

高張力鋼板とアルミニウム合金板の塑性接合

安部 洋平(豊橋技術科学大学)

軽量化のためのアルミ合金と高張力鋼板の接合

板材	引張強さ /MPa	比重	比強度 /MPa	融点/°C
アルミ合金板 A5052	260	2.7	96	600
高張力鋼板 SPFC590	590	7.8	76	1500
超高張力鋼板 SPFC980	980	7.8	125	1500
軟鋼板	270	7.8	35	1500

アルミニウム合金板の部分採用

高張力鋼板とアルミニウム合金の複合化

溶接困難

塑性接合

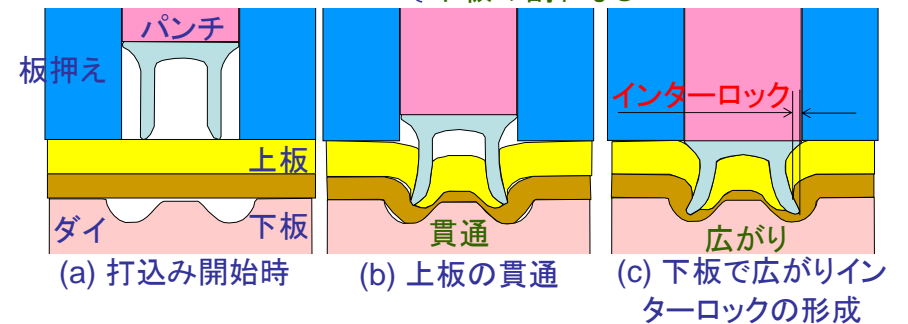
目次

1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 2.3 接合強度

セルフピアシングリベットによる接合

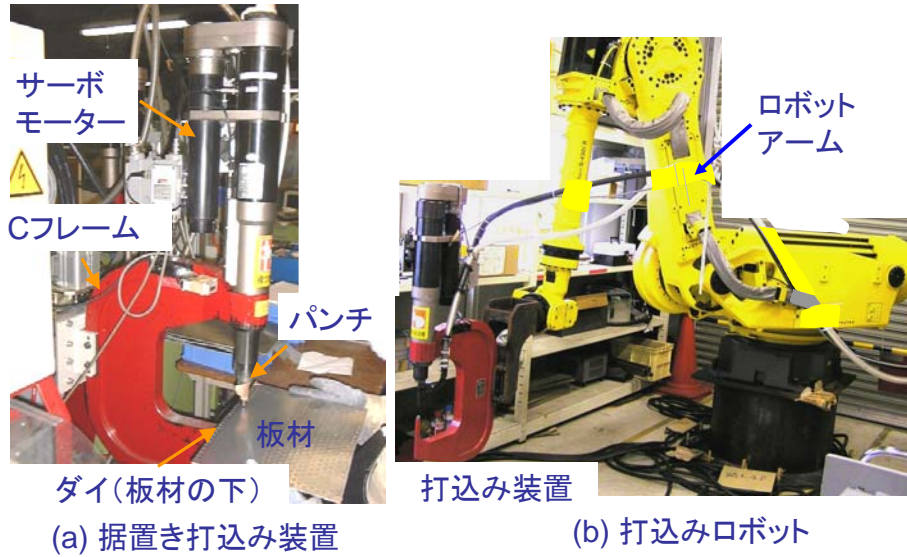
接合要件

- ・上板の貫通
- ・下板で広がりインターロックの形成
- ・下板の割れなし



- ・冷間加工で塑性接合 → 母材への熱影響無し
- ・母材に直接打込む → 事前の穴あけ不要
- ・融点の異なる異種金属の接合が可能
- ・多層板接合が可能

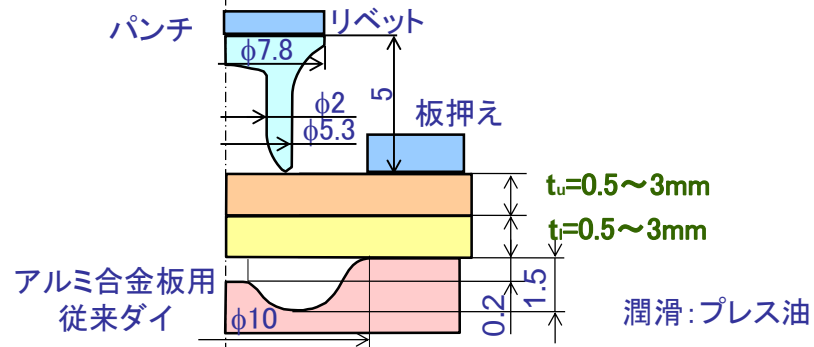
セルフピアシングリベットの接合装置



セルフピアシングリベットの実用例

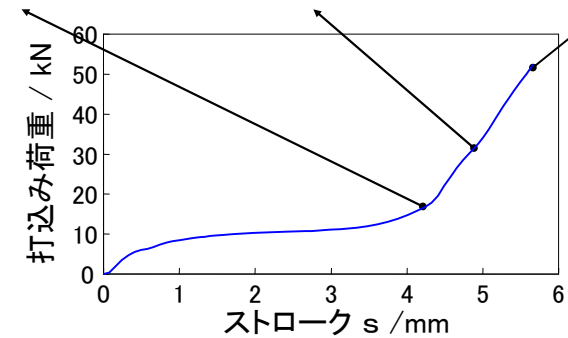
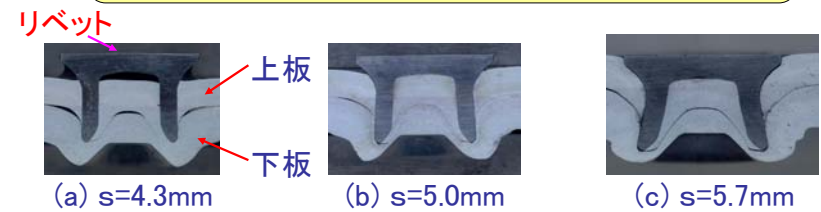


接合条件

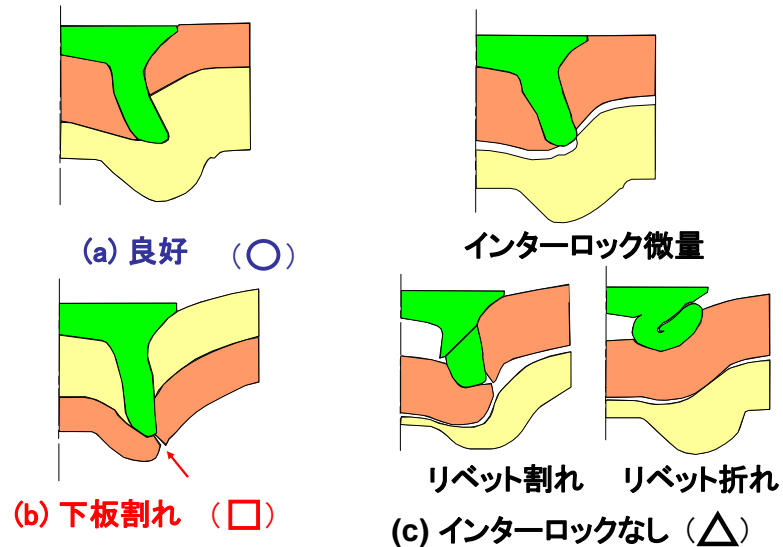


材種	板厚/mm	降伏応力/MPa	引張強さ/MPa	伸び/%
A5052-H34	1.5	211	258	10
SPFC440	1.4	344	453	33
SPFC590	1.4	390	548	22
SPFC980	1.4	801	991	18
リベット	-	1850	1955	-

