

I-A 360

低温部材に対する溶接施工

— シールドトンネルの地中接合 —

東京湾横断道路(株) 宮本 明雄
清水建設(株) 正会員 田中 大三
石川島播磨重工業(株) 正会員 中西 保正

1. 緒言

東京湾横断道路工事には泥水シールド工法が採用されている。トンネル延長が長いと、両方向から掘削してきたシールドマシン（図1参照）をドッキングさせる地中接合が行われ、シールドマシン外殻の溶接・接合が施工される。地中接合では補助工法として地盤凍結工法を採用しており、溶接作業も凍結下の作業となるため、溶接部材も低温となっている。一般に、低温下では溶接部の冷却速度が速いため、溶接低温割れが生じやすいとされている。また、地中接合は現場溶接であり、作業性も良好とはいえないほか、割れ防止に有効な予後熱の実施も困難である。そのため、実機の状態（止水&補強溶接：図1参照）を模擬した溶接割れ試験を実施し、予後熱なしで割れが生じない適正な施工条件を求めた。

2. 試験方法

溶接割れ試験要領を図2に示す。タイプ1はカット間の止水&補強溶接を、タイプ2はカットスリット部の補強溶接を模擬した。供試鋼材はJIS/SS400、供試溶接材料はJIS/D5016（極低水素系被覆アーク溶接棒）である。鋼材の化学組成は溶接割れに影響を及ぼすため、シールドマシン製作各社の使用材を調査の上、もっとも高い溶接割れ感受性組成（ P_{CM} ）を選定した（スキンプレート：0.216%、構成部材：0.205%）。試験に先立ち試験片上部の升目内に冷却剤（アルコール+ドライアイス）を入れ、 -30°C に冷却した。溶接雰囲気により溶接金属に侵入する拡散性水素量が異なり、割れ発生に影響を及ぼす。そのため、恒温恒湿室で試験溶接を行い、雰囲気を -10°C 、湿度： $10^{\circ}\text{C}\times$ 湿度：60%、湿度： $30^{\circ}\text{C}\times$ 湿度：60、90%に変化させた。また、代表的な溶接条件では試験片に熱電対を取り付け、溶接による温度上昇を計測した。

3. 試験結果と考察

割れ試験結果（溶接条件と割れ発生との関係）を表1（タイプ1）および表2（タイプ2）に示す。また、生じた割れの様相を図3（タイプ1およびタイプ2）に示す。

一般に、厚板ほど拘束度が多く、とくに1パスで放置すると割れが生じやすい。しかし、厚板の多層溶接では、連続溶接を行うと、パス間温度の保持による予後熱効果が得られる。今回対象とした溶接継手において、板厚：32mmtを使用する補強溶接（タイプ1 & 2）では高温多湿条件（温度： $30^{\circ}\text{C}\times$ 湿度：80%）を除き予熱なしで割れを防止できた（15パス）。しかし、溶接長が長いとパス間温度が低下するため、実工事では部材長の制限（ $\leq 300\text{mm}$ 、実験値）により管理を行う必要がある。

また、止水溶接における割れは止水プレートを破断させる方向であり、影響度は大きい。板厚：9mmtでは1パスでも割れが生じ、連続溶接を行っても防止できなかった。一方、板厚を6mmtに低減すると、拘束度が減少するため溶接部に発生する応力も低減し、高温多湿条件（温度： $30^{\circ}\text{C}\times$ 湿度：80%）を除き予熱なしで割れを防止できた。止水溶接継手には強度は要求されないため、実機に対する適用は問題ない。

4. まとめ

シールドトンネルの地中接合を対象とし、 -30°C の低温に冷却された部材に対する止水溶接および補強溶接を予後熱なしで割れを生じさせることなく溶接できる条件を見いだした。

なお、溶接時の温度上昇により凍土が融けることは絶対に避ける必要があり、試験片の温度上昇と無限版における温度上昇との関係は今後検討する。また、溶接継手の強度試験も併せて実施し、割れがなければ低温で溶接しても強度も確保できた。

