

V-9 低温下における繰り返し荷重下の速乾防水工の付着特性

開発土木研究所 正員 小林 将
 開発土木研究所 正員 今野 久志
 武田薬品工業(株) 山崎 久史
 開発土木研究所 正員 佐藤 昌志

1. はじめに

コンクリート構造物における塩害については、練り混ぜ時の塩化物の混入のほか、海岸部での海水および飛沫塩化物による影響、凍結防止剤の散布等の原因が上げられ、特に港湾構造物・橋梁・道路構造物等で被害が発生している。

中でも橋梁は海岸部に設置されているほか、近年増加傾向にある凍結防止剤の散布により、凍害、塩害の弊害による被害が懸念されており、現状ではその損害程度により、表面にコンクリート塗装等で補修を行っている。

コンクリート塗装の材料として一般に広く用いられているのは、エポキシ系の材料である。しかし、エポキシ樹脂塗装では補修後のひび割れの伸縮に対する追従性が低いことや、塗装厚が厚くなり施工に要する期間や費用が大きくなる等の課題もあると考えられる。

これに対し、ウレタン系の被覆材は伸縮性に優れ、スプレーを用いて比較的効率よく施工できるなどの利点を有している。そこで本実験ではウレタン系の速乾性被覆材の、主に低温下における耐久性および付着特性について把握する目的で行ったのでこれを述べる。

2. 実験の概要

2. 1 供試体

本実験ではコンクリート供試体(1450mm×150mm×150mm)を1供試体1ケースとする。

まず実橋梁の状況を再現するために静的荷重を行い、クラックを発生させている。クラック発生の確認としては、供試体内主筋に貼ったひずみゲージにより確認する。

次に表-1の各ケースに示されたウレタン厚で補修を行う。下地処理として素地調整材(フィラー)およびプライマー処理をした後、超速硬化ウレタン補修を実施する。供試体概要を図-1、実験ケースを表-

1、材料特性を表-2に示す。

表-2における100%Mo、300%Moとは、標点間距離が100%(2倍)および300%(4倍)時の引張強度である。

表-1 実験ケース

ケース No.	設置ウレタン厚 (mm)	周波数 (Hz)	伸縮変位 (mm)	伸縮回数 (万回)	設定温度
1	0.5mm	5Hz	1.6mm	200万回	常温
2	0.5mm	5Hz	1.6mm	200万回	低温
3	1.0mm	5Hz	1.6mm	200万回	低温
4	0.5mm	1Hz	2.8mm	100万回	低温

表-2 材料物性

	試験結果	試験方法
密度(g/cm ³)	1.00	JIS K 6350
硬度(JIS A)	87	JIS A 6301
100%Mo(kgf/cm ²)	56	JIS A 6301
300%Mo(kgf/cm ²)	95	JIS A 6301
引張強度(kgf/cm ²)	140	JIS A 6301
伸び率(%)	460	JIS A 6301
引裂強度(kgf/cm)	60	JIS A 6301

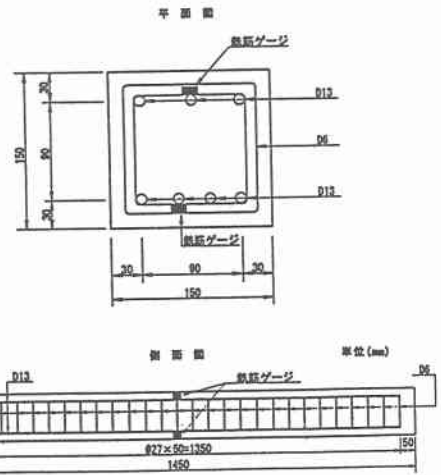


図-1 供試体

A study on the adhesion characteristic of 100% solids spray elastomer system under the repeating load in low temperature

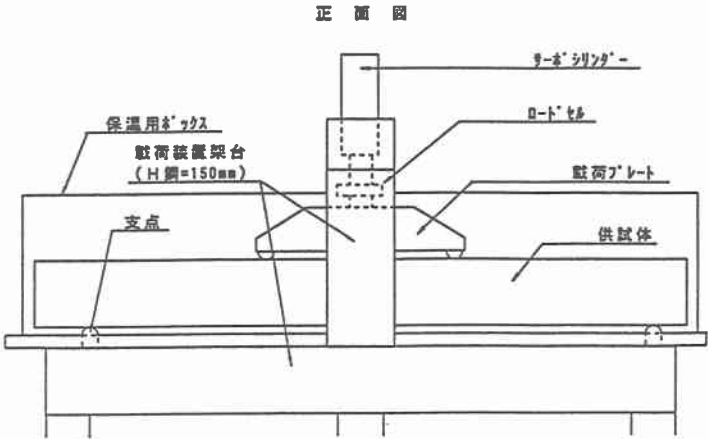
by Masaru KOBAYASHI, Hisashi KONNO, Hisashi YAMAZAKI, Masashi SATOH

