

ジオメンブレンの接着・接合部の力学的安定性と水密性

Dynamic Stability and Watertight of Bonding or Jointing Parts of Geomembranes

長 東 勇†
(Isamu NATSUKA)

I. はじめに

合成ゴム系のジオメンブレン (Geomembrane, 以降, GM と略す。) は, 工場製品として, 通常, 幅 1~1.2 m×長さ 10 m を単位として製造出荷される。GM の割付け計画が作成されている場合は, 拡幅といった所要の調整を工場で行った上で施工現場に搬入されるが, それでも GM の最大幅は 8 m 程度である。したがって, 貯水池の遮水材として使用するにあたっては, 多かれ少なかれ, 施工現場での GM 相互の接着・接合の必要性が生じる。また, 取水設備などコンクリート構造物との接合の必要性も生じる。この合成ゴム系の GM のうちエチレンプロピレングム (EPDM) 系 GM の接着・接合については, 貯水池分野の 30 年以上の施工経験を通して, メーカーサイドとの協力のもとに改良がなされてきている。ところで, 大水深下で EPDM 系 GM を使用する場合, 高水圧下におかれるが故に GM の接着・接合部の力学的安定性や水密性が, より大きな設計・施工上の技術課題となる。特に, 施工時の環境条件が GM の接着・接合部の力学的安定性や水密性に与える影響度合いの把握については, 安全性と施工性に関わる重要な課題である。米国開拓局がコロラド州リードビルの北西約 24 km に位置する Mt. Elbert 上部貯水池 (有効貯水量 880 万 m³, 利用水深 21 m) の湛水池内全域 (1.17 km²) に GM の敷設を計画した際にも, EPDM 系 GM を比較検討材料に選定しつつも, 現場での接着に問題があるとして使用を見送っている¹⁾。

GM 相互の接着・接合は, EPDM 系 GM に限らず, 他のどの種の GM についても必ず発生するが, その接着・接合方法は, 大別して, 熱硬化性 GM と熱可塑性 GM の種別により大きく異なる。熱硬化性 GM を代表する EPDM 系 GM は主として接着剤により GM 相互を架橋 (共加硫) させて接着するのに対し, 熱可塑性 GM である高密度ポリエチレン (HDPE) 系 GM や熱可塑性

エラストマー (TPE) 系 GM は主として加熱して GM 相互を融着 (溶融化) させる溶接である。通常, 溶接は, 施工時の環境条件の影響を制御しやすく, GM 相互が溶融化して一体化すれば, 接合部の強度や水密性が問題となることは少ない²⁾。

そこで, 本報においては, EPDM 系 GM を中心として, 現場接着作業時の気象条件が接着部の力学的安定性に及ぼす影響, 工場接着・接合部直近部 GM が工場での処理過程で物性変化を起こす程度, 異種素材 GM の接合の方法, 工場接着部を有する GM がさらに現場接着される場合の三枚重ね合わせ部の繰返し水圧負荷時の水密性度合いについて検討したので, その結果を報告する。

II. 施工時の気象条件が EPDM 系 GM の接着部の力学的安定性に及ぼす影響

1. EPDM 系 GM 相互の接着

EPDM 系 GM の現場施工可能日数を規定する高湿度条件が接着部の力学的安定性に与える影響を検討した。接着方法は, ボンド (ブチルゴム系 2 液反応硬化型) 接着とテープ (ブチルゴム系自然加硫型粘着テープ) 接着の 2 種類である。実験は, 図-1 に示す試験片を用いる「JIS K 6854 接着剤の剥離接着強さ試験方法」に規定さ

