EQ	
Corrected skin modulus of elasticity E:			GPa				CHECK	
Corrected skin modulus of elasticity E:			Pa				EQ	
Corrected skin modulus of elasticity E:			psi				EQ	
UTS of skins			MPa				CHECK	
UTS of skins			Pa				EQ	
UTS of skins			psi				EQ	

Disp. mm	Force N	Energy J
MAX	MAX	19
21.5	70429	#####
0	8	0
0.5	203	101.5
1	454	454
1.5	705	1057.5
2	980	1960
2.5	1223	3057.5
3	1506	4518
3.5	1781	6233.5
4	2040	8160
4.5	2323	10453.5
5	2638	13190
5.5	2977	16373.5
6	3340	20040
6.5	3743	24329.5
20	13768	275360
20.5	14155	290178
21	14510	30710
21.5	0	0

Composite 3-Point Tests

Required: Test setup images, measurements.
All test samples must be presented at
Technical Inspection.

Required: Load deflection curve.



Paste in logged data from test below:
Use mm and N.
It is acceptable to resample the data at a
lower frequency to reduce the number of
Repeat the energy calculation in column three
Do not assume all steps are identical.

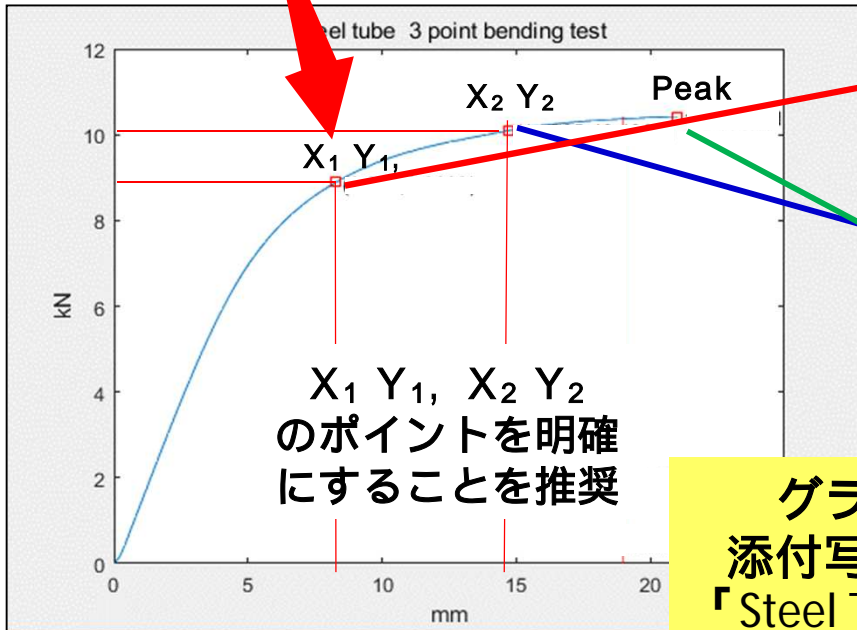
Disp. mm	Force N	Energy J
MAX	MAX	19
20	0	3800.00

