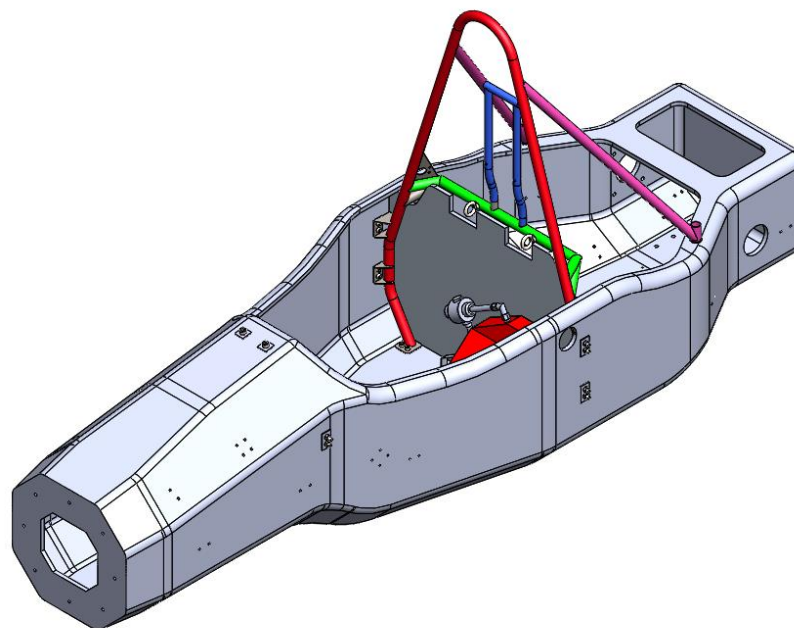


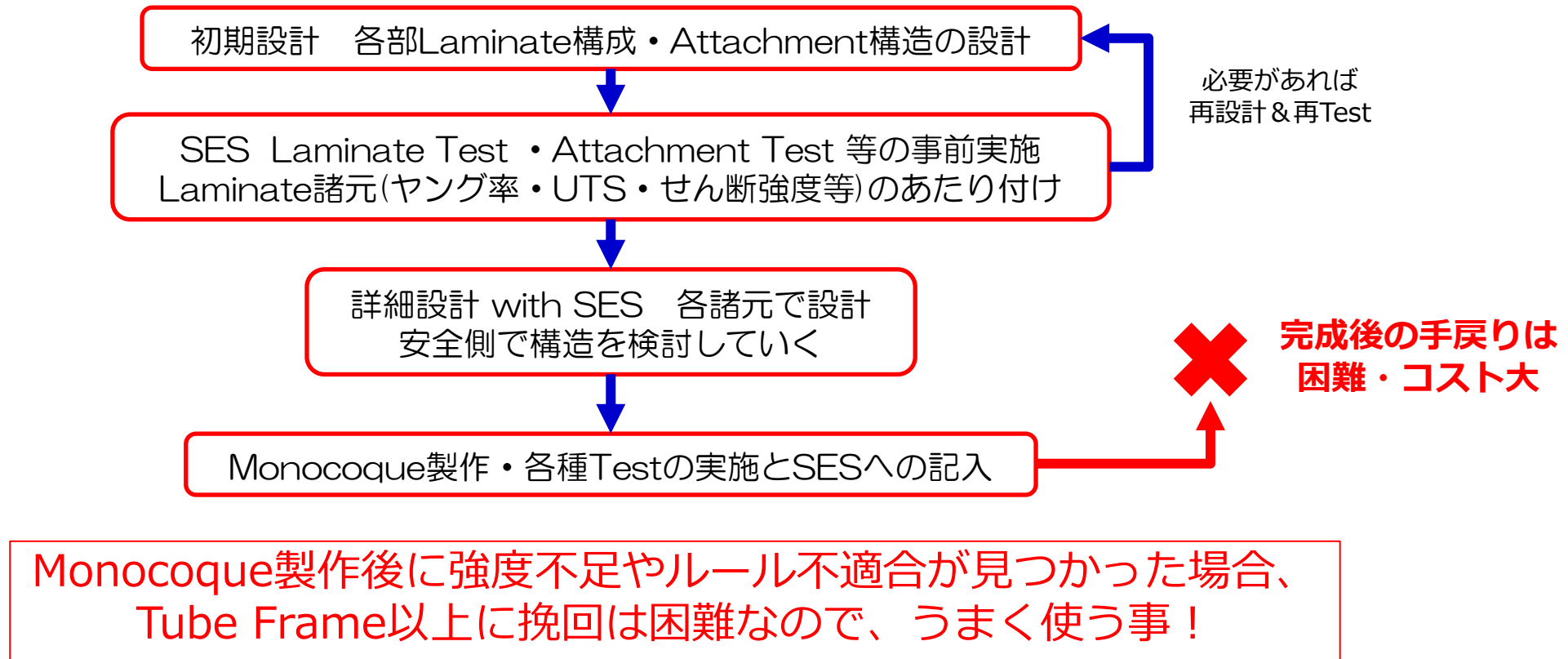
2024 SES (等価構造計算書) Monocoqueの場合



2024 V1.2準拠

- SESと設計の流れ

SESでは等価性証明のための証明試験(Laminate TestやAttachment Test等)が必要
⇒ うまく使いこなすことで致命的な手戻りリスクやルール不適合を回避できる



F.4.1.4から、MonocoqueとTest Pieceは同じタイミングで製作されていて欲しい
プリプレグの保管期限は常温で1週間程度(冷凍で半年～1年)

- Basic Procedure of SES input

- ① F.3.1-5 Tube Chassis -> Basic Info & Select [Tube] or [Composite]
Define your Composite Portion in the Structure.



- ② F.4.3 Composite
If necessary, duplicate [F.4.3 Composite] Sheet for Different or Additional Layup
It's strongly recommended to **be completed** before proceeding to the next step.



- ③ Test section in F.7.9-10 Attachments & in F.8 Front Protection (& in F.10-11 EV Accumulator)
Sometime test results affect your Chassis design



- ④ F.7 Composite Chassis, Remaining F.7.9-10 Attachments (and F.10-11 EV Accumulator)



- ⑤ Remaining F.8 Front Protection
Front Bulkhead section requires to complete FBHS section in F.7 Composite Chassis



- ⑥ Fill in remaining BLANKs

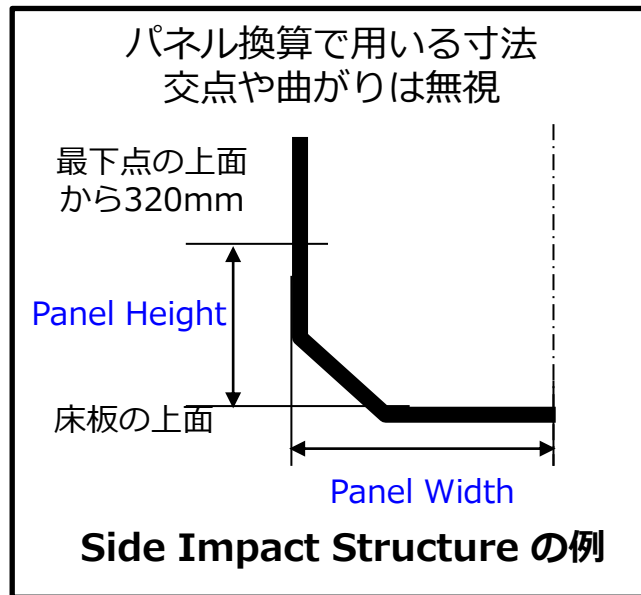
* Of course, BLANKs may be filled when possible.

- 等価性証明の基本はフラットパネル換算

MonocoqueはTube Frameに比べ構造が複雑

➡ フラットパネル換算(F.4.4)でBaseline Materialsパイプ(n本)と等価以上なら剛性・強度は十分担保できるという考え方

Monocoqueの等価性証明の基本計算はフラットパネル評価に基づく



フラットパネル換算が義務化されているSectionに注意
Front Bulkhead Support Structure (FBHS)

垂直壁はフラットパネル換算でBaselineパイプ1本分以上のEI

Side Impact Structure (SIS)

垂直壁はフラットパネル換算でBaselineパイプ2本分以上のEI

床板はフラットパネル換算でBaselineパイプ1本分以上のEI
を有していること(F.7.3.2, F.7.5.3, F.7.5.4)

上記箇所は幾何形状を考慮した等価性証明が認められない

- フラットパネルの寸法をとる断面

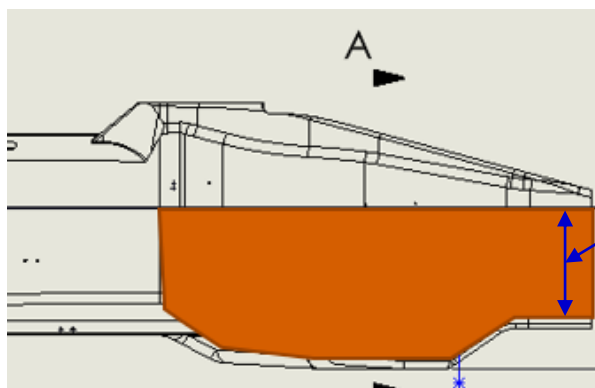
2024SESでフラットパネルの断面位置が**最小断面**もしくは**平均断面**のどちらか、と指定された開口部や不連続がある場合、その分を寸法から減算する事

Select the minimum or average cross section for the FBHS.
Access holes or single skins are not counted, and usually create the minimum cross section.
Treat sharp cross sectional discontinuities (example: damper cutouts) like holes.