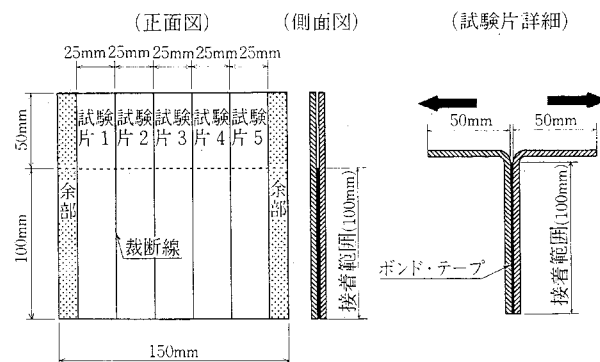


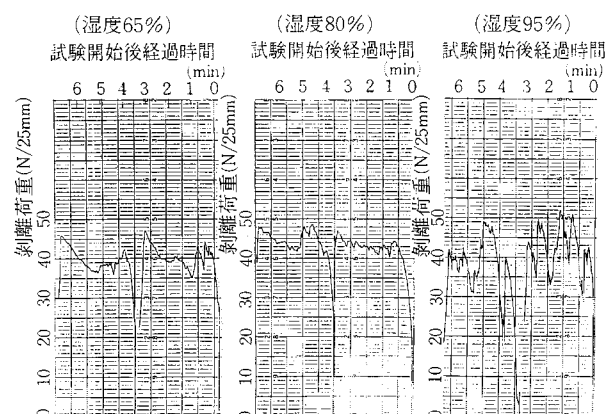
図-1 T 形剥離試験に用いた試験片

† 農業工学研究所

れたT形剥離試験に準じて行った。この試験では、試験片を接着端部から順次剥離させるため、現場において通常発生する剥離面での剪断剥離状況を再現していない。しかし、剥離接着強さ(部分最大剥離荷重の平均を試験片の幅で除した値をいう。以降、接着強さと称する。)のみならず、接着部における剥離の状況、特に部分的な接着のムラなどが詳細に観察できることから、一般に採用されている。また、この試験から求められる接着強さは剪断剥離試験結果に比べて小さな値を示すため、接着強さの評価法としては安全側の試験方法である。

図-2は、温度を20℃として、湿度を65、80、95%に変化させた条件下でボンド接着、テープ接着した試験片のT形剥離試験結果の一例(全て、2個の試験片の時間-剥離荷重の連続記録)を示したものである。この実験記録のように、ボンド接着の場合は、剥離中に剥離荷重の変動が見られ、特に湿度95%の条件で接着した場合においては、その変動が激しい。それに比べ、テープ接着の場合は剥離状況が安定しており、接着強さに対する湿度の影響をほとんど受けていない。また、接着強さもテープ接着の方がやや大きい。したがって、接着の際

(a) ボンド接着



(b) テープ接着

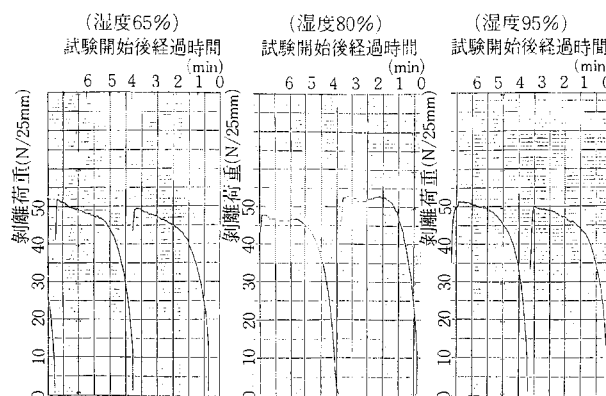


図-2 ペンレコーダによるT形剥離試験の記録例

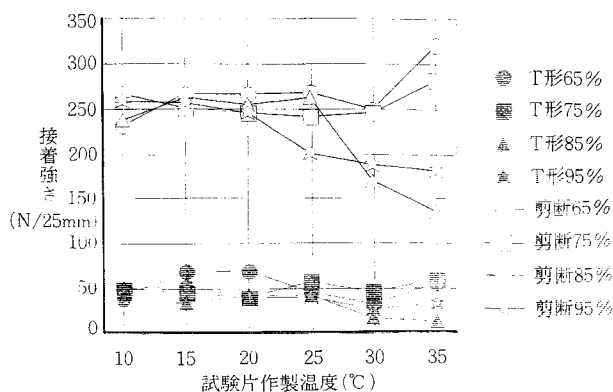


図-3 試験片作成条件を変化させた場合の接着強さ

の湿度に影響されないテープ接着の方が安定した接着力が見られるが、現場での施工条件を考えれば、すべてテープ接着を採用することには無理がある。

ところで、この施工時の湿度条件がボンド接着強さに与える影響については、沖縄地方のように高温高湿地域においては、特に重要な検討課題となる。そこで、試験片(ボンド接着)作製時の温度条件、湿度条件を変化させた剥離試験を実施した。図-3は、試験片作製時の温度を10~35℃の間を5℃刻みに、湿度を65~95%の間を10%刻みに変化させたT形剥離試験の結果を、T形剥離試験片と同じ形状の試験片を用いて行った剪断剥離試験の結果と合わせて示したものである。試験片作製時の温度が25℃以上、かつ湿度が85%以上になると、T形剥離試験、剪断剥離試験ともに接着強さが低下する傾向が見られる。

