

第5章 滑り耐力改善の研究

5.1 研究方針

摩擦接合継手に多少でも板厚差がある場合、滑り耐力が大きく低下することが、これまでの実験および解析結果でわかった。(低下の要因等は「第6章研究のまとめ」で詳しく報告する)よって、滑り耐力の改善方法として検討した方法にて、滑り係数比 0.9 (滑り係数低下比 0.1) を目標に試験研究を行った。

5.2 予備解析

これまでの研究結果、板厚差がある摩擦接合継手のすべり耐力は、ボルト列および摩擦面処理を一定とした場合、滑り耐力は添接板の剛度に影響されることがわかったため、添接板の強度を一定とし高級材を用いて添接板板厚を薄くした場合と、厚板母材側縁端のテーパ加工効果と類似の工法として、薄板側母材側継手の第1列目ボルトの縁端距離を拡大する方法、そして母材の板厚差分をプレスにてナックル加工した添接板を用いる研究を行う事とした。研究方法は前述の2ケースを解析により事前検討した。

解析結果、添接板の強度を変える方法では、表-20に示すように、若干の効果しか期待出来ないことがわかった。縁端距離を段階的に拡大させたケースは滑り耐力の改善度が大きく、目標の滑り係数比 0.9 を確保出来ることが解析にてわかった。表-21 参照。

表-20 添接板の強度・板厚が滑り耐力に及ぼす影響の解析結果

ボルト列	板厚差	材 質 —板厚 (添接板)	解析結果 (接触圧比)	備 考
3列	2mm	SM490Y—12mm	78.59%	SM490Y 板厚差 0mm を接触圧比の比較基準とした。
		SM570—9mm	81.89%	
		SS400—15mm	76.10%	
2列	2mm	SM490Y—12mm	67.88%	"
		SM570—9mm	72.86%	
		SS400—15mm	64.16%	

添接板板厚は、各材料降伏強度と板厚の積が等価になうように決定した。

表-21 縁端距離拡大が接触圧に及ぼす影響の解析結果 (SM490Y—3列—2mm 差)

縁端距離 (mm)	40	57.5	75	87.5	備 考
接触圧比 (%)	79.85	84.63	86.60	91.10	板厚差 0mm を 100

5. 3 実証実験

解析による検討結果を踏まえ、添接板の強度・板厚を変化させたケースの改善度は小さいため、薄板側母材側縁端距離を拡大する方法の実証試験と、添接板をナックル加工させ板厚差をなくしたケースの確認試験を実施した。

(1) 試験体

試験体母材は、これまでの実験で用いた小型試験体 (SM490Y、SM570) を再ブラストして使用した。添接板については、SS400、SM490Y、SM570 の材料 ($t=12\text{mm}$) を新規手配し縁端距離は解析に用いた寸法に一致させた。なお、添接板 SS400 に用いる母材は SM490Y を使用した。ボルト列は比較的 3 体の実験値のばらつきが少ない 3 列継手を採用することとしたが、SS400 は試験体の降伏が考えられるため 2 列とした。また摩擦面はグリッドブラスト工法を採用し、かつ赤錆状態とした。

添接板ナックル加工の試験体は母材が SM490Y、添接板は SS400 で最小縁端距の試験体とした。離試験体形状ならびに試験体明細は図-33、34、表-22 参照。