FSAEJでは最小値(最弱断面)での入力を強く推奨する

理由

- ・ 平均値で基準の100%ギリギリだと、最弱部で間違いなく基準未達となる
- ・ 破壊は弱いところから起こる
- ・ そもそも平均断面を選択する理由は最弱部で基準未達になるからだろ…



なお、平均断面を選択する場合…

平均断面は領域積算値から求めること

殆どの場合で**(最大+最小)/2は平均ではない**

平均値の根拠(計算)をSESに記載すること

2024 SES (等価構造計算書) Monocoqueの場合

F.4.3 Composite

2024 V1.2準拠

- 等価性証明の要となる諸元の導出

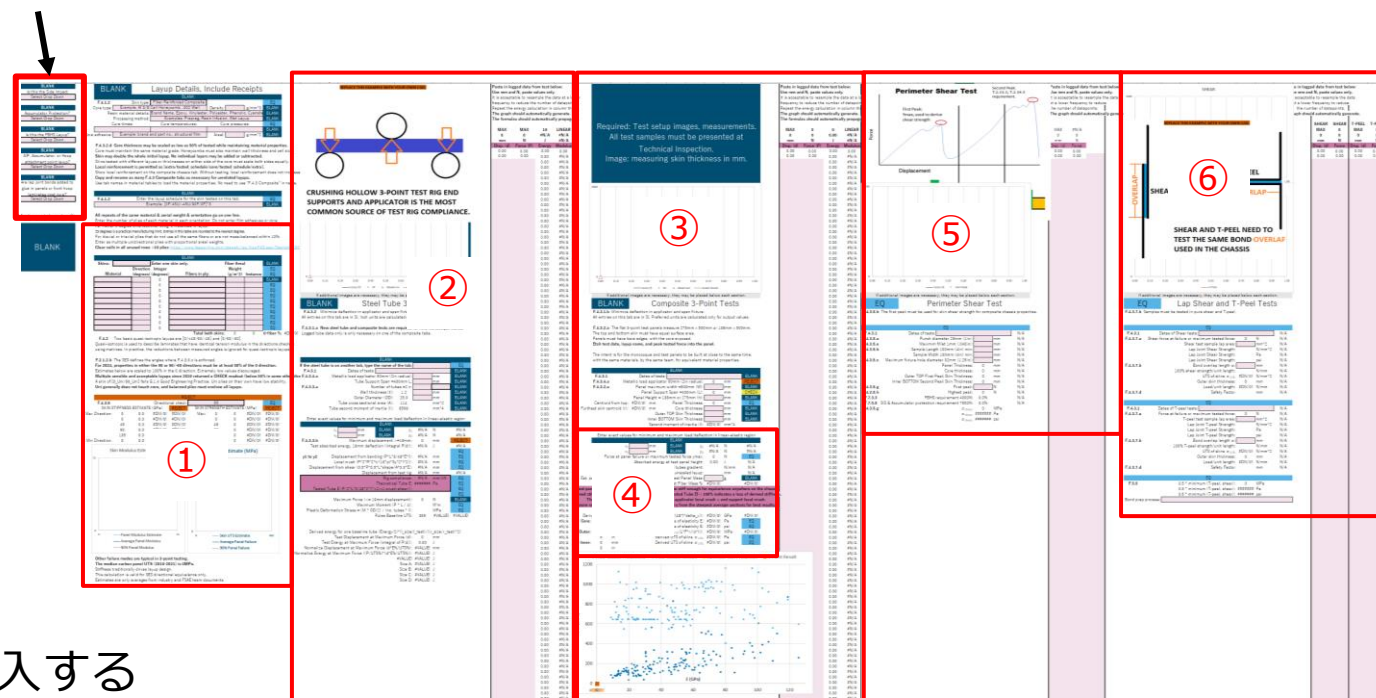
Tube Frameであればヤング率や降伏強度等の物性値は共通の値を使用できるが、Monocoqueは作り方次第で物性値が大きく変わるため、実験による諸元導出がMust
同じ作り方でも使用部材の保管状態や作業者によって諸元が変動するため、異なる年度の試験結果流用は一切禁止(F.4.3.1b)

F.4.3 Compositeで示す内容

Primary Structureで使用する各Laminateの

- ①準等方性(Quasi-Isotropic) F.4.2, F.4.3.6
- ②比較試験(Size-B Steel Tubeの3-point Bending) F.4.3.3, F.4.3.4
- ③Laminate Test (3-Point Bending) F.4.3.2, F.4.3.4
- ④SESで用いられる物性値(ヤング率E・UTS) F.4.3.5
- ⑤せん断強度(SIS/FBHS/Acc.Protection/Attach箇所) F.4.3.5
- ⑥接着のせん断強度・T-Peel強度 F.4.3.7

当該Laminateの用途を適切に選択すること

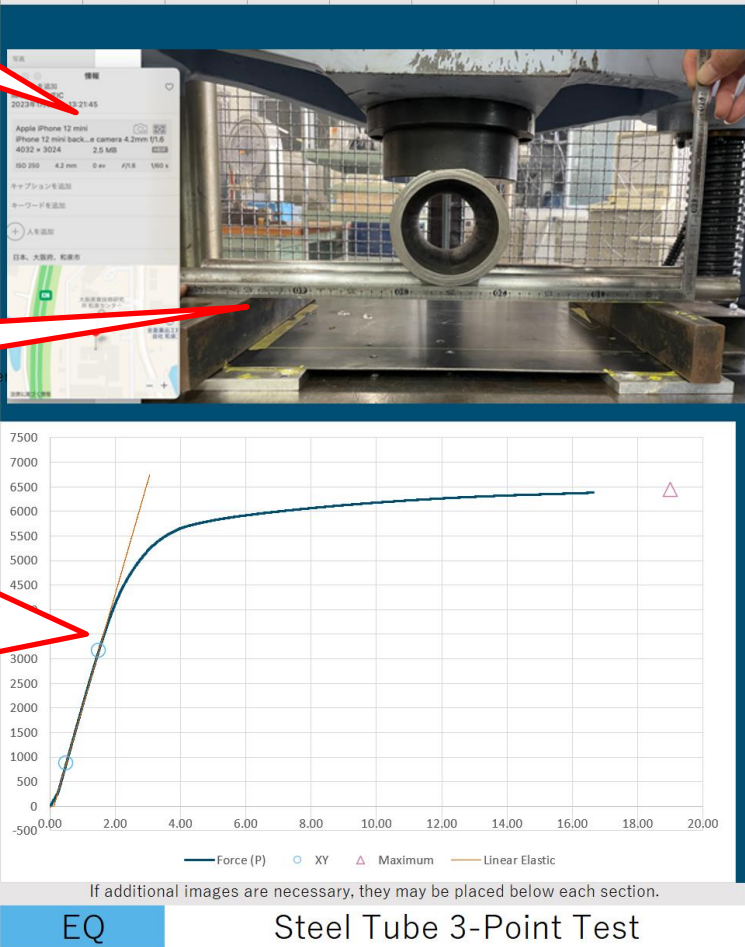


Different Layupがある場合はシートを複製して記入する

② Steel Tube 3-Points Test テストデータの入力

撮影日時がわかるようにしておくこと
当日の新聞を同時に撮影してもよい

Test Rig全体とSpanを示すスケールを
同時撮影する



Paste in logged data from test below:
Use mm and N, paste values only.
It is acceptable to resample the data at a lower frequency to reduce the number of datapoints. Repeat the energy calculation in column three. The graph should automatically generate. The formulas should automatically propagate.

MAX	MAX	19	LINEAR
20.00001	6441.15527	0.00	2.30E+03
mm	N	J	-2.84E+02
Disp. (d)	Force (P)	Energy	Modulus
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00
0.00068	-1.63908	0.00	0.00
0.00209	-1.26859	0.00	0.00
0.00405	-1.2299	0.00	0.00
0.00573	-1.45987	0.00	0.00
0.00737	-1.15977	0.00	0.00
0.00906	-1.53145	0.00	0.00
0.01071	-1.09855	0.00	0.00
0.01238	0.75603	0.00	0.00
0.01406	1.75787	0.00	0.00
0.0157	4.31078	0.00	0.00
0.0174	5.77078	0.00	0.00
0.01905	7.56844	0.00	0.00
0.0207	9.77582	0.00	0.00
0.02242	10.94664	0.00	0.00
0.02405	12.98738	0.00	0.00
0.02572	15.25291	0.00	0.00
0.02743	17.03223	0.00	0.00
0.02902	18.50953	0.00	0.00
0.03072	20.56926	0.00	0.00
0.03241	22.43157	0.00	0.00
0.03402	24.02636	0.00	0.00
0.03574	26.16495	0.00	0.00
0.0374	27.74346	0.00	0.00
0.03903	30.05233	0.00	0.00
0.04074	31.39499	0.00	0.00
0.04238	33.73969	0.00	0.00
0.04406	35.79788	0.00	0.00
0.04573	37.46491	0.00	0.00
0.04739	39.37881	0.00	0.00
0.04906	41.4975	0.00	0.00
0.05072	42.87376	0.00	0.00
0.0524	45.11401	0.00	0.00
0.05407	46.62231	0.00	0.00
0.05571	49.11248	0.00	0.00

試験結果(変位と荷重)を直接入力する

吸収エネルギーは自動計算されるが
計算式が途中行までしかないので不足
分は各自で補完のこと

荷重は無負荷時にゼロとなる事

2024SESから
SES自体にグラフ表示が追加された。
データを入力すると自動的に描画される。
これ以外のグラフ(オリジナル)は
フォーマット不適合としてRejectする

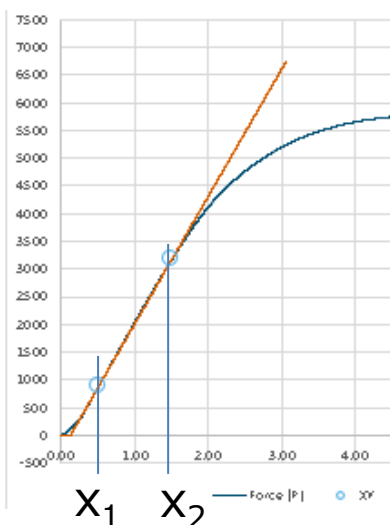
EQ Steel Tube 3-Points Test

F.4.3.2 Minimize deflection in applicator and span fixture.
All entries on this tab are in SI. Inch units are calculated only for output values.