そこで、この接着強さの相違の要因と考えられるT形剥離および剪断剥離試験片作製時のオープントイム(二枚のGMにボンドを塗布後、両者を接着するまでの所要の放置時間)における塗布面の結露状況を表-1に、剥離試験時の試験片剥離状況を表-2に示す。今回設定した10~35℃環境条件下では湿度85%以上の場合には、T形剥離および剪断剥離試験片共に全て結露が発生して

表-1 ボンド塗布面のオープントイムの観察結果(結露状況)

湿度(%) \ 温度(°C)	10	15	20	25	30	35
65	◎	◎	◎	○	○	◎
75	△	△	○	○	○	◎
85	△	△	○	○	△	×
95	△	△	△	×	△	○

×: 結露あり(著しく多く、ローラ転圧時に滲み出る)

△: 結露あり(水滴の凝結が目視できる)

○: 結露あり(水滴の凝結は目視できないが、指触の跡が残る)

◎: 結露なし(指触の跡も残らない)

表-2 剥離試験時の試験片剥離状況

		T 形剥離試験					
温度 (°C)	湿度 (%)	10	15	20	25	30	35
65		D	D	D	D	C	D
75		D	D	D	D	D	D
85		C	C	C	D	C	C
95		D	D	C	C	C	C
		剪断剥離試験					
65		B	B	B	D	D	D
75		D	D	B	D	D	D
85		D	B	D	D	C	C
95		D	D	D	D	C	D

B: GM とボンド層の間の界面剥離

C: それぞれ GM に塗布されたボンド層の間での剥離

D: 混合剥離 (B, C の混合)

おり、接着強さの低下と結露の発生に強い因果関係がうかがえる。これは、結露の発生した T 形剥離試験片の剥離は接着面層間で起きることが顕著であることから、接着面層間に残留した水分が GM 相互の架橋を阻害し、二枚の GM の接着面の一体化が不十分となる結果であると考えられる。

この結露現象は、次のように説明できる。すなわち、オープンタイムにボンド成分の気化に伴う気化熱により、接着面の温度低下が生じ、その時の湿度が高いと接着面に結露が生じる。一般に、湿潤空気が圧力一定のもとに冷されるときは、相対湿度は大きくなり、遂には水蒸気が飽和して凝結を起し水滴を生ずる。そのときの温度を定圧露点というが、温度 t_0 における相対湿度 U 、蒸気圧 e 、飽和蒸気圧 H_f の関係式 ($\log U = \log e - \log H_f$) に、Goff-Gratch の実験結果による H_f と t の関係³⁾ を導入すれば、温度 t_0 における露点を求めることができる。そこで、今回の各環境設定条件下において、どの程度の温度低下があれば露点に達するかを整理してみると、おおそ、表-3 のようである。

これから明らかなように、気化熱による温度低下が

表-3 露点温度に到達する温度低下量 (°C)

温度 (°C)	湿度 (%)	10	15	20	25	30	35
65		6.5	6.5	7	7	7.5	7.5
75		4	4.5	4.5	5	5	5
85		2.5	2.5	2.5	3	3	3
95		1	1	1	1	1	1

3°C 以上であれば、湿度 85% 以上の条件下では、すべて結露を生じていたことになる。なお、最小の強さを現出した 35°C・85% の試験片の 1 年後の接着強さを確認したが、指先の力で容易に剥がせるほど非常に接着強さは小さい状況であった。

以上の結果を沖縄における施工現場の気象条件にあてはめた場合、現場接着部の接着強さの不安定性が危惧された。仮に、ボンドの気化熱による温度低下量が 4~5°C あるとすれば、湿度 75% でも結露を生じ、施工可能期間がかなり制限されることになった。こうした室内実験結果を踏まえ、沖縄の施工現場では、現場での接着箇所を最小限にとどめ、現場での接着が必要な場合は全てテープ接着に変更された。

2. EPDM 系 GM とコンクリートの接着

EPDM 系 GM のコンクリートとの接着強さは、コンクリート接着面のレイタンス処理と、接着性を上げるために塗布されるプライマーの含浸度合いに大きく影響される⁴⁾。特に施工時の温度が低い場合には、含浸時間 (乾燥時間) の設定が課題となる。そこで、接着作業時の温度が 5°C の条件下において、塗布されたプライマーの乾燥時間が接着強さに及ぼす影響を、図-4 に示す試験片を用いた 180° 剥離試験によって検討した。