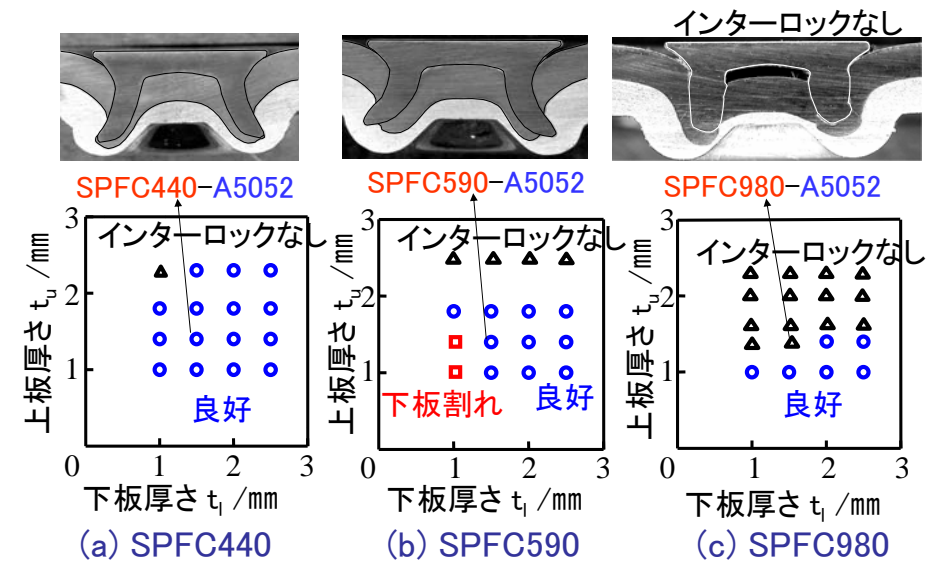
接合挙動と打込み荷重 (上板A5052 1.5mm, 下板A5052 =2.0mm)



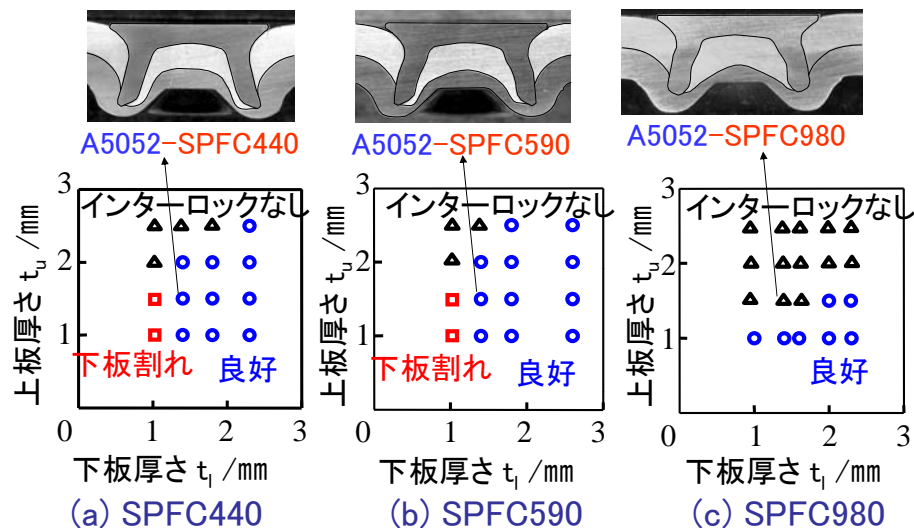
高張力鋼板とアルミ合金板の接合分類



実験による上板高張力鋼板-下板アルミ合金板の接合範囲



実験による上板アルミ合金板-下板高張力鋼板の接合範囲



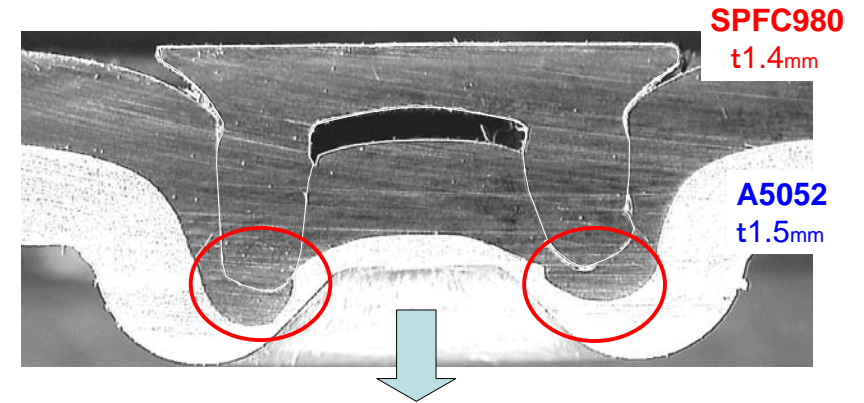
結 言

- ・高張力鋼板の強度の増加とともに接合性は低下する。
- ・上板高張力鋼板ではリベットが上板を貫通できずインターロックなしになりやすい。
- ・下板高張力鋼板の接合では板材強度の影響が少ないが、超高張力鋼板では接合性が低い。
- ・下板厚さが大きい範囲で接合性が高い。

目次

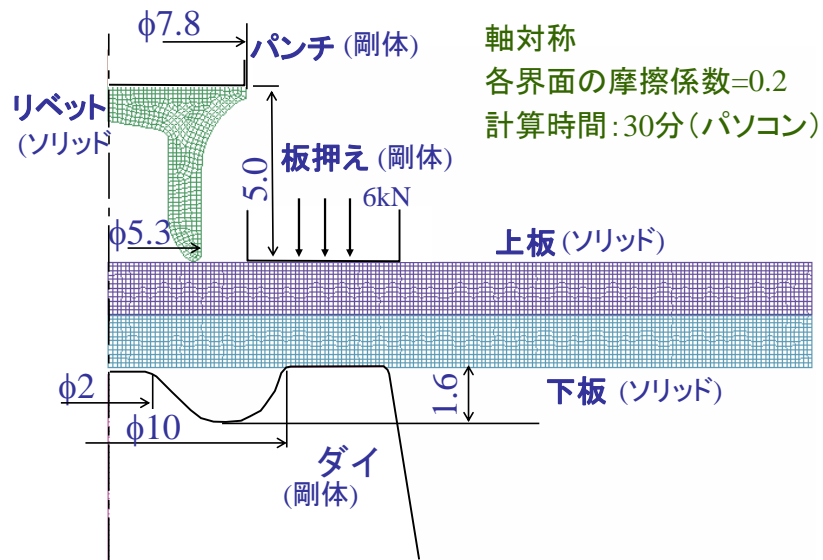
1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 **ダイ形状改善による接合性の向上**
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 **ダイ形状改善による接合性の向上**
 - 2.3 接合強度