2. 2 伸縮疲労試験

伸縮疲労試験時の振幅量は、実荷重応力レベル 1.1tf、変位：1.68mm とした。

また、供試体変形時を考慮し、初期荷重を与えることとする。初期荷重は載荷荷重の 20%とし、荷重 2.8tf $\times 20\% = 0.56 \div 0.6\text{tf}$ 、変位 $1.7\text{mm} \times 20\% = 0.34 \div 0.3\text{mm}$ より、1.4mm の振幅を与えることとした。

供試体を低温試験室内の載荷装置に設置後、上記の条件で動的載荷（疲労試験）を行う。設定温度は、常温を +10℃（一定）、低温を+10℃～-20℃の（4 時間サイクル）とした。動的載荷装置を図－2 に示す。



図－2 動的載荷装置

2. 3 附着性試験

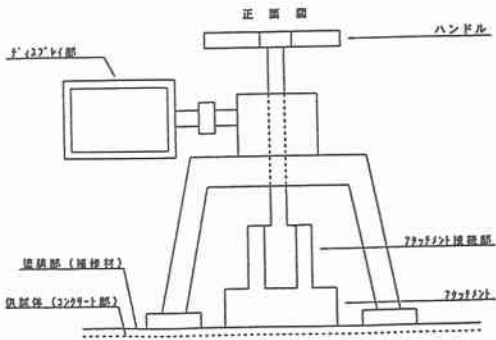
コンクリートと塗膜との附着性試験（剥離試験）は、伸縮疲労試験終了後供試体各断面において、それぞれ5箇所の塗膜に4cm 四方のアタッチメントを所定の位置に設置し、接着力試験機でコンクリートと供試体との付着力を確認している。

附着性試験概要図を図－3 に示す。

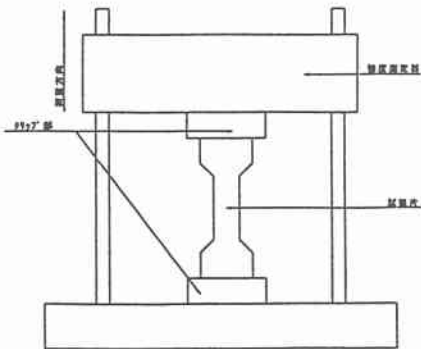
2. 4 塗膜強度測定試験⁽¹⁾

各ケースでの伸縮疲労試験終了後、供試体のひび割れ付近の塗膜を所定の大きさに切り取り、引張試験を行い、塗膜の引張強度を確認している。

塗膜強度の測定試験概要図を図－4 に示す。



図－3 附着性試験概要図



図－4 塗膜強度測定試験概要図

3. 実験結果および考察

3. 1 付着性試験

コンクリートとの付着性試験結果を表一3、測定位置を図一5に示す。

A面～D面は、A面を供試体上面とし、B、D面を供試体側面、C面を下面としている。

常温で試験を行ったケース1 および低温でのケース2～4 とともに、「日本道路公団 塗装材料の規格」等で基準としている付着強度 10kgf/cm² 以上、の条件をほぼ満たしている。ただし、桁軸方向に圧縮力が作用すると思われる桁上面では他面に比べ付着力が小さく、多少の温度依存性が見られる傾向にある。

試験結果に多少のばらつきが見られるが、試験後の剥離供試体（塗膜）が、下地処理として施工した素地調整材（フィラー）およびプライマーと共に剥離していることから、下地処理に注意すれば、付着強度の低下をある程度防止することができると考えられるが、実用上は問題はないと思われる。

3. 2 塗膜強度測定試験

塗膜強度試験結果を表一4に示す。

試験片の観察結果より、塗膜は表面から劣化する傾向があった。また試験結果についても、膜厚が薄いほど表面劣化の影響を受けやすく、測定値が低下している。

付着試験同様、下地処理の影響が大きいため破断時の塗膜強度での比較評価が難しく、Mo 値による評価を行った。100%Mo とは、試験供試体において標点間が100%（2 倍）伸びた時の引張強度である。

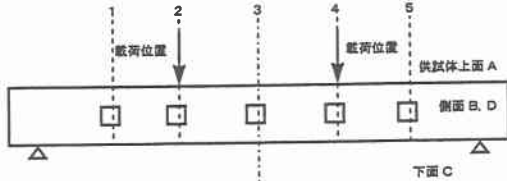
膜厚と 100%Mo 値との関係を図一6に示す。

膜厚、温度条件等に関係なく

表一3 コンクリート付着性試験結果

ケース1						ケース3					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
A 面	1.6	11.5	10.7	6.5	6.1	A 面	5.4	5.3	3.5	6.4	11.1
A 面平均	7.3					A 面平均	6.3				
B 面	--	--	--	--	--	B 面	13.2	12.3	12.2	8.3	13.8
B 面平均	--					B 面平均	12.0				
C 面	9.6	17.6	4.8	6.1	8.5	C 面	7.7	11.4	12.6	13.0	9.4
C 面平均	9.3					C 面平均	10.8				
D 面	10.6	11.6	11.2	12.8	6.9	D 面	13.8	9.4	15.8	2.4	9.9
D 面平均	10.6					D 面平均	10.3				