F.4.3.1.a New steel tube and composite tests are required for new monocoque builds.
Logged tube data only is only necessary on one of the composite tabs.

② Steel Tube 3-Points Test 詳細記入

EQ	
If the steel tube is on another tab, type the name of the tab: <input type="text" value="EQ"/>	
F.4.3.1	Dates of tests: 2023.12.27
F.4.3.4.a	Metallic load applicator 50mm (2in radius): 50 mm
	Tube Support Span =400mm L: 400 mm
F.4.3.3.a	Number of tubes =2 n: 2 Round
	Wall thickness (t): 1.2 1.6 mm
	Outer Diameter (OD): 25.0 25.4 mm
	Tube cross sectional area (A): 114 120 mm ²
	Tube second moment of inertia (I): 8509 8509 mm ⁴
Enter exact values for minimum and maximum load/deflection in linear-elastic region	
	EQ
x ₁	0.5 mm
x ₂	1.5 mm
y ₁	866 N
y ₂	3166 N
F.4.3.3.b	Maximum displacement >=19mm: 20 mm
	Test absorbed energy, 19mm deflection (integral P(d)): 0.00 J
y1 to y2	Displacement from bending (P*L ³ /48*E*I): 0.901 mm
	Local crush (P*2*R ² *t/(16*pi*Sy*2*I ²)): 0.022 mm
	Displacement from shear (0.5*P*0.5*L*shape/A*0.3*E): 0.032 mm
	Displacement from test rig: 0.045 mm
	Rig compliance: 0.020 mm/kN
	Theoretical Tube E: 2.00E+11 Pa
	Tested Tube E (P/2*L ³ /48*2*I*(x2-x1-crush-shear)): 1.90E+11 95.2%
	Maximum Force (<= 19mm displacement): 6441 N
	Maximum Moment (P * L / 4): 6.44E+02 N*m
	Plastic Deformation Stress = (M * OD/2) / (no. tubes * I): 481 MPa
	Rules Baseline UTS: 365 131.69%



2024で変更あり

Different Layupで複数F.4.3 Compositeタブができる場合、1つのシートだけに記述すればよい

⇒それ以外のシートでは記述されたシートを指定すればよい

x1,x2はそれぞれ線形弾性域の始点と終点の変位を入力する

2024SESでは1つのシートで記述すれば
Different Layupはそのシートを参照するだけでよい

BLANK	
If the steel tube is on another tab, type the name of the tab: <input type="text" value="EQ"/>	
F.4.3.1	Dates of tests: <input type="text" value="BLANK"/>
F.4.3.4.a	Metallic load applicator 50mm (2in radius): <input type="text" value="BLANK"/> mm
	Tube Support Span =400mm L: <input type="text" value="BLANK"/> mm
F.4.3.3.a	Number of tubes =2 n: <input type="text" value="BLANK"/>
	Wall thickness (t): 1.2 <input type="text" value="BLANK"/> mm
	Outer Diameter (OD): 25.0 <input type="text" value="BLANK"/> mm
	Tube cross sectional area (A): 114 <input type="text" value="BLANK"/> mm ²
	Tube second moment of inertia (I): 8509 <input type="text" value="BLANK"/> mm ⁴
Enter exact values for minimum and maximum load/deflection in linear-elastic region	
	BLANK
x ₁	<input type="text" value="BLANK"/> mm
x ₂	<input type="text" value="BLANK"/> mm
y ₁	-2 N
y ₂	-2 N
F.4.3.3.b	Maximum displacement >=19mm: 20 mm
	Test absorbed energy, 19mm deflection (integral P(d)): 0.00 J
y1 to y2	Displacement from bending (P*L ³ /48*E*I): #DIV/0! mm
	Local crush (P*2*R ² *t/(16*pi*Sy*2*I ²)): #DIV/0! mm
	Displacement from shear (0.5*P*0.5*L*shape/A*0.3*E): #DIV/0! mm
	Displacement from test rig: #DIV/0! mm
	Rig compliance: #DIV/0! mm/kN
	Theoretical Tube E: 2.00E+11 Pa
	Tested Tube E (P/2*L ³ /48*2*I*(x2-x1-crush-shear)): #DIV/0! mm/kN
	Maximum Force (<= 19mm displacement): 6441 N
	Maximum Moment (P * L / 4): 0.00E+00 N*m
	Plastic Deformation Stress = (M * OD/2) / (no. tubes * I): #VALUE! MPa
	Rules Baseline UTS: 365 #VALUE! #VALUE!



EQ	
If the steel tube is on another tab, type the name of the tab: <input type="text" value="TestLaminate"/>	
F.4.3.1	Dates of tests: <input type="text" value="N/A"/>
F.4.3.4.a	Metallic load applicator 50mm (2in radius): <input type="text" value="N/A"/> mm
	Tube Support Span =400mm L: <input type="text" value="N/A"/> mm
F.4.3.3.a	Number of tubes =2 n: <input type="text" value="N/A"/>
	Wall thickness (t): 1.2 <input type="text" value="N/A"/> mm
	Outer Diameter (OD): 25.0 <input type="text" value="N/A"/> mm
	Tube cross sectional area (A): 114 120 mm ²
	Tube second moment of inertia (I): 8509 8509 mm ⁴
Enter exact values for minimum and maximum load/deflection in linear-elastic region	
	EQ
x ₁	0.5 mm
x ₂	1.5 mm
y ₁	866 N
y ₂	3166 N
F.4.3.3.b	Maximum displacement >=19mm: 20 mm
	Test absorbed energy, 19mm deflection (integral P(d)): 0.00 J
y1 to y2	Displacement from bending (P*L ³ /48*E*I): 0.901 mm
	Local crush (P*2*R ² *t/(16*pi*Sy*2*I ²)): 0.022 mm
	Displacement from shear (0.5*P*0.5*L*shape/A*0.3*E): 0.032 mm
	Displacement from test rig: 0.045 mm
	Rig compliance: 0.020 mm/kN
	Theoretical Tube E: 2.00E+11 Pa
	Tested Tube E (P/2*L ³ /48*2*I*(x2-x1-crush-shear)): 1.90E+11 95.2%
	Maximum Force (<= 19mm displacement): 6441 N
	Maximum Moment (P * L / 4): 6.44E+02 N*m
	Plastic Deformation Stress = (M * OD/2) / (no. tubes * I): 481 MPa
	Rules Baseline UTS: 365 131.69%

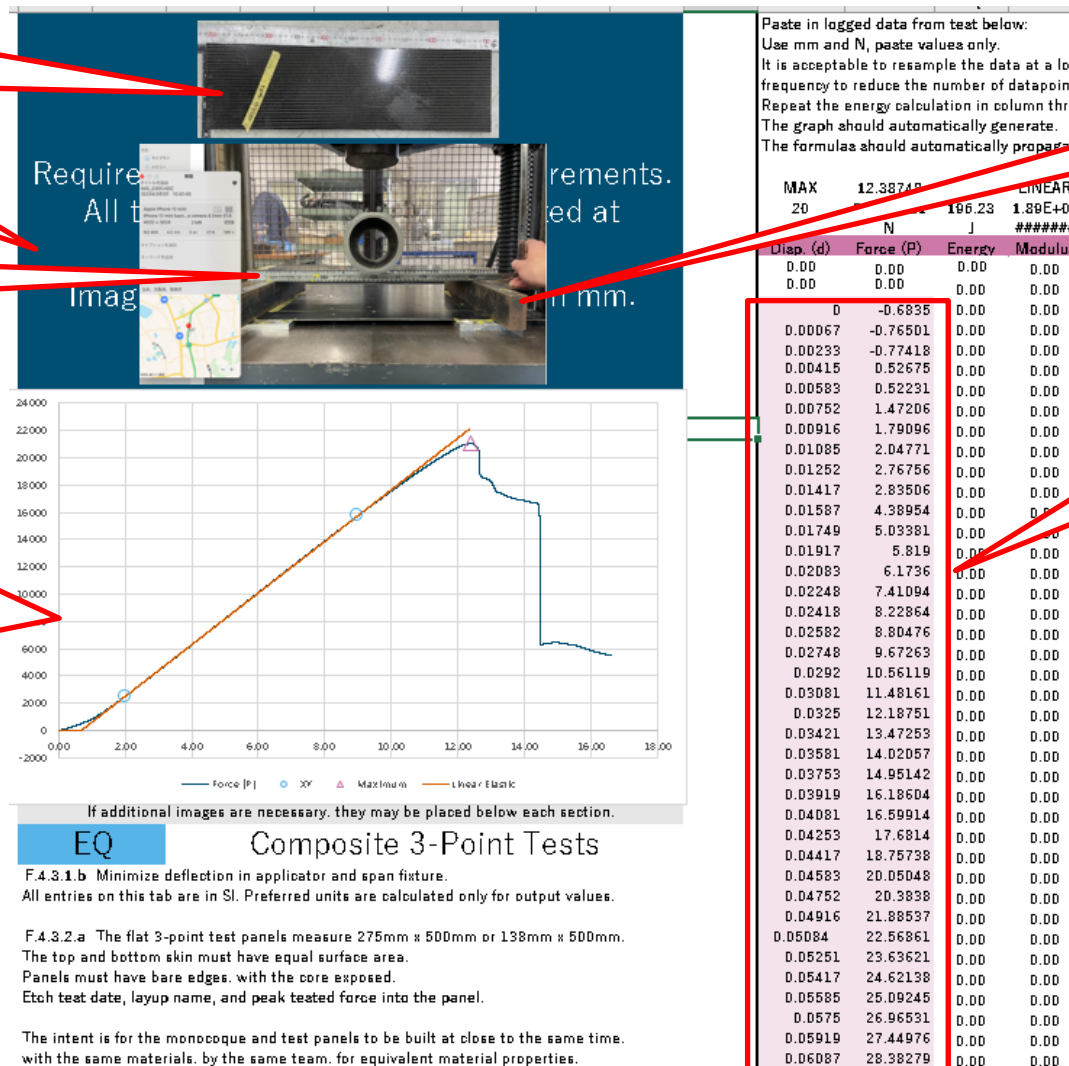
③ Composite 3-Point Tests テストデータの入力

Test Pieceの寸法が分かること
特に幅はSetup図だけではわからないので
見本のように別添が望ましい

撮影日時がわかるようにしておくこと
当日の新聞を同時に撮影してもよい

Test Rig全体とSpanを示すスケールを
同時撮影する

こちら2024SESから
SES自体にグラフ表示が追加された。
データを入力すると自動的に描画される。
これ以外のグラフ(自作,別画像等)は
フォーマット不適合としてRejectする



