第Ⅴ章 木造住宅外皮の雨水浸入リスク評価方法

関連報告

関連報告　目次

（　）内：執筆者

1. 外皮からの雨水浸入リスク評価に関わる風雨条件の基礎資料 69

「住宅敷地の風雨環境データベース」（西田） 69

2. 平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構の検討　実験 A：浸水量計測（神谷昭範） .. 75

3. 平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構の検討 86

実験 B：オーバーフロー機構の検討（神谷昭範） 86

4. 既調合軽量モルタルのひび割れ面吸水試験報告書（石川） 98

5. 湿式仕上げ面の下地ひび割れ発生部の水密性計測報告書（稲垣） 102

6. 窯業系サイディング小口面からの吸水に関する試験報告（金澤） 115

7. 窯業系サイディング目地部の水密性試験報告（金澤） 122

8. 各種二次止水層用防水材料の釘孔止水性および防水テープの密着性に関する試験（宮村） 132

9. 各種二次止水層用防水材料の止水性および下地水分拡散性に関する試験（宮村） 177

10. 屋根下葺材の雨水浸入リスクおよび野地合板の乾燥性状に関する実大曝露試験(宮村, 坂根) .. 188

1. 外皮からの雨水浸入リスク評価に関わる風雨条件の基礎資料
「住宅敷地の風雨環境データベース」

1.1. 概要

外皮からの雨水浸入リスクの検討にあたって風雨条件の基礎資料を地域別に作成した。作成にあたり、気象庁測候所（別紙１）の地上気象データを基にし、10 年間（2003 年～2012 年）について集計を行った。また、通常公表されている降水量、風速の他に雨水とは異なった挙動をする降雪を除外した雨量や壁面雨量、降雨の継続時間や降水の無い日数についても集計を行っている。

データの集計条件を以下に示す

（１）地点数 153（気象庁測候所のデータで風雨のデータがそろっているもの）

（２）集計期間　2003 年～2012 年（10 年間）

（３）壁面方位　全方位、東，南，西，北　（５方位）

（４）降雨の場合、降水から降雪が予想されない 2℃以上のデータを集計する。

（５）継続時間に関する集計は年次で切らずに 10 年連続で集計する

1.2. データベースの構成

1.2.1 降水量、降水日数

地域の降水の多寡の概要を把握するため降水値の統計値を求める

1) 年間降水量(最大値、最小値、平均値)　月別降水量(最大値、最小値、平均値)

2) 年間降水日数(最大値、最小値、平均値)　月別降水日数(最大値、最小値、平均値)

1.2.2 降雨量、降雨日数（降雪を除外するため気温 2.0℃以上を集計）

雪は雨水とは異なる挙動となるため降雨による漏水リスクを把握するため降雨のみの集計を行った。雨雪の判別は気温 2.0℃以上を雨として集計した。気温が欠測の場合も降雨として集計していない。

1) 年間降雨量(最大値、最小値、平均値)　月別降雨量(最大値、最小値、平均値)

2) 年間降雨日数(最大値、最小値、平均値)　月別降雨日数(最大値、最小値、平均値)

1.2.3 月間平均日降雨量

平均日降雨量(最大値、最小値、平均値)

1.2.4 風雨の同時性およびに基準壁面雨量に関する資料

1)　風雨の同時性

雨と風が同時に作用する状況を把握するため、雨量 mm/hr が一定値以上である時間の平均風速（U_{10}）の超過頻度（全風向を含む、屋根対象）を求めた。地点によっては 30m/s を越える風速も観測されてい

るがグラフは風速 30m/s まで表示している

2) 基準壁面雨量

建物の形状や壁内での位置により壁面雨量は変化するが、壁面の漏水リスクの指標として基準壁面雨量を想定し伴う風速の超過頻度を求めている。

実際の建物の壁面雨量は、建物の形状や壁内の位置、壁面と風向の関係によって異なるが、壁面の漏水リスクは壁面内の最大の壁面雨量が影響すると考え、ここでは基準壁面雨量として、風向が壁面の方向と 45° 程度それていても壁面内最大の壁面雨量は大きく低下しないことから、壁面方位に対し±４５° 以内の風向の降雨について、基準壁面雨量を次式により計算した。

基準壁面雨量＝観測雨量（R_m）×平均風速（U_{10}）／10

平均風速(U_{10})は測候所の観測値を市街地の地上 10m 高さの値に換算し補正した。

【補正方法】

観測風速 U_m を次式で市街地（粗度区分Ⅲ）における地上高さ 10m の風速 U_{10} に換算する。

$$U_{10} = U_m \left(\frac{Z_{Gm}}{Z_m} \right)^{\alpha_m} \cdot \left(\frac{10}{Z_{Gs}} \right)^{\alpha_s}$$

ここで Z_m：気象観測所の風速計地上高(m)

Z_{Gs} ， Z_{Gm}：市街地、気象観測所の各地表面粗度区分における上空風高度(m)

α_s， α_m：市街地、気象観測所の各地表面粗度区分における高さ方向風速分布のべき指数

気象観測所の各地表面粗度区分は不明なので本資料では市街地として補正している

(1)各壁面方位の壁面雨量年合計値（最大値、平均値）全方位、方位別（東，南，西，北）

(2)時間壁面雨量の順位表（１０年間、全方位、壁面方位別）

(3)時間壁面雨量の段階別頻度（１０年間、壁面方位別）

時間壁面雨量段階　0.5 未満、0.5 以上 1 未満、1 以上 3 未満、3 以上 10 未満、10 以上 30 未満、30 以上

3) 方位別壁面雨量と風速の同時性

基準壁面雨量が一定値以上である時間の平均風速 U_{10} の超過頻度

1.2.5 降雨の連続性に関する資料

吸水性の壁材の検討項目として降雨の連続性を求めた

1) 一定以上の強さの降雨が継続する時間の段階別頻度（１０年間を連続で処理、時間雨量別）

時間雨量区分　0.5 以上、1 以上、3 以上、10 以上、30 以上

継続時間段階　1 以上 2 未満、2 以上 3 未満、3 以上 5 未満、5 以上 10 未満、10 以上 23 未満、24 以上

2) 連続無降水日数の段階別頻度（１０年間を連続で処理）

連続日数段階　1 、2、3～4、5～7、8～14、15～29、30 以上

降水日を基に集計　降雪でも乾燥を阻害するので降雪を排除しない

1.3 集計結果

集計結果の一例（東京）を表 2.1、2.2 に示す。また、全地点の集計結果を本資料の付録に収録した。

引用文献

1) 石川廣三，橋本佳大： 壁面に衝突する雨滴の傾斜角の推定－外壁面におよぼす雨がかり負荷の評価に関する基礎的研究－日本建築学会構造系論文報告集、611 号,pp.13-20, 2007

2) 石川廣三：軒の形状・寸法に応じた外壁面内の雨がかり分布の算定方法、日本建築学会構造系論文集 664 号, pp.1069-1075, 2011

表１　気象庁観測所一覧

観測所ID	観測所名	緯度(度.分)	経度(度.分)	海抜	気圧計の高さ	風速計の高さ
401	稚内	45.24	141.41	2.8	11	23.4
402	北見枝幸	44.56	142.35	6.7	8	10.4
404	羽幌	44.21	141.42	7.9	12.5	13.5
405	雄武	44.34	142.58	13.8	15.4	11.3
406	留萌	43.56	141.38	23.6	27.8	15.8
407	旭川	43.46	142.22	111.9	115.9	14.6
409	網走	44.01	144.17	37.6	42.8	15.6
411	小樽	43.10	141.01	24.9	26.1	12.3
412	札幌	43.03	141.20	17.2	18.6	31.3
413	岩見沢	43.12	141.47	42.3	50.9	20
417	帯広	42.55	143.13	38.4	43.2	14.5
418	釧路	42.58	144.23	31.7	36.7	22.1
420	根室	43.19	145.35	25.2	38.5	29.1
421	寿都	42.47	140.13	33.4	37.8	13.4
423	室蘭	42.18	140.59	39.9	49.2	18.2
424	苫小牧	42.37	141.33	6.3	10.9	15.9
426	浦河	42.09	142.46	32.5	36.5	14.5
428	江差	41.52	140.07	3.7	11.6	19.5
430	函館	41.48	140.45	35	43.4	25.6
433	倶知安	42.54	140.45	176.1	187.6	30.3
435	紋別	44.20	143.21	15.8	16.4	18.1
440	広尾	42.17	143.19	32.4	33.3	12.9
512	大船渡	39.03	141.43	36.9	41.3	22.1
520	新庄	38.45	140.19	105.1	113	30.9
570	若松	37.29	139.54	212.1	212.8	13.4
574	深浦	40.38	139.56	66.1	67.2	13.4
575	青森	40.49	140.46	2.8	3.4	30.4
576	むつ	41.17	141.13	2.9	4.5	15
581	八戸	40.31	141.31	27.1	27.9	16.1
582	秋田	39.43	140.06	6.3	21.1	40
584	盛岡	39.41	141.10	155.2	153.4	15.6
585	宮古	39.38	141.58	42.5	46.4	20.2
587	酒田	38.54	139.50	3.1	3.8	27.6
588	山形	38.15	140.21	152.5	153.2	13.8
590	仙台	38.15	140.54	38.9	43.3	52
592	石巻	38.25	141.18	42.5	50	28.5
595	福島	37.45	140.28	67.4	68.7	26
597	白河	37.07	140.13	355	372.1	45.5
598	小名浜	36.56	140.54	3.2	4.8	15
600	輪島	37.23	136.54	5.2	13.9	28.3
602	相川	38.01	138.14	5.5	16.7	33.6
604	新潟	37.54	139.03	1.9	6.4	18.5
605	金沢	36.35	136.38	5.7	33	48.4
606	伏木	36.47	137.03	11.6	12.6	15.2
607	富山	36.42	137.12	8.6	16.8	20
610	長野	36.39	138.11	418.2	419.3	19
612	高田	37.06	138.15	12.9	18.2	16.7
615	宇都宮	36.32	139.52	119.4	139.9	49.2
616	福井	36.03	136.13	8.8	16.8	26.1
617	高山	36.09	137.15	560.1	561.4	15.2
618	松本	36.14	137.58	610	611.1	16.2
620	諏訪	36.02	138.06	760.3	761.8	12.5
622	軽井沢	36.20	138.33	999.1	1004.4	15.1
624	前橋	36.24	139.03	112.1	113.1	17.3
626	熊谷	36.08	139.23	30	30.7	16.8
629	水戸	36.22	140.28	29.3	30.7	14
631	敦賀	35.39	136.04	1.6	11.8	27.7
632	岐阜	35.23	136.46	12.7	16.7	22.8
636	名古屋	35.10	136.58	51.1	55.7	17.9
637	飯田	35.30	137.50	482.3	484.4	12.7
638	甲府	35.39	138.33	272.8	280.9	26.9
640	河口湖	35.29	138.45	859.8	860.5	12.8
641	秩父	35.59	139.04	218	219.4	12.6
646	館野	36.03	140.07	25.2	30.5	20.5
648	銚子	35.44	140.51	20.1	27.6	28.2
649	上野	34.45	136.08	159.1	165	21.9
651	津	34.43	136.31	2.6	17.8	39.6
653	伊良湖	34.37	137.05	6.2	7.5	13.1
654	浜松	34.42	137.43	31.7	33.1	13.8
655	御前崎	34.36	138.13	44.7	46.5	16.3
656	静岡	34.58	138.24	14.1	15.3	16.3
657	三島	35.06	138.55	20.5	21.7	12.7
662	東京	35.41	139.45	6.5	35.8	74.5
663	尾鷲	34.04	136.11	15.3	26.9	28.5
666	石廊崎	34.36	138.50	54.7	55.8	12.4
668	網代	35.02	139.05	66.9	67.9	12.5
670	横浜	35.26	139.39	39.1	41.8	19.5
672	館山	34.59	139.52	5.8	6.7	14.7

観測所ID	観測所名	緯度(度.分)	経度(度.分)	海抜	気圧計の高さ	風速計の高さ
674	勝浦	35.08	140.19	11.9	13	12.3
675	大島	34.44	139.22	74	79.3	27.1
677	三宅島	34.07	139.31	36.2	37.1	12.9
678	八丈島	33.06	139.47	79.2	80.3	13.6
682	千葉	35.36	140.06	3.5	19.2	47.8
684	四日市	34.55	136.35	47.2	51.7	12.2
690	日光	36.44	139.30	1291.9	1297.7	17.2
740	西郷	36.12	133.20	26.5	31.4	17.5
741	松江	35.27	133.04	16.9	21.7	26.7
742	境	35.32	133.14	2	2.9	11.9
744	米子	35.26	133.20	6.4	7.8	18.2
746	鳥取	35.29	134.14	7.1	15.2	32
747	豊岡	35.32	134.49	3.4	4.2	12.9
750	舞鶴	35.26	135.19	2.5	22.1	41.3
751	伊吹山	35.25	136.24	1375.8	1376.8	15.5
754	萩	34.24	131.23	5.5	7	18.1
755	浜田	34.53	132.04	19	20.1	15.2
756	津山	35.03	134.00	145.7	147.1	11.8
759	京都	35.00	135.44	41.4	45.9	16.2
761	彦根	35.16	136.14	87.3	88.5	17.5
762	下関	33.56	130.55	3.3	19	14.5
765	広島	34.23	132.28	3.6	53.4	95.5
766	呉	34.14	132.33	3.5	12	17.5
767	福山	34.26	133.15	1.9	2.8	13.8
768	岡山	34.39	133.55	2.8	18	70.9
769	姫路	34.50	134.40	38.2	39.7	28.1
770	神戸	34.41	135.10	57.5	59.2	21.9
772	大阪	34.40	135.31	23.1	82.5	94.2
776	洲本	34.20	134.54	109.3	112.4	15.5
777	和歌山	34.13	135.10	13.9	17.6	38.9
778	潮岬	33.27	135.45	73	74.7	15.1
780	奈良	34.41	135.49	104.4	105.5	11.2
784	山口	34.09	131.27	16.7	17.8	15.3
800	厳原	34.11	129.17	3.7	18.6	36.1
805	平戸	33.21	129.33	57.8	58.2	11
807	福岡	33.34	130.22	2.5	14.5	24.5
809	飯塚	33.39	130.41	37.1	38.3	11.1
812	佐世保	33.09	129.44	16.7	15.2	13.1
813	佐賀	33.15	130.18	3.6	32.4	56.2
814	日田	33.19	130.56	82.9	84.2	10.6
815	大分	33.14	131.37	4.6	12.7	19.8
817	長崎	32.43	129.52	26.9	35.2	18.7
819	熊本	32.48	130.42	37.7	39	14.8
821	阿蘇山	32.52	131.04	1142.8	1143.7	10.3
822	延岡	32.34	131.39	19.2	20.5	13.2
823	阿久根	32.01	130.12	40.1	45.2	13.4
824	人吉	32.13	130.45	145.8	147.3	12.1
827	鹿児島	31.33	130.33	3.9	31.1	44.9
829	都城	31.43	131.05	153.8	155.1	11.7
830	宮崎	31.55	131.25	6.3	7.2	23.3
831	枕崎	31.16	130.17	29.5	31	10.4
835	油津	31.34	131.24	2.9	14.6	19
836	屋久島	30.22	130.39	36.4	37.8	9.9
837	種子島	30.44	130.59	17	18.2	10.6
838	牛深	32.11	130.01	3	14.4	20.6
843	福江	32.41	128.49	25.1	26.2	10.3
887	松山	33.50	132.46	32.2	33.6	20.5
890	多度津	34.16	133.45	3.7	4.8	13.2
891	高松	34.18	134.03	8.7	9.9	16.6
892	宇和島	33.13	132.33	2.4	14.2	33.1
893	高知	33.34	133.33	0.5	17.6	15.4
894	剣山	33.51	134.05	1944.8	1945.6	8.2
895	徳島	34.04	134.34	1.6	5.8	17.5
897	宿毛	32.55	132.41	2.2	10.7	17.9
898	清水	32.43	133.00	31	32.7	13.7
899	室戸岬	33.15	134.10	185	186.4	41.8
909	名瀬	28.22	129.30	2.8	7.4	20.8
912	与那国島	24.27	123.00	30	36	14.4
918	石垣島	24.20	124.09	5.7	6.8	22.2
927	宮古島	24.47	125.16	39.9	40.9	13.6
929	久米島	26.20	126.48	4	4.9	9.7
936	那覇	26.12	127.41	28.1	53.1	47.8
940	名護	26.35	127.58	6.1	17.8	25.6
942	沖永良部	27.25	128.42	26.6	29.4	13.5
945	南大東島	25.49	131.13	15.3	20.2	22.2
971	父島	27.05	142.11	2.7	7.7	15.9
991	南鳥島	24.18	153.58	8.3	9	13.4

表 2.1 住宅敷地の風雨環境データベースの例

「住宅敷地の風雨環境データベース」

観測地点 東京（その1） 集計期間 2003年～2012年(10年間)

年間・月別降水量(mm)

	年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均値	1654.6	51.3	75.5	109.7	136.0	177.2	144.8	125.8	170.0	210.7	257.3	113.1	83.6
最大値	1857.5	142.0	151.0	159.5	240.0	255.0	226.0	253.0	387.5	428.0	780.0	229.5	200.5
最小値	1332.0	3.5	20.0	71.0	69.5	99.0	80.0	23.5	9.5	53.0	119.5	34.5	3.5

年間・月別降水日数(降水量0.5mm以上)

	年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均値	116	4.2	7.5	9.5	11.2	12.3	11.8	12.4	9	10.7	12.2	8.8	6.4
最大値	136	8	12	14	15	15	14	18	15	15	17	14	10
最小値	101	1	3	4	7	9	8	4	3	6	9	3	1

年間・月別降雨量(mm)

	年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均値	1624.7	44.4	62.3	103.7	135.4	177.2	144.8	125.8	170.0	210.7	257.3	113.1	80.3
最大値	1815.0	142.0	118.0	159.5	240.0	255.0	226.0	253.0	387.5	428.0	780.0	229.5	200.5
最小値	1332.0	3.5	20.0	52.5	69.5	99.0	80.0	23.5	9.5	53.0	119.5	34.5	3.5

年間・月別降雨日数(降雨量0.5mm以上)

	年間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均値	114.6	3.8	6.6	9.5	11.2	12.3	11.8	12.4	9	10.7	12.2	8.8	6.3
最大値	134	8	9	14	15	15	14	18	15	15	17	14	10
最小値	99	1	3	4	7	9	8	4	3	6	9	3	1

月別平均日降雨量(mm)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均値	9.5	9.4	11.5	12.6	14.3	12.3	10.0	16.4	19.3	20.6	12.5	12.6
最大値	19.0	18.0	19.0	23.0	20.0	19.0	23.0	31.0	32.0	52.0	17.0	29.0
最小値	2.0	3.0	8.0	8.0	7.0	6.0	5.0	2.0	9.0	12.0	6.0	4.0

年間基準壁面雨量

	全方位		東壁面		南壁面		西壁面		北壁面	
	雨量/年	時間/年	雨量/年	時間/年	雨量/年	時間/年	雨量/年	時間/年	雨量/年	時間/年
平均値	418.5	648.3	282.5	455.5	100.0	145.3	69.8	96.1	60.2	80.8
最大値	585.8	771.0	435.2	586.0	201.3	201.0	129.7	135.0	133.5	106.0

時間基準壁面雨量の順位表

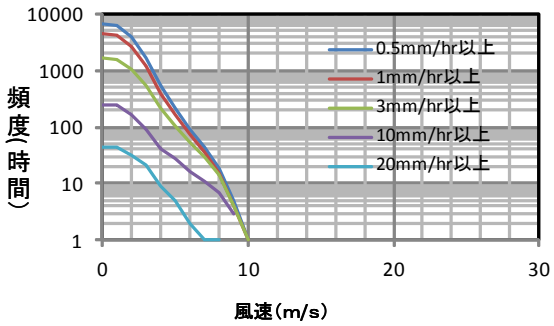
		全方位	東壁面	南壁面	西壁面	北壁面
1	壁面雨量	59.6	59.6	18.7	17.9	59.6
	日時	2004年10月9日17時	2004年10月9日17時	2008年8月5日14時	2012年6月19日22時	2004年10月9日17時
2	壁面雨量	26.1	26.1	18.3	16.8	24.5
	日時	2010年9月8日14時	2010年9月8日14時	2005年9月4日23時	2011年9月21日17時	2009年10月8日3時
3	壁面雨量	24.5	24.5	14.2	16.0	20.0
	日時	2009年10月8日3時	2009年10月8日3時	2007年9月6日21時	2004年10月20日22時	2003年10月13日14時
4	壁面雨量	20.0	20.0	12.3	14.8	16.0
	日時	2003年10月13日14時	2003年10月13日14時	2005年8月25日23時	2011年9月21日16時	2004年10月20日22時
5	壁面雨量	18.7	18.3	12.0	10.2	11.0
	日時	2008年8月5日14時	2005年9月4日23時	2006年8月9日6時	2007年3月5日20時	2009年8月10日6時
6	壁面雨量	18.3	12.8	11.8	9.9	10.2
	日時	2005年9月4日23時	2005年5月23日19時	2007年9月6日20時	2004年12月5日5時	2007年3月5日20時
7	壁面雨量	17.9	10.4	10.4	8.4	9.9
	日時	2012年6月19日22時	2009年10月8日2時	2009年10月8日2時	2004年10月20日21時	2004年12月5日5時
8	壁面雨量	16.8	10.0	10.2	7.8	8.4
	日時	2011年9月21日17時	2004年9月4日18時	2005年8月26日0時	2008年5月20日7時	2004年10月20日21時
9	壁面雨量	16.0	9.9	9.2	7.6	6.5
	日時	2004年10月20日22時	2007年10月27日16時	2004年10月9日16時	2004年8月31日1時	2004年10月9日0時
10	壁面雨量	14.8	9.7	8.9	7.1	6.2
	日時	2011年9月21日16時	2011年8月26日15時	2008年5月20日6時	2009年8月10日7時	2012年11月17日19時

表 2.2 住宅敷地の風雨環境データベースの例

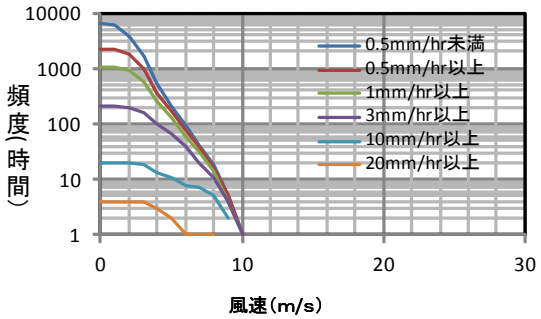
「住宅敷地の風雨環境データベース」

観測地点　東京（その2）　　集計期間　2003年～2012年(10年間)

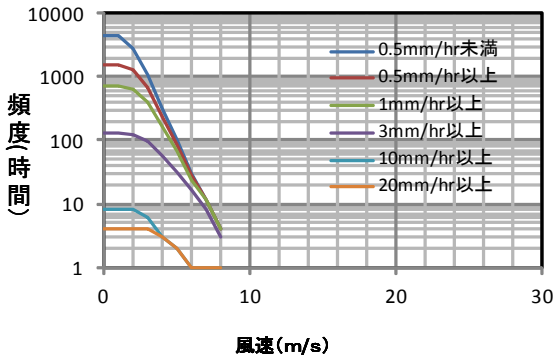
水平面雨量別風速超過頻度　全方位（時間/10年）



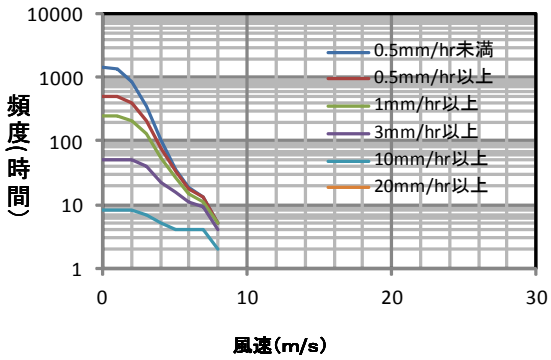
基準壁面雨量別風速超過頻度 全方位（時間/10年）



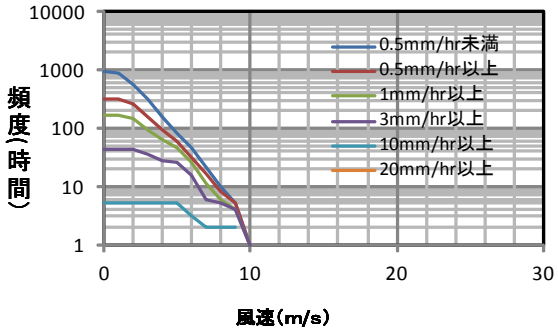
基準壁面雨量別風速超過頻度 北壁面（時間/10年）



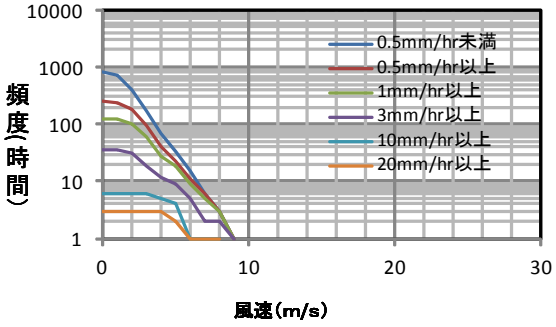
基準壁面雨量別風速超過頻度 東壁面（時間/10年）



基準壁面雨量別風速超過頻度 南壁面（時間/10年）



基準壁面雨量別風速超過頻度 西壁面（時間/10年）



降雨強度別降雨連続時間(2003年～2012年)