ケース2						ケース4					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
A 面	5.8	4.6	4.8	3.9	6.6	A 面	6.1	9.0	13.3	16.6	15.6
A 面平均	5.1					A 面平均	12.1				
B 面	--	--	--	--	--	B 面	22.1	6.0	19.9	7.1	5.8
B 面平均	--					B 面平均	12.2				
C 面	9.6	14.8	14.2	8.0	18.4	C 面	10.6	9.0	12.2	8.4	11.5
C 面平均	13.0					C 面平均	10.3				
D 面	16.8	14.0	14.1	14.5	16.8	D 面	17.3	19.3	12.7	15.6	10.4
D 面平均	15.2					D 面平均	15.1				



図一5 付着試験位置図

表一4 塗膜強度試験結果

試験体	厚み (mm)	強度 (kgf/cm ²)	100Mo (kgf/cm ²)	伸び率 (%)	試験体	厚み (mm)	強度 (kgf/cm ²)	100Mo (kgf/cm ²)	伸び率 (%)
カサ値		140	56	460	カサ値		140	56	460
ケース1	1.62	44.8	38.3	150	ケース3	2.51	55.4	44.2	200
	1.74	47.7	39.7	180		2.40	49.3	41.7	200
	1.85	59.1	42.7	250		2.55	44.8	42.4	120
	1.99	48.5	41.2	180		--	--	--	--
	1.73	45.0	38.7	120		2.21	56.5	45.7	200
	1.83	54.8	40.4	240		2.15	60.0	45.6	220
	1.58	53.3	42.4	190		2.32	48.4	43.1	140
	1.65	55.2	40.0	250		2.20	61.7	41.7	190
平均	1.75	51.1	40.4	195	平均	2.33	53.7	43.5	181
ケース2	1.15	45.9	--	180	ケース4	1.81	46.9	39.8	150
	1.07	30.7	--	60		1.45	47.7	44.1	130
	1.28	38.1	--	120		1.73	40.9	38.7	120
	1.14	36.8	--	110		1.59	48.2	39.6	170
	1.87	46.0	40.6	130		1.70	49.1	44.4	150
	1.69	53.7	45.0	200		1.66	51.0	44.8	130
	1.76	49.7	43.2	170		1.55	48.5	40.0	180
	1.93	56.6	44.0	210		1.48	52.0	40.3	210
平均	1.49	44.7	43.2	148	平均	1.62	48.0	41.5	155

100%Mo 値は 40kgf/cm^2 前後であり、初期物性値である 56kgf/cm^2 と比較して 75%以上の強度を保持している。

4. まとめ

本研究では塩害を受ける橋脚の補修方法として、ウレタン系被覆材の、主に低温下における耐久性および付着特性について把握することを目的として、伸縮疲労試験後に付着性試験および塗膜強度試験を行ったが、常温時(+10℃)、低温時(+10℃～-20℃)において得られた試験結果を要約すると、

- 1) 設計厚は一般的なエポキシ系被覆材厚の $0.5\text{mm} \sim 1\text{mm}$ を用いたが、吹付け等の施工性を考慮すると最小膜厚は 1mm 程度であった。
- 2) 下地処理として、素地調整材（フィラー）およびプライマーによる処理を行うが、被覆材塗装後の強度に影響してくることから、適切に処理を行う必要があると思われる。
- 3) 常温時、低温時ともに付着強度が一般に規定されている 10kgf/cm^2 以上得られていることから、本試験における-20℃程度での材料物性変化等の温度依存性は、ほとんど見られなかった。
- 4) 一般にウレタン系の被覆材は膜厚に関係なく一定の強度性状を示すが、塗膜の劣化が表面部で顕著であり、膜厚が薄いほど引張強度低下に影響が大きくなる傾向があった。
- 5) 標点間が2倍に伸びたときの引張強度（100%Mo 値）は初期物性値と比較し 75%程度強度を保持していることから、-20℃低温下においてもコンクリートに対する追従性が大きいと考えられる。

以上のようなウレタン系被覆材の低温下における特性より、表面劣化を考慮した適切な膜厚を設定すれば、ウレタン系被覆材は、優れた補修性能を示すと思われる。

今後は被覆材厚、伸縮回数等の各条件変化時の特性、および遮塩性試験等の塩化物に対する抵抗性を把握し、実用化に向けてさらに検討を進めていきたいと考えている。

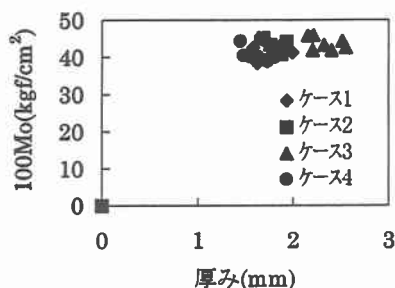


図-6 膜厚と強度

参考文献

- 1) 道路橋の塩害対策指針（案）・同解説 昭和 59 年 2 月 （社）日本道路協会 pp.61～65