180° 剥離試験から得られた接着強さの経時変化と GM の剥離状況を表-4 に示す。表-4 からプライマーの乾燥

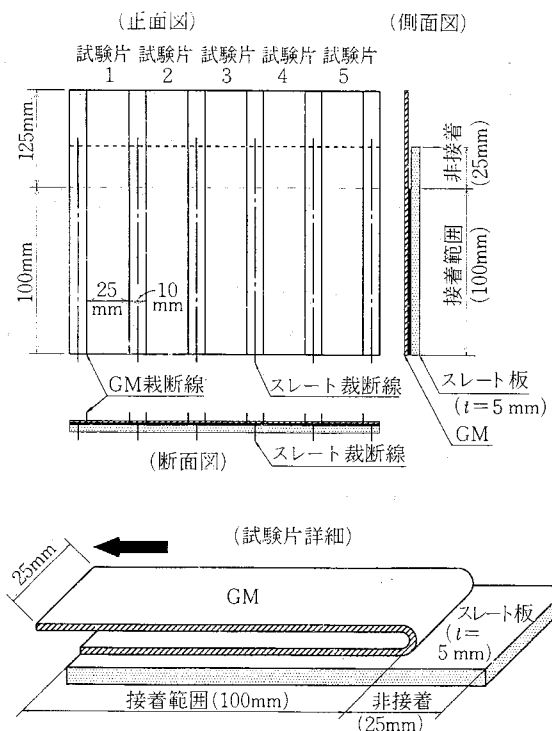


図-4 180° 剥離試験に用いた試験片

表-4 EPDM系GMとコンクリートの接着強さの経時変化と剥離状況
単位: N/25 mm

プライマー 乾燥条件		養生 日数	養生温度 (°C)			
温度 (°C)	時間 (hr)		5		20	
		(日)	接着 強さ	剥離 状況	接着 強さ	剥離 状況
5	2.0	14	23	S/A	28	S/A
		25	28	S/A	35	S/A
5	3.5	14	28	S/A	38	S/A
		25	37	S/A	47	S/A
5	5.0	14	33	S/A	45	S/A
		25	45	S/A	55	S/A
20	2.0	14	55	S/A	75	S
		25	67	S/A	75	S

注) S/A: 界面剥離, S: GM 破断

温度が5°Cの場合、乾燥時間、養生日数、養生温度にかかわらず全てコンクリートとプライマー間で界面剥離を生じていることがわかる。また、乾燥時間を2時間とっても、その養生温度が5°Cであれば、14日後の接着強さは23 N/25 mmである。一般に、施工現場における品質管理規格値は、25 N/25 mm程度とされる⁵⁾ことから、5°Cの温度条件下で確実に接着強さを得るには、プライマーの乾燥に4~5時間が必要である。したがって、養生温度および養生日数の増加による接着強さの増加は期待できるが、乾燥時間を確保することに対する現場の制約を考慮すれば、EPDM系GMとコンクリートの接着作業は気温5°C以下では行うべきではない。

III. 工場接着・接合時の物性変化と異種GMの接合

1. EPDM系GMの工場接着時の物性変化

現場における接着作業を減じるため、現場搬入GMは工場において原反GMの接着による拡幅が行われている。その方法は、EPDM系GMの場合、接着強さの安定性および接着作業の効率性の確保の観点から、キューアテープ(未加硫ゴム系定型接着テープ)をGMとGMの間に挟み加熱圧着して接着するのが一般的である。

図-5は、ある現場に搬入予定の拡幅されたGMから、工場接着部を横断して一つのライン上を連続サンプリングした試験片の引張試験から得られた力学的物性値 T_B 、 E_B および $M300$ ⁶⁾ の一例を示したものである。サンプリング No. 4~6 が工場接着部であり、No. 1~3 および No. 7~17 が1枚部分である。これをみると、接着直近部で

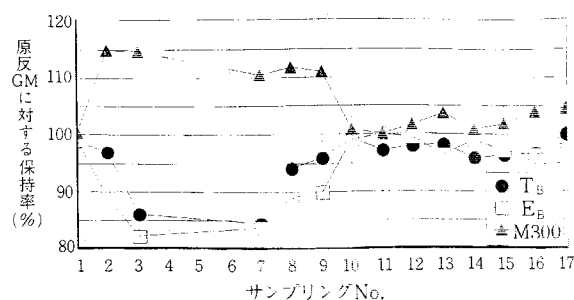


図-5 EPDM系GMの工場接着直近部の引張試験結果の例

ある No. 2, 3 および 7, 8, 9 が変質し、接着時の影響を受けていない原反GM部分に比べ、 T_B は最大15%の低下、 E_B は最大18%の低下、 $M300$ は最大15%の増加を示していることがわかる。また、他の接着直近部で T_B が45%、 E_B が35%の低下といった大きな物性変化が生じている試験例もあった。