降雨の連続時間	0.5mm/hr以上	1mm/hr以上	3mm/hr以上	10mm/hr以上	30mm/hr以上
1以上2未満	773	596	377	124	9
2以上3未満	322	291	148	29	2
3以上5未満	295	243	120	16	0
5以上10未満	278	209	70	2	0
10以上23未満	156	80	10	0	0
24以上	15	5	0	0	0

連続無降水日数(2003年～2012年)

連続無降水日数	件数
1以上2未満	260
2以上3未満	192
3以上5未満	111
5以上8未満	22
8以上15未満	3
15以上30未満	0
30以上	0

2. 平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構の検討　実験 A：浸水量計測

2.1. 目的

平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構を検討するため、まず、実験 A として、けらば捨て水切りへの雨水浸入量を撒水送風試験によって測定を行い、浸入量を検討する。

2.2. 実験内容

実験場所：(独) 建築研究所　強風雨発生装置前

実験日時：2015 年 11 月 25、26、27 日

参加者　：石川委員長、宮村・西田（国総研)、江原・坪内（全瓦連)、坂根（透湿)、近藤・楠木（屋換協)、米倉（湿式仕上)、岩月・佐々木・田中・神谷（全陶連）

試験架台：片流れ屋根　3 寸勾配　（図 1）

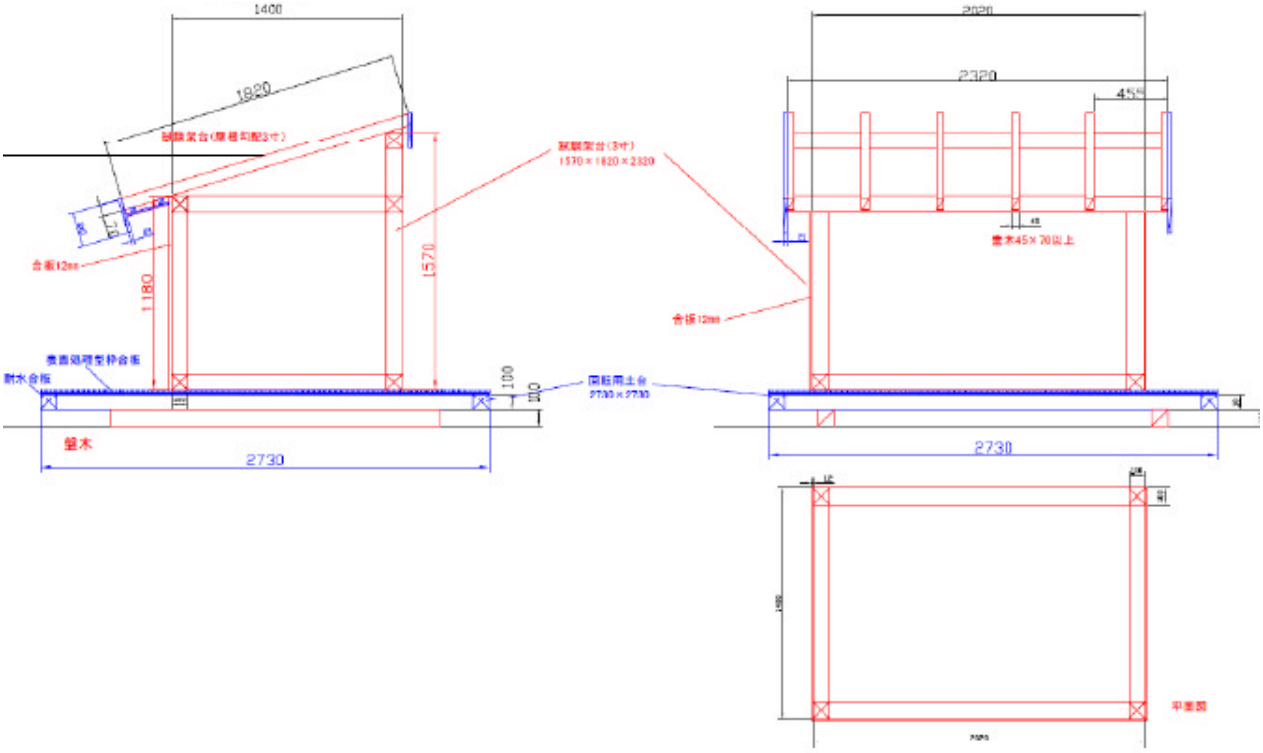


図 1 試験架台と回転機能付き土台

試験架台と送風口の位置関係は、送風口から 3,800 ㎜離れた場所に、試験架台の軒先先端とした。上下位置は、送風口の中心（地面から 1,650 ㎜）に屋根流れ方向の中心を合わせた。

2.3 試験体作成

2.3.1 屋根施工

試験架台の屋根面に観察用屋根下地（すのこ桟木）（図 2)、集水樋 5 個（図 3)、特注ケラバ水切り（図 4）を設置した。その上に、屋根材として、住宅屋根用化粧スレートを施工した。(写真 1)

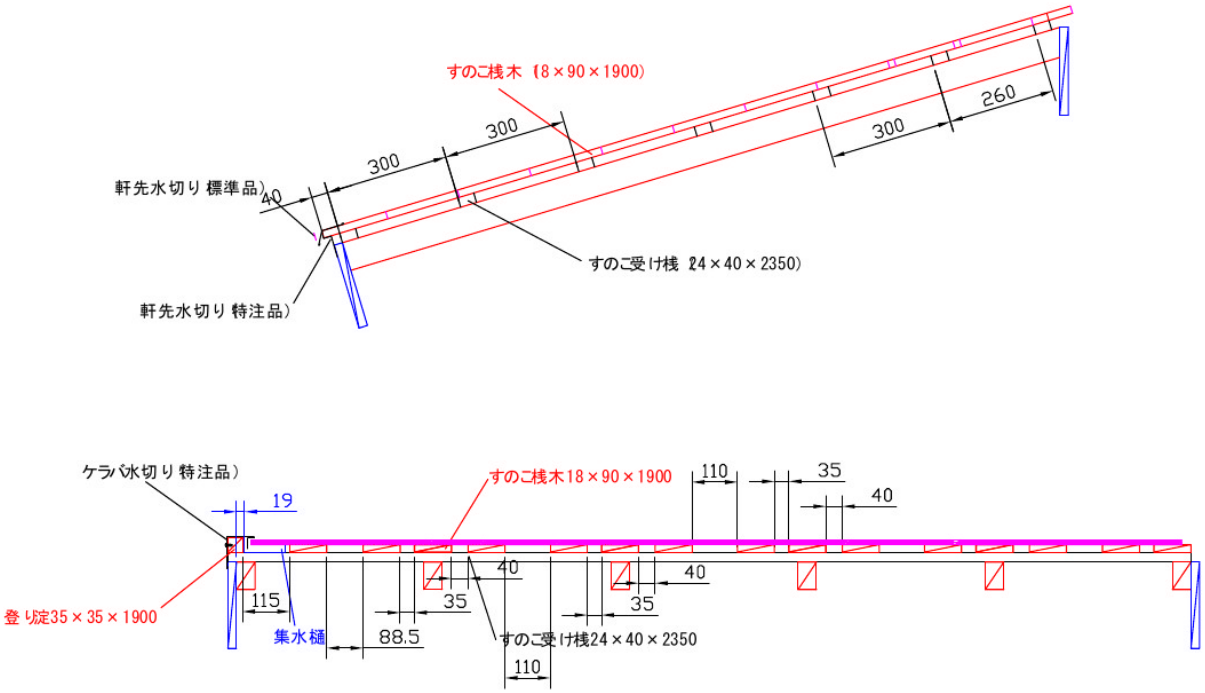


図２　観察用屋根下地（すのこ桟木）

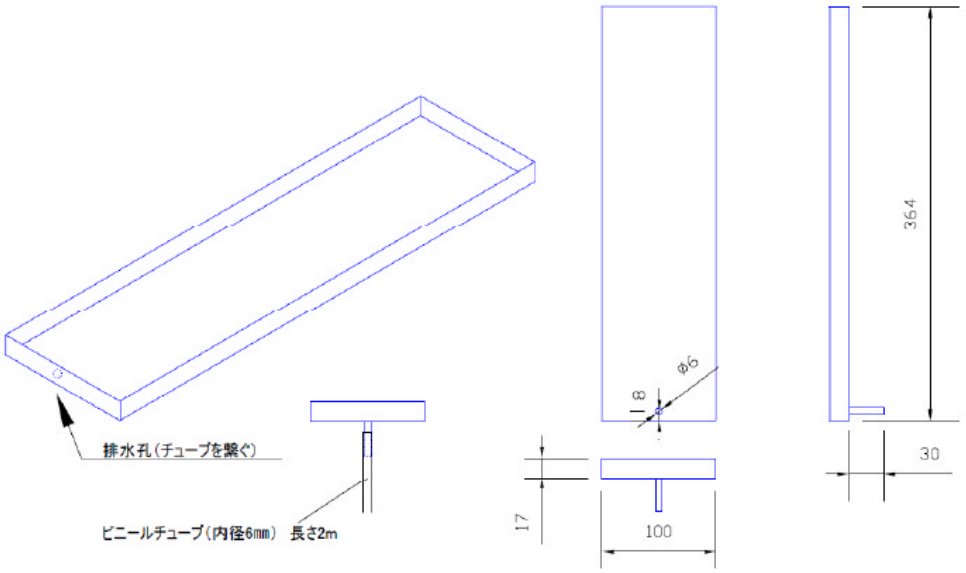


図３　集水樋

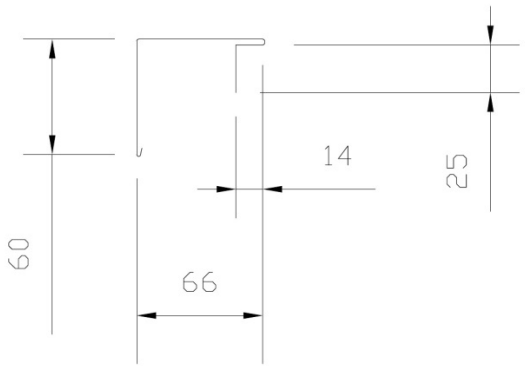


図４　特注けらば水切り断面図

写真 1 屋根材（住宅屋根用化粧スレート）施工後

2.3.2 撒水用噴霧器固定バーおよび防風板

撒水は電池式噴霧器（IR3000）を使用した。屋根面から一定の高さで噴霧器を設置できるように、高さ 90cm で固定バーを取り付けた。

撒水時の風よけとして、防風板（図 5）を作製した。屋根面から 25 ㎜上がった部分から合板を設置した。屋根表面付近は送風の影響を受けるように隙間を開けて、その上からは送風により、水が飛散することを防いでいる。

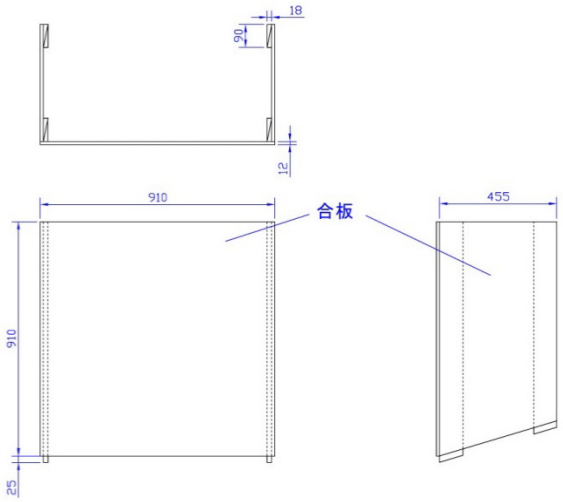


図 5 防風板

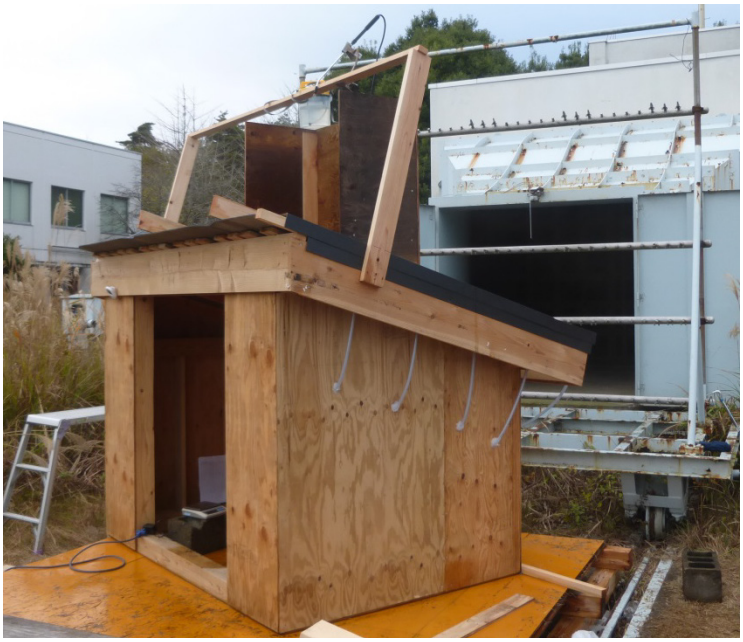


写真 2　撒水風景

2.4 実験方法

2.4.1 実験条件

撒水量　　①0.709 ㎜/分（屋根面からの高さ 800 ㎜）　②1.422 ㎜/分（高さ 635 ㎜）

撒水位置　　撒水量による規定の位置（図 6）

①0.709 ㎜/分（ケラバから 265 ㎜、795 ㎜、1325 ㎜、1855 ㎜）

②1.422 ㎜/分（ケラバから 188 ㎜、562 ㎜、938 ㎜、1312 ㎜、1686 ㎜、2060 ㎜）

風速　　①0m/s（なりゆき）　②4m/s　③8m/s

風向　　①0°（正面）　②22.5°　③45°

撒水時間　　10 分間/1 試験　（一部、5 分間）

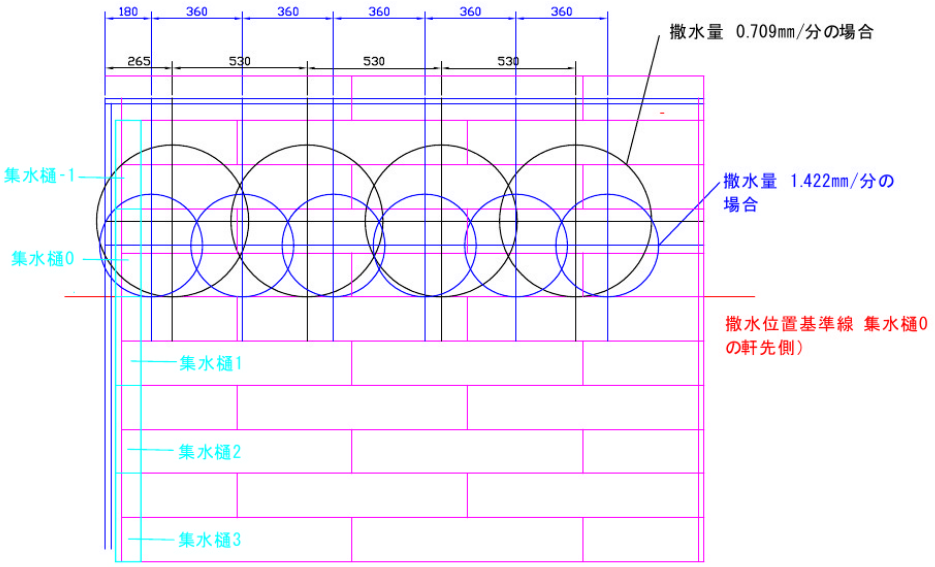


図 6 撒水位置

2.4.2 実験方法

5 個設置した各集水樋のノズルに、はめ込んだビニルチューブの先をペットボトル（500ml）に入れ込む。そのペットボトルをバケツ（5000ml）に入れる。1 条件につき、ケラバ側から規定の撒水位置で 10 分間撒水を行う。集水樋に浸水して流れこんだペットボトルの重量をそれぞれ測定する。

測定が終わると、1 つ右の撒水位置に移動して、10 分間撒水を行い、測定する。浸入水が 0 となるまで、次々と右側に移動して測定を行う。浸入水が 0 となると、その条件での測定は終了とし、次の条件で、再び、ケラバ側から撒水・測定を行うこととした。

風向は、試験架台の左軒先側角を中心にして、架台を時計まわりに回転させて 22.5°、45°の位置に架台を設置して、試験を行った。

2.4.3 ノズル位置

写真 3　撒水量 0.709 ㎜/分のノズル位置

写真 4　撒水量 1.422 ㎜/分のノズル位置

2.5. 実験結果

2.5.1 実験観察

写真 5　風向 0°　－風速 0m/s－撒水量 0.709 ㎜/分

風速 0m/s の場合、水は真直ぐにスレート表面を流れている。

写真 6　風向 0°　－風速 8m/s－撒水量 1.422 ㎜/分

風速 8m/s の場合、水は蛇行して流れ、一部はケラバ側に流れこんでいる。

写真 7 風向 45°　－風速 8m/s－撒水量 1.422 ㎜/分

風向が大きくなるにつれ、ケラバ側に撒水位置に近い上部から流れこむ。

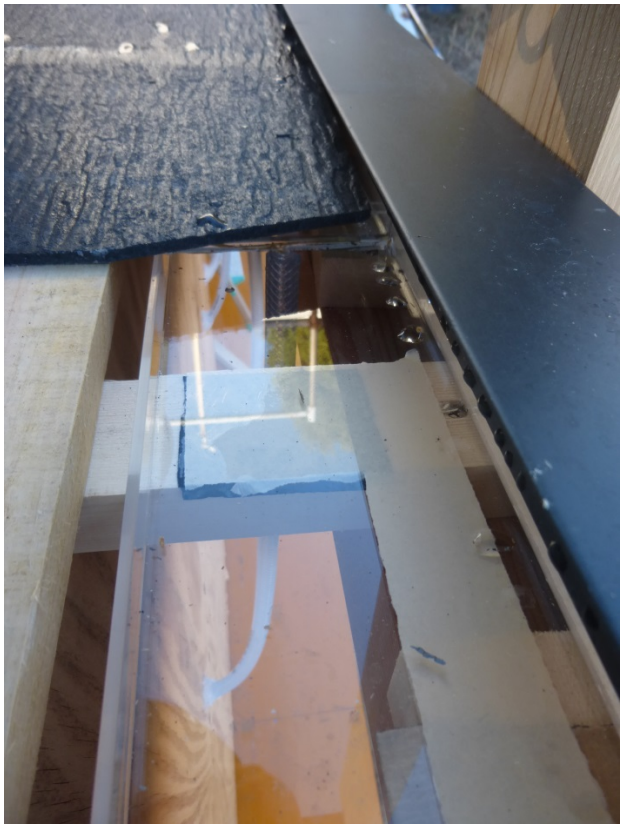


写真８ 集水樋内の水滴の様子（撒水直後）

2.5.2 測定結果

各条件での浸水量を測定した結果を下表に示す。

表 1 浸水量測定結果

風向	風速	雨量（mm/分）	計測時間（分）	けらばからの距離（散水中心位置）	浸水量									
					散水下端からの流れ長さ(mm)									
					集水樋-1		集水樋0		集水樋1		集水樋2		集水樋3	
					-360		0		360		720		1080	
					ml	ml／分	ml	ml／分	ml	ml／分	ml	ml／分	ml	ml／分
0	0	0.709	10	265		0		0		0		0	15.4	1.54
			10	795		0		0	3.6	0.36	0.3	0.03	44.7	4.47
			10	1325		0		0	0.9	0.09	0.9	0.09		0
				合計浸水量(ml/分)		0		0		0.45		0.12		6.01
		1.422	10	188		0	0.7	0.07		0		0		0
			10	562		0	1.4	0.14	44.6	4.46	4.6	0.46	0.6	0.06
			10	938		0		0	1.3	0.13	1.2	0.12	1.4	0.14
			10	1312		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		0.21		4.59		0.58		0.2
	4	0.709	10	265	0.1	0.01	30	3	36.3	3.63	25.9	2.59	352	35.2
			10	795		0		0		0	0.1	0.01	1.4	0.14
			10	1325		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0.01		3		3.63		2.6		35.34
		1.422	10	188		0		0	121.4	12.14		0	11.3	1.13
			10	562		0	1	0.1	13.5	1.35	118.8	11.88	1.8	0.18
			10	938		0		0		0		0	1.5	0.15
			10	1312		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		0.1		13.49		11.88		1.46
	8	0.709	10	265		0	0.9	0.09	182.5	18.25	19.8	1.98	24	2.4
			10	795		0		0	0.4	0.04		0	0.4	0.04
			10	1325		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		0.09		18.29		1.98		2.44
		1.422	10	188		0	1.9	0.19	474.5	47.45	10	1	45	4.5
			10	562		0	7.4	0.74	417.2	41.72	9.4	0.94	96.8	9.68
			10	938		0	2.5	0.25		0		0	0.1	0.01
			10	1312		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		1.18		89.17		1.94		14.19
22.5	4	0.709	10	265		0	2.3	0.23	7.7	0.77	38	3.8	213.1	21.31
			10	795		0		0		0		0	2.1	0.21
			10	1325		0		0		0		0	1.5	0.15
				合計浸水量(ml/分)		0		0.23		0.77		3.8		21.67
		1.422	10	188		0		0	21.9	2.19	14.6	1.46	25.4	2.54
			10	562		0		0		0		0	7	0.7
			10	938		0		0		0		0	0.7	0.07
			10	1312		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		0		2.19		1.46		3.31
	8	0.709	10	265		0	199.9	19.99	35.4	3.54	0.5	0.05	200.7	20.07
			10	795		0	1.2	0.12		0	0.1	0.01	38	3.8
			10	1325		0	0.4	0.04		0		0	5.3	0.53
			10	1855		0				0		0	0.7	0.07
				合計浸水量(ml/分)		0		20.15		3.54		0.06		24.4
		1.422	10	188	0.7	0.07	200.2	20.02	322.5	32.25		0	61.6	6.16
			10	562	1.1	0.11	28.5	2.85	451.4	45.14	5.3	0.53	168	16.8
			5	938	0.8	0.16			0.8	0.16		0	21.5	4.3
			5	1312	0.5	0.1				0		0	7.2	1.44
			5	1686		0		0		0		0	1.6	0.32
			5	2060		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0.44		22.87		77.55		0.53		29.02
45	8	1.422	10	188		0	3.9	0.39	523.3	52.33		0	163.8	16.38
			10	562		0	7.8	0.78	703.6	70.36		0	108.4	10.84
			10	938		0	1	0.1	4.8	0.48		0	7.5	0.75
			10	1312		0		0		0		0		0
				合計浸水量(ml/分)		0		1.27		123.17		0		27.97

2.5.3 浸水量加算結果

屋根全体に撒水した時の浸水量を計算で求めた。

表 2 浸水量加算計算表

風向	風速	雨量	浸水量	散水下端からの流れ長さ(mm)				
		(mm/分)	ml/分	-360	0	360	720	1080
0	0	0.709	合計浸水量	0	0	0.45	0.12	6.01
			加算浸水量		0	0	0.3051	0.08136
						0	0	0.3051
							0	0
								0
			総計	0	0	0.45	0.4251	6.39646
		1.422	合計浸水量	0	0.21	4.59	0.58	0.2
			加算浸水量		0	0.2016	4.4064	0.5568
						0	0.2016	4.4064
							0	0.2016
								0
			総計	0	0.21	4.7916	5.188	5.3648
	4	0.709	合計浸水量	0.01	3	3.63	2.6	35.34
			加算浸水量		0.00678	2.034	2.46114	1.7628
						0.00678	2.034	2.46114
							0.00678	2.034
								0.00678
			総計	0.01	3.00678	5.67078	7.10192	41.60472
		1.422	合計浸水量	0	0.1	13.49	11.88	1.46
			加算浸水量		0	0.096	12.9504	11.4048
						0	0.096	12.9504
							0	0.096
								0
			総計	0	0.1	13.586	24.9264	25.9112
	8	0.709	合計浸水量	0	0.09	18.29	1.98	2.44
			加算浸水量		0	0.06102	12.40062	1.34244
						0	0.06102	12.40062
							0	0.06102
								0
			総計	0	0.09	18.35102	14.44164	16.24408
		1.422	合計浸水量	0	1.18	89.17	1.94	14.19
			加算浸水量		0	1.1328	85.6032	1.8624
						0	1.1328	85.6032
							0	1.1328
								0
			総計	0	1.18	90.3028	88.676	102.7884
22.5	4	0.709	合計浸水量	0	0.23	0.77	3.8	21.67
			加算浸水量		0	0.15594	0.52206	2.5764
						0	0.15594	0.52206
							0	0.15594
								0
			総計	0	0.23	0.92594	4.478	24.9244
		1.422	合計浸水量	0	0	2.19	1.46	3.31
			加算浸水量		0	0	2.1024	1.4016
						0	0	2.1024
							0	0
								0
			総計	0	0	2.19	3.5624	6.814
	8	0.709	合計浸水量	0	20.15	3.54	0.06	24.4
			加算浸水量		0	13.6617	2.40012	0.04068
						0	13.6617	2.40012
							0	13.6617
								0
			総計	0	20.15	17.2017	16.12182	40.5025
		1.422	合計浸水量	0.44	22.87	77.55	0.53	29.02
			加算浸水量		0.4224	21.9552	74.448	0.5088
						0.4224	21.9552	74.448
							0.4224	21.9552
								0.4224
			総計	0.44	23.2924	99.9276	97.3556	126.3544
45	8	1.422	合計浸水量	0	1.27	123.17	0	27.97
			加算浸水量		0	1.2192	118.2432	0
						0	1.2192	118.2432
							0	1.2192
								0
			総計	0	1.27	124.3892	119.4624	147.4324