SPFC980板接合時の不良

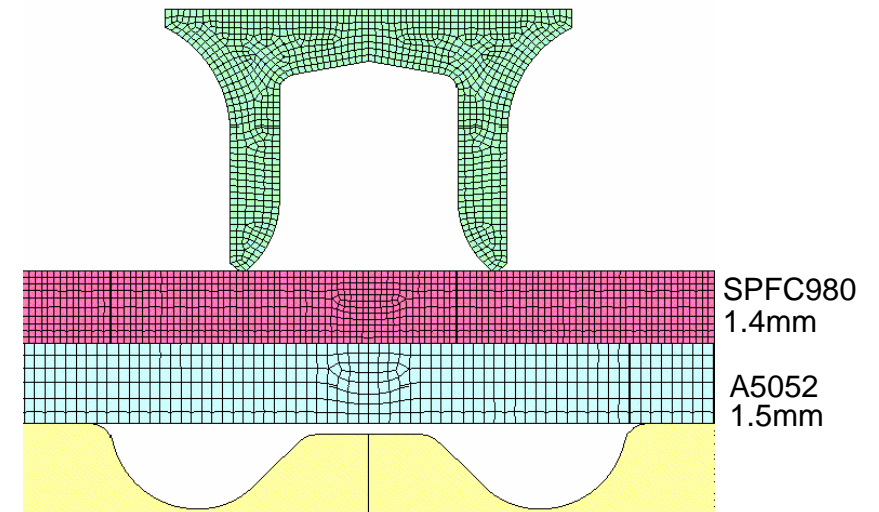


計算による原因の把握

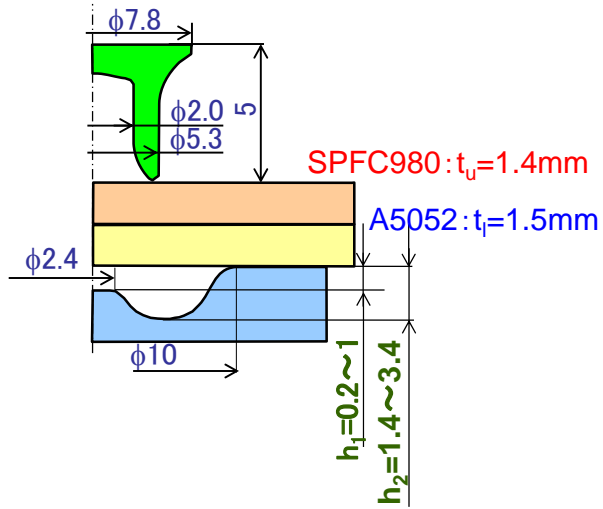
LS-DYNAによる計算条件



計算による上板SPFC980の接合における変形挙動

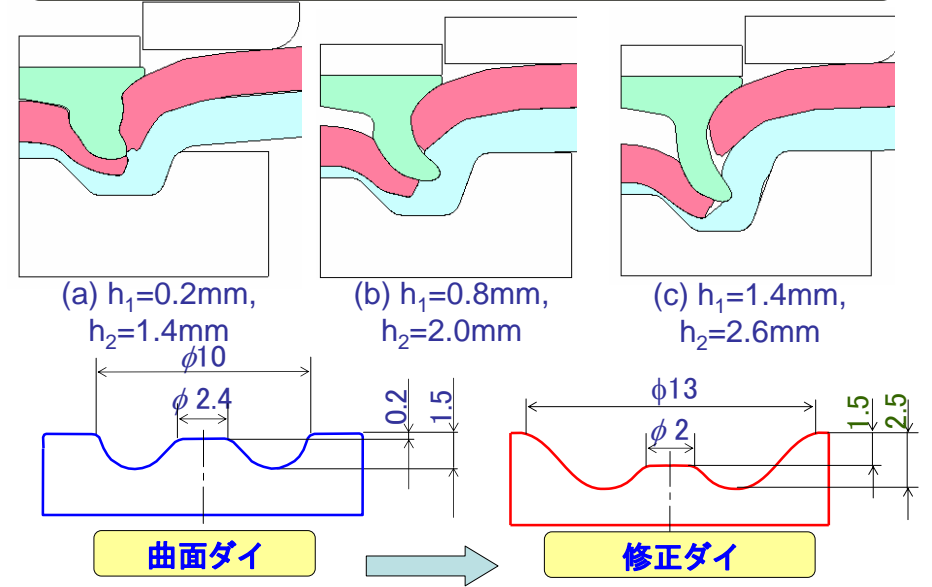


上板貫通におよぼすダイ形状の影響

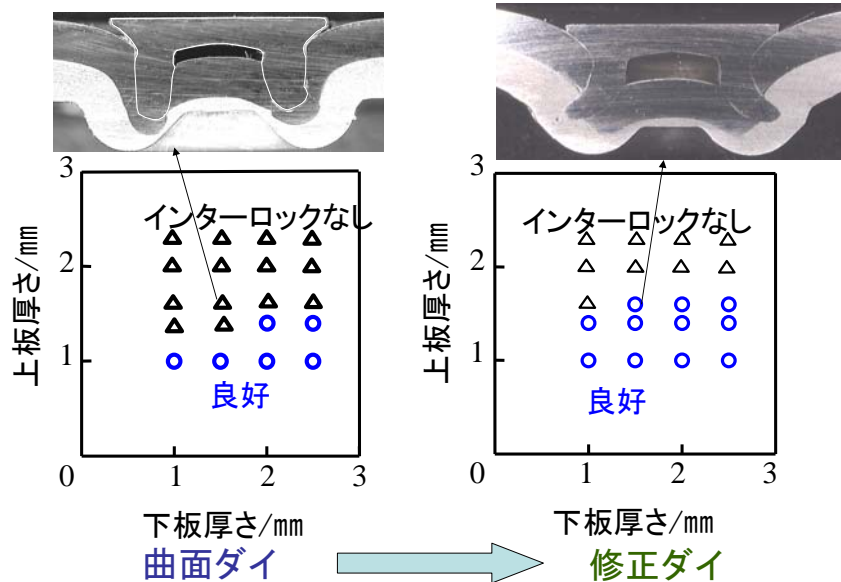


計算による上板貫通におよぼすダイ形状の影響

(上板 SPFC980 1.4mm, 下板 A5052 1.5mm)

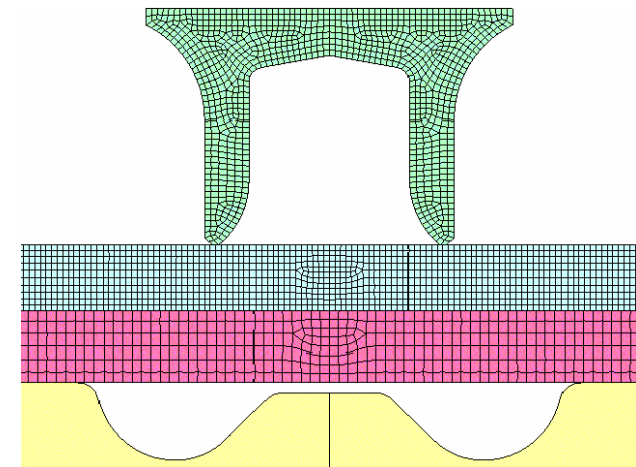


実験による修正ダイを用いた SPFC980-A5052の接合範囲

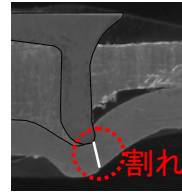


計算による下板SPFC980の接合における変形挙動

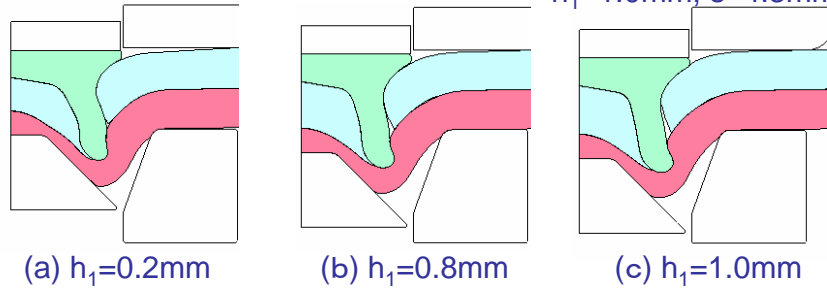
(上板A5052 1.5mm, 下板 SPFC980 1.4mm)