RigはSteel Tube Testと同一である事

試験結果(変位と荷重)を直接入力する

吸収エネルギーは自動計算されるが
計算式が途中行までしかないので不足
分は各自で補完のこと

荷重は無負荷時にゼロとなる事

③ Composite 3-Point Tests 詳細入力

EQ		EQ
F.4.3.1	Dates of tests:	2023.12.27
F.4.3.4.a	Metallic load applicator 50mm (2in radius):	50 mm
F.4.3.2.a	Panel maximum width =500mm (W):	500 mm
	Panel Support Span =400mm (L):	400 mm
	Panel Height = 138mm or 275mm (h):	138 mm
	Centroid from top:	11.500 mm
	Furthest skin centroid (r):	10.750 mm
	Panel Thickness:	23 mm
	Core thickness:	20 mm
	Outer TOP Skin Thickness:	1.5 mm
	Inner BOTTOM Skin Thickness:	1.5 mm
	Second moment of inertia (I):	47921 mm ⁴

Enter exact values for minimum and maximum load/deflection in linear-elastic region

EQ		EQ
x ₁	2 mm	y ₁ 2505 N
x ₂	9 mm	y ₂ 15763 N
Force	Minimum tested force y _{max} :	21045 N
	Absorbed energy at test panel height:	196.23 J
	Single Size B tube gradient:	2415 N/mm
	Minimum panel height for vertical SIS EI, unscaled layup:	176 mm
Est. panel mass, no resin:	1.04E+02 g	Test Panel Mass:
Est. fiber mass:	103.5 g	Est Fiber Mass %:
		51.75%

A test panel with a gradient >= Size B tubing should be stiff enough for equivalence anywhere on the chassis. Derived stiffness is reduced by rig compliance. W76 Tested Tube EI < 100% indicates a loss of derived stiffness. The most common source of rig compliance is applicator local crush + end support local crush. Ignore ramp up and fall-off. Select tube and panel x+y from the steepest average sections for best results.

EQ		EQ
Core:	20 mm	Derived skin modulus of elasticity E (delta_y*(L^3/(48*I*delta_x))):
	0.787 in	Derived skin modulus of elasticity E: 5.27E+10 Pa
Outer:	1.5 mm	Derived skin modulus of elasticity E: 7.64E+06 psi
	0.059 in	Derived UTS of skins sigma_u15 (L*F*r/(4*I)): 4.72E+02 MPa
Inner:	1.5 mm	Derived UTS of skins sigma_u15: 4.72E+08 Pa
	0.059 in	Derived UTS of skins sigma_u15: 6.85E+04 psi

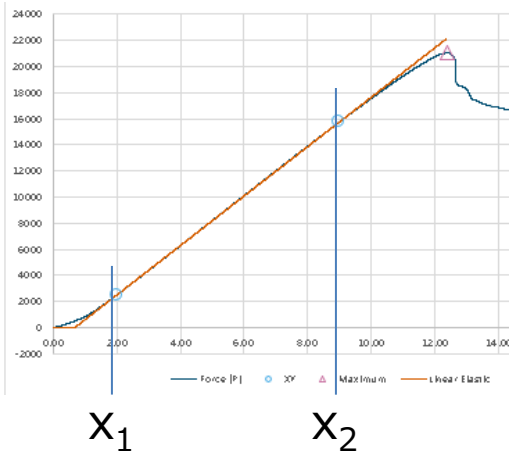
2024RulesでTest Panelのコア厚さが規定されたので注意すること
当該Layupが使用される最大厚さのコアしか認めない (F.4.3.2d)

必ずOuter側を上にする(実際のSetupも)

x1,x2はそれぞれ線形弾性域の始点と終点の変位を入力する

試験前に重量を計測し記入する事
Quasi-Isotropicで記入したPly Scheduleとの整合を見ている

各パートで計算に用いられるヤング率・UTSは自動的に計算される



このシートで記入間違いやミスによりヤング率・UTSが適切でないと判定された場合、他のシートでこれらを参照している項目はすべて審査不能として“無条件で”Rejectする

“無条件で”とは、内容審査もしないという意味
例：SIS用のLaminate で不適切と判定
⇒ F.7 Composite ChassisのSISを“無条件に”Reject

③ Perimeter Shear Test

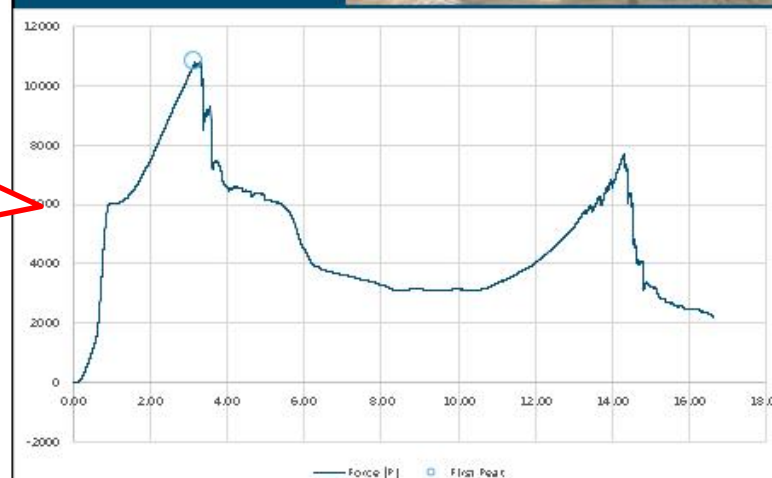
Test Pieceの寸法が分かること
特にPunch/Dieの寸法を示すこと

Test Setup全体を撮影すること

Dieは十分な厚さを用意すること
試験過程でBottom Skinが接触すると正しく計測できない

こちらも2024SESから
SES自体にグラフ表示が追加された。
データを入力すると自動的に描画される。
**これ以外のグラフ(自作,別画像等)は
フォーマット不適合としてRejectする**

撮影日時がわかるようにしておくこと
当日の新聞を同時に撮影してもよい



If additional images are necessary, they may be placed below each section.

EQ

Perimeter Shear Test

F.4.3.5.b The first peak must be used for skin shear strength for composite chassis properties.

Paste in logged data from test t
Use mm and N, paste values onl
It is acceptable to resample the
at a lower frequency to reduce
the number of datapoints.
The graph should automatically

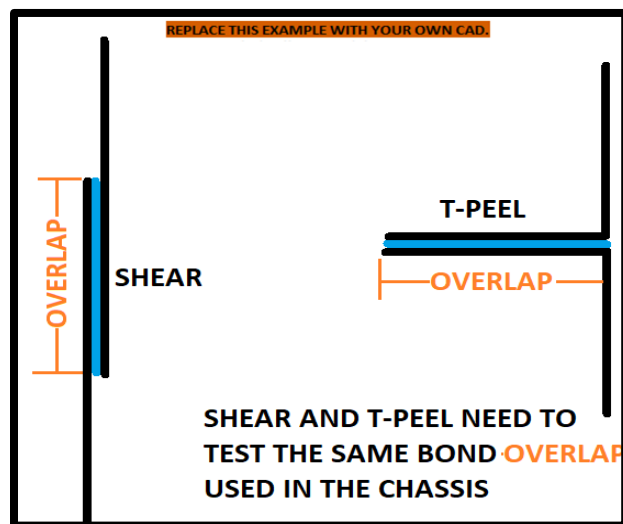
MAX	3.16245
22.1338	10763.8
mm	N
Disp. (d)	Force (P)
0.00	0.00
0.00	0.00

0	0.15152
0.00068	0.35986
0.00211	0.22299
0.00412	0.44783
0.0057	0.71346
0.00742	0.18248
0.0091	0.81529
0.0107	0.32301
0.01243	0.06762
0.01407	0.32271
0.0157	0.40386
0.01743	-0.30244
0.01907	-0.22822
0.02074	0.02858
0.02242	0.0673
0.02408	-0.02959
0.02574	0.18953
0.02741	0.09645
0.0291	0.51378
0.03075	0.10381
0.0324	0.2789
0.03411	0.20709
0.03573	0.0746
0.0374	0.11034
0.03912	-0.07252
0.04071	0.29979
0.04241	-0.27286
0.04412	0.56767
0.04571	0.22647

試験結果(変位と荷重)を
直接入力する

③ Lap-Joint Test

Shear Test(せん断強度)とT-Peel Test (剥離強度)の両方のテスト結果を入力する
試験方法はJIS K-6850 (せん断強度)やK-6854(剥離強度)とよく似ているので参考まで



「Bond prep Process」には接着の下処理(研磨や脱脂)を記入のこと

EQ Lap Shear and T-Peel Tests

F.4.3.7.b Samples must be tested in pure shear and T-peel.