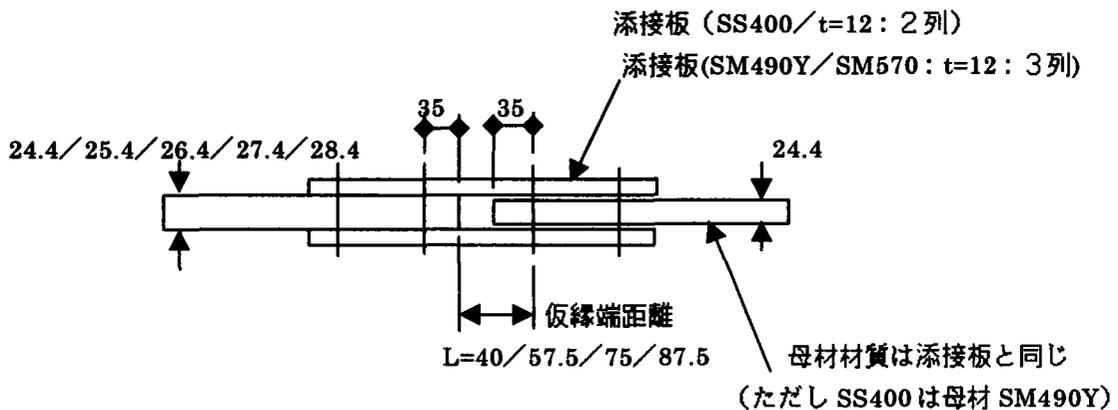


図-33 縁端距離拡大試験体

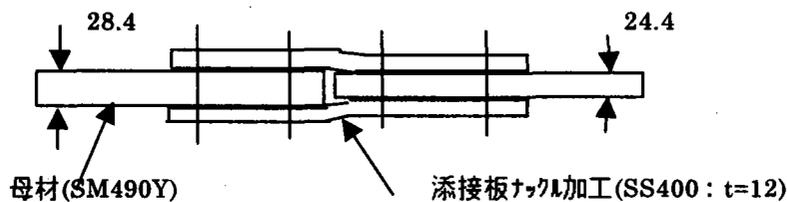


図-34 添接板ナックル試験体

表一 2 2 滑り係数改善研究における使用材料および試験体一覧

区分 ボルト列	用途	材質	板厚 (mm)	縁端距離 (mm)	降伏点 N/mm ²	備考
縁端拡大 3列	母材	SM490Y	24.4	35	461	各3体
			25.4 ~28.4	35	427	
	添接板	SM490Y	12	40、57.5、75、 87.5	438	
縁端拡大 3列	母材	SM570	24.4	35	525	各3体
			25.4 ~28.4	35	513	
	添接板	SM570	12	40、57.5、75、 87.5	585	
縁端拡大 2列	母材	SM490Y	24.4	35	461	各3体
			25.4 ~28.4	35	427	
	添接板	SS400	12	40、57.5、75、 87.5	245	
ナックル 加工 一2列	母材	SM490Y	24.4	35	461	6体
			28.4	35	427	
	添接板	SS400	12	35	245	

表一 2 3 滑り耐力改善（縁端距離拡大）方法による滑り試験結果

板厚差一縁端	滑り試験結果			備考
	SS400-2列継手	SM490Y-3列試験	SM570-3列試験	
0-40	.58/.58/.49	.63/.59/.57	.64/.63/.52	一：材料 降伏の可 能性より 省略
1-40	.49/.52/.43	.51/.54/.44	.52/.53/.49	
2-40	.45/.45/.39	.51/.51/.49	.47/.50/.42	
3-40	.45/.46/.38	.48/.52/.45	.47/.48/.40	
4-40	.39/.43/.37	—	—	
1-57.5	.49/.52/.44	.55/.58/.56	.57/.54/.57	
2-57.5	.49/.49/.43	.55/.57/.46	.53/.52/.43	
3-57.5	.45/.51/.43	.54/.56/.43	.50/.52/.44	
1-75	.51/.56/.48	.58/.56/.51	.59/.58/.51	
2-75	.51/.54/.48	.55/.56/.45	.59/.56/.49	
3-75	.56/.55/.45	.53/.52/.46	.55/.53/.48	
1-87.5	.61/.60/.51	.60/.60/.59	.62/.62/.48	
2-87.5	.57/.57/.48	.56/.56/.51	.61/.60/.51	
3-87.5	.52/.54/.47	.59/.56/.51	.58/.59/.53	
4(ナックル)-40	.46/.41/.42	—	—	

(注：各3体の試験結果の3番目が感圧紙による接触圧の分布確認試験をおこなった試験体)