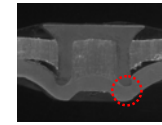
計算による下板広がり割れに及ぼすダイ形状の影響 (A5052 1.5mm- SPFC980 1.4mm)



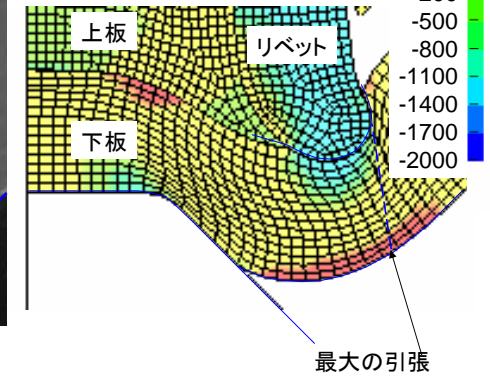
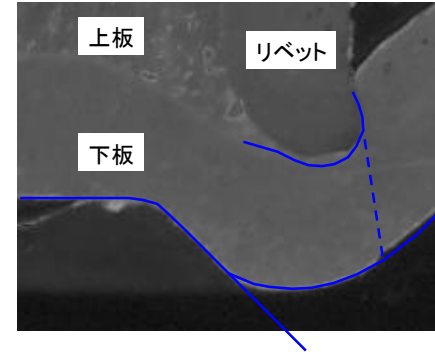
$h_1=1.0\text{mm}$, $s=4.3\text{mm}$



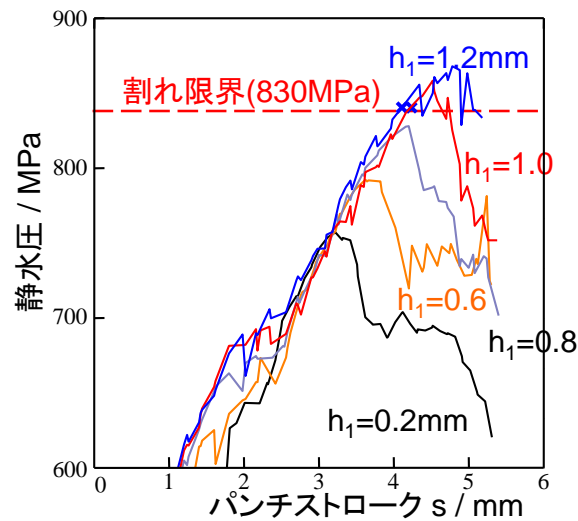
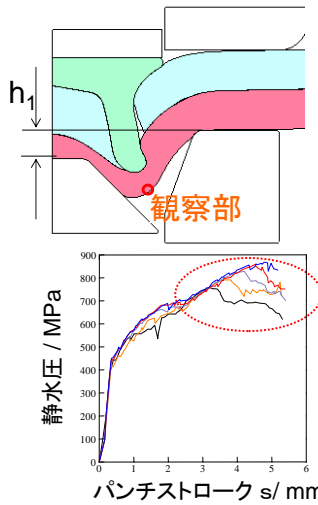
計算による割れ部の静水圧力分布 (A5052 1.5mm- SPFC980 1.4mm)



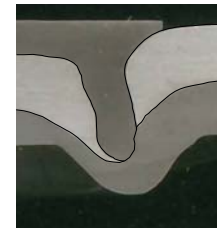
$h_1=1.0\text{mm}$, $s=4.3\text{mm}$



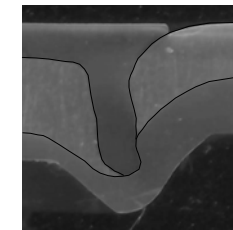
計算による割れ部の静水圧力履歴 (A5052 1.5mm- SPFC980 1.4mm)



修正ダイを用いたA5052-SPFC980の接合性改善



修正前, $h_1=0.2\text{mm}$ (従来ダイ)

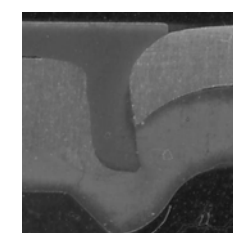


修正後, $h_1=0.8\text{mm}$

(a) A5052 1.5mm-SPFC980 1.4mm



修正前, $h_1=0.2\text{mm}$ (従来ダイ)



修正後, $h_1= \text{mm}$

(b) A5052 1.5mm-SPFC980 2.0mm

結 言

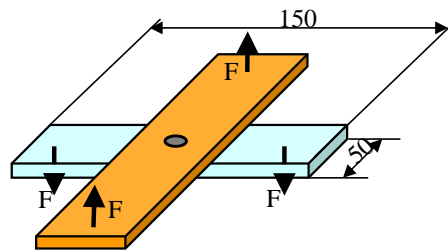
- ・超高張力鋼板とアルミニウム合金板の接合では、ダイ形状を修正することによって接合範囲を広げることができる。

目 次

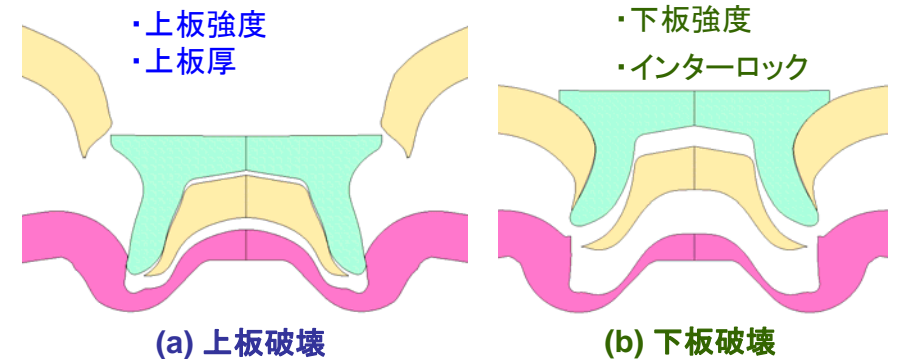
1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 2.3 接合強度