加算浸水量　雨量0．709の場合、合計値×0．678
雨量1．422の場合、合計値×0．96

2.5.4 自然降雨による浸水量計測値

試験架台を風向 0°の位置に設置して、自然降雨による浸水量計測を行った。その測定値を表 3 に示す。備考欄に建築研究所から南 10km ほど離れた館野観測所の降水量（測定期間内に観測された降水量の合計量（mm））を記載している。

写真 9 自然降雨測定状態

表 3 自然降雨による浸水量計測値

		浸水量(ml)					備考
測定位置		集水樋-1	集水樋0	集水樋1	集水樋2	集水樋3	
流れ長さ		-360	0	360	720	1080	降水量(mm)(館野気象値)
日付	11月25日	未測定	167.4	27	169.4	44	18
	12月4日	0	0	8.74	12.86	56.9	3.5
	12月11日	27.62	13.96	706.13	244.72	306.24	29
	12月15日	0	0	0.25	0	8.31	0.5

2.6.まとめ

- 風向 0°のとき、風速が 0m/s の場合の場合でも浸水量があった。風速・撒水量が増えると浸水量は増える傾向であった。
- 風向がある場合、風速による増加の傾向が顕著だった。
- 撒水試験を行った結果、風向 45°、風速 8m/s、撒水量 1.422 ㎜/分（85 ㎜/h 相当・猛烈な雨）の時にもっとも多く浸水していた。
- 自然降雨による浸水量を 4 日間行った。12 月 11 日がもっとも多く 1298.67ml の浸水量であった。
- 今回の架台ケラバ長さ 1.08m において、もっとも多い（85 ㎜/h 相当）加算浸水量の合計は 392.554ml/分であった。　これをベースにケラバ長さ 3m の軒先部の流量は 1090ml/分となる。この条件を実験 B の最大流下水量の条件とする。

しかし、これは非常にきびしい条件と思われるので、この 1/10 となる 109ml/分を実験 B の最小流下水量の条件とする。

3. 平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構の検討

実験 B：オーバーフロー機構の検討

3.1 目的

平板系屋根葺き材けらば納め部からの雨水浸入機構を検討するため、実験 A で得られた雨水浸入量をもとに、けらば捨て谷板へ浸入した雨水が捨て谷板からオーバーフローする条件を求め、さらに、オーバーフローした水が下葺き材をどのように流下するのかを観察して、オーバーフロー機構を検討した。また、そのオーバーフロー水量を測定し、劣化リスク予測の材料とする。

3.2 実験内容

実験場所：愛知県半田市　(株)神清内

実験日時：2015 年 12 月～2016 年 2 月

実験者　：神谷（全陶連）

試験架台：片流れ屋根　3 寸勾配　（垂木 45×45㎜　455 ㎜間隔）　（写真 1）

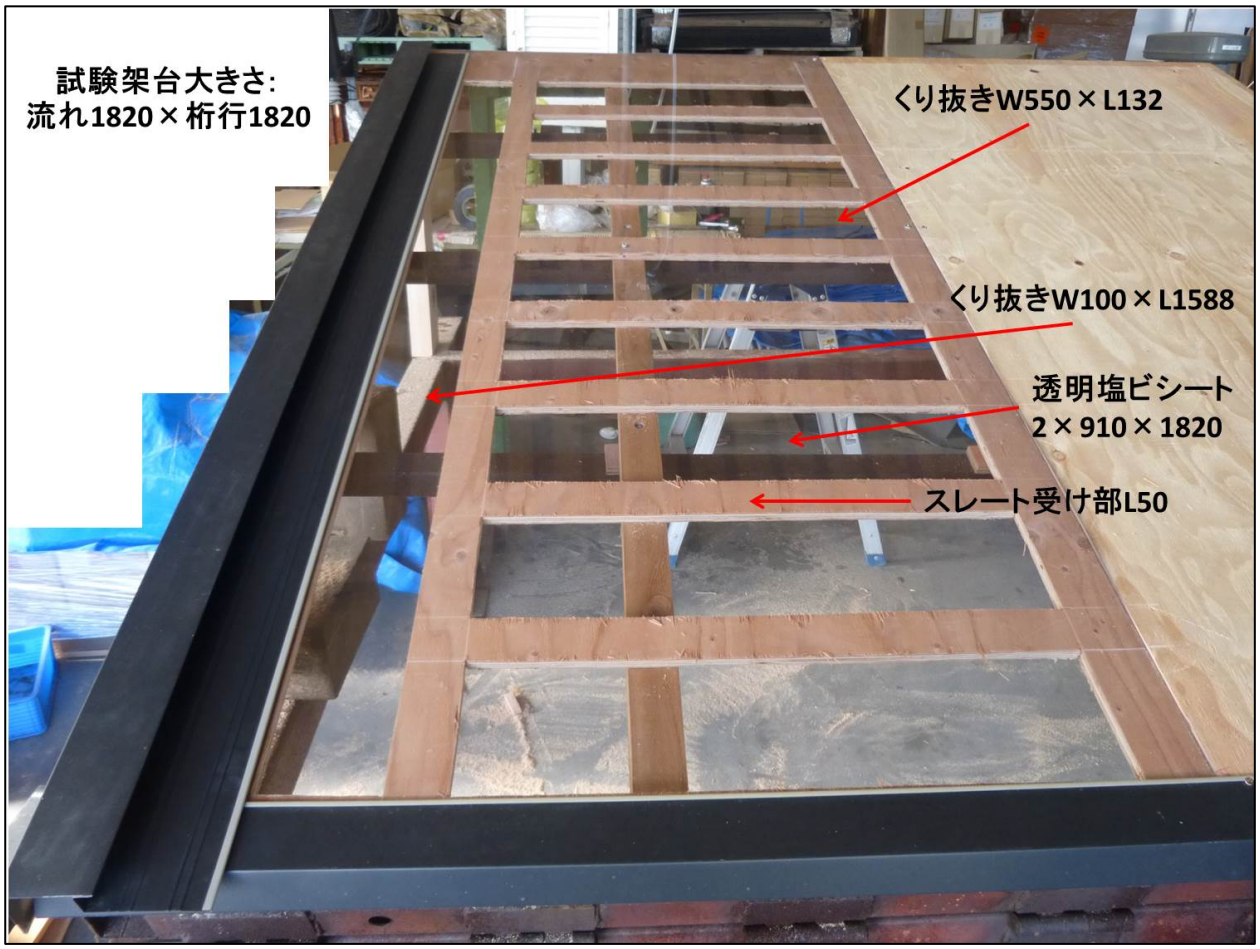


写真 1 試験架台

試験架台の大きさは流れ方向 1,820 ㎜×桁行方向 1,820 ㎜である。裏面観察を行うために、けらば側野地合板（t=12 ㎜）を写真.1 のようにくり抜きを施した。野地合板の上に、透明塩ビシート（t=2 ㎜）

を貼った。隣の野地合板は、段差が生じないように、2 ㎜のスペサーで調整した。軒先水切り、けらば捨て谷板は化粧スレート用の市販品を使用した。

3.3 試験体作成

3.3.1 屋根材施工

試験架台の上に、屋根材として、化粧スレートを施工した。化粧スレートは設計施工マニュアル通りで施工した。隅切りに関しては、スターターおよび半サイズは 100×100 ㎜の大きさでカットした。（写真 2）1 枚サイズはそのまま使用した。（写真 3）

写真 2　半サイズの隅切り（100×100 ㎜）

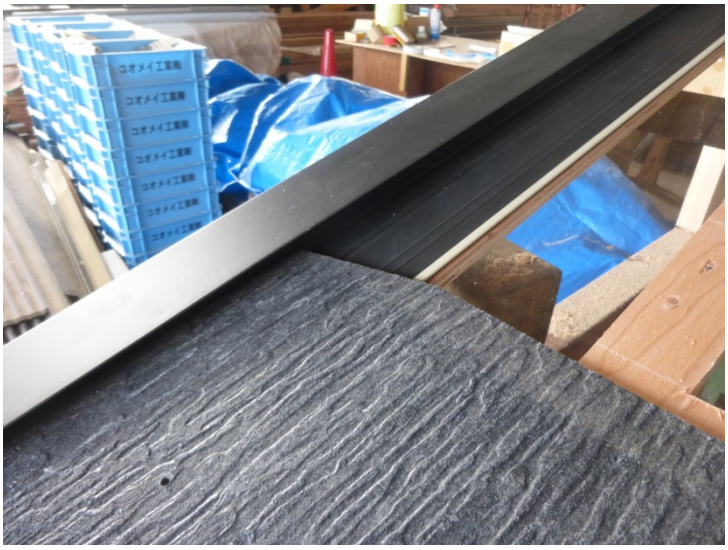


写真 3　1 枚サイズのそのまま（隅切りなし）

施工は模擬土埃でのオーバーフローを観察する場合は、3 段目まで屋根材を施工した。（写真 4）その他は、全面に屋根材を施工した。（写真 5）

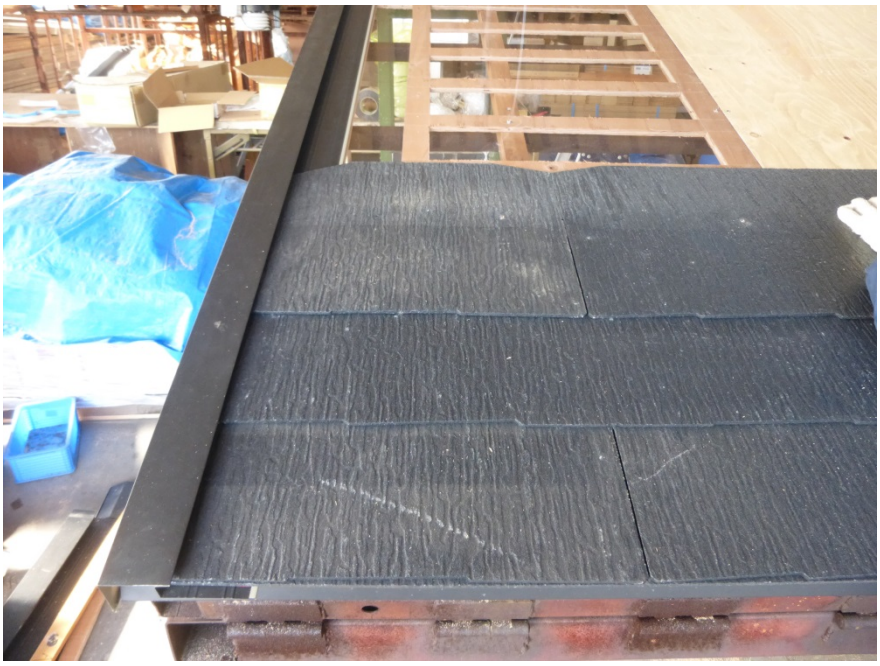


写真 4　3 段目まで施工した場合

写真 5　全面施工した場合

オーバーフロー水量の測定を行うために、けらば捨て谷板の軒先側を延長した。谷板を流れた水は青色の計量容器に入り、オーバーフローした水は黄色のボックスに入るようにした。（オーバーフロー水量）は（注水総量・1,000ml）と（青色の計量容器に入った水量）の差で求めた。

写真 6　オーバーフロー水量の計測方法

3.4 実験方法

3.4.1 実験条件

実験条件は下記の 4 項目を変化させて行った。

注水量　　①100ml/min　②250ml/min　③500ml/min　④1000ml/min　⑤2000ml/min

模擬土埃堆積量　A：堆積なし

B：隅切全面　（スポンジ・パテとも 100 ㎜サイズ）

C：隅切 2/3　（スポンジ・パテとも 66 ㎜サイズ）

D：隅切 1/3　（スポンジ・パテとも 33 ㎜サイズ）

模擬土埃堆積箇所数：①1 カ所　　②2 カ所　　③3 カ所

スレート尻部に模擬土埃　　①なし　　②あり（2.8 g のパテ）

3.4.2 実験方法

1）注水量

注水総量は 1 試験あたり 1,000ml で行った。注水タンクに 1,000ml を入れ、注水口と注水タンクとの高低差と注水管内径（1 ㎜、2.5 ㎜、4 ㎜、6 ㎜）により、注水量を調整した。

表.1 注水量の調整

注水量	注水管内径	高低差
ml/min	mm	mm
2,000	5	800
1,000	4	640
500	4	100
250	2.5	260
100	1	1250

2）模擬土埃堆積

模擬土埃について予備実験では、実際の土・パテ・スポンジ（独立気泡・10 ㎜）・スポンジ（スコッチブライト製荒目・8 ㎜）などを使用して試行錯誤した。

〇実際の土を施工現場のように堆積させる試みをしたが、うまく再現できなかった。

〇土埃全体をパテで再現させると注水した水は全量オーバーフローした。

〇土埃全体をスポンジ（独立気泡）で再現させると全部オーバーフローした。

〇土埃全体をスポンジ（スコッチブライト）で再現させるとオーバーフローしなかった。

そこで、水切りのハゼ部分の高さ（2 ㎜）まで、パテを配置して、それから上はスポンジ（スコッチブライト製荒目）を置くことで、注水量の違いにより、オーバーフロー水量と谷板を流れる水量が変化し、現実の土埃堆積に近い状況を再現できた。

堆積量の違いは A～D の 4 条件とした。A：堆積なしとして、水切りの上部は何もない状態とした。B：隅切全面に土埃が堆積している状態とした。（写真 7）C：隅切 2/3（写真 8）、D：隅切 1/3（写真 9）に堆積している状態とした。

写真 7　B：隅切全面（白：パテ 2 ㎜、緑：スポンジ（スコッチブライト））

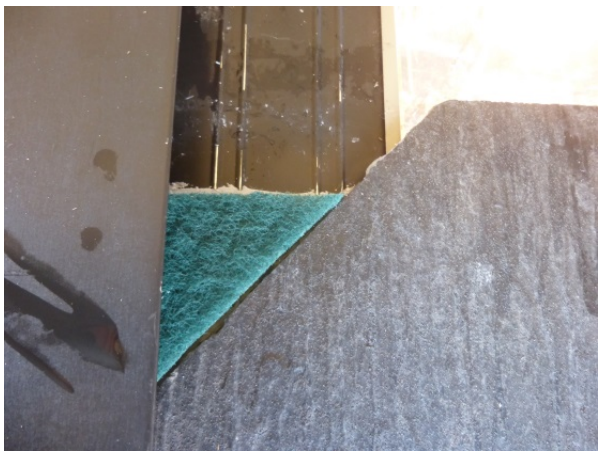


写真 8　C：隅切 2/3（1 辺 66 ㎜の大きさ）

写真 9　D：隅切 1/3（1 辺 33 ㎜の大きさ）

3）模擬土埃堆積箇所数

けらば捨て谷板上での模擬土埃堆積箇所数を 1～3 カ所で変化させた。全て半瓦隅切箇所とし、1 カ所の場合、3 段目とした。2 カ所の場合は、3、5 段目、3 カ所の場合は、3、5、7 段目とした。堆積量は B の隅切全面で行った。

4）スレート尻部土埃堆積

実際の現場では、オーバーフロー水はスレートの尻部に沿って、スレート 1 枚分以上横走りしている現象が見られている。実験では、オーバーフローは確認できたが、オーバーフロー水は捨て谷板のはぜ脇を真直ぐ流下する現象が見られ、横走りは起きなかった。現場写真では、スレート尻部にも土埃が堆積しているので、同様となるようにスレート尻部の塩ビシートとスレートの隙間をパテ埋めする。けらば捨て谷板において、土埃を堆積させた同列のスレート尻部に、塩ビシートの間にパテ 2.8g を設置した。

写真 10　スレート尻部土埃堆積

3.5 実験結果

3.5.1 模擬土埃堆積量 A：堆積なし

注水量⑤2,000ml/min のとき、オーバーフローした。④1,000ml/min では、オーバーフローしなかった。

写真 11　裏面観察（オーバーフロー）（注水量⑤2,000ml/min）

3.5.2 模擬土埃堆積量 B：隅切全面での注水結果

模擬土埃堆積 1 カ所、大きさ B での注水量とオーバーフロー水量との関係を測定した結果を表２図１に示す。また、オーバーフローの状態を写真１２に示す。注水量が 100ml/min では、パテで堰き止められた水はスポンジ内を流れ、オーバーフローはない。注水量が多くなるとパテで堰き止められた水はスポンジ内を流れる量よりも注水量の方が上回り、捨て谷板からオーバーフローする。500ml/min の時がもっとも多く、7 割がオーバーフローした。

写真 12　オーバーフローの状態（注水量③500ml/min）

表２　注水量とオーバーフロー水量の関係

B.スポンジ大　1カ所	（注水総量1000ml）				
	注水量	オーバーフロー水量	時間	備考	
	ml/min	ml	s	注水管内径（mm）	高さ
1	100	0	600	1	1250
2	231	464	260	2.5	260
3	240	494	250	2.5	260
4	162	256	370	2.5	260
5	267	592	225	2.5	260
6	500	686	120	4	100
7	500	690	120	4	100
8	500	694	120	4	100
9	1000	578	60	4	640
10	1000	620	60	4	640
11	1000	564	60	4	640

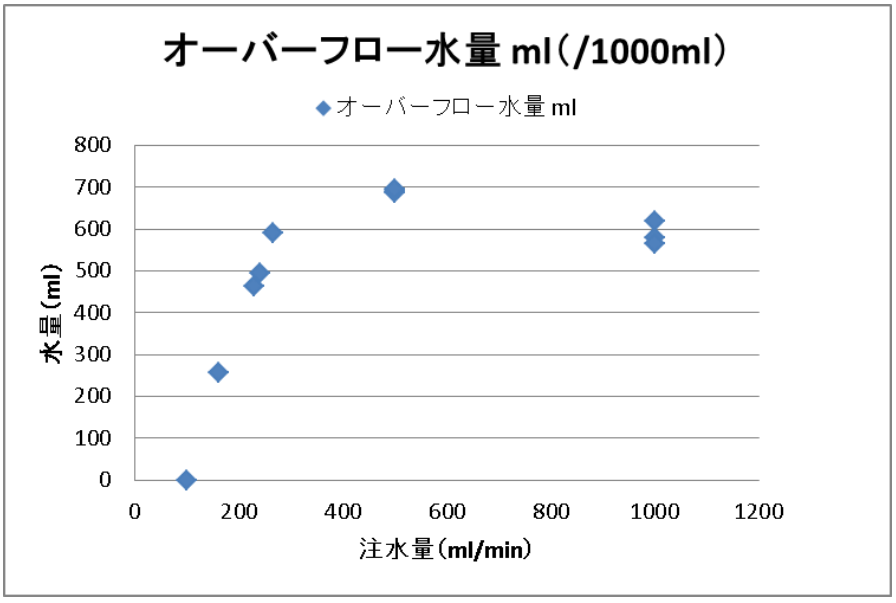


図１　注水量とオーバーフロー水量の関係

3.5.3 模擬土埃の堆積量の違い

模擬土埃の堆積量と注水量を変更して、オーバーフロー水量の関係を調べた結果を表３と図２に示す。堆積量が D33 ㎜では、オーバーフローしなかった。C66 ㎜では、注水量が 1000ml/min のときにオーバーフローした。

表３ 堆積量とオーバーフロー水量の関係

水量	土埃の大きさ（mm）		
（ml/min）	33	66	100
250	0	0	464
500	0	0	688
1000	0	18	587
	オーバーフロー水量（ml）		

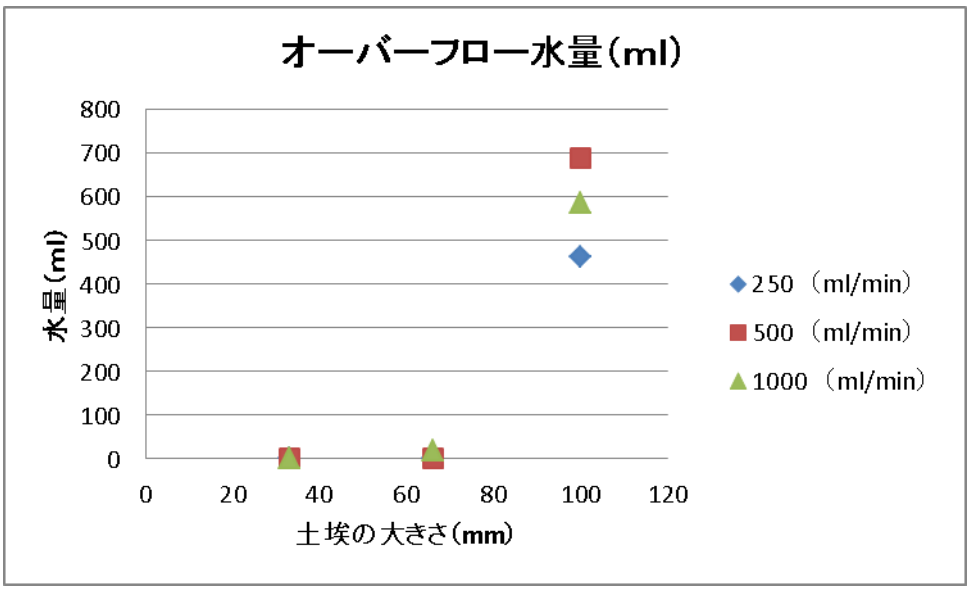


図２　堆積量とオーバーフロー水量の関係

3.5.4 模擬土埃堆積箇所数の違い（全面葺き上げ状態）

模擬土埃堆積箇所数の違いとオーバーフロー水量の関係を表４、図３に示す。写真１３に模擬土埃堆積場所を赤丸で示した。堆積量はB、注水量は②250ml/minとした。堆積箇所が増えるにつれ、オーバーフロー水量も増えた。3カ所では、注水総量の9割がオーバーフローした。堆積箇所数が増えても、大幅にオーバーフローが増えないと思っていたが、予想に反して増加した。注水量以外にも流速が関係していることも考えられる。今後の検討課題である。

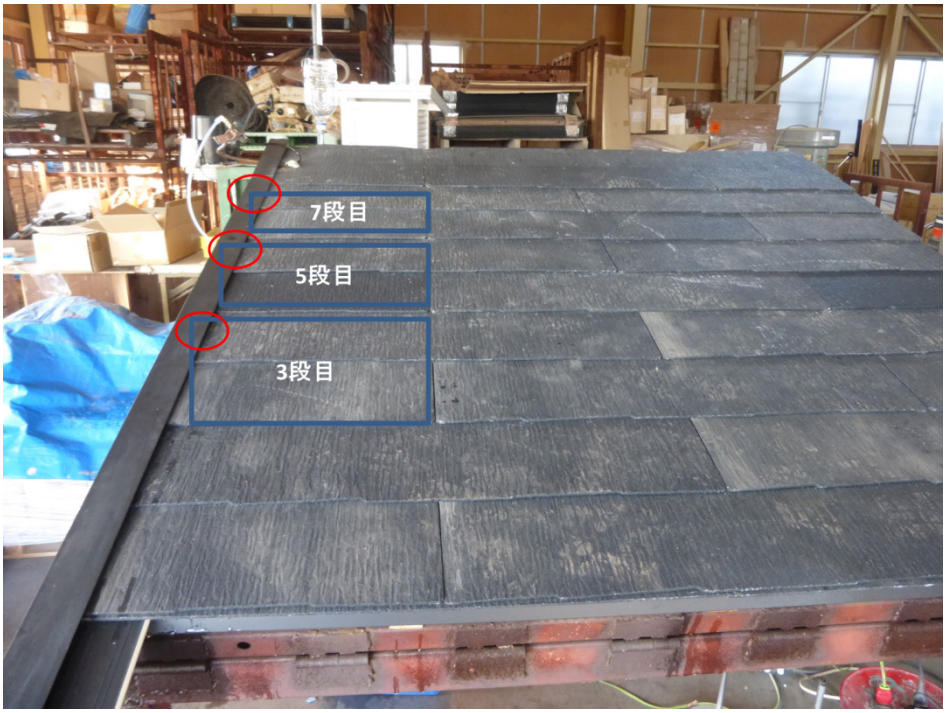


写真 13　模擬土埃堆積場所（３、５、７段目）

表 4 堆積箇所数とオーバーフロー水量の関係

	土埃箇所数	オーバーフロー水量	注水量	備考
		ml	ml/min	土埃位置
i	1	378	250	3段目
ii	2	791	250	3、5段目
iii	3	875	250	3、5、7段目

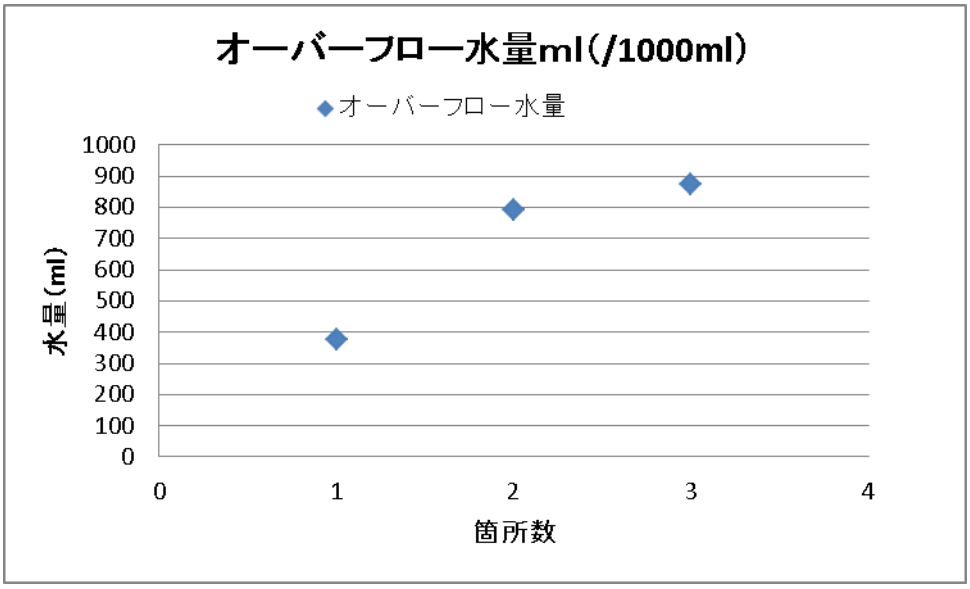


図 3　堆積箇所数とオーバーフロー水量の関係

3.5.5 スレート尻部に模擬土埃堆積

スレート尻部の塩ビシートとスレートの隙間を 1 カ所だけパテ埋めした表面観察写真１４に示す。オーバーフロー水はスレート尻部を矢印の方向に横走りした。スレートとスレートの継ぎ目のくぼみで滞留した。継ぎ目に沿って、軒先側へ流下した。