EQ			
F.4.3.1	Dates of Shear tests:		N/A
F.4.3.7.a	Shear force at failure or maximum tested force:	0 N	N/A
	Shear test sample lap area:	mm ²	N/A
	Lap Joint Shear Strength:	N/mm ²	N/A
	Lap Joint Shear Strength:	Pa	N/A
	Lap Joint Shear Strength:	psi	N/A
F.4.3.7.b	Bond overlap length w:	mm	N/A
	100% shear strength/unit length:	N/mm	N/A
	UTS of skins σ_{UTS} :	4.72E+02 N/mm ²	N/A
	Outer skin thickness:	1.5 mm	N/A
	Load/unit length:	708.154 N/mm	N/A
F.4.3.7.d	Safety Factor	mm	N/A

EQ			
F.4.3.1	Dates of T-peel tests:		N/A
F.4.3.7.a	Force at failure or maximum tested force:	0 N	N/A
	T-peel test sample lap area:	mm ²	N/A
	Lap Joint T-peel Strength:	N/mm ²	N/A
	Lap Joint T-peel Strength:	Pa	N/A
	Lap Joint T-peel Strength:	psi	N/A
F.4.3.7.b	Bond overlap length w:	mm	N/A
	100% T-peel strength/unit length:	N/mm	N/A
	UTS of skins σ_{UTS} :	4.72E+02 N/mm ²	N/A
	Outer skin thickness:	1.5 mm	N/A
	Load/unit length:	708.154 N/mm	N/A
F.4.3.7.d	Safety Factor	mm	N/A

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

Bond prep process:

- Different or Additional Layup

Layupが複数種類ある場合、SESのF.4.3 Compositeシートを複製し都度試験結果を入力していく

参照方法

- F.7 Composite Chassis

A4:B20に各シート名を入力し、各[Layup Used:] のPull-downメニューから選択する

シート名を入力

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

Material	E (Pa)	S_Ultimate (Pa)
F.3.4.2 Steel	2.00E+11	3.65E+08
TestLaminate1	4.50E+10	4.66E+08
TestLaminate2	5.27E+10	4.72E+08



BLANK Front Hoop Braces (FHB)

The height(d) of the monocoque comparison for Forward FHB must not exceed 50mm.

BLANK

F.6.3 Front Hoop Brace Construction: 0 N/A

Size B Steel Tubes Replaced On One Side: 0 N/A

Layup Used: TestLaminate1 N/A

TestLaminate1 N/A

TestLaminate2 N/A

F.4.3.2.d 50% < Core < 100%: 0.00% Core thickness: N/A

Scaling option, layup repeats: Outer skin thickness: EQ

Scaling option, layup repeats: Inner skin thickness: EQ

Panel thickness: N/A

Half Car Width (Minus holes and single skins): N/A

Pull-downで選択

- F.7.9-10 Attachments / F.8 Front Protection

各[Type SES Tab Name Of Layup Used] に直接シート名を入力する

EQ

Lap and Anti-Submarine Belt Attachment: 0 N/A

Type SES Tab Name Of Layup Used: TestLaminate1 N/A

Hardpoint type: N/A

2024 SES (等価構造計算書) Monocoqueの場合

F.7 Composite Chassis

2024 V1.2準拠

• Chassis各部等価性証明

① Layup毎の物性値(F.4.3 Compositeシート名を入力のこと)

② 各図のLayup毎の色分けと色の意味を記述

③ FHBS等価性計算 ③*はSteering Protection

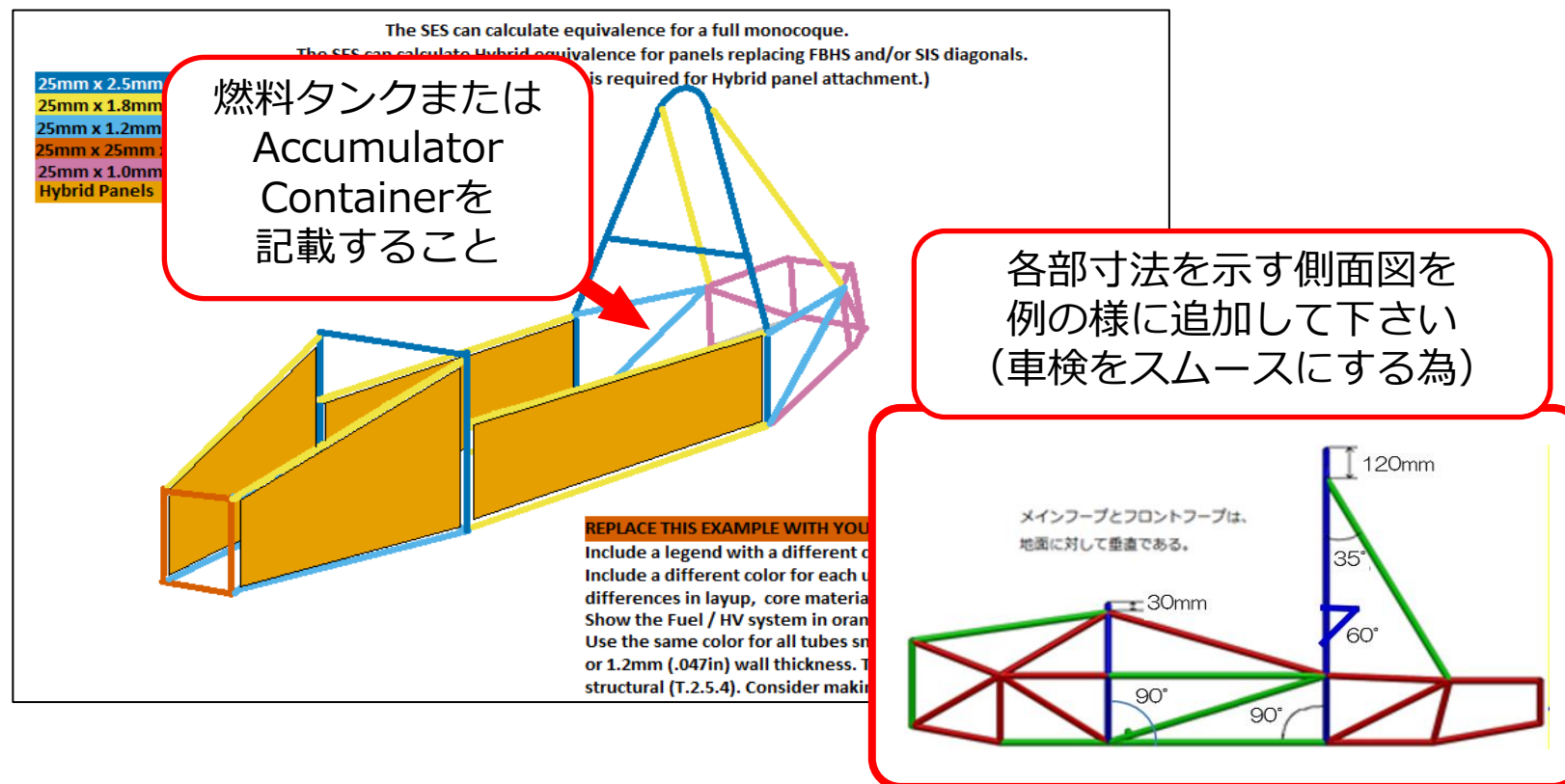
④ FHB等価性計算 ④*は後方へのFHBが必要な場合の計算部

⑤ SIS等価性計算 ⑤*はTube SISの床板をCompositeに置き換えている場合も使用する

EV①-③ EV関係各部の等価性計算

- Chassis各部等価性証明

アイソメ図は下記に示す様に記載する事



1. ICVでは燃料タンクを、EVではAccumulator Containerを図示する
2. パイプの色分けはサンプルと同様を推奨
3. 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

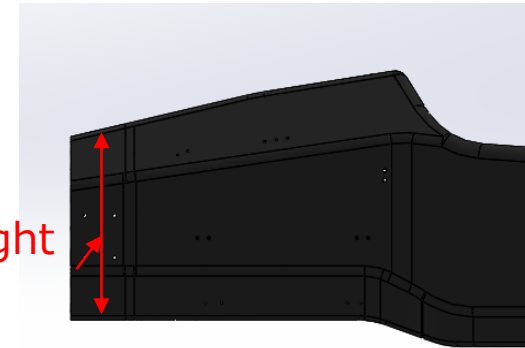
- Front Bulkhead Supports (FBHS)

(1)フラットパネル換算

⇒計算シートに寸法を記入すれば Size C Steel tube3本分と
等価性が評価される

入力したPanel Heightの根拠を示すこと
(開口部がある場合はその寸法を減算する)

最弱部のSide View Height
(通常は最小高さ)