以上のことから、適切な管理による工場接着が行われない場合には、EPDM系GMは硬くなり伸び能力が低下する上に引張強さも低下するという、ある意味での熱老化現象が現れる可能性がある。

2. TPE系GMの工場接合時の物性変化

TPE系GMについてもEPDM系GMと同様に、工場接合加熱部および加熱周辺部には過度の物性変化が生じることが懸念される。そこで、工場接合時の物性変化の程度を調べるための引張試験を行った。図-6は、引張試験から得られた加熱部および加熱直近部の力学的物性値(降伏点伸び率、降伏点引張強さ、 T_B 、 E_B)の、加熱の影響を受けていない部分(原反GM)に対する保持率を示したものである。

ここで、凡例に示した、「全体加熱」とは、工場での加熱接合を模して作製した加熱部分(加熱幅26 cm)から直接加熱された中央部分を、「加熱直近」とは、加熱幅から外れる直近部を、「全体直端2回」とは、1回目、2回目とも直接加熱されるがいずれの回も加熱幅内の最端部である部分を、それぞれ打ち抜きサンプリングした試験片の結果を示している。図-6から、加熱により比較的大きな物性変化を示す物性値は降伏点伸び率であり、加熱によって5~20%の減少を示していることがわかる。これは、TPE系GMはEPDMとポリオレフィン系樹脂のブロック共重合体であり、EPDMが降伏点までの特性を大きく支配するとされていることから、EPDMの加熱劣化現象が現れた結果と考えられる。また、加熱による影響をより大きく受ける部分は、加熱幅内の最端部であり、加熱幅を外れる直近部も影響を受けることがわかる。今回行った引張試験では、工場接合による保持率

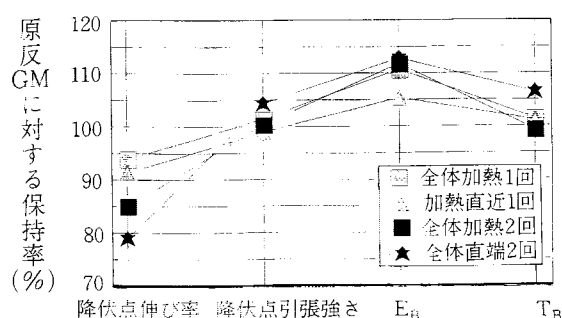


図-6 TPE系GMの工場接合加熱による物性変化

の変化は最大20%程度以内であるが、TPEは熱可塑性樹脂を多量に含有していることから、軟化条件を大きく越えるような過度の加温、加圧はGMの物性を変化させるのみならず、GM厚さを薄くする可能性もあり、慎重な接合管理が必要である。

3. EPDM系GMとTPE系GMの接合

ここでは、M調整池における表面遮水工法を設計する上で課題となった、EPDM系GMとTPE系GMの接合問題を取り上げる。M調整池では初期湛水後は常に調整池底面が水没する供用条件から、池底面に敷設されるGMはほぼ定温状態に置かれ、温度変化による物性変化⁶⁾に配慮する必要がない。そこで、斜面部はEPDM系GMが採用されたが、池底面には価格的に優位なTPE系GMが採用されることとなった。

この両者を接合する上で考慮すべきGMの主な相違点⁷⁾を整理すると、表-5のとおりである。

そこで、両GMの接合を、TPE系GMに配合されているEPDM成分(30%程度)に期待し、通常のEPDM系GM相互の接着に使用されている接着テープを用いて試みた。しかし、定荷重の吊り下げによる剪断剥離試験の結果では、両者の剛性の相違に起因してEPDM系GM側の接着端部に応力集中を生じ、粘弾性体である接着テープ層がクリープ現象を起こすことにより徐々に破壊され剥離することが明らかとなった。