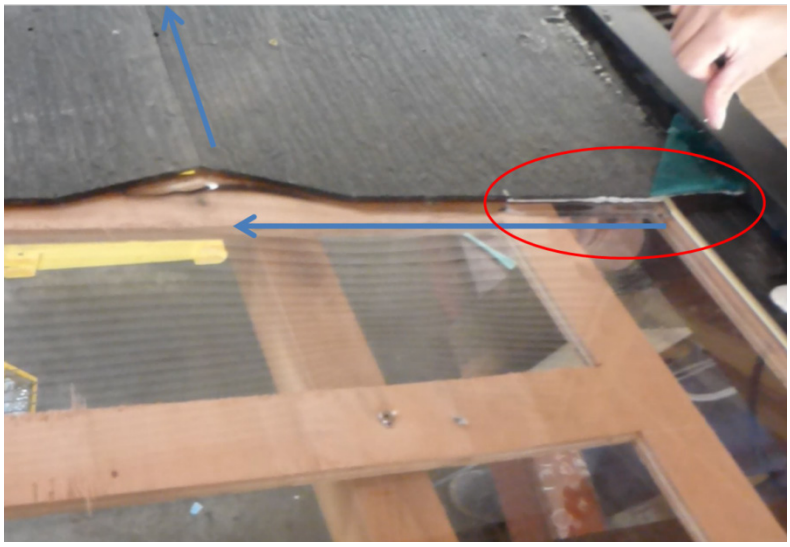


写真 14　スレート尻部に模擬土埃（表面観察）

スレート尻部の塩ビシートとスレートの隙間を 1 カ所だけパテ埋めした裏面観察写真１５に示す。

オーバーフロー水は青い矢印のように流下した。継ぎ目で軒先側へ流下し、一段したの尻部で滞留して、スレート尻部を横走りする。また、継ぎ目で軒先側へ流下する。この繰り返しで軒先まで流下する。3 段目のスレート尻部 1 カ所堆積させた場合でも、ケラバから 910 ㎜離れた軒先からオーバーフロー水が流下することを確認できた。上の赤丸は試験を何度も行っているために、スレートを留めているビス孔が開いてしまっている部分であるが、大量にオーバーフロー水が滴下した。スレートの留め付け位置が水みちになっているために滴下した。

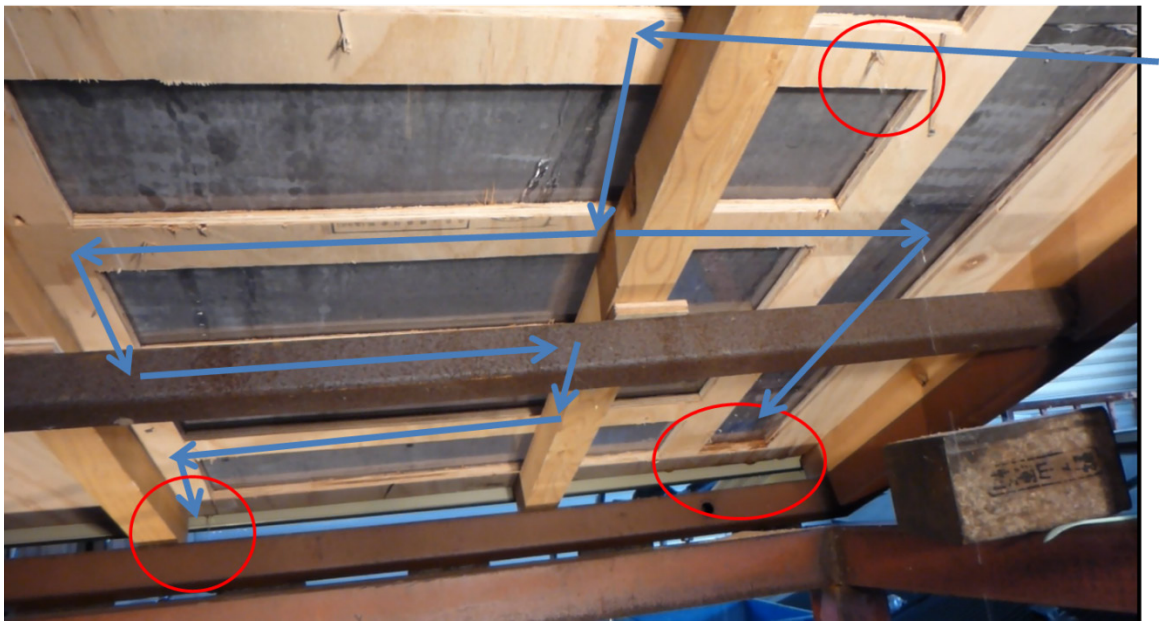


写真 15　スレート尻部に模擬土埃（裏面観察）

3.6．まとめ

- 実験 B において、けらば捨て谷板をオーバーフローする条件とオーバーフロー水が流下する状況を観察できた。条件は以下の通りである。
- 土埃がなくても、大量の注水量（2,000ml/min）の場合、オーバーフローする。
- 実験 A から算出した注水量 1,000ml/min（けらば長 3m、雨量 85mm/h（猛烈な雨）、風速 8m/s、風向 45°時の浸水量）では、土埃がなければオーバーフローは発生しない。）
- 模擬土埃はパテ 2 ㎜＋スポンジ（スコッチブライト）8 ㎜で行うと現実的なオーバーフローを導き出せた。また、現場写真など見かける黄色の粘土分と思われる土埃の場合は、透水性がないため、パテによる模擬土埃のオーバーフロー現象に近い。この場合、ほとんど全部の注水量がオーバーフローすることがわかった。
- 模擬土埃は隅切全面の堆積量になるとオーバーフローする。（土埃がはぜまで堆積する）
- 模擬土埃が隅切全面でも注水量が 100ml/min（雨量 8 ㎜/h 程度）以下であれば。オーバーフローしない。

- 模擬土埃が隅切全面において、注水量が 500ml/min のときがもっともオーバーフロー水量が多く、7 割程度である。
- 模擬土埃堆積箇所数が増えると、オーバーフロー水量も増える。箇所数が 3 カ所で注水量の 9 割がオーバーフローした。250ml/min の場合であり、雨量で言えば 20 ㎜/h となる。片流れ屋根などで、流れ長さが倍の 6m となるとさらに半分の雨量 10 ㎜/h 程度で軒先側ではこのようになる。風速 8m/s、雨量 10 ㎜/h で 9 割以上下葺き材の上にオーバーフローすることになる。
- 模擬土埃の堆積をスレート尻部へも行うとオーバーフロー水がスレート尻部を横走りすることが確認された。スレート尻部には釘孔があり、その部分が水みちとなっていることが確認できた。けらばから 910 ㎜離れた場所まで、横走りしていることがわかった。土埃段数が増えれば、さらにけらばから離れた場所まで、横走りする機構となっている。
- 実験結果をもとに、ある仮定条件での年間のオーバーフロー頻度と水量をもとめることができる。このオーバーフロー頻度と水量が平板系屋根葺き材けらば納め部からの下葺き材上への浸水量となる。浸入した水は釘孔部分で厚み 5 ㎜程度滞留する。この釘孔浸透率から下地への浸入リスクが導き出せる。

4. 既調合軽量モルタルのひび割れ面吸水試験報告書

4.1 実験目的

木造住宅外壁の湿式仕上げに広く用いられる既調合軽量モルタル塗り層に発生したひび割れ部からの雨水浸入リスク評価の基礎資料として、既調合軽量モルタルの代表的製品で作成したモルタル供試体のひび割れ面からの吸水速度を求める。

4.2 試験方法

4.2.1 供試体

1）材料

S 社既調合軽量セメントモルタル（JASS15 M-102 適合品）

2）調合、成形、養生、ひび割れ発生

既調合軽量セメントモルタル:水＝2.5:1、フロー172mm で混練した試料を、内寸 100×100×200 ㎜の合板型枠に詰め、気温 20±2℃、湿度 65±5%の環境下で 1 週間養生後脱型し、同環境下で材齢 4 週間目まで養生を行った。4 週間養生後、直方体に曲げ荷重を加えて中央で 2 分割し、質量を測定した後、ひび割れ面と反対側の面を除く 4 面にシーリング材を塗布して防湿処理した。その後、その状態で吸水試験まで同環境下で 6 日間養生を行った。供試体数は直方体 1～3 をそれぞれ 2 分割した 6 体のうち、1-1 を除く 5 体である。

4.2.2 一面吸水試験

図 2 のようにひび割れ面から 100 分間吸水させ、開始時と途中の経過時に質量を測定して吸水量を求めた。

終了後、飽和まで水中に浸積し、その後 100℃の乾燥機内で質量が恒量となるまで乾燥させて飽水質量、全乾質量を求めた。

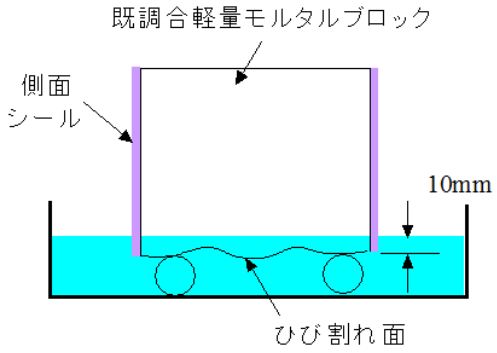


図２　一面吸水試験方法

4.3 実験結果

4.3.1 吸水時間毎の吸水量

代表として、表１に試験体１－２の測定値を示す。

表１　吸水時間毎の吸水量（試験体 1-2）

通算吸水時間	通算吸水時間の平方根	質量	通算吸水量	吸水面積あたり吸水量
(sec)	($sec^{1/2}$)	(g)	(g)	(m^3/m^2)
0	0.00	1275.9	0	0
15	3.87	1277.8	1.9	0.00019
30	5.48	1278.5	2.6	0.00026
45	6.71	1278.9	3.0	0.00030
60	7.75	1279.1	3.2	0.00032
75	8.66	1279.4	3.5	0.00035
90	9.49	1279.8	3.9	0.00039
105	10.25	1279.9	4.0	0.00040
120	10.95	1280.2	4.3	0.00043
135	11.62	1280.4	4.5	0.00045
150	12.25	1280.6	4.7	0.00047
165	12.85	1280.7	4.8	0.00048
180	13.42	1280.9	5.0	0.00050
195	13.96	1281.0	5.1	0.00051
210	14.49	1281.3	5.4	0.00054
225	15.00	1281.5	5.6	0.00056
240	15.49	1281.6	5.7	0.00057
255	15.97	1281.8	5.9	0.00059
270	16.43	1281.9	6.0	0.00060
285	16.88	1282.0	6.1	0.00061
300	17.32	1282.1	6.2	0.00062
315	17.75	1282.3	6.4	0.00064
330	18.17	1282.4	6.5	0.00065
345	18.57	1282.4	6.5	0.00065
360	18.97	1282.6	6.7	0.00067
375	19.36	1282.7	6.8	0.00068
390	19.75	1282.8	6.9	0.00069
405	20.12	1282.9	7.0	0.00070
420	20.49	1282.9	7.0	0.00070
435	20.86	1283.0	7.1	0.00071
450	21.21	1283.2	7.3	0.00073
465	21.56	1283.3	7.4	0.00074
480	21.91	1283.4	7.5	0.00075
495	22.25	1283.5	7.6	0.00076
510	22.58	1283.6	7.7	0.00077
525	22.91	1283.7	7.8	0.00078
540	23.24	1283.9	8.0	0.00080
555	23.56	1283.9	8.0	0.00080
570	23.87	1284.1	8.2	0.00082
585	24.19	1284.0	8.1	0.00081
600	24.49	1284.1	8.2	0.00082
660	25.69	1284.3	8.4	0.00084
720	26.83	1284.4	8.5	0.00085
780	27.93	1284.5	8.6	0.00086
840	28.98	1284.6	8.7	0.00087
900	30.00	1284.7	8.8	0.00088
960	30.98	1284.9	9.0	0.00090
1020	31.94	1285.0	9.1	0.00091
1080	32.86	1285.1	9.2	0.00092
1140	33.76	1285.2	9.3	0.00093
1200	34.64	1285.3	9.4	0.00094
1500	38.73	1285.7	9.8	0.00098
1800	42.43	1286.1	10.2	0.00102
2100	45.83	1286.5	10.6	0.00106
2400	48.99	1286.7	10.8	0.00108
2700	51.96	1287.0	11.1	0.00111
3000	54.77	1287.3	11.4	0.00114
3300	57.45	1287.5	11.6	0.00116
3600	60.00	1287.7	11.8	0.00118
4200	64.81	1288.2	12.3	0.00123
4800	69.28	1288.6	12.7	0.00127
5400	73.48	1289.0	13.1	0.00131
6000	77.46	1289.4	13.5	0.00135

表１で、吸水面積はひび割れ面の表面積ではなく、吸水進行方向の試験体断面積をいう。

4.3.2 質量、含水量、密度

表２に、各供試体の吸水前・飽水時・全乾時の質量、吸水前・飽水時の含水量および飽水時に対する吸水前の含水量比、全乾密度を示す。

表２　供試体の質量、含水量、全乾密度

試験体No.	質量（防湿シールを除く）（g）			含水量（g）		含水量比	体積	全乾密度
	吸水前	飽水時	全乾時	吸水前	飽水時	(%)	(cm^3)	(kg/m^3)
1－2	1259.2	1344.1	1120.3	138.9	223.8	62.1	906.2	1236
2－1	1280.9	1362.2	1134.7	146.2	227.5	64.3	939.2	1208
2－2	1446.7	1534.7	1280.8	165.9	253.9	65.3	1060.8	1207
3－1	1475.9	1576.2	1302.7	173.2	273.5	63.3	1105.5	1178
3－2	1194.2	1291.3	1059.7	134.5	231.6	58.1	894.5	1185

4.4 実験結果の考察

図３に試験体 1-2 について吸水時間と吸水量の関係を示す。

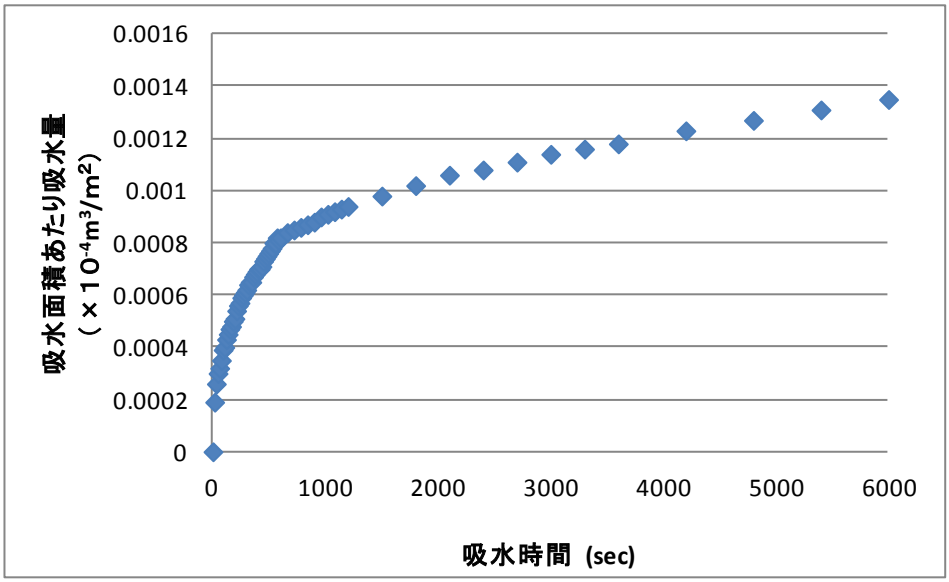


図３　吸水時間と吸水量の関係（試験体 1-

一般に、多孔質材料の吸水量は吸水時間の平方根に比例することが知られており、回帰直線の傾きを吸水速度係数と呼ぶ。図４に試験体 1-2 について吸水量と吸水時間の平方根の関係を示す。このグラフにおいて、吸水開始後 600sec 前後を境に直線の傾きが変化している。この傾向は他の４体とも同様であった。

表２によれば、吸水開始時点で試験体には飽和吸水量の 58～65%の水分が残っており、ひび割れ発生後の１週間に乾燥が進んだ吸水面付近と、乾燥が遅れ、湿潤した内部で吸水性状の差があったと考えられる。

実際の塗り壁は薄層で全体が乾燥しやすい条件であるため、気乾壁体の吸水速度係数は本実験の吸水初期の値に近いと考え、吸水―時間曲線の前半部の近似直線回帰式から吸水速度係数を読み取った。結果を表 3 に示す。

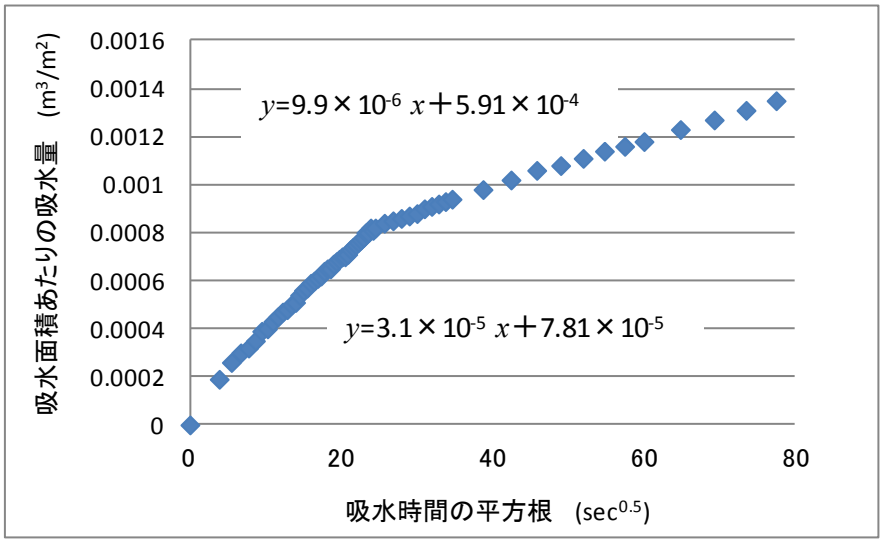


図 4　吸水時間の平方根と吸水量の関係（試験体 1-2）

表 3　ひび割れ面の初期吸水速度係数　a

単位　($\times 10^{-4} m^3/m^2 \cdot sec^{1/2}$)

試験体	a
1－2	3.13
2－1	2.67
2－2	2.43
3－1	2.82
3－2	2.98
平均	2.81

4.5 まとめ

既調合軽量セメントモルタルの代表的な製品 1 種で作成したモルタル供試体の気乾状態におけるひび割れ面からの吸水速度を測定し、吸水速度係数約 $2.8 \times 10^{-4} m^3/m^2 \cdot sec^{1/2}$ を得た。

5. 湿式仕上げ面の下地ひび割れ発生部の水密性計測報告書

2016年3月15日

湿式仕上げ技術センター　稲垣和宏

5.1 目的

仕上塗材を塗布した既調合軽量セメントモルタル（以下「軽量モルタル」という）のひび割れ幅と裏面に通過する水の量の関係について検証する。

5.2 ひび割れ幅

試験を行う際の軽量モルタルのひび割れ幅を表2.1 に示す。

表 2.1 ひび割れ幅

ひび割れ幅	0.0、0.1、0.3、0.5、0.75、1.0、1.5、2.0 ㎜

5.3 試験体

5.3.1 試験体形状

試験体寸法は横180 ㎜程度×縦170 ㎜程度とする。

5.3.2 試験体構成

試験体の構成を図3.1 に示す。

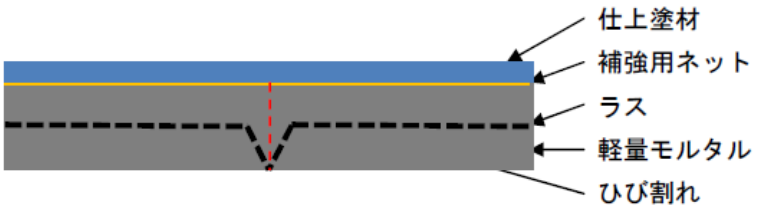


図 3.1 試験体構成（断面図）

5.3.3 試料内容

軽量モルタル： JASS15 M-102 の品質基準に適合するもの。

仕上塗材： 表3.1 に示すJIS A 6909「建築用仕上塗材」に規定されるものとする。

表 3.1 仕上塗材の種類

種類		呼び名	通称（例）
薄付け仕上塗材	外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材	外装薄塗材E	樹脂リシン
	可とう形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材	可とう形外装薄塗材E	弾性リシン
	防水形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材	防水形外装薄塗材E	単層弾性
厚付け仕上塗材	外装合成樹脂エマルション系厚付け仕上塗材	外装厚塗材E	樹脂スタッコ
複層仕上塗材	合成樹脂エマルション系複層仕上塗材	複層塗材E	アクリルタイル
	防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材	防水形複層塗材E	複層弾性

5.3.4 試験体作製方法

横800 ㎜程度×縦190 ㎜程度の合板の上面に塩ビ製シートを張り、その上に高さが15 ㎜となる枠材を取り付ける。

軽量モルタルを枠の高さ（15 ㎜の半分程度まで塗付け、ラスを埋設する。その後枠の高さまで軽量モルタルを塗付け、直後にモルタル表面に補強用ネットを伏せ込み、その後、気温20±2℃、湿度65±5%の養生室内で14 日間養生を行う。

養生後、試験体表面の中央部に幅80 ㎜で仕上塗材を仕上塗材製造業者の定める方法で塗布し、14日間養生を行う。

5.4 試験方法

5.4.1 事前準備

図4.1 に示すように、ラスの谷部と並行する位置に試験体に三角の切欠きを行う。

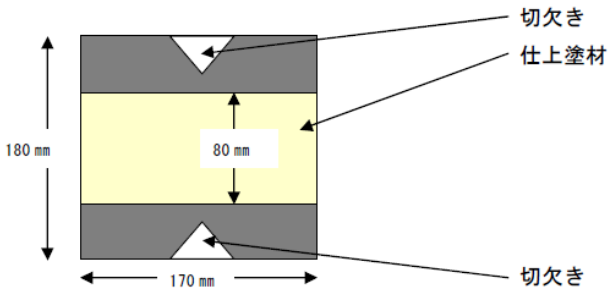


図 4.1 切欠き位置

図 4.1 切欠き位置

5.4.2 ひび割れ入れ

切欠き位置に鋼製のL 形アングルをあて、写真4.1 に示すように圧力をかけ軽量モルタルに規定の幅のひび割れを発生させる。

ただし、仕上塗材にひび割れが生じていなくても良い。

目標となるひび割れ幅になった時点で、軽量モルタル上に横方向に幅15 ㎜程度にシーリングを塗布し、その上から鋼製プレートにて固定する。

写真 4.1 加圧状況

5.4.3 シール処理

試験体の裏面に、試験体表面に塗布した仕上塗材と同じ幅で線を引く。

写真4.2および写真4.3に示すように、その線の外側および切欠き部分にシーリングを施す。

写真 4.2 裏面のシール

写真 4.3 切欠き部分のシール

5.4.4 水筒の設置

写真4.4に示すように、試験体表面のひび割れを中心に、内径66 ㎜、高さ200 ㎜のアクリル製の筒をたて、水が漏らないようにシーリング処理を施す。

写真 4.4 水筒を立てた状態

5.5. 試験

5.5.1 試験装置

写真5.1 に示すように、試験体の下に流下した水を受け止め、その質量が測れるように量りを設置する。

写真 5.1 試験装置

5.5.2 測定

アクリル製の筒の中に、水頭が150 ㎜となる水量（500g）を入れ、1 分ごとに流下した水の質量を測定する。

水頭高さは、流下した水の質量を水頭の面積で除して求めた数値を150㎜から引いて求めた。

5.6.試験結果

5.6.1 外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材

(1) ひび割れ状況

0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

(2) 水の通過量

表 6.1　外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.2	10.0	77.9	256.9	300.8	439.1	434.6
120	0.0	0.5	20.0	137.2	398.3	444.0	489.2	487.8
180	0.0	0.8	29.4	187.8	474.0	488.6		
240	0.0	1.0	38.0	230.5	486.5			
300	0.0	1.3	46.0	267.3				
360	0.0	1.5	53.5	298.2				
420	0.0	1.8	61.2	328.5				
480	0.0	1.9	67.7	346.9				
540	0.0	2.2	74.2	365.0				
600	0.0	2.5	80.2	381.2				
660	0.0	2.7	86.0	394.8				

経過時間（秒）	流下水量（水頭高さ低下長さ：m）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
60	0.00000	0.00006	0.00292	0.02278	0.07513	0.08797	0.12841	0.12710
120	0.00000	0.00015	0.00585	0.04012	0.11648	0.12985	0.14306	0.14265
180	0.00000	0.00023	0.00860	0.05492	0.13862	0.14289		
240	0.00000	0.00029	0.01111	0.06741	0.14227			
300	0.00000	0.00038	0.01345	0.07817				
360	0.00000	0.00044	0.01565	0.08721				
420	0.00000	0.00053	0.01790	0.09607				
480	0.00000	0.00056	0.01980	0.10145				
540	0.00000	0.00064	0.02170	0.10674				
600	0.00000	0.00073	0.02345	0.11148				
660	0.00000	0.00079	0.02515	0.11546				