1	200
2	400
3	600
4	800

41	
42	X ₁ Y ₁ ,
43	
44	

生データは
全て記載する事
グラフとの整合
を確認する

19	3800
20	4000
71	
72	X ₂ Y ₂
73	
74	
75	
76	
77	
78	Peak
79	
80	

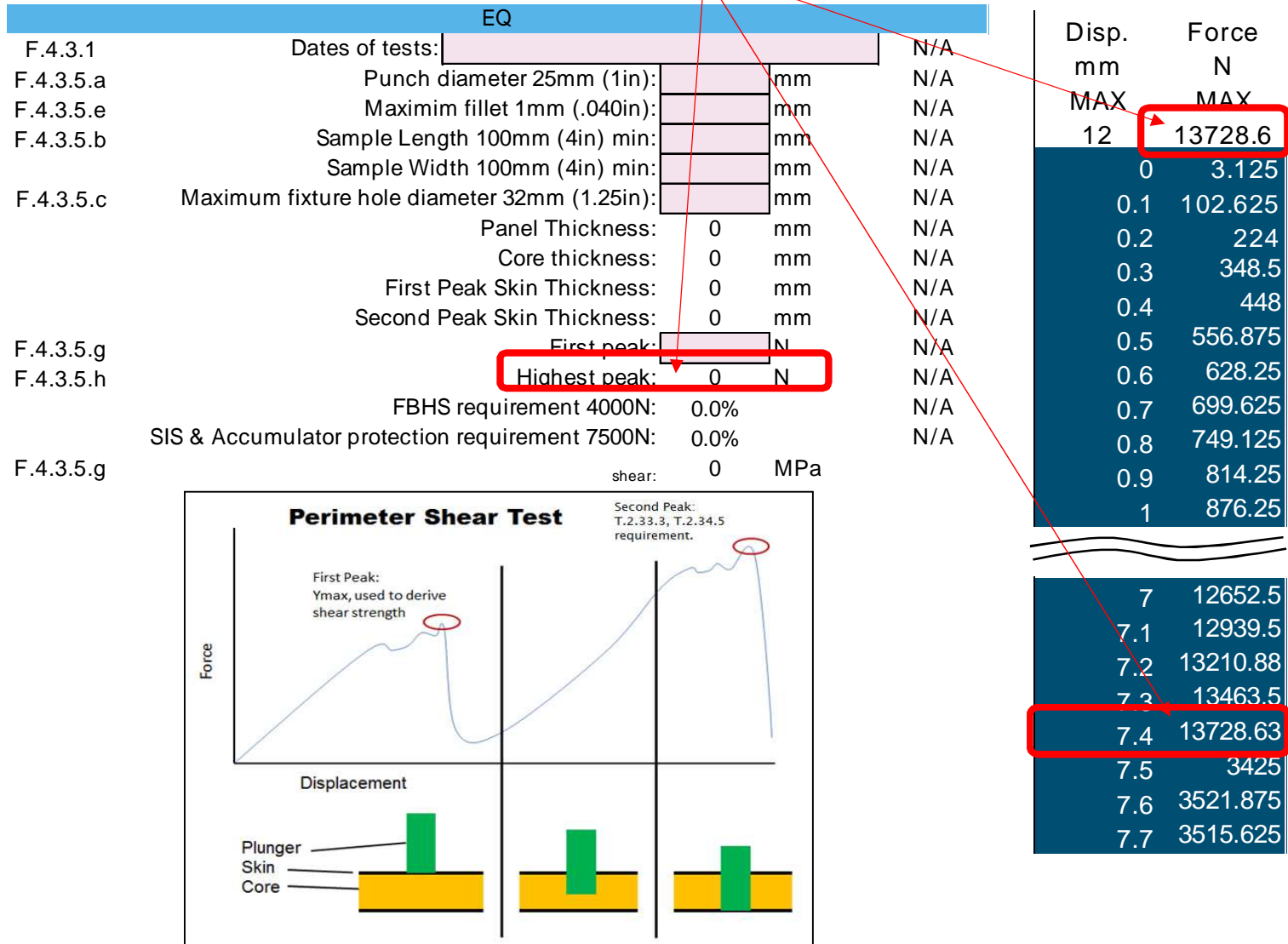


グラフ、生データ、及び
添付写真に対する要求内容は
「Steel Tube 3-Point Test」と同様

Perimeter Shear Test

新入力方式、それ以外は前年同様（チームは要確認）

2021年までは直接数値を入力できたが、2022年では右添付の実験データが反映される



Perimeter Shear Test

Required: Test setup images, measurements.

Note: If the first peak is higher, it may be used for T.2.33.3 or T.2.34.5.

Required: Load deflection curve.



Paste in logged data from test below:

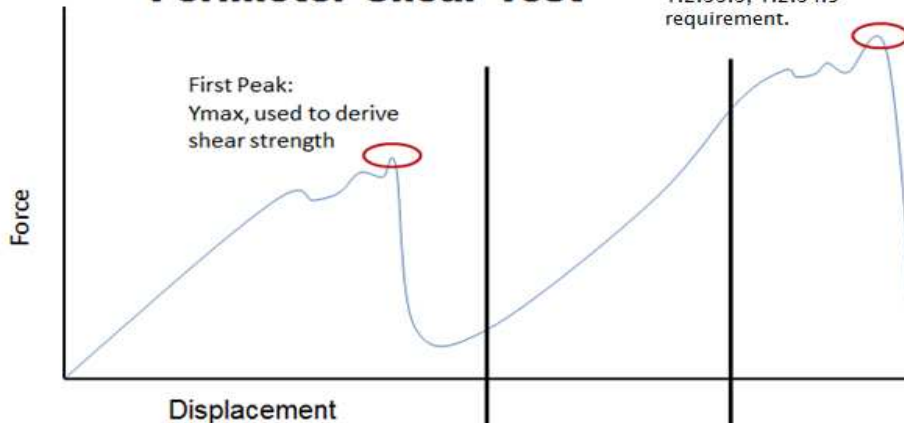
It is acceptable to resample the data at a lower frequency to reduce the number of datapoints.
Use mm and N.

Disp. mm	Force N
MAX	MAX
0	0

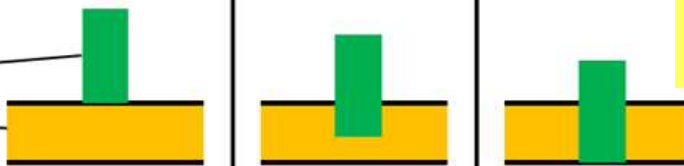
Perimeter Shear Test

Second Peak:
T.2.33.3, T.2.34.5
requirement.