このように、材質の異なるEPDM系GMとTPE系GMの接着テープによる接合は、一般的には困難であるが、一つの手段として両者の中間材質のテープ(EPDM

表-5 EPDM系GMとTPE系GMの主な相違点

項目	EPDM系GM	TPE系GM
材質	・エチレン・プロピレンゴムを主原料 ・主原料は架橋ゴムのため、軟化温度はない。	・オレフィン系熱可塑性樹脂を主原料 ・主原料の軟化温度は約120℃
応力-伸び特性	・弾性を示し、応力と伸びがほぼ比例的である。張力を除けば元に戻る。	・降伏点を越えると塑性を示す。初期剛性が高い。
接合方法	・ボンドまたはテープにより接着 ・主として共加硫による接着	・熱風による熱融着により接合 ・主として相溶融による溶接
線膨張係数(1/℃)	4.0×10^{-5}	22.5×10^{-5}

分を含む未加硫で融点が高いキュアテープ)を挟み加熱加圧して、半強制的に接合する方法が考えられる。この場合の接着・接合は、加熱加圧の温度、時間、圧力の条件が互に関連するものと考えられ、条件設定の如何によって、EPDM系GM-キュアテープ-TPE系GMの間の接着・接合構造は、次のケースが想定される。

(1) EPDM系GM-キュアテープ

①キュアテープが加熱加圧により加硫する段階で、EPDM系GMに含まれる遊離硫黄分が共加硫し接着する。②キュアテープにはEPDM系GMと同一のポリマーが配合され相溶性がよいので、加熱加温により熱融着する。

(2) TPE系GM-キュアテープ

①キュアテープが加硫する段階で、キュアテープのEPDM成分とTPE系GMのEPDM成分が共加硫し接着する。②キュアテープのポリマー成分とTPE系GMのポリマー成分が熱により相溶化し、熱融着する。

そこで、これらの接着・接合構造を調べるため、EPDM系GMとTPE系GM、EPDM系GM相互、TPE系GM相互を、それぞれキュアテープで接着・接合した試験片の引張剪断剥離試験を20、80、120℃で実施した。なお、接着・接合条件は、温度については

表-6 キュアテープを用いた接着部の剪断接着強さおよび剥離状況

	実験時の温度 20℃		実験時の温度 80℃		実験時の温度 120℃	
	接着強さ	剥離状況	接着強さ	剥離状況	接着強さ	剥離状況
EPDM/EPDM	320	ストロークオーバー	130	テープ内破断	113	EPDM破断
EPDM/TPE	175	テープ/TPE界面	82	テープ/TPE界面	7	TPE破断
TPE/TPE	350	テープ/TPE界面	114	テープ/TPE界面	7	TPE破断

TPE系GMが軟化する下限温度である120℃、加熱加圧時間はキュアテープが十分軟化し、かつTPE系GMが軟化を開始する直前の時間である35minとした。加圧圧力は0.5MPaである。

表-6に試験結果を示す。これによると、EPDM系GM相互のキュアテープによる接着・接合構造は、実験温度が高くなっても接着材内破断、もしくはGM破断を起こしていることから、主として共加硫による接着と考えられる。TPE系GM相互、EPDM系GMとTPE系GMのキュアテープによる接着・接合構造は、TPE系GMが軟化する温度よりも低い80℃以下においてはいずれもキュアテープとTPE系GMとの間で界面剥離を起こしていることから共加硫している可能性は小さく、主として相溶化による熱融着による接合と考えられる。このことは、EPDM系GMとTPE系GMのキュアテープを介した接着・接合構造は、主として、一方で加硫、他方で熱融着により形成されるため、両者の接合作業は試験片作製時のように極めて限定された条件下で実施する必要があることを意味している。そこで、現場に敷設されるEPDM系GMとTPE系GMの接合方法は、工場において、片側がEPDM系GM、もう一方がTPE系GMである帯状のGMを製作し、この帯状のGMを橋渡し役（ブリッジ）として接合する方法を採用することにした。また、帯状のGMにおけるTPE系GMは、表面軟化による厚さの減少に対処するため、池底に敷設されるTPE系GMより0.5mm厚い2mmのものを使用することにした。

IV. 工場接着部を有するEPDM系GMの現場接着部（三枚重ね合わせ部）の繰返し水圧負荷時の水密性

一般にGM自体の透水性は非常に小さいことから、GMの水密性は接着部における止水性に左右される。ただし、柔軟なEPDM系GMのポアソン比は0.49（体積変化がほとんどなく横に伸びやすい）と、追従性が高く密着しやすいことから、通常の基盤上に敷設された水圧下での接着部の止水性は高い。しかし、段差やシワが接着部を横断する状況では、水みちが発生する場合がある⁴⁾。そこで、図-7に示す工場接着部を有するEPDM系GMが施工現場で接着された供試体を用いて、繰返し水圧負荷時の水密性について検討した。