接合された高張力鋼板とアルミ合金板の接合強度評価法

十字引張試験
JIS-Z-3137

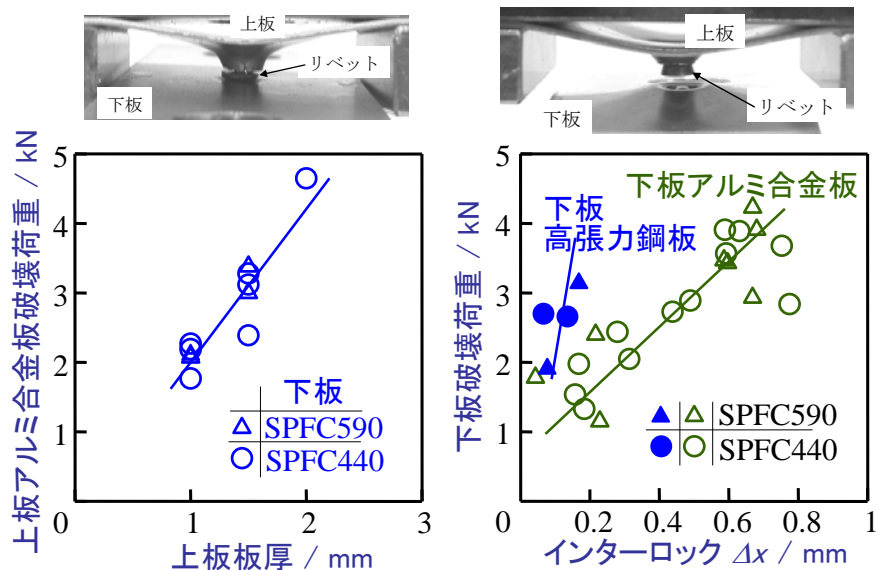


リベット接合後の十字引張試験強度と破壊状態

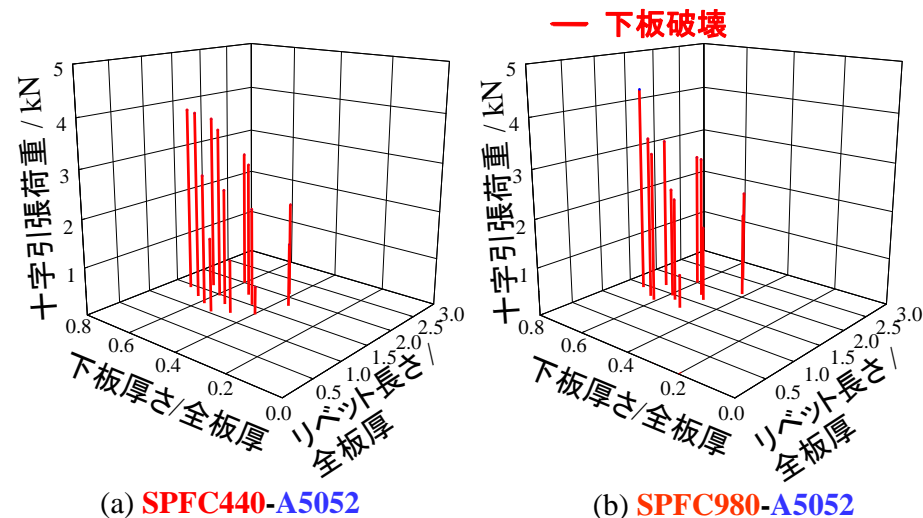


(上板破壊強度) < (下板破壊強度) → 上板破壊
(上板破壊強度) > (下板破壊強度) → 下板破壊

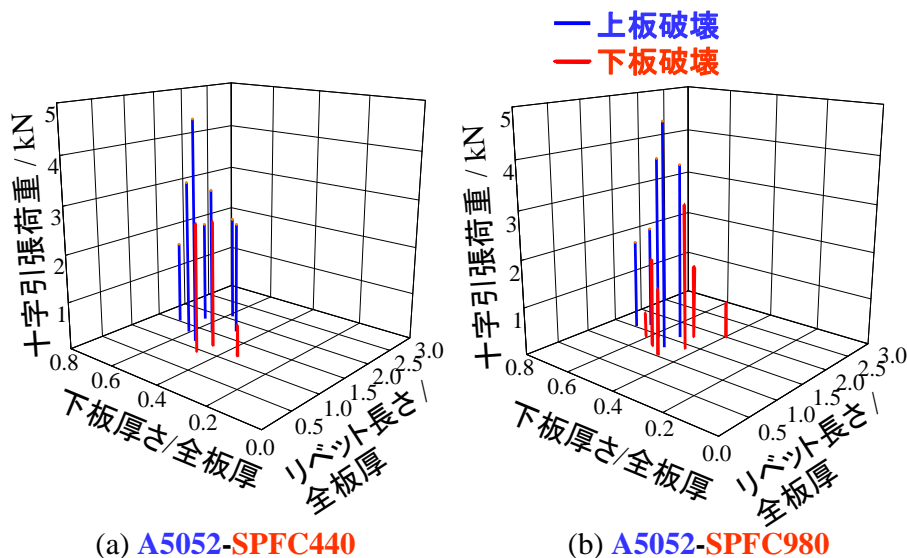
実験による十字引張試験における破壊荷重



実験による十字引張試験結果 (SPFC-A5052)



実験による十字引張試験結果 (A5052-SPFC)



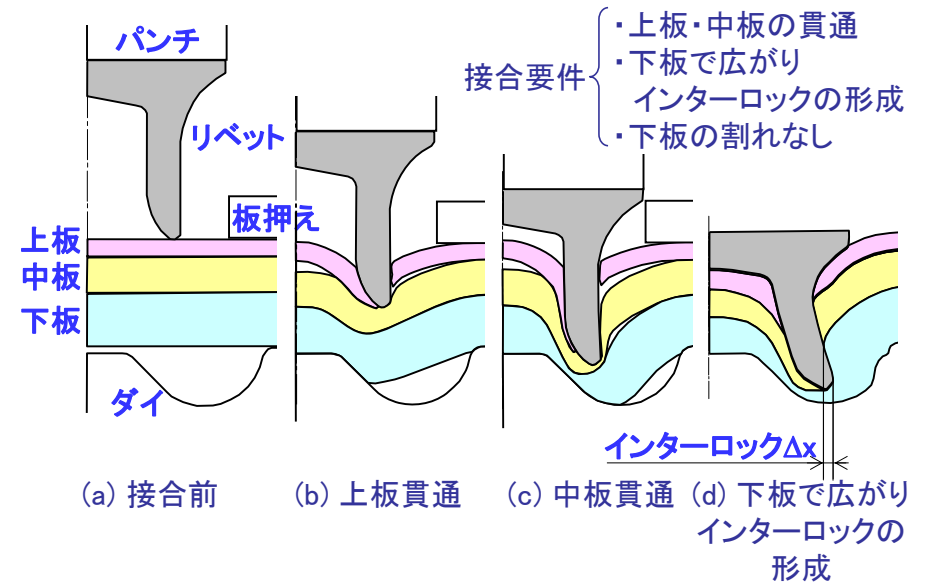
結 言

- ・上板破壊と下板破壊が観察され、それぞれ板強度と厚さ、板強度とインターロックに影響される。
- ・上板高張力鋼板と下板アルミ合金板の接合強度は、アルミ合金板の破壊となりアルミ合金板の強度となる。
- ・上板アルミ合金板と下板高張力鋼板の接合強度は、アルミ合金板の破壊となりやすい。

目次

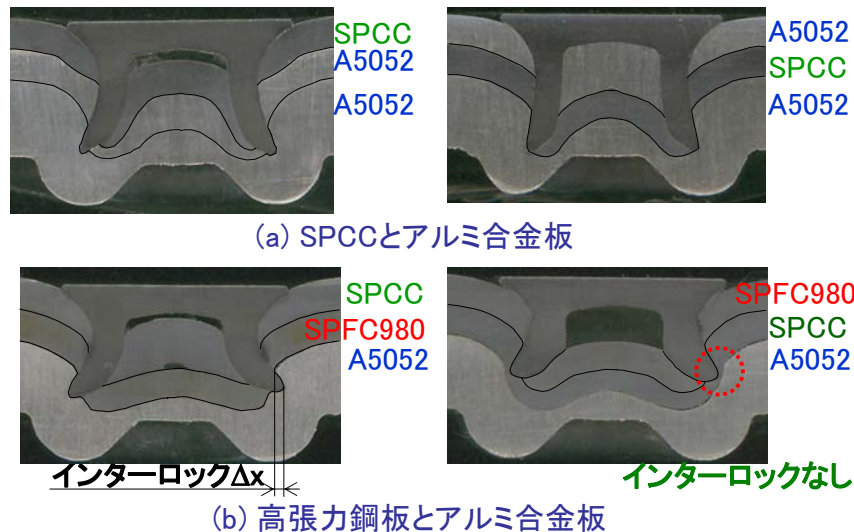
1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 2.3 接合強度