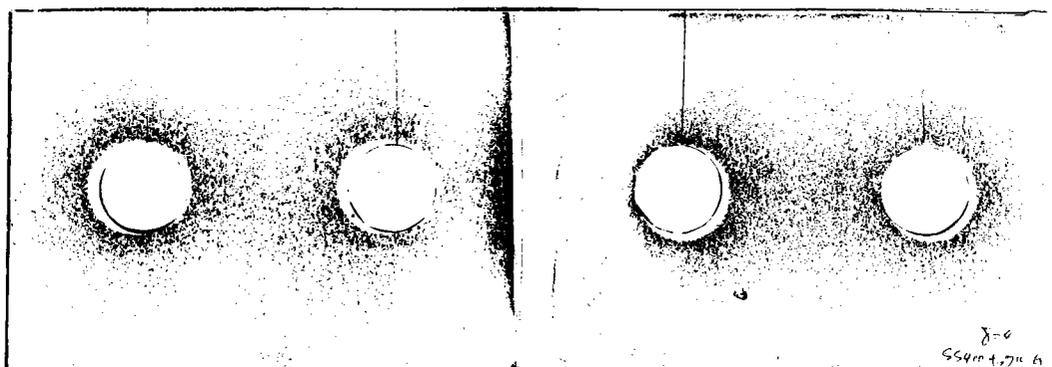
5. 4 試験結果

縁端距離拡大の試験結果ならびにナックル加工試験結果は以下の通り。

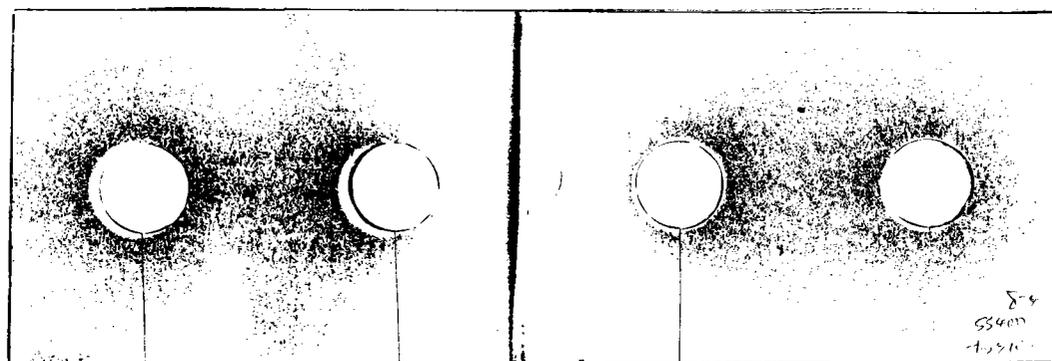
(1) 板厚差と肌隙ならびに接触圧

板厚差がある試験体母材と薄板側母材側1列目ボルトの肌隙の確認は、これまでの試験同様に目視によったが、これまでと同じ傾向で薄板側1列目近傍まで肌隙が発生する。接触圧の分布状態については、各ケース毎に感圧紙にて観察を行った。観察結果縁端距離の拡大に伴い薄板側母材1列目ボルト近傍の接触圧が改善されていくことが確認できた。詳細は巻末の添付資料一6参照。

添接板をナックル加工したケースでは、目視による観察では肌隙は認められなかったが、感圧紙による接触圧分布では、添接板の加工精度で薄板側母材側に肌隙が発生したり、添接板ナックル部が厚板母材縁端に当たり母材厚板側でも肌隙が発生してすることが確認された。図一35参照。なお、この現象で滑り耐力は改善されないことが判明した。



a) ナックル加工で肌隙が薄板側に発生したケース



b) ナックル加工でナックル部分が厚板側縁端に接触し両方に肌隙が発生したケース

図一35 添接板ナックル加工試験体の接触圧分布状況

(2) 滑り試験結果

各ケースでの滑り試験結果を表-23に、SS400-2列継手結果とSM490YならびにSM570の各3列継手結果を図-36, 37, 38に示す。なお、表-23の各試験結果の3番目が、感圧紙による圧力分布確認を行った後、再度組立試験を行った結果であるが、感圧紙試験で摩擦面に変化が生じたと思われる低下が認められたため、図はこれを全て除外した2体の平均とした。これらの図より、添接板材質SS400-2列継手では板厚差3mmまでは縁端距離70mm程度、SM490Y-3列では57.5mm、そしてSM570-3列では75mm程度で、当初目標としていた滑り係数比0.9を達成することが読みとれる。また、先行解析(SM490Y)した結果では、滑り係数比0.9は87.5mmであったのに対し、実験のほうが同材質、ならびに、より高級材のSM570でも良い結果(縁端距離短め)となった。

一方「道示」の基準では、継手を跨いだ第1ボルト間寸法は、添接板板厚または最大寸法の規定があるため、当然ながらこの規定内であることが必要条件となる。今回の試験体(図-33)の片側のみ縁端を拡大させた理由はここにある。