表-7は、単粒砕石（S-20）基盤材上に目付量400g/m²、または800g/m²の不織布を敷き、その上に図-7に示した三枚重ね合わせ供試体を敷設した場合の水密性実験結果である。実験にはφ500mmの圧力容器を用い、0～0.3MPaの水圧を所定回数繰返し負荷している。ケースAおよびBについては、その後、2.9MPaまで昇圧して、漏水の有無を確認している。表中の水みち進捗長は図-8に示す水みち確認法による実験後の観察結果であり、供試体敷設タイプは図-7に示した(a)、(b)のタイプである。

A, B, Cいずれのケースにおいても、接着部からの漏水は発生していない。しかし、供試体敷設タイプによって接着部の水みち進捗長が明らかに異なり、(a)タイプ

表-7 工場接着部を有するEPDM系GM接着部の繰返し水圧負荷時の水密性実験結果

実験 ケース	供試体 No.	供試体 敷 設 タイプ	不織布 目付量 (g/m ²)	繰返回数 (回)	繰返サイクル (回/min)	負荷水圧 (MPa)	水みち 進捗長 (mm)	不織布 突破 箇所数
A	1	(b)	400	852	1/10	0.3 (2.9)	11	13
	2	(a)					94	15
	3	(a)					80	20
B	1	(a)	800	1,490	1/10	0.3 (2.9)	108	0
	2	(b)					24	2
	3	(a)					64	0
C	1	(b)	800	15,000	1/2	0.3	漏水	0
	2	(b)					35	0
	3	(b)					60	0

- ・ ケースCのNo.1の漏水は、圧力容器の蓋締め付けに起因する接着部の機械的剥離によるものである。
- ・ 不織布突破箇所数とは、基盤の砕石が不織布を突き破っていることが実験後確認された箇所数である。

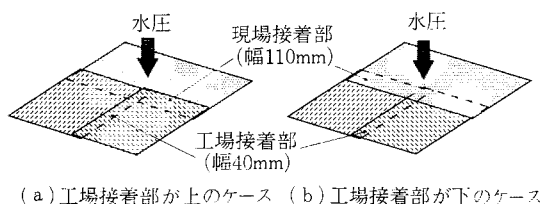


図-7 工場接着部を有する EPDM 系 GM の現場接着模式図および水密性実験装置

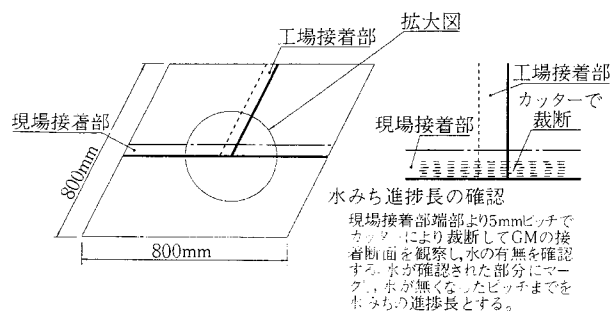


図-8 水みち確認法

は、(b) タイプに比べ長い。また、その進捗状況も、(a) タイプの場合は工場接着部直下の現場接着部分のみで深く鋭角に水みちが成長しているのに対し、(b) タイプの場合は場所が特定されず広角に浅く分散していることが観察された。これは、水圧を受け基盤凹部に GM が貫入する際、(a) タイプの場合は、2 枚が接着された工場接着部分に比べ、直下の 1 枚 GM 部分の方が容易に伸びることにより剥離作用が働き徐々に剥離が進行するのに対し、(b) タイプの場合は、上の 1 枚 GM が工場接着部に支えられ接着面に剥離作用が働きにくい、という敷設状況の相違による結果と考えられる。一方、(b) タイプであっても、繰返し水圧負荷が頻繁になされると、重ねられた GM 上下の基盤凹部への貫入時における曲率が相違するため、接着部に剪断力が働き、水みちの若干の進捗は避けられないことがわかる。ただし、農業用貯水池においては、供用年数を 50 年、年間の貯水池利用回転数を 10 回としても、繰返し水圧負荷は 500 回程度であることから、工場接着部を有する GM 相互の接着方法を (b) タイプとすれば、十分に水密性は確保できるものと思われる。

なお、基盤局所の凹凸に対する GM の保護材として

使用される不織布が、凸部に対する緩衝材としての効果を発揮するには、ある程度の目付量(厚み)を持ったものが必要であり、基盤条件、水圧条件を設定した確認実験により目付量を決定すべきである。