5.6.2 可とう形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材

(1) ひび割れ状況

0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

(2) 水の通過量

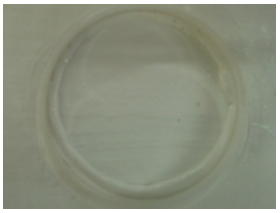
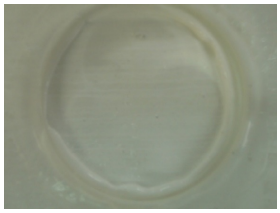
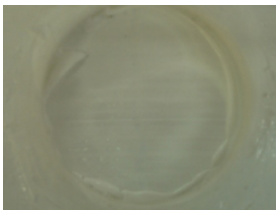
表 6.2　可とう形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.2	1.2	5.6	9.4	45.8	215.4	267.8
120	0.0	0.5	2.8	10.6	18.1	77.6	341.8	411.3
180	0.0	0.8	4.7	15.3	26.7	106.2	430.9	485.0
240	0.0	1.0	6.4	20.0	34.9	133.9	484.6	
300	0.0	1.3	8.2	24.1	42.6	158.1	490.5	
360	0.0	1.5	10.0	28.2	49.9	180.8		
420	0.0	1.8	11.7	32.2	57.1	201.4		
480	0.0	1.9	13.5	36.2	63.9	221.1		
540	0.0	2.2	15.1	40.1	70.3	238.6		
600	0.0	2.5	16.8	43.6	76.5	256.1		
660	0.0	2.7	18.3	47.0	82.6	271.6		

経過時間（秒）	流下水量（水頭高さ低下長さ：m）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
60	0.00000	0.00006	0.00035	0.00164	0.00275	0.01339	0.06299	0.07832
120	0.00000	0.00015	0.00082	0.00310	0.00529	0.02269	0.09996	0.12028
180	0.00000	0.00023	0.00137	0.00447	0.00781	0.03106	0.12601	0.14184
240	0.00000	0.00029	0.00187	0.00585	0.01021	0.03916	0.14172	
300	0.00000	0.00038	0.00240	0.00705	0.01246	0.04624	0.14344	
360	0.00000	0.00044	0.00292	0.00825	0.01459	0.05287		
420	0.00000	0.00053	0.00342	0.00942	0.01670	0.05890		
480	0.00000	0.00056	0.00395	0.01059	0.01869	0.06466		
540	0.00000	0.00064	0.00442	0.01173	0.02056	0.06978		
600	0.00000	0.00073	0.00491	0.01275	0.02237	0.07489		
660	0.00000	0.00079	0.00535	0.01374	0.02416	0.07943		

5.6.3 防水形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材

(1) ひび割れ状況

			
0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
			
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

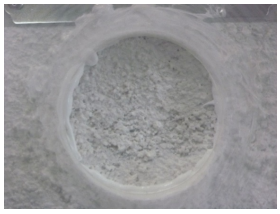
(2) 水の通過量

表 6.3　防水形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

5.6.4 外装合成樹脂エマルション系厚付け仕上塗材

(1) ひび割れ状況

			
0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

(2) 水の通過量

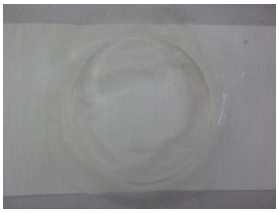
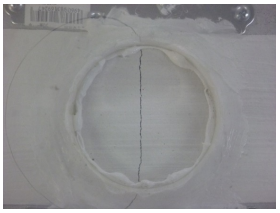
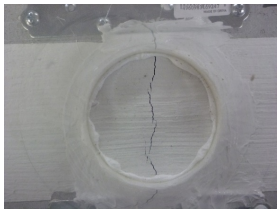
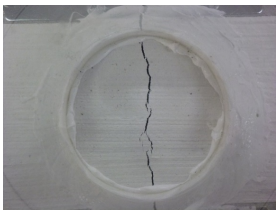
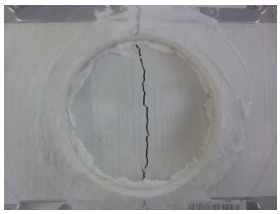
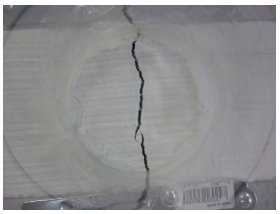
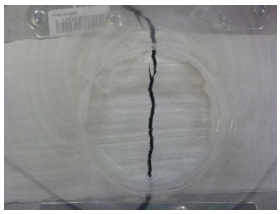
表 6.4　外装合成樹脂エマルション系厚付け仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0
60	0.0	0.0	1.9	19.3	91.9	93.8	148.3	174.9
120	0.0	0.0	4.3	36.6	168.2	134	252.8	296.4
180	0.0	0.0	6.6	52.6	230.1	229.8	329.3	384.5
240	0.0	0.0	8.7	66.7	281.8	283.1	386.6	443.8
300	0.0	0.0	10.6	79.4	323.2	328.5	425.9	482.8
360	0.0	0.0	12.4	90.9	357.4	366.2	459.8	
420	0.0	0.0	14.3	101.3	385.9	396.4	475.5	
480	0.0	0.0	15.8	110.8	409.3	424.3	481.2	
540	0.0	0.0	17.5	119.2	427.7	444.3		
600	0.1	0.0	19.1	126.9	443.4	461.9		
660	0.0	0.0	20.6	134.8	455.7	475		

経過時間（秒）	流下水量（水頭高さ低下長さ：m）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
60	0.00000	0.00000	0.00056	0.00564	0.02688	0.02743	0.04337	0.05115
120	0.00000	0.00000	0.00126	0.01070	0.04919	0.03919	0.07393	0.08668
180	0.00000	0.00000	0.00193	0.01538	0.06729	0.06720	0.09630	0.11244
240	0.00000	0.00000	0.00254	0.01951	0.08241	0.08279	0.11306	0.12979
300	0.00000	0.00000	0.00310	0.02322	0.09452	0.09607	0.12455	0.14119
360	0.00000	0.00000	0.00363	0.02658	0.10452	0.10709	0.13447	
420	0.00000	0.00000	0.00418	0.02962	0.11285	0.11592	0.13906	
480	0.00000	0.00000	0.00462	0.03240	0.11970	0.12408	0.14072	
540	0.00000	0.00000	0.00512	0.03486	0.12508	0.12993		
600	0.00000	0.00000	0.00559	0.03711	0.12967	0.13508		
660	0.00000	0.00000	0.00602	0.03942	0.13327	0.13891		

5.6.5 合成樹脂エマルション系複層仕上塗材

(1) ひび割れ状況

			
0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
			
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

(2) 水の通過量

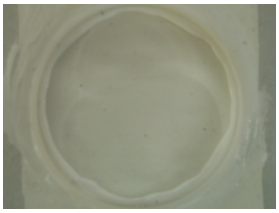
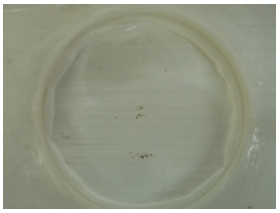
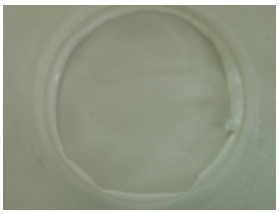
表 6.5　合成樹脂エマルション系複層仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	17.5	112.8	159.8	213	383.8	490.3
120	0	0	34.6	197.8	263	352	479.2	492.1
180	0	0	52.5	265.8	343.8	440.8		
240	0	0	68.8	318.6	402.6	485.5		
300	0	0	83.8	361.2	443.1	486.9		
360	0	1.7	98.1	394	470.5			
420	0	1.8	111.8	419	479.1			
480	0	2.6	124.2	438.1				
540	0	3.4	136	452.8				
600	0	4	146.9	464.2				
660	0	4.8	157.2	473.9				

経過時間（秒）	流下水量（水頭高さ低下長さ：m）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
60	0.00000	0.00000	0.00512	0.03299	0.04673	0.06229	0.11224	0.14339
120	0.00000	0.00000	0.01012	0.05785	0.07691	0.10294	0.14014	0.14391
180	0.00000	0.00000	0.01535	0.07773	0.10054	0.12891	0.00000	0.00000
240	0.00000	0.00000	0.02012	0.09317	0.11774	0.14198	0.00000	0.00000
300	0.00000	0.00000	0.02451	0.10563	0.12958	0.14239	0.00000	0.00000
360	0.00000	0.00050	0.02869	0.11522	0.13759	0.00000	0.00000	0.00000
420	0.00000	0.00053	0.03270	0.12253	0.14011	0.00000	0.00000	0.00000
480	0.00000	0.00076	0.03632	0.12812	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
540	0.00000	0.00099	0.03977	0.13242	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
600	0.00000	0.00117	0.04296	0.13575	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
660	0.00000	0.00140	0.04597	0.13859	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

5.6.6 防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材

(1) ひび割れ状況

			
0.0㎜	0.1㎜	0.3㎜	0.5㎜
			
0.75㎜	1.0㎜	1.5㎜	2.0㎜

(2) 水の通過量

表 6.6　防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材　水の通過量

経過時間（秒）	流下水量（質量：g）							
	ひび割れ幅（m）							
	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005	0.0008	0.0010	0.0015	0.0020
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
420	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
660	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

5.7．考察

仕上塗材のうち、防水形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材、防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材の２種については、全ての下地ひび割れ幅について、塗膜面にひび割れ発生は見られず、透水量も0であった。

他の仕上塗材では下地ひび割れ幅がおおむね0.3㎜以上で塗膜面にひび割れ発生が認められたが、試験体によっては、塗膜面に明らかにひび割れが認められないひび割れ幅においても微量の透水が生じた。

モルタル・コンクリートのひび割れ内を透過する水の流量は二平面間の粘性流の公式に基づく次式で示される。[1)]

$$Q = \frac{b^3 \Delta \mathrm{p}}{12\delta\ \mu k} \quad \cdots(1)$$

ここで　Q：ひび割れからの漏水量(㎥/m・ｓ)

b：平均ひび割れ幅(m)

ΔP：壁体前後の空気圧力差(Pa)

μ ：雨水の粘性係数(Pa･s)

k ：壁厚(m)

δ ：ひび割れ面の性状により異なる常数

仕上げのないモルタルやコンクリートの板に生じたひび割れのδ値として、表7.1の値が得られているが、今回の実験で用いた試験体は、モルタル表層に補強用ネットが伏せ込まれ、更に各種の仕上塗材が施工されているため、異なる値となることが考えられる。

表 7.1　δ値に関する既往の実験値 [1)]

種別	δ	
	平均値	標準偏差
モルタル	7.0	0.87
川砂利･川砂コンクリート	9.3	1.15
人工軽量骨材コンクリート	3.4	0.59

このため、ひび割れの変水位透水試験における水位変化と透水量の関係についての既往の知見に基づいて、経過時間毎の水位低下の測定値を用い、次式[1)]によってδ値を算出した

$$\delta = \frac{l \cdot b^3 \cdot \gamma \cdot \mathrm{g} \cdot \Delta t}{12\mu \cdot k \cdot M \cdot \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)} \quad \cdots(2)$$

ここに　l：ひび割れ長さ(m)

b：試験体平均ひび割れ幅(m)

h_1：初水位　(m)

h_2：低下後の水位(m)

γ：水の密度　(kg/m^3)

g：重力加速度　(m/sec^2)

μ：水の粘性係数（Pa/s）

Δt：水位低下時間(s)

k：試験体厚(m)

M：透水試験用水柱容器の面積(m^2)

ここで水位は水柱高さに試験体厚さを加えた値とし、μ=10^{-3}、γ＝1000を用いた。また、ひび割れ長さは0.066m（円筒内径）、M=0.0034195m^{2}ですべて同一とした。計算結果を表7.2に示す。

表 7.2　δ値計算結果

仕上げ塗り材 種別	ひび割れ 幅 (m)	h_1 (m)	h_2 (m)	Δt (s)	δ計算値
外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材	0	漏水無し			
	0.0001	0.1649	0.1642	600	142
	0.0003	0.1621	0.1398	600	115
	0.0005	0.1422	0.0495	600	75
	0.00075	0.0899	0.0485	60	43
	0.001	0.0770	0.0352	60	80
	0.0015	0.165	0.0366	60	141
	0.002	0.165	0.0379	60	343
可とう形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材	0	漏水無し			
	0.0001	0.1649	0.1642	600	142
	0.0003	0.1646	0.1596	600	552
	0.0005	0.1634	0.1513	600	1024
	0.00075	0.1623	0.1408	600	1880
	0.001	0.1516	0.0856	600	1102
	0.0015	0.1020	0.0650	60	473
	0.002	0.1650	0.0867	60	784
外装合成樹脂エマルジョン系厚付け仕上塗材	0	漏水無し			
	0.0001	漏水無し			
	0.0003	0.1644	0.1590	600	503
	0.0005	0.1594	0.1256	600	331
	0.00075	0.1381	0.0317	600	181
	0.001	0.1376	0.0261	600	379
	0.0015	0.1216	0.0519	180	750
	0.002	0.1139	0.0526	120	1305
合成樹脂エマルジョン系複層仕上げ塗材	0	漏水無し			
	0.0001	0.1650	0.1636	600	74
	0.0003	0.1599	0.1190	600	58
	0.0005	0.1320	0.0264	600	49
	0.00075	0.1183	0.0645	120	88
	0.001	0.1027	0.0621	60	125
	0.0015	0.1650	0.0528	60	187
	0.002	0.1650	0.0216	60	248
防水形外装合成樹脂エマルジョン系薄付け仕上塗材	ひび割れ幅0.002mまで漏水無し				
防水形合成樹脂エマルジョン系複層仕上げ塗材	ひび割れ幅0.002mまで漏水無し				

表7.1の素材のひび割れについて得られているδ値と比較すると、今回の仕上塗材を施工した既調合軽量モルタル板について得られたδ値は数倍から数10倍の大きさである。(1)式から明らかなようにδが大きいほどひび割れの透水量は少なくなる。δが大きくなった要因として、表層に伏せ込んだ補強用ネットによるモルタル表層部のひび割れ分散効果、モルタル層と塗膜層のひび割れ幅の差による実質的ひび割れ幅の減少が考えられる。なお、(1)式において、ひび割れ幅bの減少は、その3乗がδの増加と等価であり、たとえば50%減少、70%減少がそれぞれδ値の800%、3700%増大に相当する。

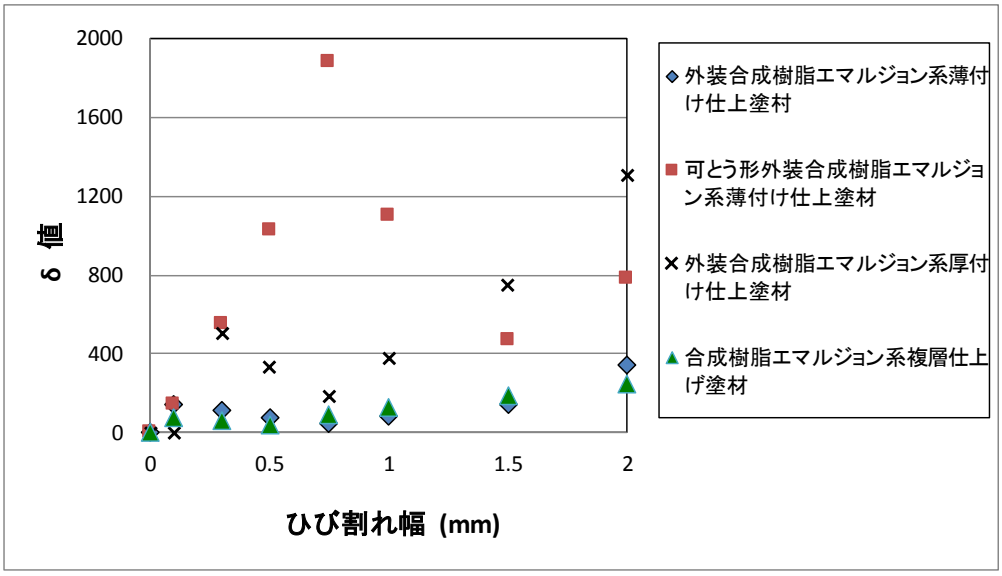


図 7.1　各種仕上塗材の下地ひび割れ部水密性試験結果

図7.1に、仕上塗材別に透水があったひび割れ幅とδ値の関係を示す。外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材と合成樹脂エマルション系複層仕上塗材の２種のδ値は、他の２種より低く、同程度の値である。最も大きいδ値を示すのは可とう形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材であるが、試験体毎のバラツキが大きい。外装合成樹脂エマルション系厚付け仕上塗材は中間の値となっている。また、可とう形外装合成樹脂エマルション系薄付け仕上塗材を除く３種では、ひび割れ幅が1mmを越える範囲でδ値が大きくなる傾向が見られる。一つの理由として、粘性流についての(1)式を、薄層の試験体で幅が1mmを越えるようなひび割れに適用することに問題があると考えられる。

5.8. まとめ

各種の湿式仕上塗材を施したモルタル層試験体に発生させたひび割れ部について、透水試験を行い、結果からひび割れ間隙の流量算定に用いる常数を算定した。これにより、ラスモルタル塗り外壁における雨水浸入リスク評価に有用な資料が得られた。

引用文献

１）石川廣三：モルタル・コンクリート外壁の微細ひび割れからの漏水性状、日本建築学会構造系論文集610号、2006

6. 窯業系サイディング小口面からの吸水に関する試験報告

6.1. 試験の目的

窯業系サイディングの接合部やその他の部位から風雨の条件によっては、裏面に雨水が浸入することが想定される。雨水浸入後の窯業系サイディング小口での吸水量を測定するため，小口吸水試験を実施した。

6.2 試験方法

試験方法は，JIS A 1414-3　建築用パネルの性能試験方法（第 3 部：温湿度・水分に対する試験）を参考に実施した。試験装置を図 2.1～図 2.4 に示す。試験体一覧を表 2.1 に示す。試験体は、代表的仕様の金具留め厚さ 15mm 横張に該当する 2 社（NO.1、NO.2）の中実品とし、大きさは 15mm×100mm×100mm とした。入手後、23℃、50%RH の恒温恒湿室で 2 週間養生し気乾状態とする。吸水試験小口面以外は，エポキシ樹脂を塗布する。試験体数は n =3 とし，測定時間は 30 分，1 時間，2 時間，4 時間，8 時間，24 時間，48 時間とする。小口吸水量は式(1)により求める。測定後，JIS A 5422 に準拠し含水率を求める。

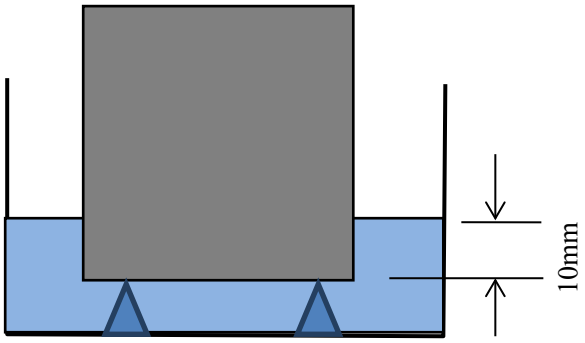


図 2.1　現場切断小口(面積≒1,300mm²)

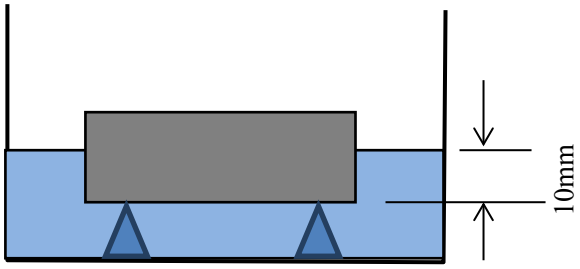


図 2.2　裏面(面積≒10,000mm²)

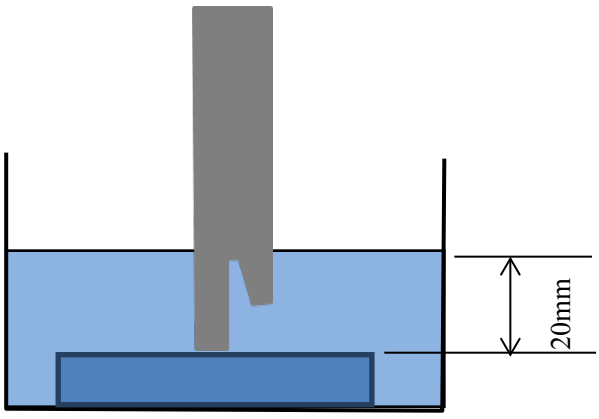


図 2.3　裏合じゃくり(面積≒3,300mm²)

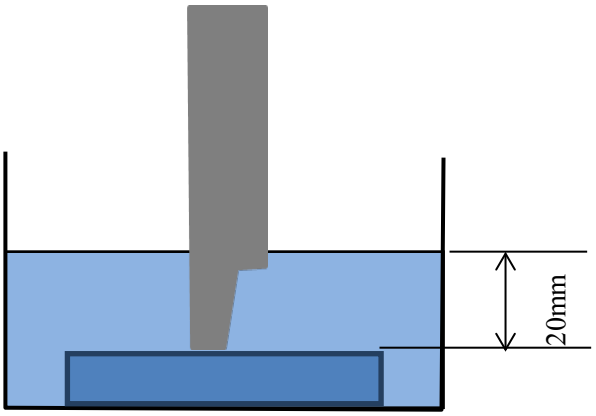


図 2.4 表合じゃくり(面積≒2,000mm²)

$$S_2 = \frac{m_h - m_1}{S_1} \qquad (1)$$

ここに、 S_2: 小口面積 1mm²当たりの吸水量(g/mm²)

m_h: h時間吸水後の試験体質量(g)

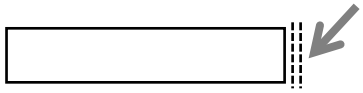
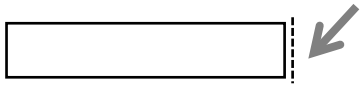
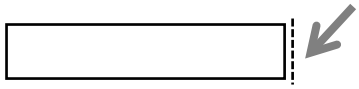
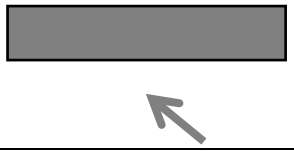
m_1:浸せき前の試験体質量(g)

S_1: 小口面積(mm²)

6.3 試験体

試験体の部位と小口仕様一覧を表２に示す。

表 2 試験体の部位と小口仕様一覧

部位	仕様
1. 現場切断小口	1.1 小口シーラー＆補修塗料塗布(A)  切り放し(B)
2. シーリング目地部小口	2.1 シーリング材用プライマー塗布 （製品木口＋プライマー塗布）(C)  2.2 現場切断木口＋プライマー塗布(D) 
合じゃくり部	3.1 表側(E) 3.2 裏側(F)
4. 裏面	4.1 裏面(G) 

6.4 試験結果

試験結果を図 3.1，表 3.1 および図 3.2，表 3.2 に示す。

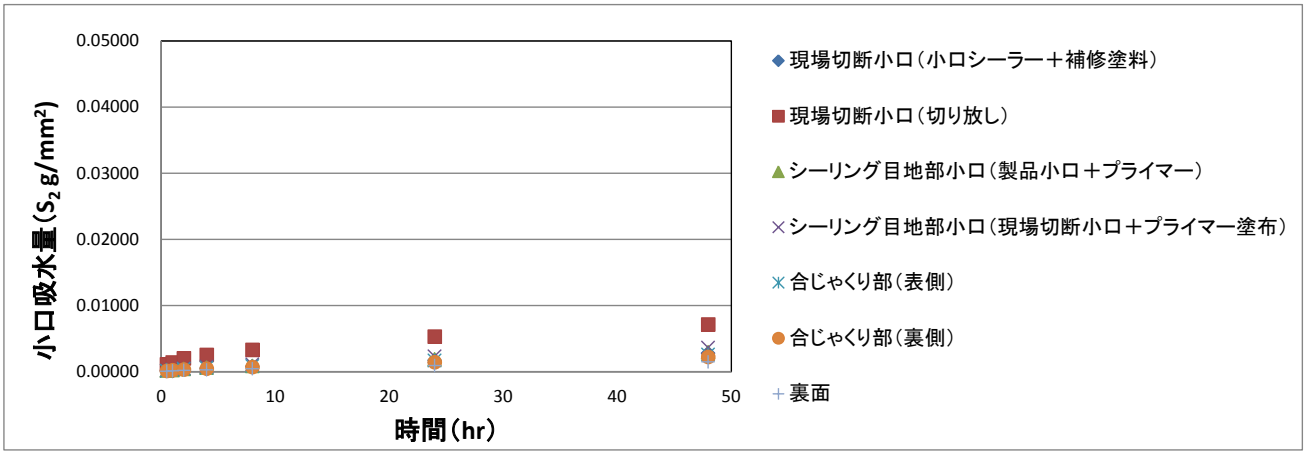


図 3.1　NO.1 小口吸水量測定結果

表 3.1　NO.1 小口吸水量測定結果(g/mm²)