セルフピアシングリベットによる3枚接合プロセス



鋼板とアルミ合金板の3枚接合

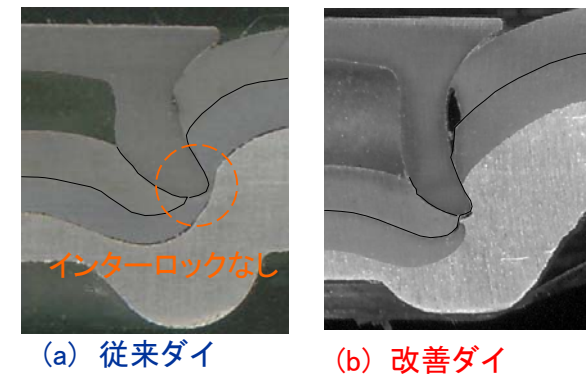
(上板, 中板=1mm, 下板=2.5mm)



ダイ形状改善による超高張力鋼板を含んだ鋼板

とアルミ合金板の3枚接合 (上板SPFC980:

1.0mm, 中板SPCC: 1.0mm, 下板A5052: 2.5mm)



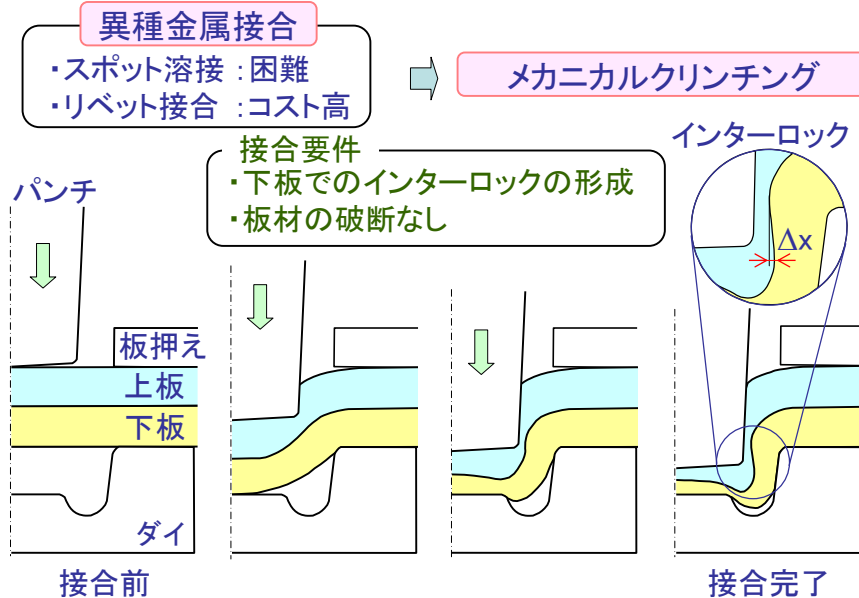
結 言

- ・セルフピアスリベットによって3枚以上の板材を接合できる.
- ・セルフピアスリベットによって超高張力鋼板とアルミニウム合金板を多層接合できる.
- ・高張力鋼板とアルミニウム合金板の多層接合においても, ダイ形状を最適化することによって接合範囲が広がる.

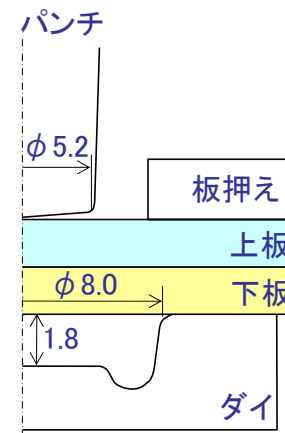
目 次

1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 2.3 接合強度

メカニカルクリンチングの接合プロセス

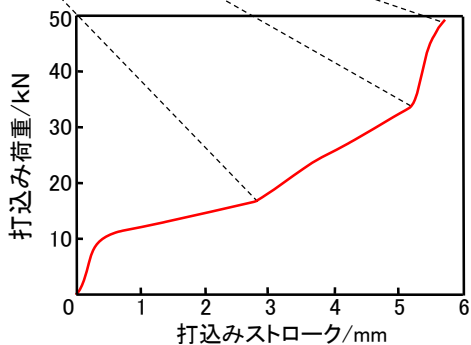
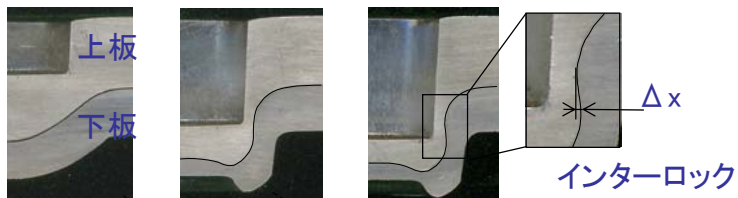


試験材料および工具形状



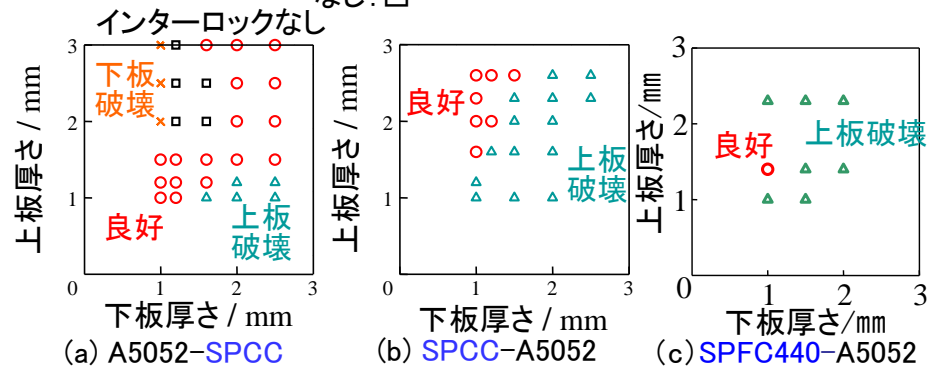
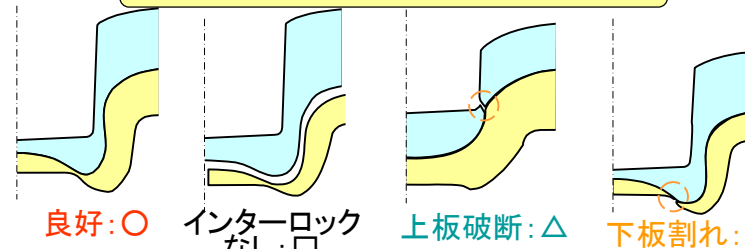
試験材料	板厚 /mm	伸び /%	引張強さ /MPa	硬さ /HV
A5052-H34	1.5	10	258	80
SPCC	1.6	34	315	107
SPFC440	1.4	33	453	138
SPFC590	1.4	22	548	170
SPFC780	1.4	20	769	228

クリンチ接合の変形挙動と打込み荷重
(上板 A5052: 3mm, 下板 SPCC: 2mm)