添接板をナックルさせ肌隙を改善した試験結果を、図-36に表示(点)したが、滑り係数比は0.7であり、同材質(SS400)同縁端距離の試験と比較すると(図-24)板厚差4mmに相当する低い結果となった。

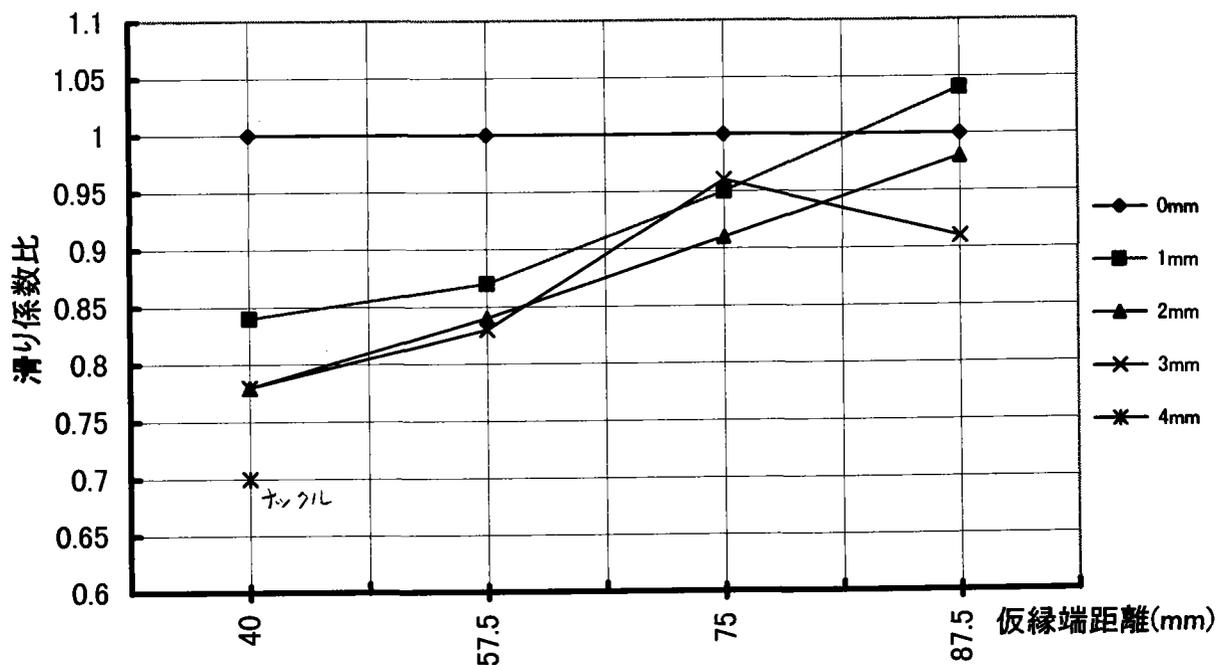


図-36 SS400(2列継手:赤錆)縁端距離拡大方法試験結果