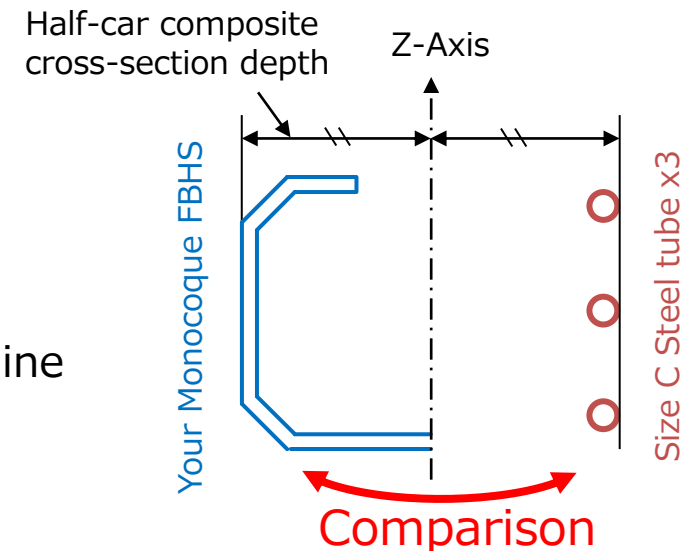


(2)(1)で等価性が100%未満となる場合 OPTION – Half Car ~ を利用する

Half-car composite cross sectional areaには
Skinのみの断面積を入力

Half-car composite cross-section depthには
車両センター軸からの外幅(右図参照)を入力

Half-car composite second moment about car centerline
には**車両センター軸(Z軸)周りのSkinだけの
断面二次モーメントIzz**を入力する

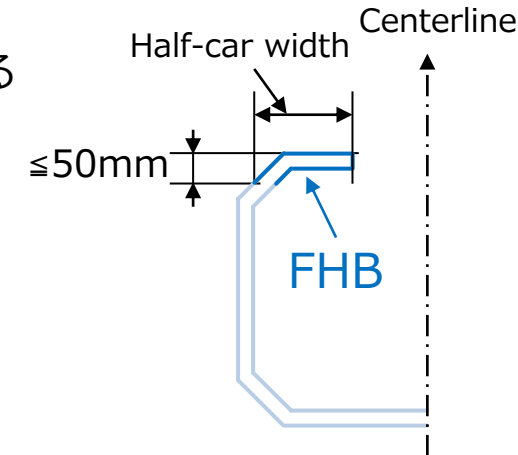


実際の計算は、フラットパネルが half-car widthにあった場合に対するZ-Axis周りの断面二次モーメントの倍率を求め、その倍率をフラットパネルに掛けたものとTubeとの比較となる。精々130%程度にしかならないので、フラットパネルで成立するように設計することが望ましい。

- Front Hoop Brace (FHB)

(1) フラットパネル換算

⇒計算シートに寸法を記入すればSize B Steel tubeと比較評価される
入力したHalf-car widthの根拠を示すこと
(開口部がある場合はその寸法を減算する)

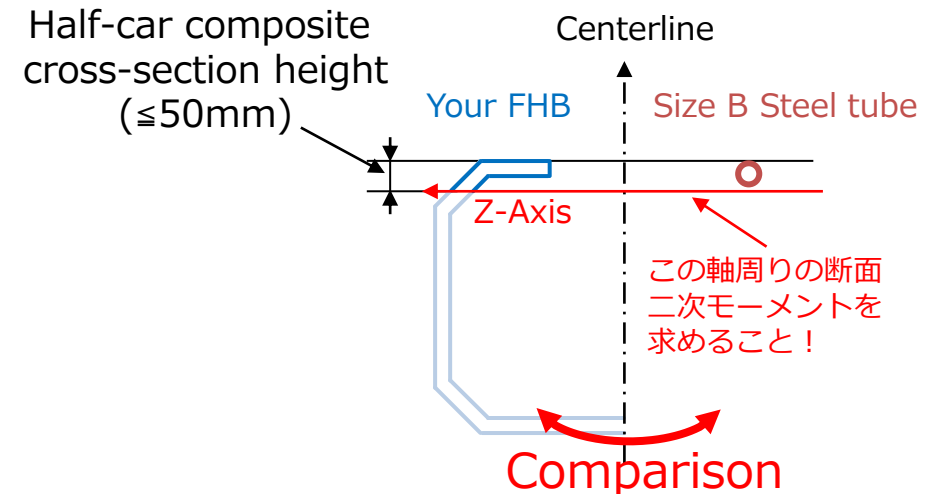


(2)(1)で等価性が100%未満となる場合 OPTION – Half Car ~ を利用する

Half-car composite cross sectional areaには
Skinのみの断面積を入力

Half-car composite cross-section heightには
天辺からFBHとみなす高さ($\leq 50\text{mm}$) を入力(右図参照)

Half-car composite second moment about car centerline
には**FHBとみなす部位の下端を水平に通る軸周りの**
Skinのみの断面二次モーメント I_{zz} を入力する(右図参照)



- Side Impact Structure (SIS)

- (1)フラットパネル換算

F.4.4に基づきフラットパネル換算以外での等価性証明は一切認められない

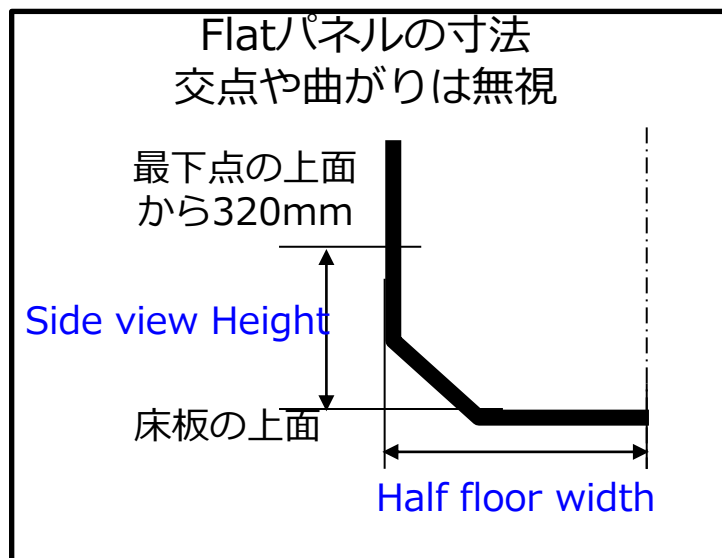
⇒計算シートに寸法を記入すれば

Vertical Wall vs Size B Steel tube x2

Horizontal Wall vs Size B Steel tube x1

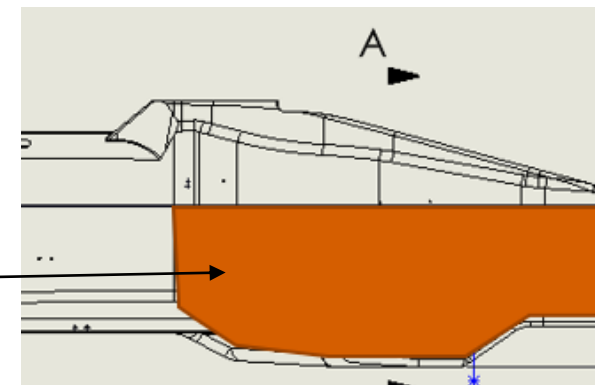
で等価性が評価される

(開口部がある場合はその寸法を減算する)



SIS該当部分

Main Hoop - Front Hoop間は
すべてSISである(F.7.5.1)



FLOOR BETWEEN FH/MH MUST USE MINIMUM, SUBTRACT ALL OPENINGS AND SINGLE SKINS.

FloorのPanel widthだけは最小幅の指定あり

Primary Structureの中でもRoll Hoopに次いで
重要なDriver Protectionであるため、
Rulesに基づいて確実に等価性を証明すること！

- Main Hoop Brace Support(MHBS)

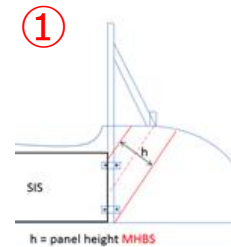
(1)フラットパネル換算

⇒計算シートに寸法を記入すればSize C Steel tube 2本と比較評価される
入力したSide view heightの根拠を示すこと
(開口部がある場合はその寸法を減算する)

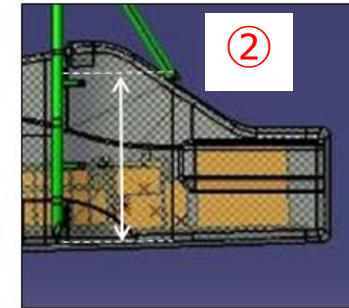
通常は①の寸法hを用いる

MHBSがM.Hoop⇔MHB Attachment間が
FloorまでFlat Panelとみなせる場合は
②のPanel Heightを用いてよい

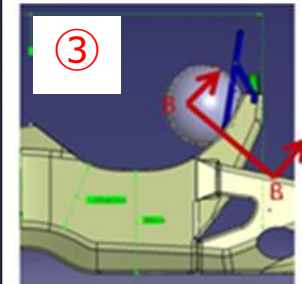
③はフラットパネル換算で等価性を
証明できない場合(2)についての言及



Ideally, monocoques orient their strength from midway between the MH mounts to the MHB.



Monocoques that extend below the MHB to a flat floor may use this flat panel height.



Monocoques with a limited path must use the minimum section, and are strongly encouraged to monitor laminate directional strength.