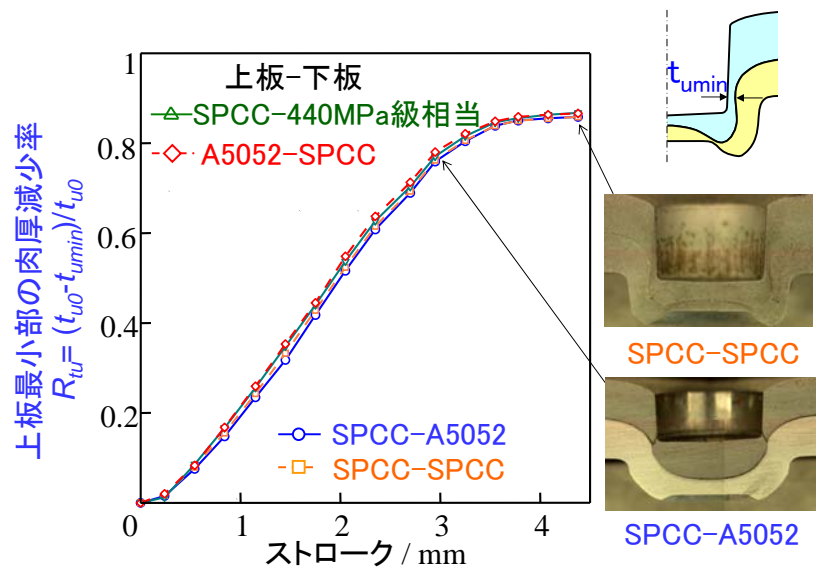


3

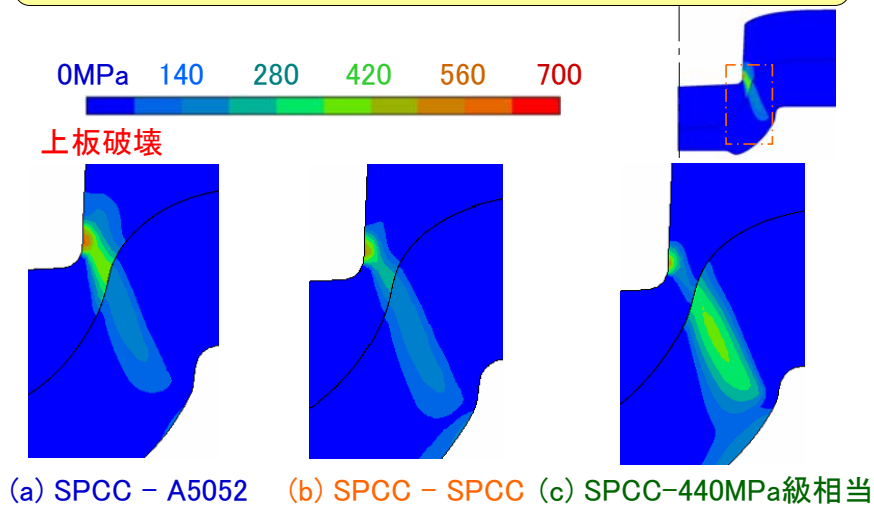
鋼板の配置による接合性



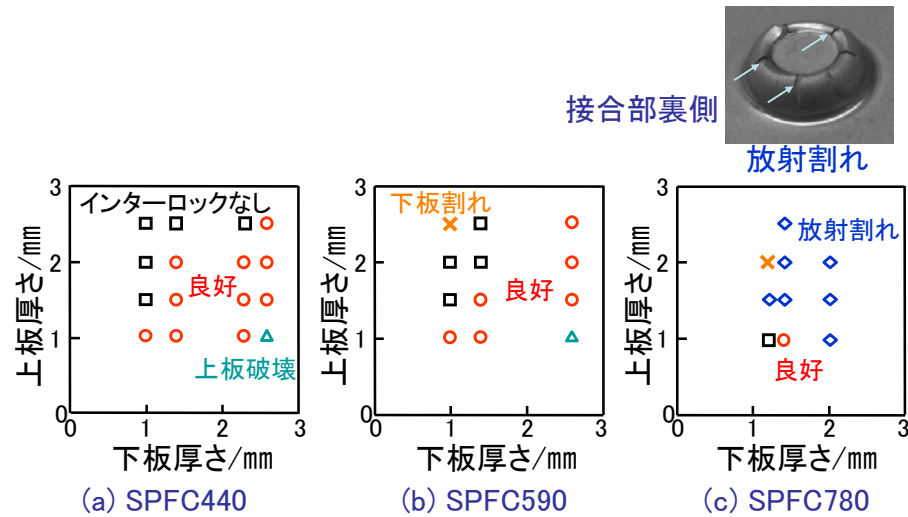
計算による上板鋼板における最小肉厚部に及ぼす下板強度の影響 ($t_u=1.4\text{mm}, t_l=1.5\text{mm}$)



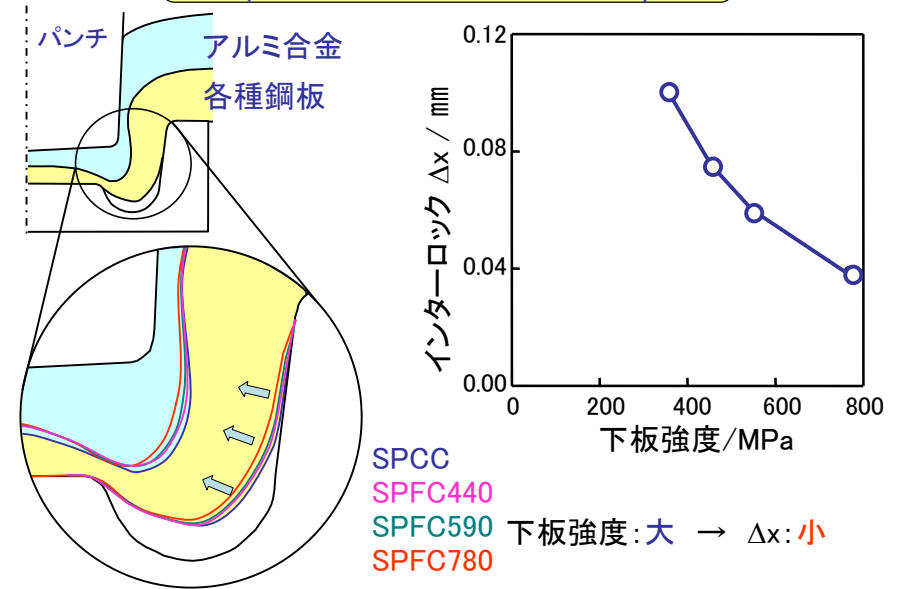
計算による板材の軸方向応力分布に及ぼす下板強度の影響 ($s=3.2\text{mm}$)



実験による下板高張力鋼板の接合範囲



下板強度とインターロックの関係 (上板1.5mm, 下板1.4mm)



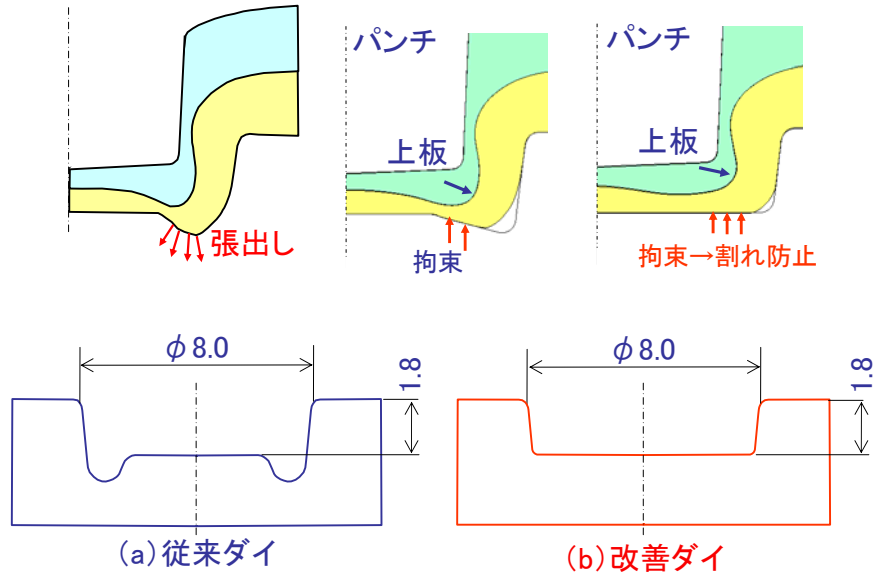
結 言

- ・ 上板が鋼板の場合では上板の最小肉厚部に大きな応力が作用して割れが生じてしまい接合性が低い.
- ・ 延性の低い高張力鋼板は下側に配置することで接合が可能.
- ・ 従来ダイでは, 上板にアルミ合金板, 下板に590MPa材までの高張力鋼板の接合が可能.