First Peak:
Ymax, used to derive
shear strength



Plunger
Skin
Core



生データは
全て記載する事
グラフとの整合
を確認する

グラフ、生データ、及び
添付写真に対する要求内容は
「Steel Tube 3-Point Test」と同様

Lap Joint Test

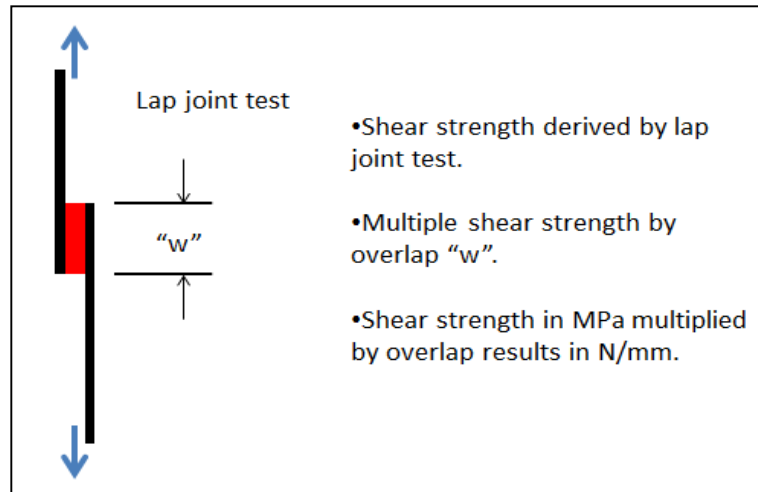
入力項目に追加あり（チームは要確認）

2021年まではせん断試験のみ、2022年では引張り試験が追加された

EQ				EQ				
F.4.3.6.a	Force at failure or maximum tested force:	<input type="text"/>	N	N/A	F.4.3.1	Dates of Shear tests:	<input type="text"/>	N/A
	Test sample lap area:	<input type="text"/>	mm^2	N/A	F.4.3.7.a	Shear force at failure or maximum tested force:	0	N
	Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	MPa	N/A		Shear test sample lap area:	<input type="text"/>	mm^2
	Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	Pa	N/A		Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	MPa
	Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	psi	N/A		Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	Pa
	Bond overlap length w:	<input type="text"/>	mm	N/A		Lap Joint Shear Strength:	<input type="text"/>	psi
	Load/unit length:	<input type="text"/>	N/mm	N/A	F.4.3.7.b	Bond overlap length w:	<input type="text"/>	mm
	UTS of skins	UTS: 7.60E+02	MPa	N/A		100% shear strength/unit length:	<input type="text"/>	N/mm
	Outer skin thickness:	0.9	mm	N/A		UTS of skins	UTS:	MPa
	Load/unit length:	683.9468	N/mm	N/A		Outer skin thickness:	0	mm
F.4.3.6.d	Safety Factor	<input type="text"/>	mm	N/A	F.4.3.7.d	Load/unit length:	#VALUE!	N/mm
						Safety Factor	<input type="text"/>	mm

せん断試験は変更無し

せん断試験は変更無し



引張り試験が追加

EQ			
F.4.3.1	Dates of Tensile tests:	<input type="text"/>	N/A
F.4.3.7.a	Tensile force at failure or maximum tested force:	0	N
	Tension test sample lap area:	<input type="text"/>	mm ²
	Lap Joint Tension Strength:	<input type="text"/>	MPa
	Lap Joint Tension Strength:	<input type="text"/>	Pa
	Lap Joint Tension Strength:	<input type="text"/>	psi
	Bond overlap length w:	<input type="text"/>	mm
	100% shear strength/unit length:	<input type="text"/>	N/mm
	UTS of skins	UTS:	MPa
	Outer skin thickness:	0	mm
	Load/unit length:	#VALUE!	N/mm
F.4.3.7.d	Safety Factor	<input type="text"/>	mm

EQ			
F.5.5	0.5 * minimum (tensile, shear):	0	MPa
	0.5 * minimum (tensile, shear):	0.00E+00	Pa
	0.5 * minimum (tensile, shear):	0.00E+00	psi

2022 S E S (等価構造計算書)

Monocoqueの場合

F.7 Composite Chassis

Front Bulkhead Supports (FBHS)

Front Hoop Braces (FHB)

Side Impact Structure (FHB)

Main Hoop Brace Support (MHBS)

これら項目では、入力エリアに変更がある以外2021年と同様（チームは要確認）

但し、以下Compositeの厚さ入力値と、下記一覧表とで数値の食い違うケースが多い。

Core thickness: mm
Outer skin thickness: mm
Inner skin thickness: mm

Note: Forces are given in Pa, not Mpa or Gpa.

Material	E (Pa)	S_Ultimate (Pa)	Shear (Pa)	Tested Core mm	Tested Outer mm	Tested Inner mm
F.3.4.2 Steel	2.00E+11	3.65E+08	2.11E+08			
F.4.3 Composite	1.07E+11	7.60E+08	1.94E+08	10	0.9	0.5
F.4.3 Composite (2)	2.22E+11	7.66E+08	1.55E+08	10	1.2	0.8
F.4.3 Composite (3)	8.29E+10	6.47E+08	1.66E+08	10	1.115	0.669

Accumulator Side Protection

入力項目に以下の追加あり（チームは要確認）

EQ			
T.1.6.3.b	Top surface of Lower SIS to top HV Protection $\geq 240\text{mm}$:	<input type="text"/>	mm N/A
	Air gap to driver's seat $\geq 25\text{mm}$:	<input type="text"/>	mm N/A

Tractive Side Protection Rear Impact Protection

入力項目に以下の追加あり（チームは要確認）

EQ			
	Top surface of Lower SIS to top HV Protection $\geq 240\text{mm}$:	<input type="text"/>	mm N/A

但し、以下Compositeの厚さ入力値と、下記一覧表とで数値の食い違うケースが多い。

Core thickness: mm
Outer skin thickness: mm
Inner skin thickness: mm

Note: Forces are given in Pa, not Mpa or Gpa.			
Material	E (Pa)	S_Ultimate (Pa)	Shear (Pa)
F.3.4.2 Steel	2.00E+11	3.65E+08	2.11E+08
F.4.3 Composite	1.07E+11	7.60E+08	1.94E+08
F.4.3 Composite (2)	2.22E+11	7.66E+08	1.55E+08
F.4.3 Composite (3)	8.29E+10	6.47E+08	1.66E+08

Tested Core mm	Tested Outer mm	Tested Inner mm
10	0.9	0.5
10	1.2	0.8
10	1.115	0.669

2022 S E S (等価構造計算書)

Monocoqueの場合

F.10-11 Attachments

Harness Attachments

Lap Belt と Anti-Submarine Belt の固定点を共有する場合、
従来の13kNではなく、15kNの強度が求められる

2021年

F.7.10.1a Force at failure or maximum tested \geq 13kN:

2022年

BLANK

	Lap belt and anti-submarine attachment:			BLANK
F.7.10.1.d	Lap and anti-sub share attachment or insert?:			BLANK
F.7.10.1.d	Minimum spacing, lap to anti-sub 125mm (4.92in):		mm	BLANK
F.7.10.2.a	Minimum distance, fixture to load 125mm (4.92in):		mm	BLANK
F.7.10.1.c	Force at failure or maximum tested \geq 15kN:	0	N	REJECT

EQ

	Separate Anti-Sub:			N/A
	Same insert design as lap or anti-sub?:			N/A
F.7.10.1.c	Force at failure or maximum tested \geq 15kN:	0	N	N/A

BLANK

	7th Point Attachment:			BLANK
	Same insert design as lap or anti-sub?:			N/A
F.7.10.1.c	Force at failure or maximum tested \geq 15kN:	0	N	N/A

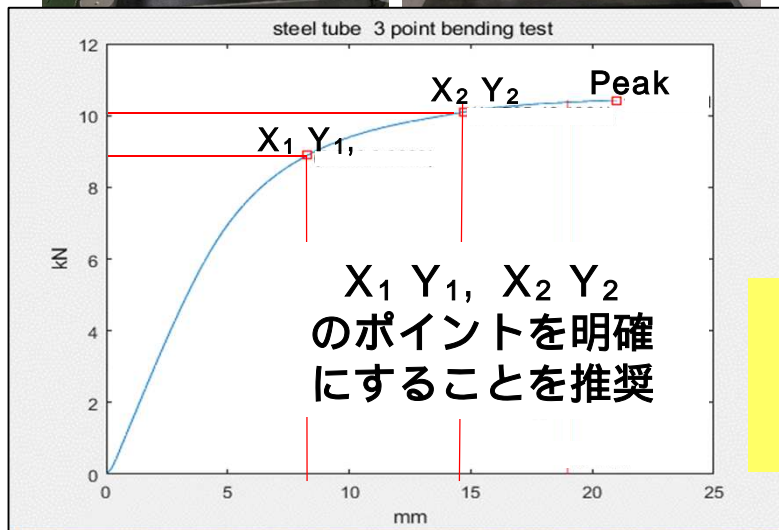
Harness Attachments

Load Deflection Curves
Test Setups and Measurement Pictures
Samples After Testing
Actual Design Images

Anti-submarine test



Lap belt test



Paste in logged data from test below:

It is acceptable to resample the data at a lower frequency to reduce the number of datapoints.

mm	N	mm	N	mm	N

生データは
全て記載する事
グラフとの整合
を確認する

グラフ、生データ、及び
添付写真に対する要求内容は
「Steel Tube 3-Point Test」と同様

パネルとパイプの明確化・図面

アイソメ図は下記に示す様に記載する事

The SES can calculate equivalence for a full monocoque.
The SES can calculate Hybrid equivalence for panels replacing FBHS and/or SIS diagonals.
(Additional documentation is required for Hybrid panel attachment.)

25mm x 2.5mm
25mm x 1.8mm
25mm x 1.2mm
25mm x 25mm x 1.2mm
25mm x 1.0mm
Hybrid Panels

燃料タンクまたは
Accumulator
Containerを
記載すること

各部寸法を示す側面図を
例の様に追加して下さい
(車検をスムーズにする為)

REPLACE THIS EXAMPLE WITH
Include a legend with a different color for differences in layup, core or material.
Show the Fuel / HV system.
Use the same color for all tubing or 1.2mm (.047in) wall thickness structural (T.2.5.4). Consider

メインフレームとフロントフープは、
地面に対して垂直である。

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

Front Bulkhead Supportの評価

垂直壁だけでBaselineパイプ3本分以上のEIがあれば良い。

(1)最弱パネル換算

計算シートに寸法を記入すればBaseline3本分と比較評価される

(2)(1)でEIが100%未滿となる場合

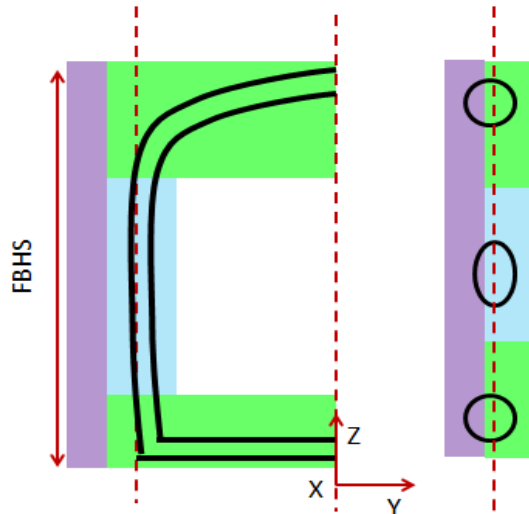
車両センター垂直軸周りの断面二次モーメント I_{zz} を求める。

MHBS片側の幅の位置(距離 d)にBaselineパイプ3本がある条件で

車両センター垂直軸周りの断面二次モーメント $I_{loc} + A * d^2$ を求める

$E_{your} * I_{zz} \geq E_{Baseline} * (I_{loc} + A * d^2)$ であることを証明する

(1)においてFBHS最小断面の
全体の高さをPanel Heightとしてよい
開口部がある場合はその分を引くこと



FBHS, FHB CAD with dimensions required.
Include skin and core thickness, height, depth,
and moment of inertia.

REPLACE THIS EXAMPLE WITH YOUR OWN CAD.