(2)(1)で等価性が100%未満となる場合 OPTION – Half Car ～ を利用する

入力寸法や注意点はFBHSと同様であるため割愛する

- Accumulator Side Protection
- Tractive Side Protection
- Rear Impact Protection

(1)フラットパネル換算

⇒計算シートに寸法を記入すればSteel tubeと比較評価される
入力したSide view heightが最弱部寸法であることを示すこと
(開口部がある場合はその寸法を減算する)

(2)(1)で等価性が100%未満となる場合 OPTION – Half Car ～ を利用する

2024 SES (等価構造計算書) Monocoqueの場合

F.7.8-9 Attachments

2024 V1.2準拠

各Attachmentsの等価性証明

BLANK

Test setup images

Anti-sub Load deflection Curve

S.Harness Structure (CAD)

N/A

Strength of S.Harness bar And Attach point

Lap & Anti-sub Structure (CAD)

N/A

Strength of Lap and Anti-sub Attach point

F.Hoop mount (CAD)

BLANK

Strength of F.Hoop Mount

M.Hoop mount (CAD)

BLANK

Strength of M.Hoop Mount

Hoop Brace mount (CAD)

BLANK

Strength of Hoop Brace Mount

Acc. Attach (CAD)

BLANK

Strength of Hybrid Chassis Attachment

Added in 2024

Strength of Accumulator Attachment (Chassis Side)

Strength of Bonded Steering Protection Attachment

Actual Test section Of Harness Attachments

Select Structure and fill in BLANKs

25

• Harness Attachments

EQ		
Shoulder Harness attachment points		
T.2.6.2	Shoulder harness mount spacing 175mm to 295mm	200 mm
	Shoulder attachment test angle should be 90 degrees	90
F.7.10.2.c	Shoulder harness belt angle (0 = parallel to dorsal)	N/A
	Shoulder Harness monocoque dorsal height	400 mm
	Shoulder Harness monocoque dorsal width	400 mm
	Shoulder Harness attachment test dorsal height	400 mm
	Shoulder Harness attachment test dorsal width	400 mm
F.7.10.2.a	Minimum distance, fixture to load 125mm (4.92in)	190 mm
F.7.10.1.a	Force at failure or maximum tested >= 30kN	31776.525 N

引張方向に注意

EQ		
Lap belt and anti-submarine attachment		
F.7.10.1.d	Lap and anti-sub attachment or insert?	Yes
F.7.10.1.d	Minimum spacing, lap to anti-sub 125mm (4.92in)	mm
F.7.10.2.a	Minimum distance, fixture to load 125mm (4.92in)	190 mm
F.7.10.1.d	Force at failure or maximum tested >= 30kN	31776.525 N

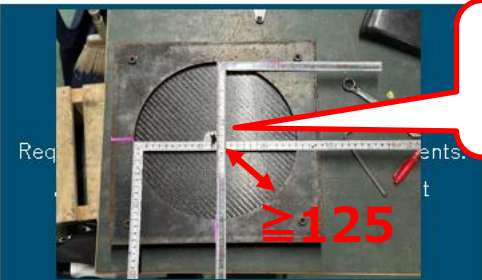
LapとAnti-Subを1つのAttachで共有する場合はYES

EQ		
Separate Anti-Sub		
F.7.10.1.c	Same insert design as lap or anti-sub?	Yes
	Force at failure or maximum tested >= 15kN	0 N

LapとAnti-subが独立で同じ設計ならYES

EQ		
Six Point Attachment		
F.7.10.1.c	Same insert design as lap or anti-sub?	N/A
	Force at failure or maximum tested >= 15kN	0 N

Tube Frame - Monocoque columns N/A.

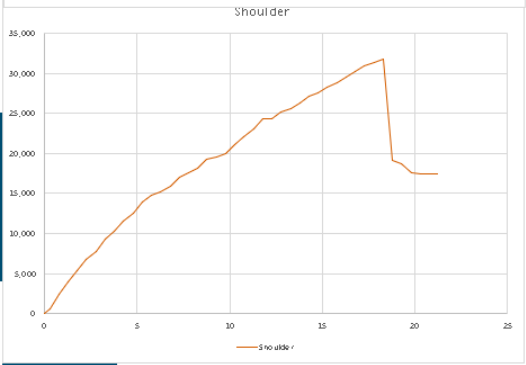
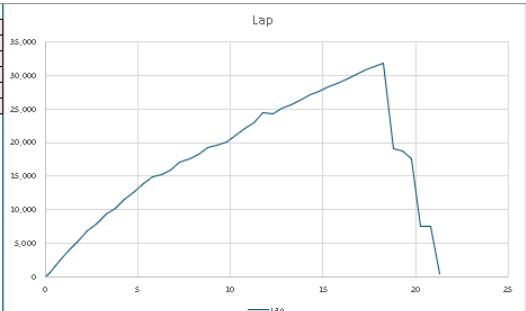


荷重点は固定端から125mm以上離れている必要がある



日時が分かるようにTest Setupを撮影すること

試験結果(変位と荷重)を直接入力する



BLANK

Harness Attachments

Paste in logged test data below. It is acceptable to resample at a frequency to reduce the number of datapoints. Enter test dates above.					
Test date:	2023.12.27				N/A
Shoulder mm	31776.525	Lap mm	31776.525	Anti mm	0
N		N		N	N
0.27858	697.5234	0.27858	697.5234		
0.77338	2480.345	0.77338	2480.345		
1.27852	3980.635	1.27852	3980.635		
1.77894	5278.381	1.77874	6375.891		
2.27616	6858.485	2.27896	6850.4952		
2.77654	7814.613	2.77844	7814.612		
3.27659	9371.778	3.27835	9371.778		
3.77727	10245.18	3.78007	10245.18		
4.27764	11581.17	4.28044	11581.17		
4.77782	12585.34	4.78071	12585.34		
5.27782	13845.21	5.28072	13845.21		
5.77855	14535.15	5.78135	14535.15		
6.27786	15017.5	6.28075	15017.5		
6.77879	15545.93	6.78185	15545.93		
7.27811	17004.63	7.28181	17004.634		
7.77852	17545.61	7.78232	17545.612		
8.2789	18184.05	8.2821	18184.05		
8.78034	19333.84	8.78314	19333.842		
9.27891	19568.83	9.28261	19568.83		
9.78059	20033.03	9.78335	20033.03		
10.281	21066.94	10.2838	21066.94		
10.781	22065.95	10.7838	22065.95		
11.2805	23016.83	11.283	23016.82		
11.7811	24381.62	11.7836	24381.62		
12.2824	24294.67	12.2852	24294.67		
12.7817	25135.2	12.7845	25135.2		
13.2822	25576.88	13.285	25576.88		
13.7816	26354.43	13.7844	26354.43		
14.2831	27145.75	14.2858	27145.75		
14.7831	27666.31	14.7858	27666.31		
15.2835	28232.86	15.2863	28232.86		
15.7827	28796.81	15.7855	28796.81		
16.2829	29455.95	16.2857	29455.95		
16.7844	30214.11	16.7872	30214.11		
17.2839	30895.35	17.2865	30895.35		
17.7838	31344.63	17.7867	31344.634		
18.2851	31776.525	18.2868	31776.525		

ShoulderとLapは自動でグラフ作成されるが
Anti-subはないので、自分でグラフ作成のこと

F.7.8-9 Attachments

Shoulder Harness Structure, Inserts (Lap, Anti-sub, 7thPoint Inserts)

上側はAttachmentの強度ではなく、Attachmentが取り付けられるPanel(またはTube)の強度なので注意
記述内容自体はF.7 Composite Chassisと同様

下側はAttachmentの強度計算(Lap, Anti-sub, 7thPoint Insertsも同様)

EQ Shoulder Harness Structure, Inserts

For comparison to test results.			
EQ			
F.3.2.1.k	Shoulder Harness Attachment:	Composite	
	Size A Steel Tubes Replaced:	1	
	Type SES Tab Name Of Layup Used:	TestLaminate	
	Core thickness:	20 mm	EQ
	Outer skin thickness:	1.5 mm	EQ
	Inner skin thickness:	1.5 mm	EQ
	Panel thickness:	23 mm	EQ
	Composite Panel Dimension (Intersecting Car Centerline):	200 mm	
	OPTION - Second Moment, Surpassing Flat Panel, CLEAR CELLS IF NOT USED.		
	Car centerline composite cross sectional area (skin only, no core):	mm ²	
	Car centerline composite area moment (I _{skinparallel}):	mm ⁴	
	1 x Steel Tube	Flat h or L _{parallel}	
F.3.4.1.a	Wall thickness:	0.0024 0.0015 0.0015 m	EQ
	Outer Diameter / Panel Thickness:	0.025 0.0015 0.0015 m	EQ
	Cross sectional area (A):	1.73E-04 6.00E-04 m ²	EQ
	Second moment of inertia (I):	1.13E-08 6.95E-08 m ⁴	EQ
F.3.4.2a	Young's Modulus (E):	2.00E+11 5.27E+10 5.27E+10 Pa	EQ
	Ultimate Tensile Strength (S):	3.65E+08 4.72E+08 4.72E+08 Pa	EQ
	Shear:	2.11E+08 9.14E+07 9.14E+07 Pa	EQ
Buckling Modulus	E ₁ *I ₁ <= E ₂ *I ₂ :	2.26E+03 3.66E+03	EQ
UTS	S ₁ *A ₁ <= S ₂ *A ₂ :	6.31E+04 2.83E+05	EQ
Bending	4*S ₁ *I ₁ /r <= 4*S ₂ *I ₂ /r:	1.30E+03 1.76E+05	EQ
Deflection	Bending ₁ /(48*E):	1.20E-02 7.41E-03	EQ
Energy	F.4.3.2-3 comparison:	5.80E+01 2.84E+02	EQ
Flat Panel Properties			
Outer (b)	0.2 m	A ₁ 3.00E-04 m ²	I ₁ 5.63E-11 m ⁴
Outer (h)	0.0015 m	A ₂ 3.00E-04 m ²	I ₂ 5.63E-11 m ⁴
Thickness	0.023 m	y ₁ 0.00075 m	I ₀₁ 3.47E-08 m ⁴
Inner (b)	0.2 m	y ₂ 0.022 m	I ₀₂ 3.47E-08 m ⁴
Inner (h)	0.0015 m	Centroid 0.012 m	I ₀₃ 6.95E-08 m ⁴