NO.1	時間	0.5時間		1時間		2時間		4時間		8時間		24時間		48時間	
	水準	S_2		S_2		S_2		S_2		S_2		S_2		S_2	
現場切断小口（小口シーラー＋補修塗料）	1-1-1	0.00004	0.00009	0.00006	0.00008	0.00031	0.00033	0.00045	0.00049	0.00075	0.00078	0.00160	0.00172	0.00254	0.00280
	1-1-2	0.00011		0.00008		0.00030		0.00048		0.00077		0.00171		0.00284	
	1-1-3	0.00011		0.00012		0.00038		0.00054		0.00083		0.00185		0.00301	
現場切断小口（切り放し）	1-2-1	0.00106	0.00110	0.00134	0.00136	0.00190	0.00197	0.00238	0.00251	0.00308	0.00326	0.00494	0.00527	0.00663	0.00711
	1-2-2	0.00107		0.00129		0.00192		0.00249		0.00330		0.00542		0.00738	
	1-2-3	0.00118		0.00145		0.00210		0.00265		0.00341		0.00544		0.00732	
シーリング目地部小口（製品小口＋プライマー）	2-1-1	0.00015	0.00014	0.00025	0.00021	0.00044	0.00040	0.00067	0.00061	0.00097	0.00086	0.00205	0.00184	0.00330	0.00291
	2-1-2	0.00012		0.00018		0.00038		0.00059		0.00080		0.00181		0.00281	
	2-1-3	0.00016		0.00020		0.00037		0.00056		0.00081		0.00165		0.00263	
シーリング目地部小口（現場切断小口＋プライマー塗布）	2-2-1	0.00023	0.00015	0.00038	0.00029	0.00069	0.00051	0.00099	0.00075	0.00151	0.00109	0.00323	0.00229	0.00513	0.00362
	2-2-2	0.00016		0.00025		0.00042		0.00064		0.00086		0.00180		0.00285	
	2-2-3	0.00006		0.00023		0.00043		0.00062		0.00088		0.00183		0.00288	
合じゃくり部（表側）	3-1-1	0.00013	0.00012	0.00026	0.00026	0.00043	0.00040	0.00061	0.00059	0.00088	0.00084	0.00171	0.00166	0.00259	0.00258
	3-1-2	0.00013		0.00032		0.00042		0.00061		0.00087		0.00175		0.00273	
	3-1-3	0.00011		0.00019		0.00035		0.00053		0.00077		0.00153		0.00241	
合じゃくり部（裏側）	3-2-1	0.00010	0.00009	0.00020	0.00020	0.00031	0.00030	0.00047	0.00045	0.00070	0.00067	0.00145	0.00141	0.00221	0.00221
	3-2-2	0.00011		0.00023		0.00029		0.00041		0.00063		0.00132		0.00209	
	3-2-3	0.00008		0.00018		0.00029		0.00046		0.00068		0.00146		0.00233	
裏面	4-1-1	0.00005	0.00005	0.00011	0.00011	0.00018	0.00018	0.00027	0.00027	0.00040	0.00042	0.00086	0.00092	0.00137	0.00147
	4-1-2	0.00006		0.00011		0.00019		0.00028		0.00044		0.00098		0.00156	
	4-1-3	0.00005		0.00011		0.00018		0.00027		0.00043		0.00093		0.00149	

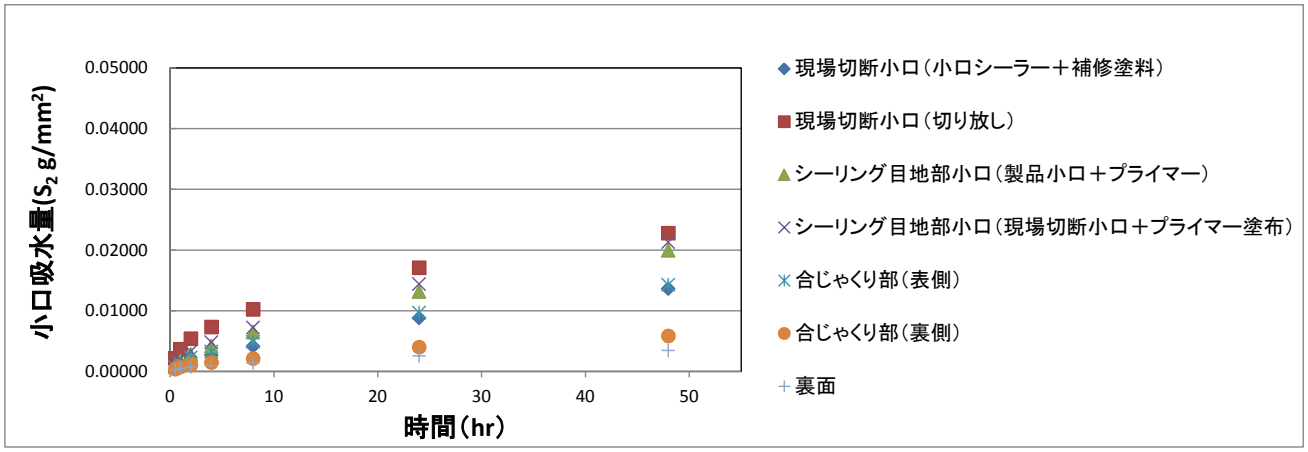


図 3.2　NO.2 吸水率測定結果

表 3.2　NO.2 吸水量測定結果(g/mm²)

NO.2	時間	0.5時間		1時間		2時間		4時間		8時間		24時間		48時間	
	水準	S_2		S_2		S_2		S_2		S_2		S_2		S_2	
現場切断小口(小口シーラー＋補修塗料)	1-1-1	0.00030	0.00048	0.00070	0.00109	0.00124	0.00181	0.00188	0.00270	0.00288	0.00413	0.00612	0.00880	0.00973	0.01363
	1-1-2	0.00057		0.00145		0.00243		0.00365		0.00562		0.01244		0.01939	
	1-1-3	0.00058		0.00113		0.00176		0.00256		0.00389		0.00783		0.01175	
現場切断小口(切り放し)	1-2-1	0.00205	0.00212	0.00349	0.00364	0.00503	0.00535	0.00681	0.00728	0.00950	0.01019	0.01526	0.01705	0.01993	0.02277
	1-2-2	0.00223		0.00378		0.00564		0.00770		0.01078		0.01850		0.02488	
	1-2-3	0.00207		0.00365		0.00539		0.00733		0.01030		0.01738		0.02350	
シーリング目地部小口(製品小口＋プライマー)	2-1-1	0.00090	0.00082	0.00180	0.00166	0.00287	0.00281	0.00417	0.00416	0.00665	0.00645	0.01425	0.01314	0.02225	0.01993
	2-1-2	0.00073		0.00141		0.00244		0.00357		0.00548		0.01129		0.01750	
	2-1-3	0.00084		0.00176		0.00313		0.00473		0.00721		0.01388		0.02004	
シーリング目地部小口(現場切断小口＋プライマー塗布)	2-2-1	0.00125	0.00099	0.00239	0.00196	0.00421	0.00329	0.00625	0.00482	0.00967	0.00722	0.01978	0.01439	0.02932	0.02129
	2-2-2	0.00092		0.00181		0.00300		0.00423		0.00619		0.01204		0.01766	
	2-2-3	0.00081		0.00168		0.00266		0.00398		0.00579		0.01135		0.01688	
合じゃくり部(表側)	3-1-1	0.00056	0.00074	0.00099	0.00135	0.00177	0.00227	0.00254	0.00325	0.00388	0.00487	0.00756	0.00968	0.01115	0.01426
	3-1-2	0.00059		0.00110		0.00184		0.00263		0.00393		0.00794		0.01248	
	3-1-3	0.00106		0.00195		0.00319		0.00457		0.00678		0.01354		0.01916	
合じゃくり部(裏側)	3-2-1	0.00037	0.00037	0.00071	0.00068	0.00113	0.00104	0.00157	0.00144	0.00229	0.00208	0.00440	0.00399	0.00652	0.00584
	3-2-2	0.00040		0.00069		0.00106		0.00148		0.00215		0.00413		0.00609	
	3-2-3	0.00033		0.00063		0.00093		0.00127		0.00181		0.00343		0.00491	
裏面	4-1-1	0.00023	0.00026	0.00041	0.00047	0.00060	0.00069	0.00085	0.00096	0.00123	0.00138	0.00233	0.00254	0.00327	0.00346
	4-1-2	0.00027		0.00049		0.00071		0.00099		0.00141		0.00256		0.00353	
	4-1-3	0.00028		0.00051		0.00075		0.00104		0.00149		0.00273		0.00358	

6.5 考察

吸水量と吸水時間の平方根の関係を図 4.1～図 4.14 に示す。ここで，近似直線回帰式より吸水速度係数を読み取った。表 4.1 に試験体 NO.1，NO.2 の A～G 小口面の吸水速度係数を示す。

表 4.2，表 4.3 に吸水時間と含水率の関係を示す。含水率は試験片全体の含水率として測定した結果を示している。実際の試験では部分的に吸水していることより試験片の中で含水率分布が出来ていると推測される。

表 4.1　各小口仕様の吸水速度係数

単位（㎥/㎡・$sec^{1/2}$）

試験体NO. / 小口仕様	NO.1	NO.2
A	6.94E-06	3.36E-05
B	1.66E-05	5.54E-05
C	7.11E-06	4.93E-05
D	8.85E-06	5.27E-05
E	6.27E-06	3.52E-05
F	5.41E-06	1.43E-05
G	3.61E-06	8.52E-06

以下試験体 NO.1 の吸水時間と吸水量の関係。

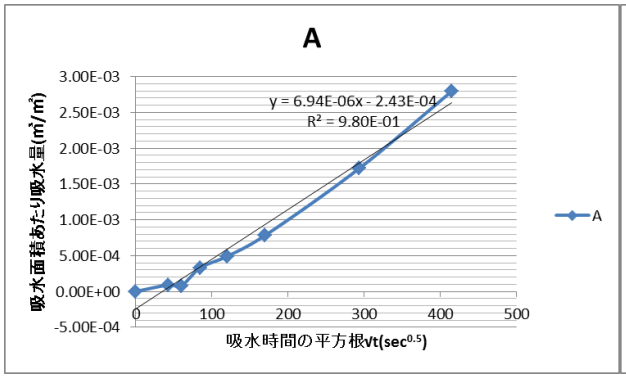


図 4.1　小口シーラー＆補修塗料(A)

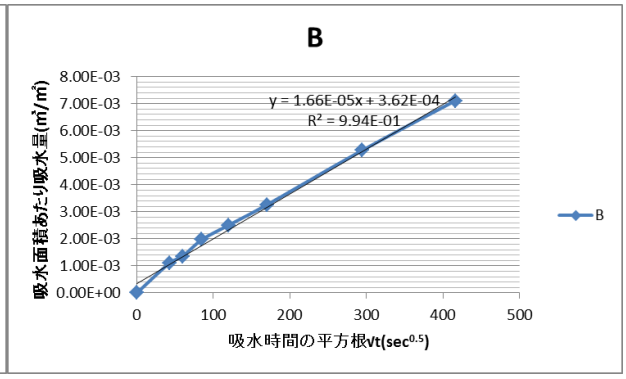


図 4.2　切り放し(B)

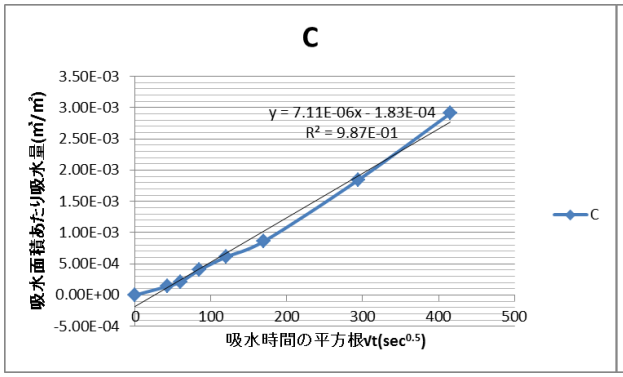


図 4.3　製品小口＋プライマー塗布(C)

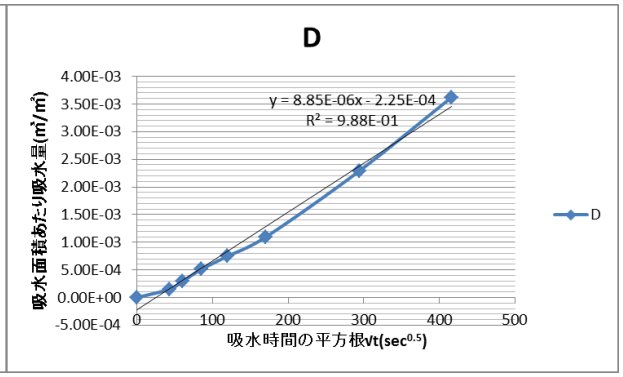


図 4.4　現場切断小口＋プライマー塗布(D)

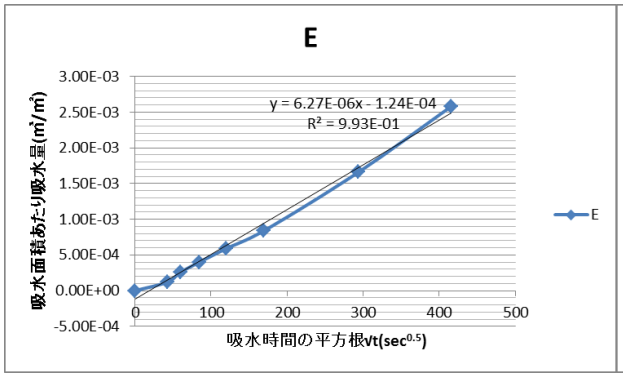


図 4.5　合じゃくり表側(E)

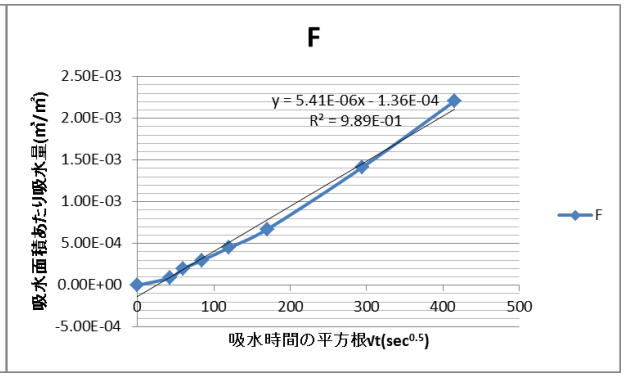


図 4.6　合じゃくり裏側(F)

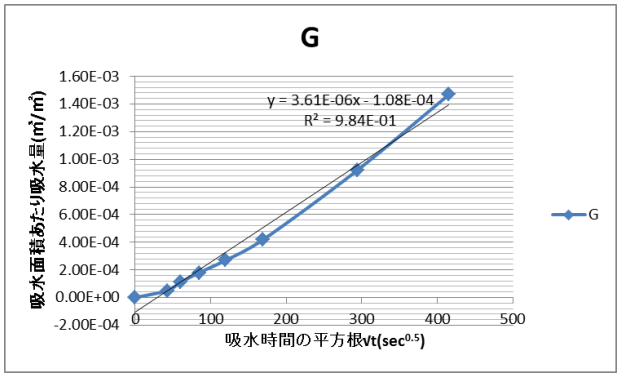


図 4.7　裏面

以下試験体 NO.2 の吸水時間と吸水量の関係。

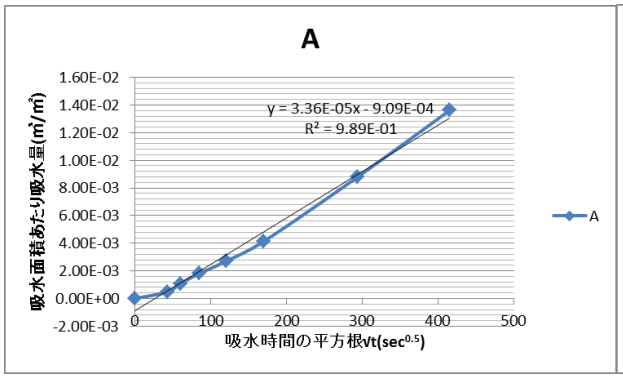


図 4.8　小口シーラー＆補修塗料(A)

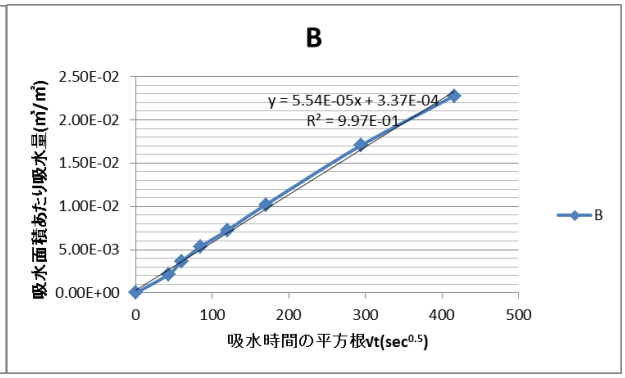


図 4.9　切り放し(B)

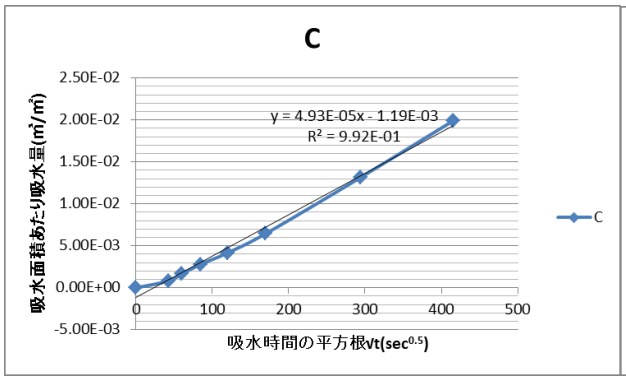


図 4.10　製品小口＋プライマー塗布(C)

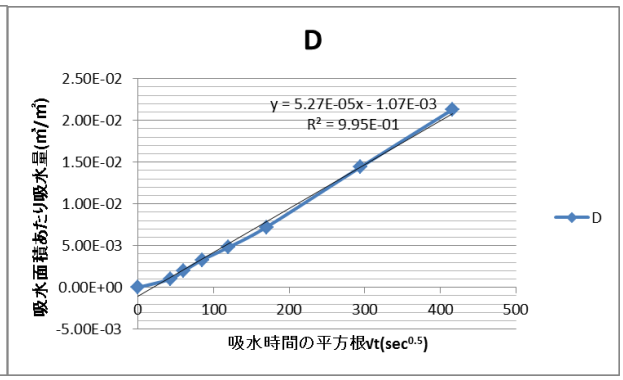


図 4.11　現場切断小口＋プライマー塗布(D)

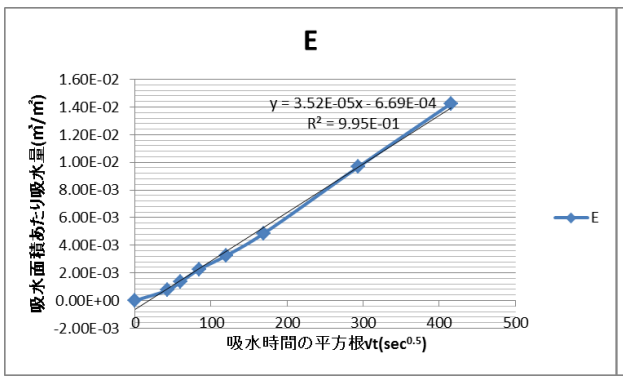


図 4.12　合じゃくり表側(E)

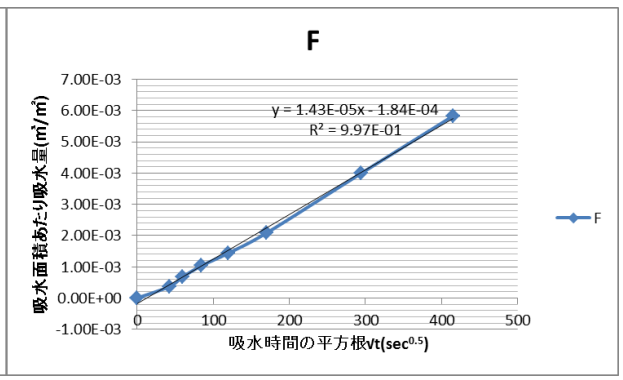


図 4.13　　合じゃくり裏側(F)

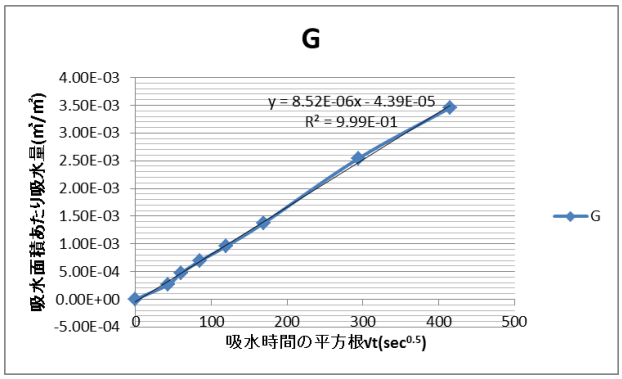


図 4.14　裏面(G)

表 4.2　試験体 NO.1 における吸水時間と含水率（ 単位：%）

NO.1

時間 / 小口仕様	0.5	1	2	4	8	24	48
A	6.4%	6.4%	6.6%	6.7%	6.9%	7.6%	8.4%
B	7.2%	7.4%	7.8%	8.2%	8.8%	10.2%	11.6%
C	6.5%	6.5%	6.7%	6.8%	7.0%	7.7%	8.4%
D	6.5%	6.6%	6.7%	6.9%	7.2%	8.0%	9.0%
E	6.5%	6.7%	6.9%	7.1%	7.5%	8.5%	9.7%
F	6.6%	6.8%	6.9%	7.2%	7.6%	9.0%	10.5%
G	6.7%	7.0%	7.4%	7.9%	8.7%	11.4%	14.4%

表 4.3 試験体 NO.2 における吸水時間と含水率（単位：%）

NO.2

時間 / 小口仕様	0.5	1	2	4	8	24	48
A	6.7%	7.1%	7.6%	8.2%	9.2%	12.5%	15.8%
B	7.8%	8.8%	10.0%	11.2%	13.2%	17.7%	21.6%
C	6.9%	7.5%	8.3%	9.2%	10.8%	15.4%	20.1%
D	7.1%	7.7%	8.6%	9.7%	11.4%	16.3%	21.1%
E	7.2%	7.9%	9.0%	10.1%	12.0%	17.5%	22.7%
F	7.1%	7.7%	8.4%	9.2%	10.5%	14.2%	17.8%
G	7.8%	9.0%	10.2%	11.6%	13.9%	20.3%	25.4%

)

6.6 まとめ

窯業系サイディングの各仕様における小口面の吸水試験を実施し，それぞれの吸水速度係数を求めた。現在，現場施工での各小口面の仕上げ吸水防止の処理は各社の施工仕様に定められている。今後も適切な施工仕様の徹底が望まれる。