Steel tube configuration used for equivalency comparison:

$$A = 3 * \frac{\pi}{4} * (d_o^2 - d_i^2) \quad I_{loc} = 3 * \frac{\pi}{64} * (d_o^4 - d_i^4)$$
$$d = \frac{\text{chassis_width}}{2}$$

Composite configuration used for equivalency comparison:

- Use section cut properties calculated by CAD system.
- I_{zz} of half car with the reference coordinate system at the centerline of vehicle.

$I_{zz} \geq I_{loc} + A * d^2$ Passes equivalency test

Front Bulkhead の評価

最弱パネル部分のEIが、Baselineパイプ2本分以上であることを証明する

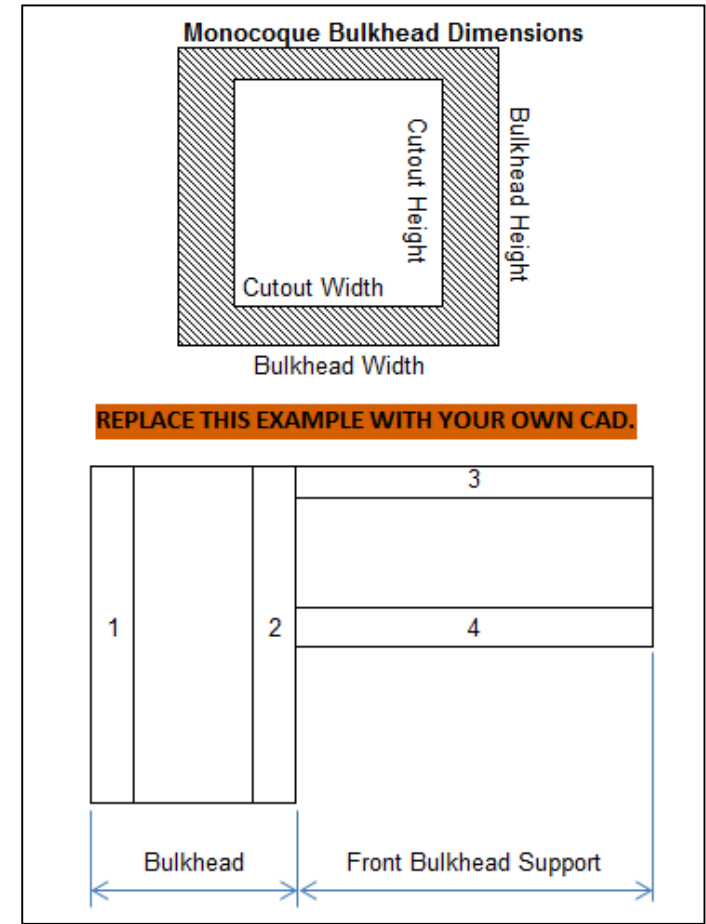
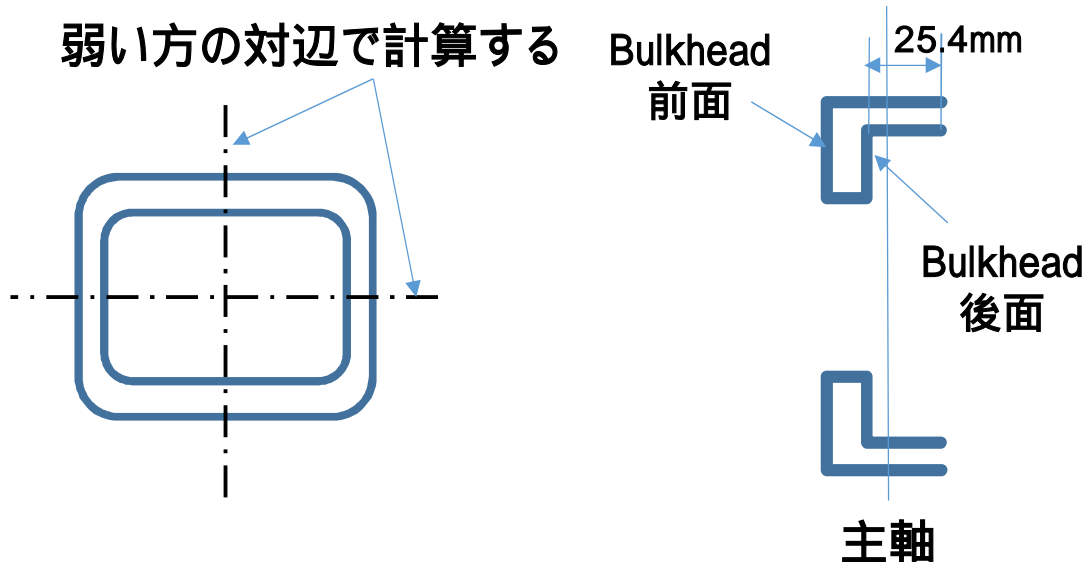
(1) 最弱パネル換算

Front Bulkheadの弱い対辺のBulkhead面およびFBHSのBulkhead後面から25.4mm分のパネルと、Baseline 2本とで比較評価される。

(2) (1)でEIが100%未満となる場合

Front Bulkheadの弱い対辺のBulkhead前面からBulkhead後面より後方25.4mmまでの構造に対し、主軸まわりの最小断面二次モーメントを求め、EIがBaselineパイプ2本分以上となることを示す。