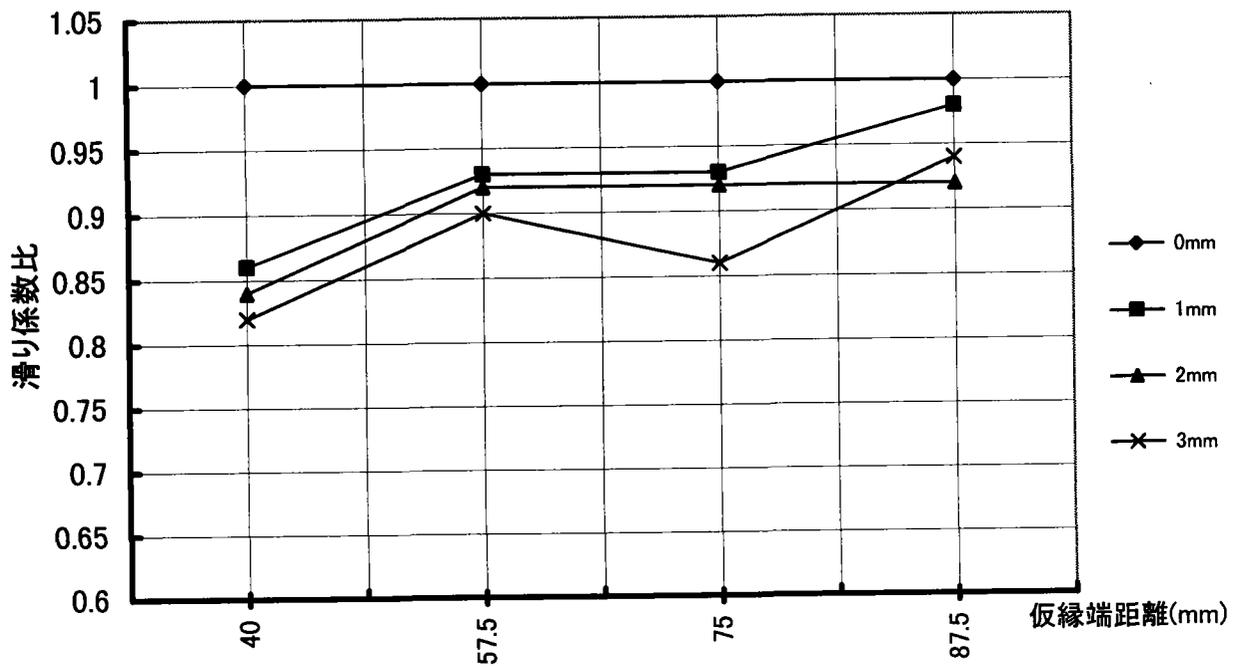


図-37 SM490Y (3列継手：赤錆) 縁端距離拡大方法試験結果

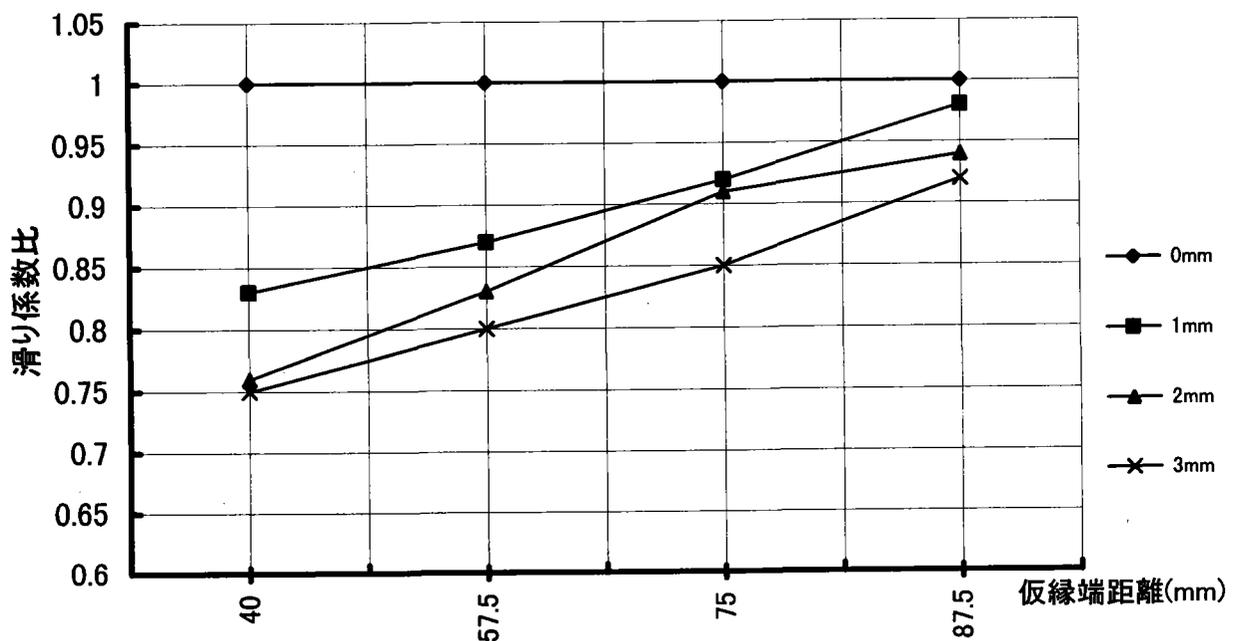


図-38 SM570 (3列継手：赤錆) 縁端距離拡大方法試験結果