引用文献

1)石川廣三：モルタル壁のひび割れ内面からの雨水浸透，日本建築学会大会(東北)学術講演会、2009

7. 窯業系サイディング目地部の水密性試験報告

7.1 目的

窯業系サイディングについて水密性試験を行い，漏水状況の確認および各部位の漏水量測定を実施した。

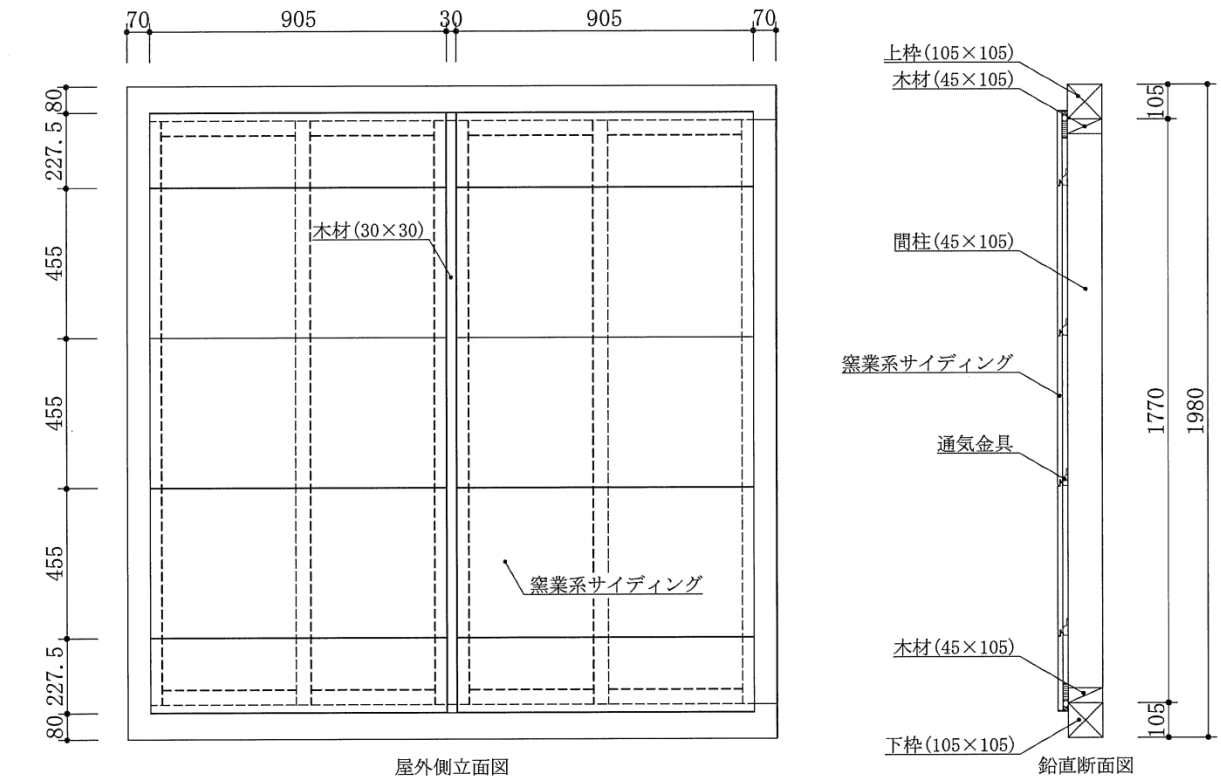
7.2 試験体

試験体は，2 種類の窯業系サイディング材を中央柱の左右に設置したものを試験体 1 体とし，計 3 試験体（6 種類）について試験を実施した。

試験体の概要を表 1，図 1～図 2 および写真 1 に示す。

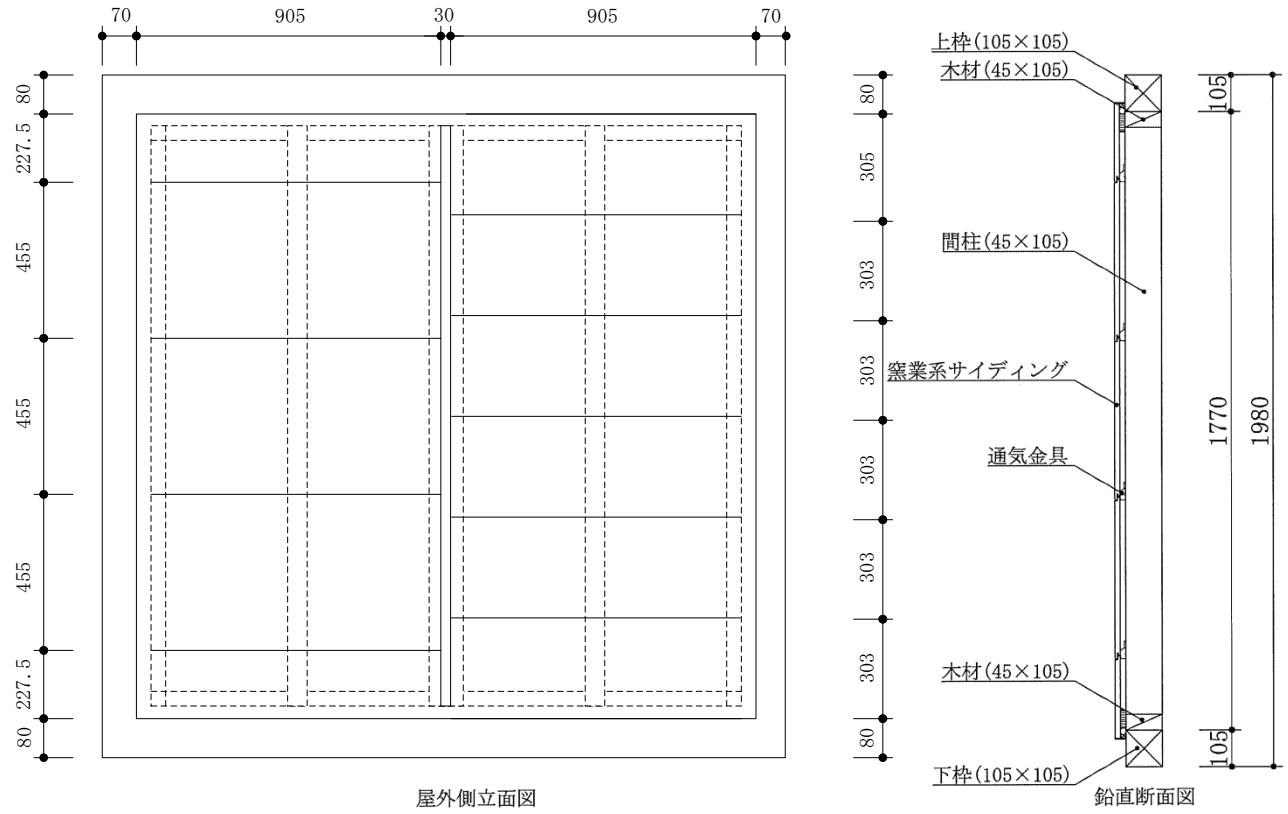
表 1　試験体の概要

試験体番号	試験材料	図および写真
1-1	厚さ 16mm、働き幅 455mm、通気金具留め	図 1 図 2 写真 1
1-2	厚さ 15mm、働き幅 455mm、通気金具留め	
2-1	厚さ 16mm、働き幅 455mm、通気金具留め	
2-2	厚さ 18mm、働き幅 303mm、通気金具留め	
3-1	厚さ 16mm、働き幅 455mm、通気金具留め	
3-2	厚さ 15mm、働き幅 455mm、通気金具留め	



単位：mm

図１　試験体概要①



単位：mm

図 2　試験体概要②

写真１　試験体設置状況

7.3 試験方法

試験は図 3 に示す動風圧試験装置を使用し，JIS A 1414-3（建築用パネルの性能試験－第 3 部：温湿度・水分に対する試験）の 5.7（水密性試験）に準じてサイディング材嵌合部からの漏水状況を確認した。なお，本試験は静圧と脈動圧および噴霧水量を変化させ 3 条件設定し，試験を行った。

また，図 4 に示すように間柱と柱に挟まれた部分（試験体 1 体につき 4 か所）の下部に漏水受けを設け，サイディング材嵌合部からの漏水量を 1 分間測定した。測定回数は 2 回以上とした。

動風圧条件を表 2 に示す。水密性試験加圧プロセスを図 5 に示す。試験条件を表 3 に示す。

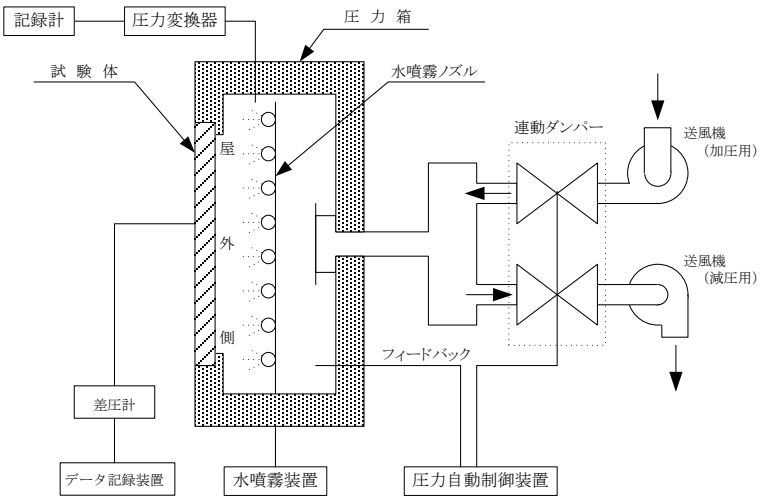
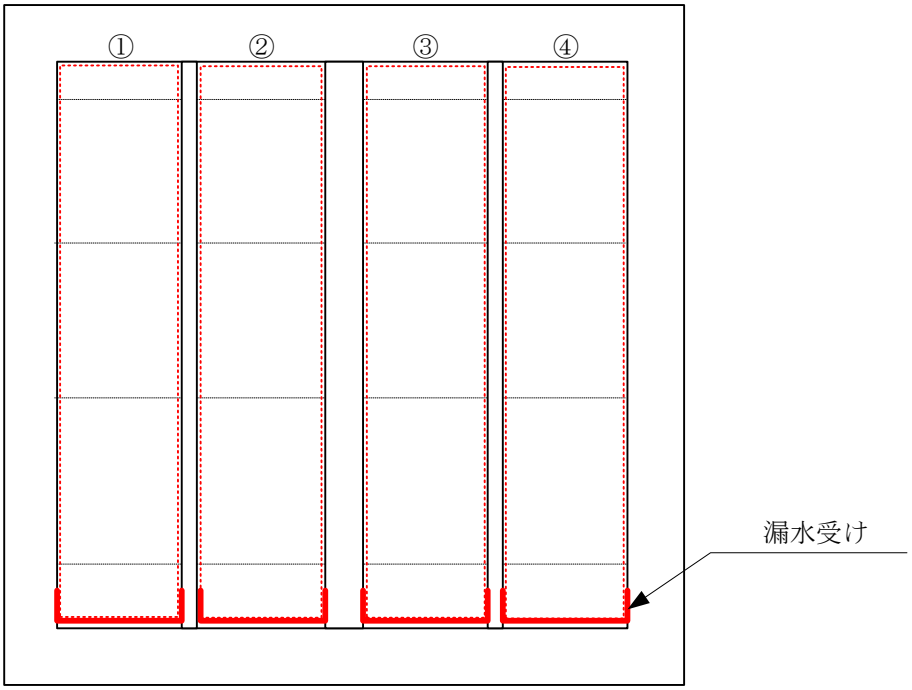


図 3　動風圧試験装置

表 2 動風圧試験仕様

仕　様	最大圧力　：　9800 Pa 脈動最大振幅　：750 Pa 脈動周期　：　2 sec 噴霧水量　：　最大 4L/（min・m^2）



（室内側）

間柱と柱で挟まれた箇所計4か所におけるサイディング材嵌合部からの漏水量を測定する。
○内数字は漏水量測定番号を示す。

図 4　漏水量測定箇所

表 3　試験条件

条件	加圧方法	設定圧力					噴霧ノズル数 （設定噴霧量）
1	静圧	ステップ	1	2	3	4	27 （4L/min・m²）
		圧力差(Pa)	150	240	350	470	
2	脈動圧	ステップ	1		2		27 （4L/min・m²）
		上限値(Pa)	225		360		
		中央値(Pa)	150		240		
		下限値(Pa)	75		120		
3	脈動圧	ステップ	1		2		2* （ー）
		上限値(Pa)	225		360		
		中央値(Pa)	150		240		
		下限値(Pa)	75		120		

＊条件 3 は噴霧ノズルを 2 か所とした。なお，ノズルの位置はサイディング材上端部で中央から左右 500mm の位置である。

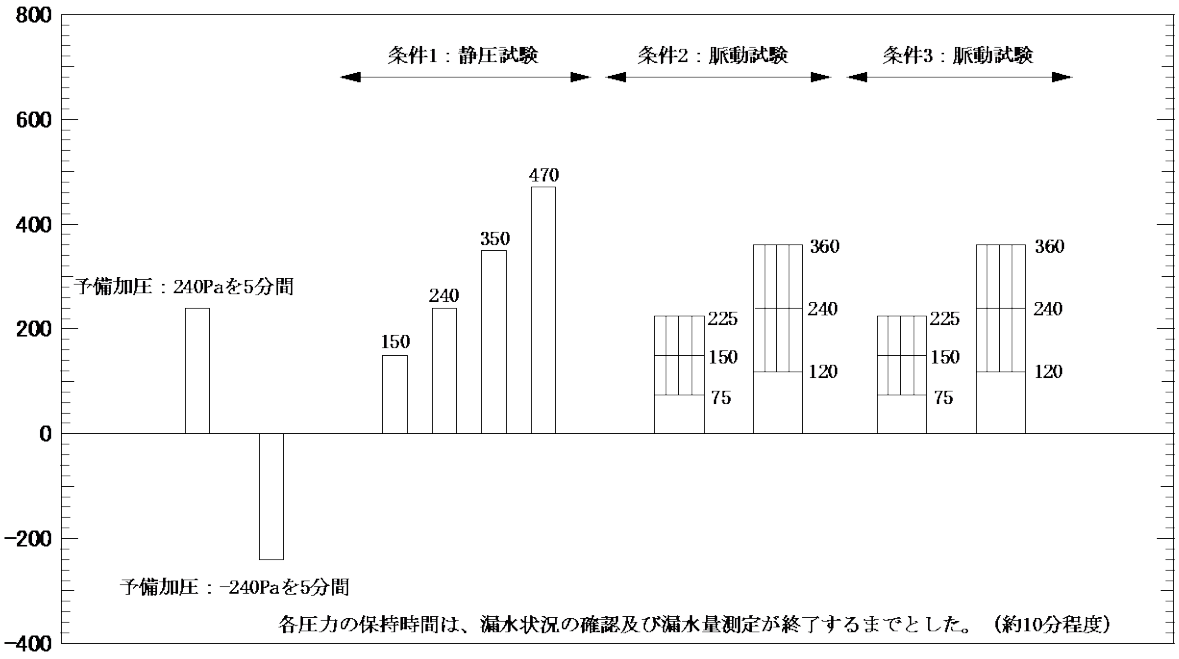


図 5　水密性試験加圧プロセス（各試験体共通）

7.4 試験結果

試験結果を表 4、表 5、表 6、表 7 に示す。観察状況を写真 2～5 に示す。いずれの試験条件においても概ね 150Pa より流れ出しおよびにじみ出しが観察された。しかし、しぶきや吹き出しは観察されなかった。

表 4　各条件における漏水観察結果

条件	差圧 (Pa)	試験体 NO.					
		1-1	1-2	2-1	2-1	3-1	3-2
1(静圧)	150	嵌合部より流れ出し		嵌合部より流れ出し		嵌合部より流れ出し	
	240	上記拡大		上記拡大		上記拡大	
	350	同上		同上		同上	
	470	同上		同上		同上	
2（脈動圧）	150	嵌合部より流れ出しおよびにじみ出し	嵌合部より流れ出し	嵌合部より流れ出し		嵌合部より流れ出しおよびにじみ出し	
	240	上記拡大	上記拡大	上記拡大		上記拡大	
3（脈動圧）	150	嵌合部より流れ出し	嵌合部よりにじみ出し	—	嵌合部より流れ出し	嵌合部より流れ出しおよびにじみ出し	
	240	嵌合部より流れ出しおよびにじみ出し	嵌合部より流れ出し	嵌合部より流れ出し	上記拡大	上記拡大	

表 5　条件 1 における漏水量の測定結果 (単位：ℓ/min)

差圧 (Pa)	試験体 NO.					
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
150	0.188	0.014	0.013	0.028	0.069	0.019
240	0.514	0.505	0.021	0.083	0.049	0.055
350	0.654	0.622	0.042	0.148	0.062	0.06
470	0.815	0.706	0.069	0.176	0.099	0.069

表 6　条件 2 における漏水量測定結果 (単位：ℓ/min)

差圧 (Pa)	試験体 NO.					
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
150	0.218	0.072	0.007	0.036	0.018	0.007
240	0.441	0.378	0.027	0.086	0.041	0.034

表 7　条件 3 における漏水量測定結果(単位：　ℓ/min)

差圧 (Pa)	試験体 NO.					
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
150	0.071	0.007	0	0.007	0.002	0.004
240	0.149	0.096	0.008	0.031	0.004	0.012

写真 2　　漏水状況（圧力差：150Pa）

サイディング材嵌合部から流れ出し

写真 3　　漏水状況（圧力差：240Pa）
サイディング材嵌合部からにじみ出し

写真 4　　漏水状況（中央値：150Pa）
サイディング材嵌合部からにじみ出し

写真 5　漏水状況（中央値：240Pa）

以上

国土技術政策総合研究所
宮村雅史

8. 各種二次止水層用防水材料の釘孔止水性および防水テープの密着性に関する試験

防水材料の防水性に関する試験は、防水材料メーカーにおいて実験が繰り返されているが、その試験性能値は公表されていないことが多く、その状況と特徴を把握する必要がある。本試験は、木造住宅に使用される防水紙、防水テープなどの防水材料を対象として、各種の防水性能を実施し、その概要を把握するものである。なお、本報告に用いられた試験法は、今後の評価試験法の参考にもなり得ると思われる。

目次

8.1 防水紙の釘孔止水性試験
8.2 外壁下張材および防水テープの密着安定性試験
8.3 透湿防水シート（表面）と防水テープの粘着力試験
8.4 曝露後の釘孔止水性試験

8.1 防水紙の釘孔止水性試験

本試験で使用する防水紙は，表 1 に示すアスファルト系防水紙と透湿系防水シートを対象としており，「(3)試験方法」に示す方法により試験を実施し，漏水の判定等を記録するものである。　なお，アスファルトフェルト 430 および改質アスファルトフェルト下張材は「(6)釘孔止水性試験」を実施する前に「(5)アルカリ処理」を施し，他の防水紙はアルカリ処理を施さない。

(1) 試験の組み合わせおよび試験体数

試験の組み合わせは表 1 に示す通りとする。試験体数の合計は，以下に示す 234 体となる。試験体記号の説明を表 2 に示す。製品の種類は，「(2)各防水紙の製品の種類」に示す。

表 1　試験の組み合わせ

防　水　紙	アルカリ処理	接合具の種類	水位
アスファルトフェルト 430（7 製品)	○	1013F，1019J（ステープル）	30mm 50mm 100mm 150mm
改質アスファルトフェルト下張材（2 製品)	○	1013F，1019J（ステープル）	
透湿防水シート（3 製品)	－	1013F（ステープル）	
アスファルトルーフィング 940（7 製品)	－	N65（ワイヤー，シート)，ねじ*	
改質アスファルトルーフィング下葺材（7 製品)	－	N65（ワイヤー，シート)，ねじ*	
透湿ルーフィング（5 製品)	－	N65（ワイヤー，シート)，ねじ*	

（注）*：十字穴付き六角タッピンねじ，径φ6×長さ70mm，呼び径：6mm，ねじ山径：6 ～ 6.2mm，ねじ谷径：4.3 ～ 4.5mm，4mm程度の下穴を空ける。

各試験体の数は、以下の通りである。

- アスファルトフェルト 430：防水紙の製品の種類 7×接合具の種類 2×各 3 体＝42 試験体
- 改質アスファルトフェルト下張材：防水紙の製品の種類 2×接合具の種類 2×各 3 体＝12 試験体
- 透湿防水シート：防水紙の製品の種類 3×接合具の種類 1×各 3 体＝9 試験体
- アスファルトルーフィング 940：防水紙の製品の種類 7×接合具の種類 3×各 3 体＝63 試験体

- 改質アスファルトルーフィング下葺材：防水紙の製品の種類 7×接合具の種類 3×各 3 体＝63 試験体
- 透湿ルーフィング：防水紙の製品の種類 5×接合具の種類 3×各 3 体＝45 試験体

合計：234 試験体

表 2　試験体記号の説明（防水紙記号－製品記号－接合具記号－試験体番号）

防　水　紙			接合具		試験体番　号
材　料　名	記号	製品記号	名　称	記号	
アスファルトフェルト 430	AF	7 製品 G,S,J,T,N,K,M	1013F	F	各 3 体 1～3
			1019J	J	
改質アスファルトフェルト下張材	MF	2 製品 T,K	1013F	F	
			1019J	J	
透湿防水シート	HS	3 製品 D,F,C	1013F	F	
アスファルトルーフィング 940	AR	7 製品 G,S,J,T,N,K,M	N65(ワイヤー)	NW	
			N65(シート)	NS	
			ねじ	S	
改質アスファルトルーフィング下葺材	MA	7 製品 G,S,J,T,N,K,M	N65(ワイヤー)	NW	
			N65(シート)	NS	
			ねじ	S	
透湿ルーフィング	HR	5 製品 D,C,L,F,U	N65(ワイヤー)	NW	
			N65(シート)	NS	
			ねじ	S	

(2) 各防水紙の製品の種類

1)アスファルトフェルト 430：7 製品

JIS A 6005，アスファルトフェルト 430 の適合製品

2)改質アスファルトフェルト下張材（外壁用)：2 製品

3)透湿防水シート：3 製品

不織布タイプ：1 製品

フィルムタイプ：2 製品

4)アスファルトルーフィング 940：7 製品

JIS A 6005，アスファルトフェルト 940 の適合製品

5)改質アスファルトルーフィング下葺材：7 製品

アスファルトルーフィング工業会規格，ARK 04s-03：2006 適合品

6)透湿ルーフィング：5 製品

(3) 試 験 方 法

防水紙は，「(4)防水紙の寸法形状および採取方法」に示す方法により採取する。その後の試験方法は，防水紙により異なり，以下のとおりとする。

1)アスファルトフェルト 430 および改質アスファルトフェルト下張材の試験方法

①採取した防水紙に対して「(5)アルカリ処理」を施す。

②「(6)の 1)試験体の作製方法」に示す仕様で試験体を作製する。

③「(6)の 2)釘孔止水性試験方法」および以下の要領に従い，試験体のパイプ内に表 1 に示す所定の水位まで注水し，24 時間静置した後，ろ紙の濡れ状態を確認する。

水位 30mm まで注水し，24 時間後に漏水状況を確認し，漏水している場合は漏水状況を記録して，その試験体の試験は終了とする。

水位 30mm で漏水していない場合は，水位 50mm まで注水し，24 時間後に漏水状況を確認し，漏水している場合は漏水状況を記録して，その試験体の試験は終了とする。

水位 50mm で漏水していない場合は，水位 100mm まで注水し，24 時間後に漏水状況を確認し，漏水している場合は漏水状況を記録して，その試験体の試験は終了とする。

水位 100mm で漏水していない場合は，水位 150mm まで注水し，24 時間後に漏水状況を確認し，漏水状況を記録して，その試験体の試験は終了とする。

④ろ紙の濡れが認められない試験体は，水位 150mm で終了とする。

2)その他の防水紙の試験方法

①「(6)の 1)試験体の作製方法」に示す仕様で試験体を作製する。

②「(6)の 2)釘孔止水性試験方法」に従い，試験体のパイプ内に所定の水位まで注水し，24 時間静置した後，ろ紙の濡れ状態を確認する。

③ろ紙の濡れが認められない試験体は，次の段階の水位まで注水し，②と同様に 24 時間静置したのち，ろ紙の濡れ状態を確認し，ろ紙の濡れが認められるかまたは水位 150mm まで行う。

(4) 防水紙の寸法形状および採取方法

ＮＰＯ法人住宅外装テクニカルセンター規格 JTC S-0002 住宅用乾式外装材の外壁用透湿防水シート（以下，JTC S-0002 と示す）の 5.1.3 に規定する方法を参考に，ロール状製品より幅方向 80mm，長手方向 80mm の長方形の形状にカット・採取して防水紙の試験体とする。

(5) アルカリ処理

アスファルトフェルト 430 は，「(6)釘孔止水性試験」をする前に，20±2℃の水酸化カルシウム（JIS K 8575 に規定する特級品）の飽和水溶液へ 168 時間浸せきしたのち，充分に水洗いしてから乾いた布で拭き，温度 20±2℃，相対湿度(65±5)％の室内環境内に 24 時間吊して乾燥させる。

(6) 釘孔止水性試験

1)試験体の作製方法

温度 20±2℃，相対湿度(65±10)％の環境下で，使用材料を 24 時間以上静置したのち，図 1 および図 2 のよ

うに，100mm×100mm の構造用合板（JAS 特類 2 級）の上に，120mm×120mm のろ紙と 80mm×80mm の防水紙を置き，表 1 で示した各種の接合具を，垂直に留め付ける。1013F のステープルを留め付ける際は，ガンタッカーを使用して，ステープルの肩が防水紙にめり込まないように工夫して浮かせ留めをする。1019J を留め付ける際は，エアータッカーを使用して，ステープルの肩が防水紙にめり込まないように空気圧や深さ調節ねじ等を調節して浮かせ留めをする。N65 を留め付ける際は，ネイラーと深さ調整用の板を使用して，頭部を浮かせた状態で留め付ける。接合部を留め付けた後，試験体に内径 40mm のパイプを立てて周囲をシールする。試験体数は 1 種類に付き 3 体とする。

2)釘孔止水性試験方法

シールが硬化したのち，「(3)試験方法」を参考にして，インク水を所定の水位に至るまで注水し，24 時間静置後，釘孔からの漏水の有無を目視確認する。漏水の有無の判定は，ろ紙が濡れているものを「漏水あり」，濡れていないものを「漏水なし」と判定する。試験の温湿度条件は，温度 20±2℃，相対湿度(65±10)%とする。

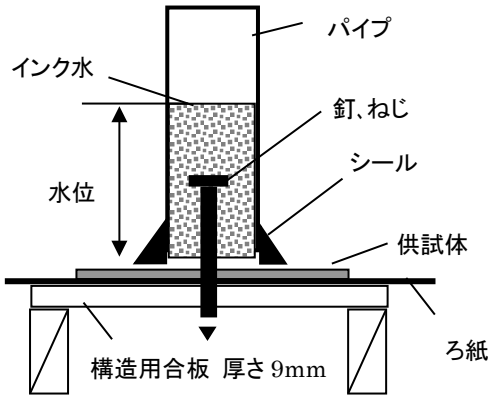


図 1　釘孔シーリング試験（釘，ねじ）

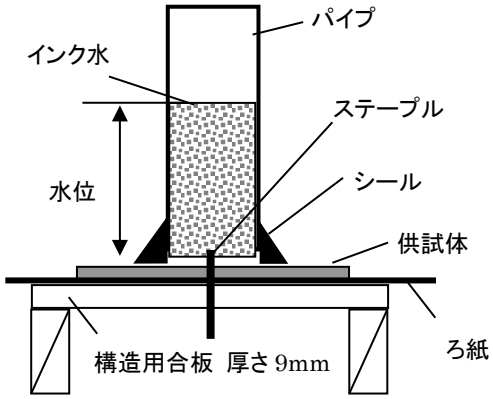


図 2　釘孔シーリング試験（ステープル）

（7）試験結果

試験結果を下記に示す。

1）防水紙のアルカリ処理前後の質量変化

表 3,4 に示す通り防水紙のアルカリ処理による質量変化率は、アスファルトフェルト 430 の M 製品以外、1%未満であった。

2)防水紙の釘孔止水性試験

①外壁用下張材の釘孔止水性

アスファルト系下張材（430、改質）は、表 5,6 に示す通り、54 体中 1 体を除き水位 50㎜に至るまで漏水は無かった。透湿防水シートは、9 体中 8 体が水位 30㎜にて漏水が確認された。

②屋根用下葺材の釘孔止水性

水位 30㎜の漏水状況を以下に示す。

アスファルトルーフィング 940 は、表 7,8 に示す通り 63 体中 31 体の漏水が確認されており、その割合は約半数（49%）であった。改質アスファルトルーフィングは、表 9,10 に示す通り 63 体中 14 体の漏水が確認