V. ま と め

EPDM 系 GM 相互のボンド接着においては、施工時の湿度が 85% 程度以上になると、接着強さが不安定になる可能性がある。これは、ボンド成分の気化熱により、オーフンタイムに接着面に結露が生じることと強い因果関係があると考えられる。接着強さの不安定を防止するには、高湿度の影響を受けず塗りを生じにくい自然加硫型接着テープが有効である。また、コンクリートとの接着については、接着力を高めるために塗布されるプライマーの乾燥時間が、5℃ では 4~5 時間必要なため、現場の施工条件を考慮すると接着作業は気温 5℃ 以下では行うべきではない。

異種素材 GM 間の接合の例として取り上げた EPDM 系 GM と TPE 系 GM の接合については、両者の中間材質のテープを介し加熱加圧することで可能である。しかし、この場合の接合構造は、一方は加硫、他方は熱融着と異なるため、極めて限定された接合条件下でのみ可能である。

現場での接着・接合を減じるために多用される傾向にある工場での加熱圧着による GM 拡幅においては、加圧圧着直近部の GM に変質が起こり得る。EPDM 系 GM では、 $M300$ が高まり、 E_B が低下する。通常の管理がなされれば、その影響度合いは小さいが、管理が不適切であると 15% 程度以上の熱老化現象が生じる可能性がある。TPE 系 GM では、影響が比較的大きく現れる物性値は、降伏点伸び率であり、20% の減少を示す場合がある。

工場接着部を有する EPDM 系 GM の現場接着部(三枚重ね合わせ部)の繰返し水圧負荷時の水密性については、工場接着部を有する箇所と一枚 GM には同じ張力が働いた際の伸びに差があることから、敷設時にその上下関係を誤ると、水圧負荷時に GM の基盤への追従に際し接着面に剥離作用が働き、現場接着部に水みちが発達する可能性がある。

なお、本報は、京都大学審査学位論文の一部を再構成し直したものである。

参 考 文 献

- 1) 増田民夫：ジオメンブレンの貯水池への適用について、国際ジオテキスタイル学会日本支部ジオメンブレン技術

- 委員会第1回ジオメンブレン技術に関するセミナー,
p. 65 (1994)
- 2) 三木博史・林 義之: 国内におけるジオメンブレンの現
状, 国際ジオテキスタイル学会日本支部ジオメンブレン
技術委員会, 第1回ジオメンブレン技術に関するセミナー,
pp. 28~46 (1994)
- 3) 篠原武次: 気象ハンドブック, 朝倉書店, pp. 215~216
(1979)
- 4) 長束 勇・中島賢二郎・鶴丸雄二郎: 合成ゴムシートの
遮水性能—農業用貯水池への適用を目的として—, 防水
ジャーナル, 通巻 228 号, p. 56~67 (1990)
- 5) たとえば, 豊川総合用水農業水利事務所: 万場調整池技
術誌, 東海農政局, p. 3-153 (1997)
- 6) 長束 勇: ジオメンブレンの力学的物性値の温度依存性,

農土誌 67 (4), pp. 99~105 (1999)

- 7) 山下晋三: ゴム技術の基礎, 日本ゴム協会, p. 13 (1995)
[1999. 3. 23. 受稿]

長束 勇



略 歴

1974年 京都大学農学部卒業, 農林省入省
1980年 筑波大学大学院経営・政策科学研究科修了
1986年 構改局設計課農業土木専門官, 設計審査班
長
1989年 農工研土木材料研究室長, 土地地質研究室
長
1998年 京都大学博士(農学)
現在に至る

地域環境工学シリーズ 4

清らかな水のためのサイエンス — 水質環境学 —

(社)農業土木学会発行

地域環境工学シリーズ 4

清らかな水のためのサイエンス — 水質環境学 —

編集委員会 (五十音順)

委員長 田淵 俊雄 (日本学術会議会員)
委 員 安楽 敏 (農林水産省構造改善局建設部設計課)
◇ 中曽根英雄 (茨城大学農学部)
◇ 柚山 義人 (農業工学研究所農村整備部)

A 5 判 約 220 ページ 定 価 3,200 円 (内税・送料学会負担)
会員特価 2,800 円 (内税・送料学会負担)
[会員特価は, 個人会員による前金購入の場合のみ適用されます。]

申込先 〒105-0004 港区新橋 5-34-4
(社)農業土木学会 担当: 馬目・斉藤
☎ 03-3436-3418 FAX 03-3435-8494