弱い方の対辺で計算する



Main Hoop Brace Support の評価

最弱パネル部分のEIが、Baselineパイプ2本分以上であることを証明する

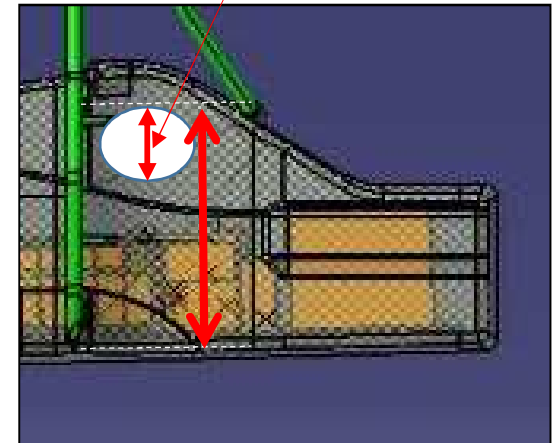
(1)最弱パネル換算

計算シートに寸法を記入すればBaseline2本分と比較評価
計算される

Panel Heightは右図の通り

開口部がある場合はその高さを除いた最小高さで計算する

開口部がある場合はその分を引く



(2)(1)でEIが100%未満となる場合

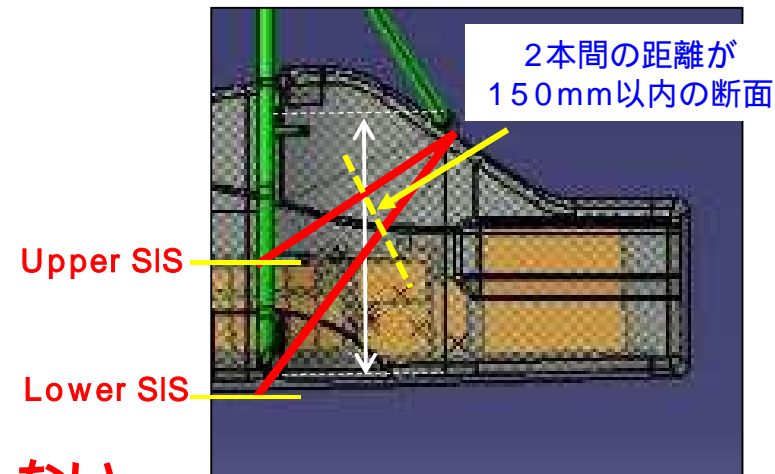
車両センター垂直軸周りの断面二次モーメント I_{zz} を求める。
MHBS片側の幅の位置(距離d)にパイプ2本がある条件で
車両センター垂直軸周りの断面二次モーメント $I_{loc} + A * d^2$
を求める

$E_{your} * I_{zz}$ $E_{Baseline} * (I_{loc} + A * d^2)$ であることを証明する

(3)パネル換算できない場合

(2)と同じ計算を行う。

計算に使用する断面は、パイプフレーム構造
におけるMHBSを仮定したとき、2本のパイプ
の幅が150mm以内となる断面で計算する。



SESではこのいずれかで証明しなければならない

Side Impact Structure の評価

最弱パネル部分のEIが、Baselineパイプ2本分以上であることを証明する

最弱パネル換算

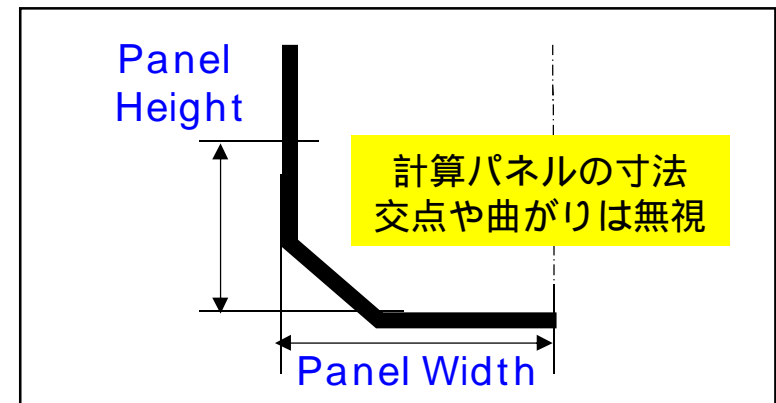
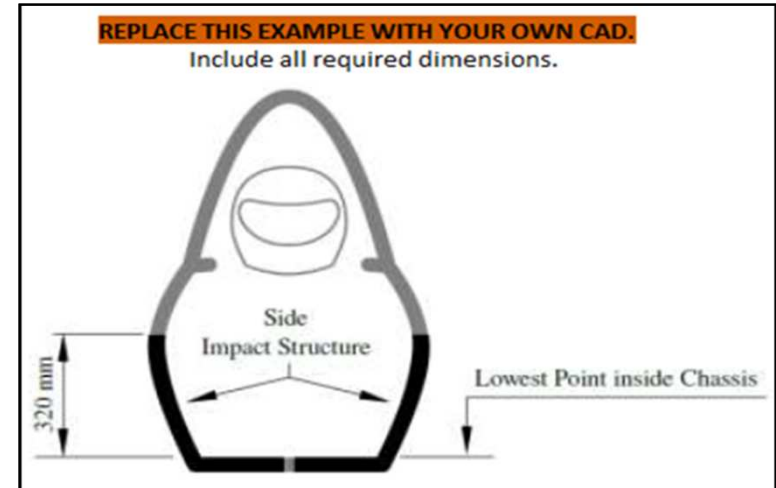
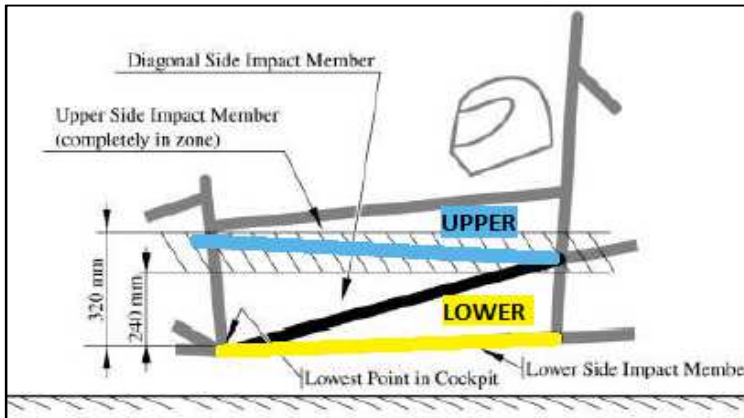
ルールでは最弱パネル換算しか選択肢が無い