当該Layupのシート名を入力する

指定が不適切
本来は短辺側の寸法を入力すべき

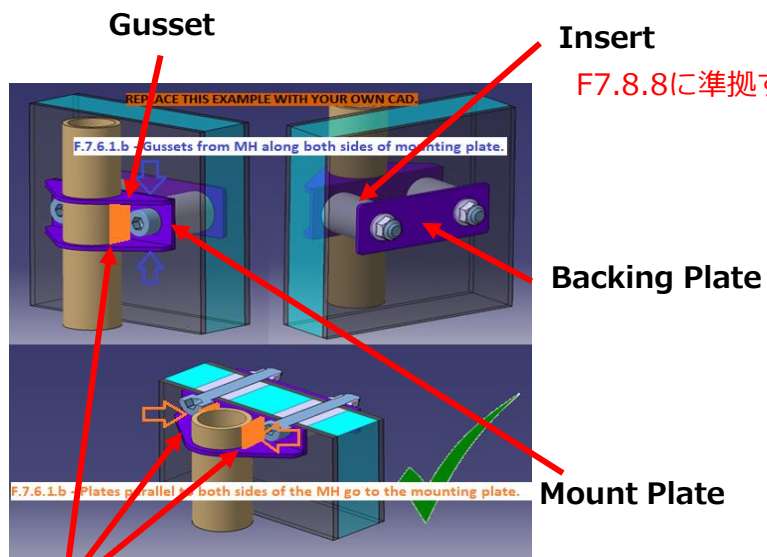
構造はRulesに従うこと
Harness Attachmentsに関しては実試験での証明なので、記入されていればとりあえずEQになる

入力した各寸法を図示すること

Derived shear strength, for comparison and checking.
If single thickness attachments are used, core elimination is expected to be minimized and highly local.

EQ			
	Shoulder Harness Attachment:	Monocoque	EQ
	Type SES Tab Name Of Layup Used:	TestLaminate2	EQ
	Hardpoint type:	Skin-Insert-Skin	EQ
	Fastener diameter:	8 mm	EQ
	Number of fasteners:	2	EQ
	Panel thickness:	1.5 mm	EQ
	Skin thickness - belt side:	0 mm	EQ
	Skin thickness - opposite side:	1.5 mm	EQ
	Insert material:	Aluminium	EQ
	Insert thickness:	0 mm	EQ
	Insert Perimeter on monocoque:	150 mm	EQ
F.7.8.6 Backing:	Steel	2.00E+11 1.76E+08 mm	EQ
	Backing perimeter on monocoque:	86 mm	EQ
	Minimum - Fastener spacing, edge, or corner distance:	90 mm	EQ
	Skin shear strength (If tested):	9.14E+07 Pa	EQ
	Harness test load / shear area = Min shear strength:	2.46E+08 Pa	EQ

Attachment Calculation



Insert
F7.8.8に準拠する事

Backing Plate

Mount Plate

Parallel Plateの追加
Steel t2以上

Mount plate, Main Hoopと溶接のこと
2024ではF.Hoopも対象なので注意

入力した寸法をすべて
CAD図にて示すこと

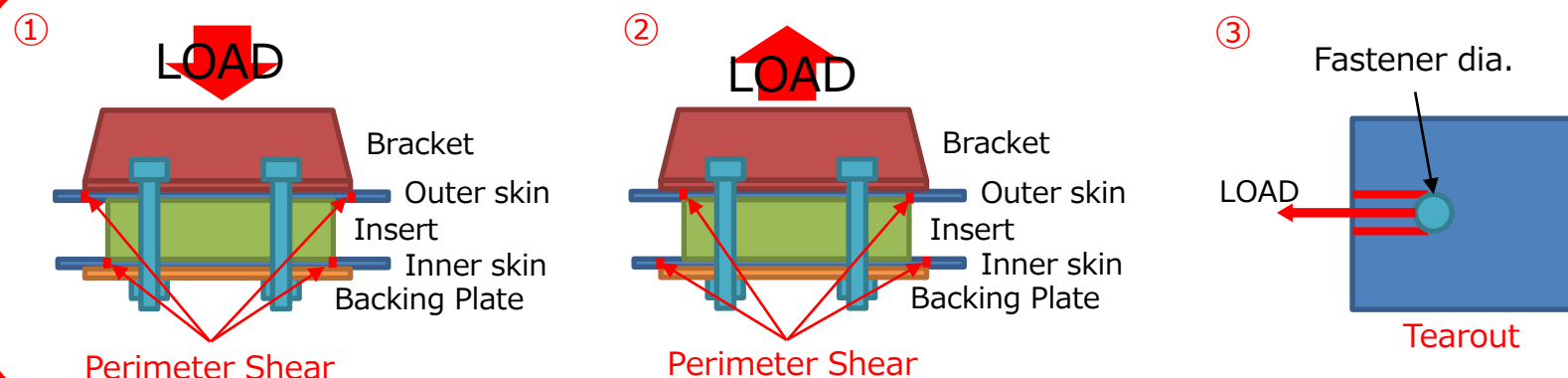
EQ			
F.7.9	Type SES Tab Name: Bottom FH Attachment Layout:	TestLaminate	EQ
F.7.8.8	Bottom MH Attachment:	Skin-Insert-Skin	EQ
	Fastener diameter:	8 mm	EQ
F.7.8.5 or 7	No. of fasteners (2 x 8mm):	2	EQ
Foams and other cores are not insert material.		Panel thickness:	3 mm
	Insert material: Aluminium	Insert thickness:	0 mm
Scaling option, layout repeats:	1	Outer skin thickness:	1.5 mm
Scaling option, layout repeats:	1	Inner skin thickness:	1.5 mm
		Tube gap from panel:	5 mm
F.7.7.3		Bracket thickness:	2 mm
		Steel perimeter on outer skin:	180 mm
		Insert Perimeter on monocoque:	200 mm
F.7.8.6	Backing: Steel	2.00E+11 1.76E+08 mm:	2 100.00%
		Steel perimeter on inner skin:	180 mm
Min - Fastener spacing, edge, weaker layup, or corner distance:		60 mm	EQ
		Skin shear strength:	9.14E+07 Pa
F.7.9.1	① Perimeter shear strength >45000N:	5.21E+04	115.72%
	② Perimeter shear strength >45000N:	5.21E+04	115.72%
	③ Tearout strength >45000N:	6.58E+04	146.17%

該当Layupのシート名を入力する

Attachmentの構造(F.7.8.8)

各部寸法

最寄りのパネル端までの距離



2024 SES (等価構造計算書) Monocoqueの場合

F.8 Front Protection

2024 V1.2準拠

- Monocoque特有部分のPick Up (それ以外はFront Protectionのガイダンスと同じ)

[illegible]

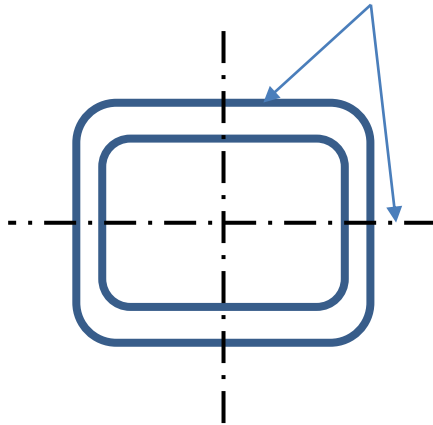
Select Structure and fill in BLANKs

- Front Bulkhead, Composite Diagonal

(1) Flat Panel換算

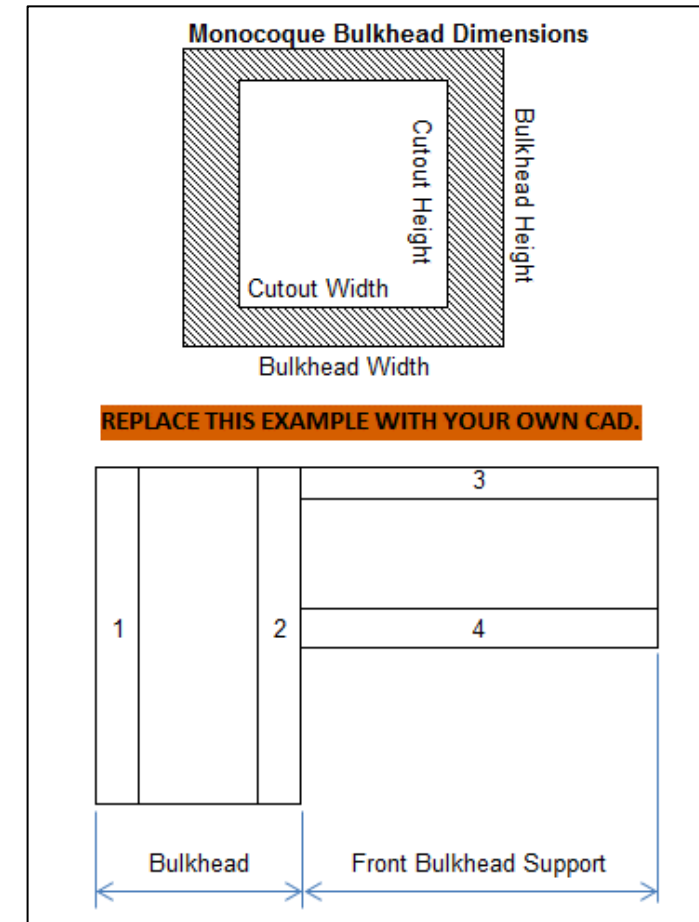
Front Bulkheadの弱い対辺のBulkhead面およびFBHSのBulkhead後面から25.4mm分のパネルと、Size B Steel Tube 2本とで比較評価される。

弱い方の対辺で計算される



証明方法はF.7.2.1によりFlat Panel 換算のみ

FBHS部分はF.7 Composite Chassisの入力値が使用されるので
そちらを先に入力しておくこと



F.7.2.1 L shaped Model