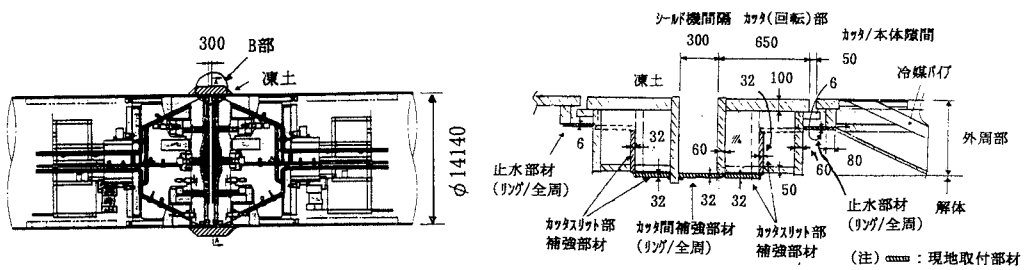


図 1 地中接合の状況

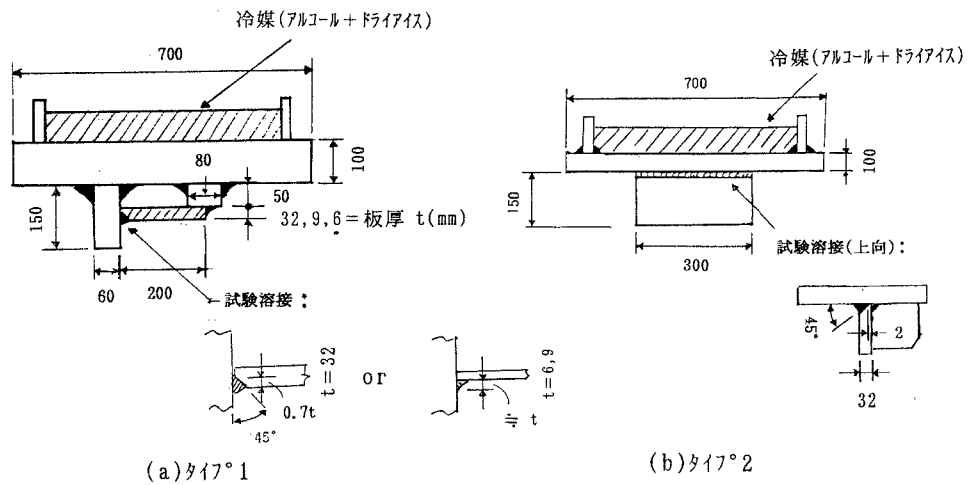


図 2 低温下溶接割れ試験

表1 溶接割れ試験結果(タイ7°1、止水&補強溶接)

板厚mm	1°	2°	液温°	温度°	湿度%	割れ	割れ位置
9	3	-30	-10	-	割れ	ルト/溶接金属	
			10	60	割れ	ルト/熱影響部	
			30	60	割れ	ルト/溶接金属	
			30	90	割れ	ルト/溶接金属	
	1	-30	30	90	割れ	ルト/溶接金属	
6	1	-30	-10	-	なし	-	
			10	60	なし	-	
			30	90	なし	-	
			30	90	割れ	ルト/溶接金属	
	1	-30	10	60	割れ	ルト/溶接金属	
32	15	-30	-10	-	なし	-	
			10	60	なし	-	
			30	60	なし	-	
			30	90	なし	-	
			30	90	なし	-	

表2 溶接割れ試験結果(タイ°2、補強溶接)

板厚mm	λ数	液温℃	温度℃	湿度%	割れ	割れ位置
32	24	-30	-10	-	なし	-
			10	60	なし	-
			30	60	なし	-
			30	90	割れ発生	PL/熱量計部

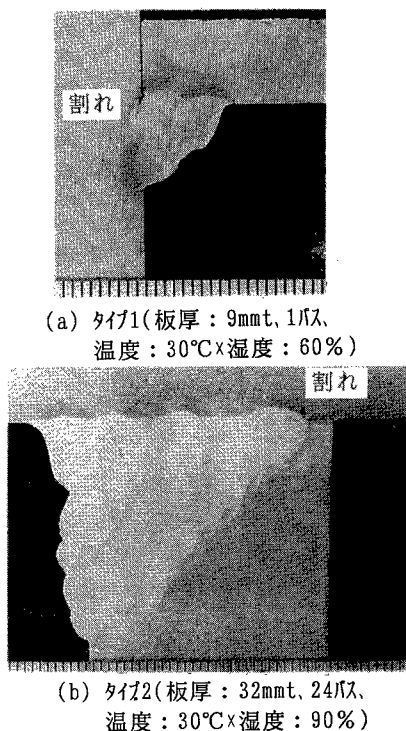


図 3 生じた割れの例