垂直壁の最小EI Baselineパイプ2本分のEI

床板の最小EI Baselineパイプ1本分のEI

EIに関しては上記を満足すること

モノコック構造におけるSide Impact Structure
の**高さは、Lowest Point inside Chassisから
320mmより上を含めてはならない。**



F.7.6.3 F.4.4 The vertical SIS, calculated as a flat panel, must be \geq two SIS tubes.

F.7.6.4 F.4.4 Half the floor, calculated as a flat panel, may be added for third tube EQ.

F.6.4.4b The vertical SIS must reach 240mm+25mm from the lowest top surface of the floor.

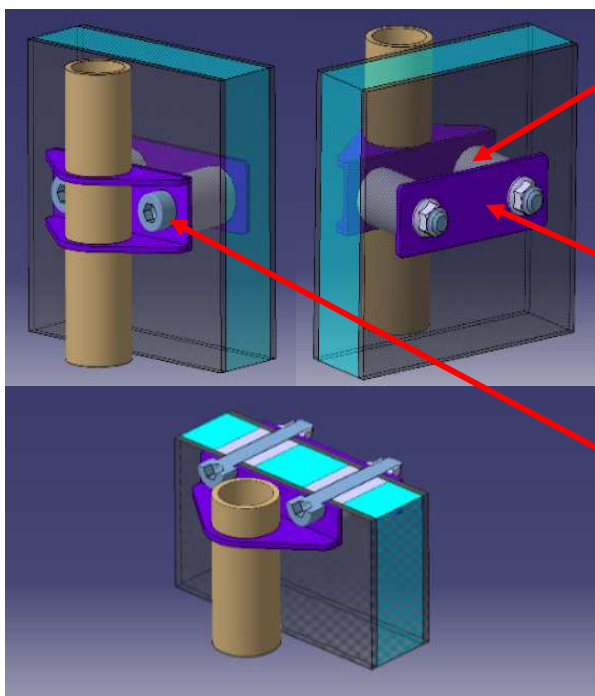
F.6.4.4b 320mm panel height above the floor is the maximum available for equivalence.

Structure above 320mm is encouraged.

T.5.5.4 Monocoque floors under a fuel tank require two or more 25mm drains in front of the ta

Monocoque Attachments の評価

Bracket / Insert / Backing Plate / Edge Distance を証明できる図を添付する
 車両片側2箇所以上 各Attachmentは、M8ボルト2本以上で固定のこと
Front Hoopはラミネート可 (但し、パイプ肉厚検査できるよう一部を露出させること)



Insert

コアがつぶれないよう
インサートを入れること

Backing Plate

鉄 t2以上のバックプレートが必須。外周長さを正確に記入すること

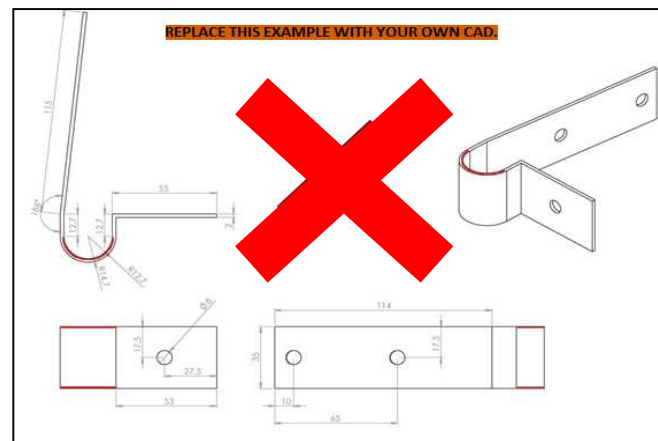
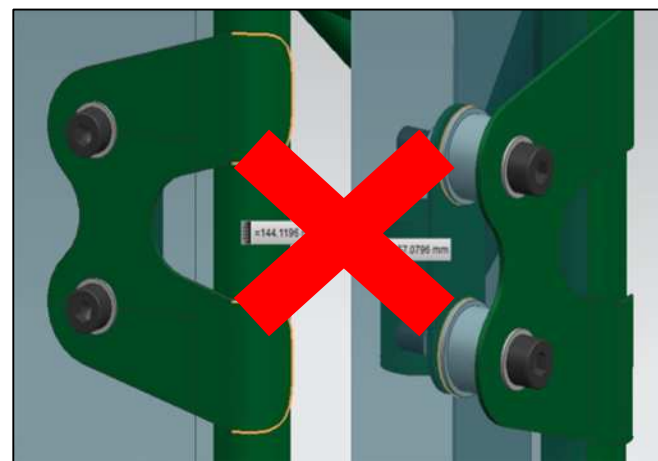
Bracket