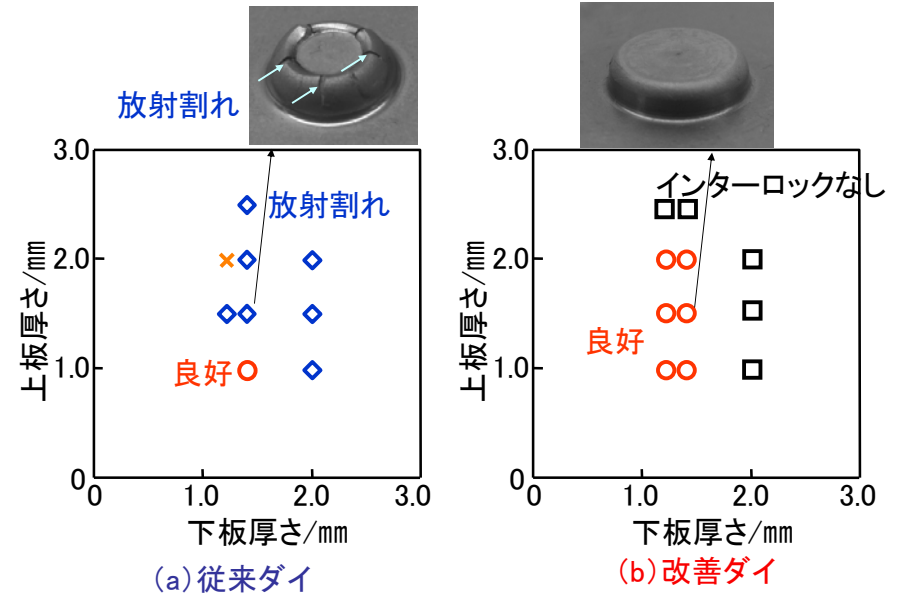
目 次

1. セルフピアシングリベットによる接合
 - 1.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 1.2 ダイ形状改善による接合性の向上
 - 1.3 接合強度
 - 1.4 多層板接合
2. メカニカルクリンチによる接合
 - 2.1 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - 2.2 **ダイ形状改善による接合性の向上**
 - 2.3 接合強度

下板高張力鋼板における計算による
放射割れ発生部の観察



従来ダイと改善ダイの接合範囲の比較



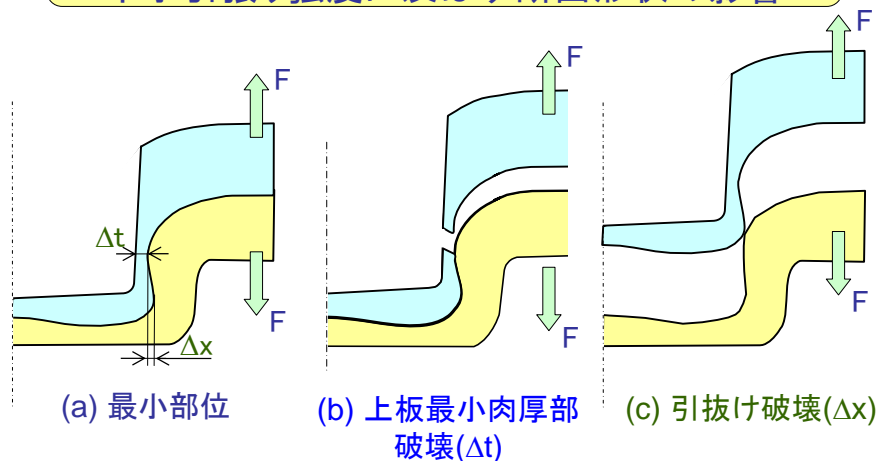
結 言

- 下板高張力鋼板の接合において延性の低い780MPa材に対してダイ直径、深さを検討して放射割れを防止し接合性を向上できた。

目 次

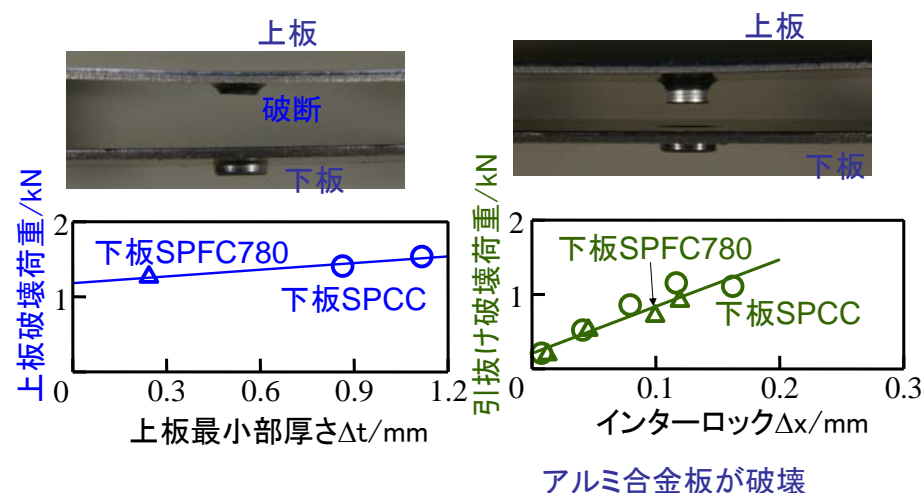
- セルフピアシングリベットによる接合
 - 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - ダイ形状改善による接合性の向上
 - 接合強度
 - 多層板接合
- メカニカルクリンチによる接合
 - 高張力鋼板とアルミ合金板の接合性
 - ダイ形状改善による接合性の向上
 - 接合強度

上板アルミ合金板と下板高張力鋼板における 十字引張り強度に及ぼす断面形状の影響



(上板最小肉厚部破壊荷重) < (引抜け荷重) → 上板最小肉厚部破壊
(上板最小肉厚部破壊荷重) > (引抜け荷重) → 引抜け破壊

実験による十字引張り試験における破壊荷重



結 言

- ・ 下板高張力鋼板の十字引張り試験では、上板最小肉厚部または下板の抜けのいずれかの小さい方で破壊となる。
- ・ 上板最小肉厚部、下板の抜けはそれぞれ上板最小肉厚部厚さとインターロックに影響される。

まとめ

セルフピアスリベットによる接合

- ・ 高張力鋼板とアルミ合金板を接合できた。
- ・ 従来ダイでは高張力鋼板の強度の増加とともに接合性は低下した。
- ・ 上板高張力鋼板ではリベットが上板を貫通できずインターロックなしになりやすい。
- ・ 下板厚さが大きい範囲で接合性が高い。
- ・ ダイ形状の修正により超高張力鋼板とアルミ合金板を接合できた。
- ・ 高張力鋼板とアルミ合金板の3枚の多層板を接合できた。

メカニカルクリンチによる接合

- ・ 高張力鋼板とアルミ合金板を接合できた。
- ・ 上板高張力鋼板では割れが生じやすく接合性が低い。
- ・ ダイ形状の修正により上板アルミ合金板と下板高張力鋼板を接合できた。