溶接部長さ、接触面の外周長さを正確に記入すること

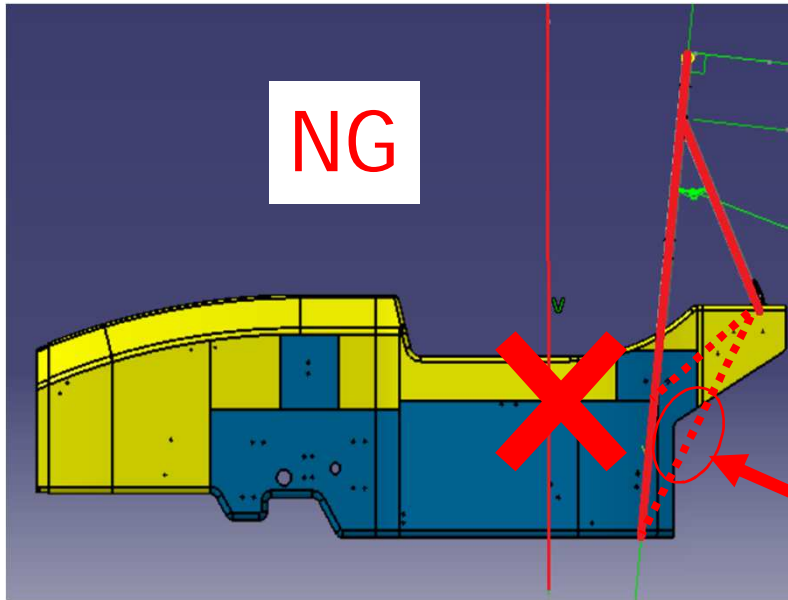
Edge Distance

モノコックエッジ部までの
最短距離を記入する

ブラケット単体が30kN以下で、曲がる・壊れるようなものは認められない

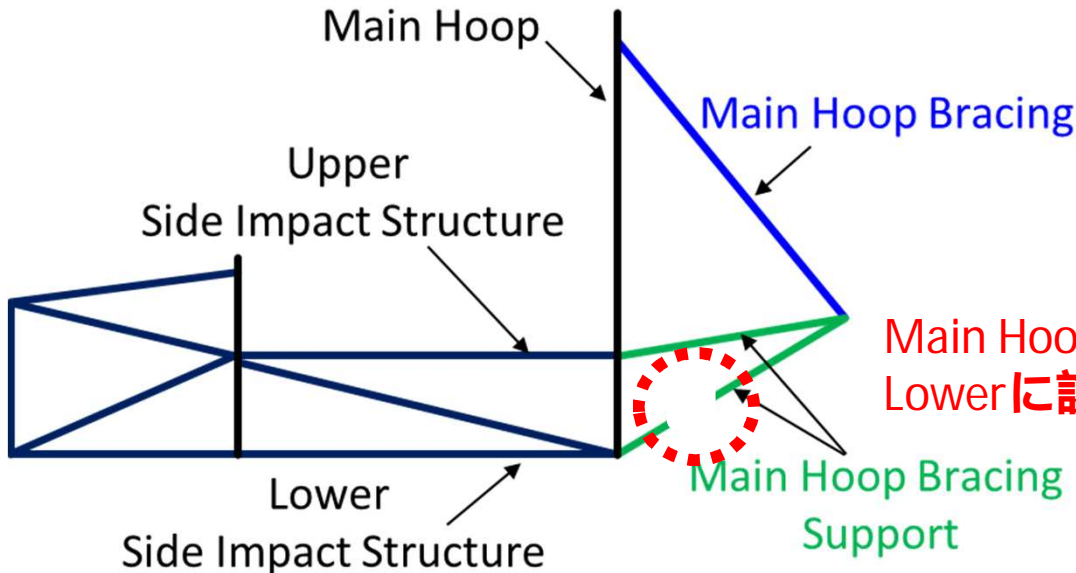


Monocoque 不適切事例



CAD図の様に、
Lower Main Hoop Bracing Support と
Lower Side Impact Structure の接続で、
空間が存在する場合、
下図が成立したとは認めない。

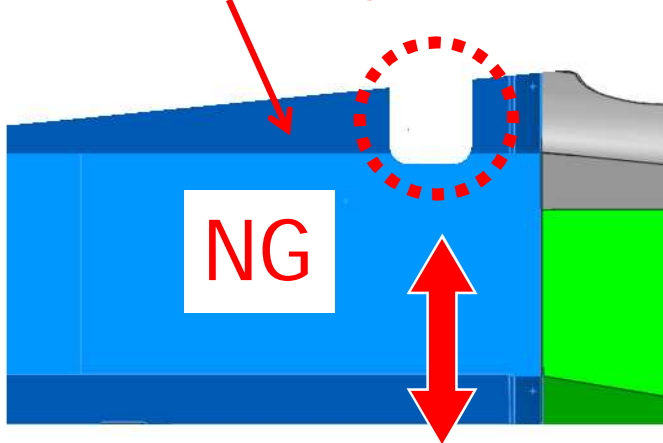
Composite material is
insufficient.



Main Hoop Bracing Supportの
Lowerに該当する部分が欠損している

Monocoque 不適切事例

Front Hoop Bracingに該当する部分



上のCAD図の様に、ダンパー固定のために
Monocoque構造のFront Hoop Bracingに
該当する部分をカットした場合、
下のパイプフレーム図では、Front Hoop
Bracingを切断したことになるため、
このレイアウトは認めない。

Front Hoop Bracingが欠損している