されており、その割合は22%であった。透湿ルーフィングは、表11に示す通り45体中29体の漏水が確認されており、その割合は64%であった。

透湿系防水紙は、本試験内において、アスファルト系防水紙と比較すると上記のように釘孔止水性が低いことが確認された。しかし、透湿系防水紙は、透湿性を有しているため、浸入した雨水を放湿させることが期待出来る。

なお、JIS A6111「透湿防水シート」では、「透湿ルーフィング」のくぎ穴止水性の試験方法が規定されている。一方、JIS A6005「アスファルトルーフィングフェルト」では、釘孔止水性に関する規定は無いが、アスファルトルーフィング工業会規格 ARK 14^{w}-03：2014「改質アスファルトフェルト」ではステープル穴シーリング性が規定され、ARK 04^{s}-03：2006「改質アスファルトルーフィング下葺き材」では釘穴シーリング性が規定されている。

今後においては、雨水浸入のリスクと放湿の効果について、総合的に検討する必要がある。

表 3　外壁用下張材のアルカリ処理前後の質量変化（アスファルトフェルト 430）

試験体記号			試験結果		
防水紙	製品	番号	処理前質量(g)	処理後質量(g)	質量変化率(%)
AF（430）	G	1	3.1436	3.1685	0.79
		2	3.1368	3.1589	0.70
		3	3.1398	3.1637	0.76
		4	3.0161	3.0380	0.73
		5	3.0099	3.0323	0.74
		6	3.2099	3.2341	0.75
	S	1	3.2198	3.1913	-0.89
		2	3.2475	3.2180	-0.91
		3	3.2713	3.2422	-0.89
		4	3.2599	3.2296	-0.93
		5	3.2748	3.2453	-0.90
		6	3.2683	3.2406	-0.85
	J	1	2.8958	2.8802	-0.54
		2	2.9324	2.9150	-0.59
		3	2.8840	2.8656	-0.64
		4	2.8387	2.8210	-0.62
		5	2.8686	2.8517	-0.59
		6	2.8939	2.8769	-0.59
	T	1	3.0162	3.0058	-0.34
		2	3.0496	3.0366	-0.43
		3	2.9798	2.9695	-0.35
		4	2.9725	2.9626	-0.33
		5	3.0184	3.0050	-0.44
		6	2.9923	2.9794	-0.43
	N	1	3.2237	3.2362	0.39
		2	3.2229	3.2330	0.31
		3	3.2160	3.2224	0.20
		4	3.0733	3.0834	0.33
		5	3.0733	3.0834	0.33
		6	3.0121	3.0256	0.45
	K	1	3.0994	3.0841	-0.49
		2	3.0522	3.0323	-0.65
		3	3.1248	3.1078	-0.54
		4	3.0672	3.0497	-0.57
		5	3.0263	3.0079	-0.61
		6	3.0570	3.0393	-0.58
	M	1	2.6311	2.6088	-0.85
		2	2.6251	2.5973	-1.06
		3	2.6451	2.6156	-1.12
		4	2.6548	2.6267	-1.06
		5	2.5835	2.5548	-1.11
		6	2.6174	2.5885	-1.10

表４　外壁用下張材のアルカリ処理前後の質量変化（改質アスファルトフェルト下張材）

試験体記号			試験結果		
防水紙	製品	番号	処理前質量(g)	処理後質量(g)	質量変化率(%)
MF（改質アスファルトフェルト）	T	1	2.6810	2.6750	-0.22
		2	2.6113	2.6039	-0.28
		3	2.6687	2.6579	-0.40
		4	2.6203	2.6090	-0.43
		5	2.5844	2.5744	-0.39
		6	2.5694	2.5581	-0.44
	K	1	4.5341	4.5645	0.67
		2	4.5497	4.5805	0.68
		3	4.5102	4.5357	0.57
		4	4.4667	4.4932	0.59
		5	4.8458	4.8746	0.59
		6	4.9261	4.8589	0.67

表５　外壁用下張材の釘孔止水性試験結果（その１）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
AF（430）	G	F（1013F）	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
		J（1019J）	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	S	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水有り
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
	J	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	T	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
	N	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
	K	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
	M	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—

表 6　外壁用下張材の釘孔止水性試験結果（その 2）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
MF（改質アスファルトフェルト）	T	F (1013F)	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		J (1019J)	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
	K	F	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		J	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
HS（透湿防水シート）	D	F	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水	—	—	—
	F	F	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
	C	F	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—

表 7　屋根用下葺材の釘孔止水性試験結果（その 3）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
AR（940）	G	NW (N65 ﾜｲﾔｰ)	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS (N65 ｼｰﾄ)	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S (ねじ)	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
	S	NW	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水

表 8　屋根用下葺材の釘孔止水性試験結果（その 4）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
AR（940）	J	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水	—	—	—
	T	NW	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水	—	—	—
	N	NW	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水	—	—	—
	K	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
	M	NW	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—

表 9　屋根用下葺材の釘孔止水性試験結果（その 5）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
MA（改質アスファルトルーフィング）	G	NW	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
	S	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水	
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	J	NW	1	漏水無し	漏水	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
	T	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し

表 10　屋根用下葺材の釘孔止水性試験結果（その 6）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
MA（改質アスファルトルーフィング）	N	NW	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	K	NW	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水	
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	M	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水	—	—	—

表 11　屋根用下葺材の釘孔止水性試験結果（その 7）

試験体記号				漏水の有無			
防水紙	製品	接合具	番号	水位 30mm	水位 50mm	水位 100mm	水位 150mm
HR（透湿ルーフィング）	D	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	C	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水	—	—
	L	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水	—
	F	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水無し	漏水	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水	—
			3	漏水	—	—	—
		S	1	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水	—	—
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	U	NW	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—
		NS	1	漏水	—	—	—
			2	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水	—	—	—
			2	漏水	—	—	—
			3	漏水	—	—	—

8.2 外壁下張材および防水テープの密着安定性試験

本試験で使用する防水紙は，表 1 に示す外壁下張材（アスファルト系防水紙と透湿防水シート)と防水テープを対象としており，「(2)試験方法」に示す手順にて試験を実施し，漏水の有無の判定等を記録した。

(1) 試験の組み合わせおよび試験体数

試験の組み合わせを表 1 に，試験体記号の説明を表 2 に示す。

なお，両面の防水テープは，ＮＰＯ法人住宅外装テクニカルセンター規格「JTC S-0003 住宅用乾式外装材の外壁用防水テープ」に適合する NYG 協会正会員「純正品」または NYG 協会「推奨品」から選定し、片面による伸縮タイプの防水テープは，伸縮量が 2 倍以上の状態で使用できることを提示されているものを選定した。

①から③まで，各々の外壁下張り材に対する防水テープの組み合わせは，同じ製品とした。

表 1　試験の組み合わせ

外 壁 下 張 材	防 水 テ ー プ	アルカリ処理	促進曝露処理
①アスファルトフェルト 430 1.防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 1)に該当する 1 製品	■ブチル系2種類：両面,幅50mm ■アクリル系2種類：両面,幅50mm ■改質アスファルト系1種類：両面,幅50mm ■伸張タイプ2種類：片面,幅75mm	○	－
②改質アスファルトフェルト下張材 1.防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 2)に該当する 1 製品	■ブチル系2種類：両面,幅50mm ■アクリル系2種類：両面,幅50mm ■改質アスファルト系1種類：両面,幅50mm ■伸張タイプ2種類：片面,幅75mm	○	－
③透湿防水シート 1.防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 3)に該当する不織布タイプ 1 製品,フィルムタイプ 1 製品　計 2 製品	■ブチル系2種類：両面,幅50mm ■アクリル系2種類：両面,幅50mm ■改質アスファルト系1種類：両面,幅50mm ■伸張タイプ2種類：片面,幅75mm	－	○

試験体数は以下のとおりとなる。

- アスファルトフェルト 430 の種類 1×防水テープの種類 7×各 3 体＝21 試験体
- 改質アスファルトフェルトの種類 1×防水テープの種類 7×各 3 体＝21 試験体
- 透湿防水シートの種類 2×防水テープの種類 7×各 3 体＝42 試験体　　合計：84 試験体

表 2　試験体記号の説明（防水紙記号－製品記号－防水テープ記号－試験体番号）

防　水　紙			防水テープ記号	試験体番　号
材　料　名	記号	製品記号		
アスファルトフェルト430	AF	1製品 S	7製品 M,N,S,F,TH,K,TN	各3体 1～3
改質アスファルトフェルト下張材	MF	1製品 T	7製品 M,N,S,F,TH,K,TN	
透湿防水シート	HS	2製品 D,F	7製品 M,N,S,F,TH,K,TN	

(2) 試 験 方 法

外壁下張材は，「(3)外壁下張材の寸法形状および採取方法」に示す方法により採取した。その後の試験方

法は，外壁下張材の種類により異なり，以下のとおりとした。

1)アスファルトフェルト 430，改質アスファルトフェルトの試験方法

①「(4)の 1)試験体の作製方法」に示す仕様で試験体を作製する。

なお，この時点では，密着安定性試験を実施しない。

②袋状となった試験体を「(5)乾湿繰り返し処理」による方法で処理を施す。

③処理した試験体を対象に「(4)の 2)密着安定性の試験方法」による試験を実施し，漏水の状況を確認する。

④袋内の水分を乾いた布で拭き取ったのち，「(6)アルカリ処理」による方法で処理を施す。⑤処理した試験体を対象に再度「(4)の 2)密着安定性の試験方法」による試験を実施し，漏水の状況を確認する。

2)透湿防水シートの試験方法

①「(4)の 1) 試験体の作製方法」に示す仕様で試験体を作製する。

なお，試験体は作製するが，この時点では試験を実施しない。

②袋状となった試験体を「(5)乾湿繰り返し処理」による方法で処理を施す。

③処理した試験体を対象に「(4)の 2)密着安定性の試験方法」による試験を実施し，漏水の状況を確認する。

④袋内の水分を乾いた布で拭き取ったのち，「(7)促進曝露処理」による方法で処理を施す。

⑤処理した試験体を対象に再度「(4)の 2)密着安定性の試験方法」による試験を実施し，漏水の状況を確認する。

(3) 外壁下張材の寸法形状および採取方法

外壁下張材は，ＮＰＯ法人住宅外装テクニカルセンター規格 JTC S-0002 住宅用乾式外装材の外壁用透湿防水シート（以下，JTC S-0002 と示す）の 5.1.3 に規定する方法を参考に，ロール状製品より幅方向 320mm，長手（ロール）方向 110mm の長方形の形状にカット・採取して外壁下張材の試験体とする。

(4) 密着安定性試験

本試験は，ＮＰＯ法人住宅外装テクニカルセンター規格 JTC S-0002 住宅用乾式外装材の外壁用透湿防水シートに準拠する方法とする。

1)試験体の作製方法

試験に用いる材料は，図 3（両面テープ例）および図 4（片面テープ例）に示すようにステンレス板，防水テープおよび透湿防水シートである。ステンレス板は，JIS G 4305 に規定する表面仕上げ No.2B とし，幅約 150mm，長さ約 400mm とする。

①両面防水テープによる試験体

透湿防水シートは，幅 320mm，高さ 110mm とする。両面防水テープの水平部は，幅 50mm，長さ約 250mm の寸法とし，垂直部は，幅 50mm，長さ 110mm の寸法とし，縦横のシール用テープと防水テープは同じ種類を用いる。

試験体の作製は，温度 20±2℃，相対湿度(65±10)%の環境下で，図 3 のように受け材（ステンレス板）両側へ防水テープの 1 面側粘着面を貼り付け，上から手で軽く押さえたのち，2 面側粘着面のはく離紙をはがす。

次にシール用テープを防水テープの両側端に重なり幅 25mm で貼り付け，上から手で軽く押さえたのち，上面のはく離紙をはがす。その後，防水テープおよびシール用テープの上に外壁下張材を被せ圧着する。圧

着は 2kg のローラーを用い，約 5mm/s の速さで 2 往復して貼り合わせる。試験体とシール用テープの重なりの段差部はヘラ等で充分に押える。

②伸張タイプ（片面）の防水テープによる試験体

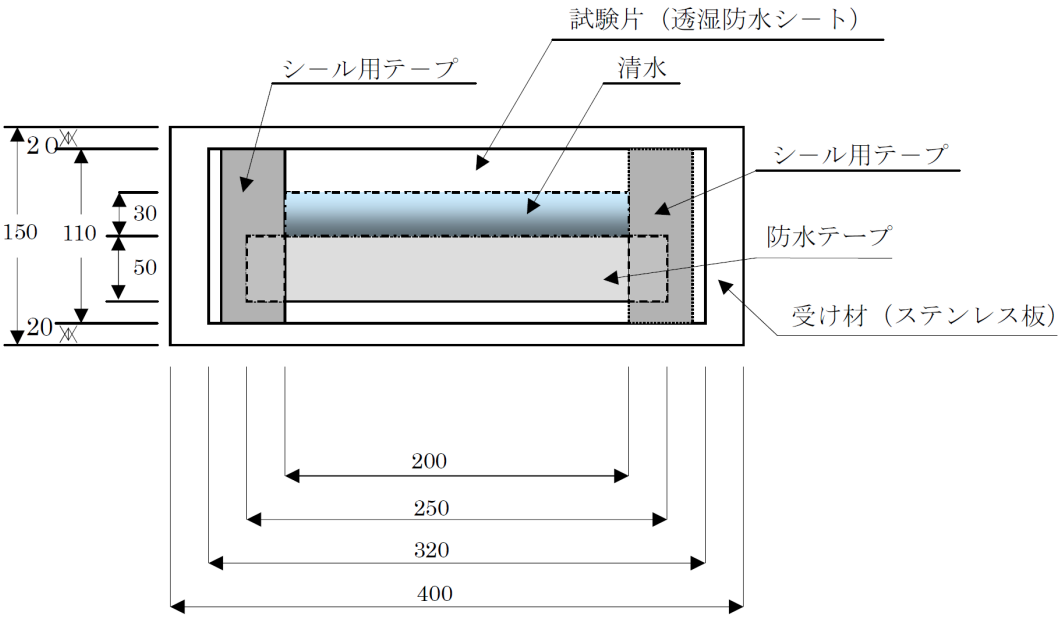
透湿防水シートは，幅 200mm，高さ 50mm とする。防水テープの水平部は，幅 50mm，長さ 112.5mm の寸法で用意する。

試験体の作製は，①と同様の環境下で，図 4 のように受け材（ステンレス板）と試験体（透湿防水シート）を重ねたのち，透湿防水シートとステンレス板の貼り付け幅が何れも 25mm となるように，透湿防水シートの外側より 2 倍に伸ばした状態にしてから貼り付ける。垂直部のシール用テープは，幅 50mm，長さ 87.5mm の寸法で，伸ばさずそのまま貼り付ける。

なお，圧着方法および段差部の処理方法は，①と同様とする。

2)密着安定性の試験方法

試験体を温度 60±2℃の雰囲気の中で 5 日間養生したのち，試験体を取り出し 10 分間標準状態に静置後，袋状の中に清水（上水道水等）を高さ約 30mm まで注水して 1 時間垂直に保持する。その間の水漏れの有無を観察する。



単位：mm

図 3　密着安定性試験方法（両面テープ例）

単位 mm

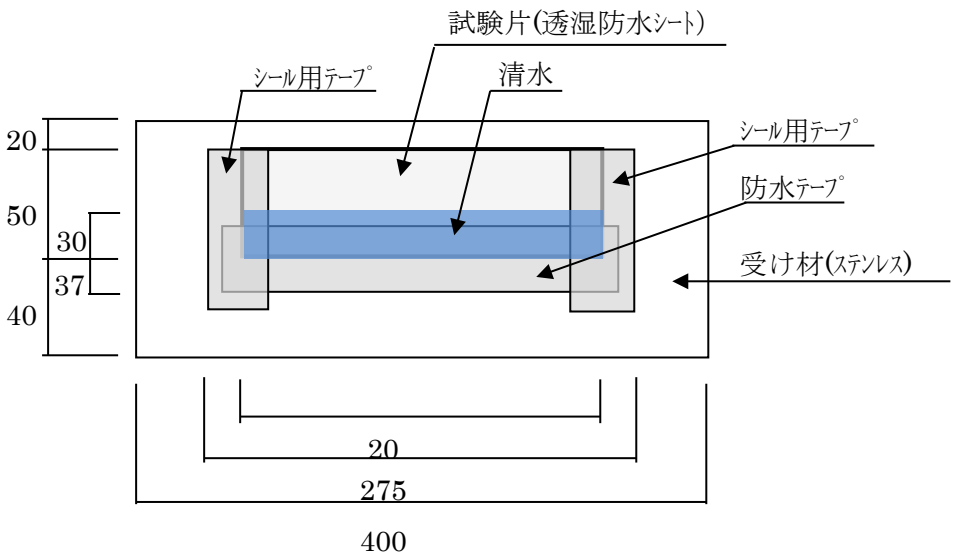


図 4　密着安定性試験方法（片面テープ例）

(5) 乾湿繰り返し処理

本処理は，図 3 に示す試験体を乾湿繰り返しが行える装置内へ設置し，20±1℃，95%RH 以上の環境内に 2 時間養生した後，温度 60±1℃，相対湿度 20%～30%で 4 時間乾燥させる工程を 60 サイクル実施する。

(6) アルカリ処理

本処理は，アスファルト系防水紙を対象としており，図 3 に示す試験体に対して深さ 100mm まで，温度 20±2℃の水酸化カルシウム（JIS K 8575 に規定する特級品）の飽和水溶液に試験体を 168 時間浸せきしたのち，試験体を充分に水洗いしてから乾いた布で拭き，温度 20±2℃，相対湿度(65±5)%の室内環境内に 24 時間吊して乾燥させる。

(7) 促進曝露処理

本処理は，透湿防水シートを対象としており，JIS A 1415 の実験室光源による曝露試験方法によって行う。光源の種類はキセノンアーク光源とし，表 5 に示す試験条件とする。

なお，紫外線の照射面は，試験体の表面（施工時の外壁側面）とする。

表 5　促進曝露処理条件

項　　目	キセノンアーク光源
JIS A 1415 の試験方法	WX-A
フ　ィ　ル　タ	紫外線遮蔽用ガラス製フィルタを組み合わせる
ブラックパネル温度	63±3℃
紫 外 線 照 射 量	44MJ/m^2（波長範囲 300～400nm）
試験片面への水噴射	102 分照射後，18 分照射および噴霧

（8）試験結果

試験結果を下記に示す。

①乾湿繰り返し後の漏水状況

アスファルトフェルト 430 の漏水は、表 1 に示す通り 21 体中 3 体であり、その割合は 14%であった。改質アスファルトフェルトの漏水は、21 体中 1 体であり、その割合は 5%であった。

透湿防水シートの漏水は、表 2 に示す通り 42 体中 5 体であり、その割合は 12%であった。

②アルカリ処理後の漏水状況

アスファルトフェルト 430 の漏水は、表 1 に示す通り 21 体中 2 体であり、その割合は 9.5%であった。改質アスファルトフェルトの漏水は、21 体中 1 体であり、その割合は 5%であった。

③促進曝露処理後の漏水状況

透湿防水シートの漏水は、表 2 に示す通り 42 体中 6 体であり、その割合は 14%であった。

本試験の範囲では、改質アスファルトフェルトの漏水が少なかった。

表１　外壁下張材および防水テープの密着安定性試験結果（その 1）

試験体記号				水漏れの有無	
防水紙	製品	防水テープ	番号	乾湿繰り返し後	アルカリ処理後
AF（430）	S	M	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		N	1	漏水	漏水
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		F	1	漏水	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TH	1	漏水	漏水
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		K	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TN	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
MF（改質アスファルトフェルト）	T	M	1	漏水	漏水
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		N	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		F	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TH	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		K	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TN	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し

表 2　外壁下張材および防水テープの密着安定性試験結果（その 2）

試験体記号				水漏れの有無	
防水紙	製品	防水テープ	番号	乾湿繰り返し後	促進曝露処理後
HS（透湿防水シート）	D*	M	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		N	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		F	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TH	1	漏水	漏水
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水	漏水
		K	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TN	1	漏水	漏水
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
	F	M	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		N	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		S	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		F	1	漏水無し	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TH	1	漏水無し	漏水
			2	漏水無し	漏水
			3	漏水無し	漏水
		K	1	漏水	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し
		TN	1	漏水	漏水無し
			2	漏水無し	漏水無し
			3	漏水無し	漏水無し

（注）*：製品 D の促進曝露処理は，外部に処理委託したことを示す。

8.3 透湿防水シート（表面）と防水テープの粘着力試験

本試験は，NPO 法人住宅外装テクニカルセンター規格 JTC S-0003 住宅用乾式外装材の外壁用防水テープに準拠するものであり，表 1 に示す外壁下張材（アスファルト系防水紙と透湿防水シート）防水テープを対象としており，「(2)試験方法」に示す手順にて試験を実施し，粘着力等を記録するものである。

(1) 試験の組み合わせおよび試験体数

試験の組み合わせを表 1 に，試験体記号の説明を表 2 に示す。

表 1　試験体

透湿防水シート	片面防水テープ　幅50mm
「外壁下張材および防水テープの密着安定性試験」で使用する不織布タイプの透湿防水シート 1 製品，フィルムタイプ 2 製品計 3 製品	「外壁下張材および防水テープの密着安定性試験」で使用するブチル系防水テープ 2 製品，アクリル系 2 製品　計 4 製品

試験体数は以下のとおりとなる。

- 透湿防水シートの種類 3×防水テープの種類 4×各 5 体＝60 試験体

表 2　試験体記号の説明（防水紙記号－製品記号－防水テープ記号－試験体番号）

防　水　紙			防水テープ記号	試験体番　号
材　料　名	記号	製品記号		
透湿防水シート	HS	3 製品 D,F,C	4 製品 M,N,S,F	各5体 1～5

(2) 試 験 方 法

①試験に使用する材料およびローラーは，温度-10±2℃で 24 時間以上静置する。

②図 1 に示すとおり，幅 50mm，長さ 125mm の SUS304 のステンレス板に固定用両面粘着テープ等を貼り，その上から透湿防水シートの【表面】が粘着力の測定面となるように強く圧着させる。

③試験体下部にはく離紙を貼り付ける。

④片面防水テープは，質量 2kg のローラーを用い，約 5mm/s の圧着速さにて 1 往復して，貼り合わせる。

⑤温度-10±2℃で 5 分以上静置する。

⑥図 1 に示す方法で，試験片の長手方向の一端から，約 40mm はがしたのち，180°引きはがしを行い，20mm 間隔で 4 か所の荷重を測定する。粘着力は 4 か所の平均値とする。

引きはがし速度は，300±30mm/min とする。

単位：mm

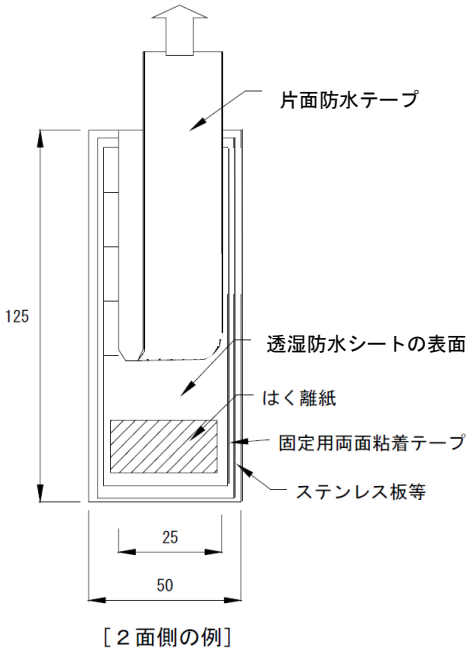


図１　粘着力試験方法

（3）試験結果

-10℃の環境下での粘着力試験を実施した結果、表 3～5 に示す通りとなった。

JTC S-0003 の性能基準は、3.0N／25mm 以上となっているが、D の透湿防水シートと N の防水テープの組合せでは、1N／25mm となっており、基準以下の性能であった。一方、D の透湿防水シートと M の防水テープの組合せでは、21N／25mm に至っており、著しくバラツキがあることが判明した。因みに F の透湿防水シートと N の組合せでは 5N／25mm、C の透湿防水シートと N の組合せでは 7N／25mm であったが、5 体中、2.0N／25mm 以下となっている部分が数多く存在した。寒冷の時期においては、製品の特徴や性能を把握する必要がある。

表 3　透湿防水シート（表面）と防水テープの粘着力試験結果（その 1）

試験体記号				粘着力　N/25mm					
防水紙	製品	防水テープ	番号	20mm	40mm	60mm	80mm	平均	5 体の平均
HS（透湿防水シート）	D	M	1	24	22	22	22	23	21
			2	22	25	23	22	23	
			3	19	19	15	14	17	
			4	24	21	26	24	24	
			5	22	19	17	14	18	
		N	1	2	0	0	0	1	1
			2	3	1	0	0	1	
			3	3	2	0	0	1	
			4	3	2	1	0	2	
			5	0	0	0	0	0	
		S	1	19	13	15	18	16	13
			2	17	12	15	19	16	
			3	14	12	8	6	10	
			4	11	16	17	12	14	
			5	16	10	12	6	11	
		F	1	15	9	9	8	10	12
			2	15	12	14	11	13	
			3	20	10	15	11	14	
			4	5	12	10	12	10	
			5	19	10	16	11	14	

表 4　透湿防水シート（表面）と防水テープの粘着力試験結果（その 2）

試験体記号				粘着力　N/25mm					
防水紙	製品	防水テープ	番号	20mm	40mm	60mm	80mm	平均	5 体の平均
HS	F	M	1	4	6	10	8	7	6
			2	4	6	9	7	7	
			3	5	6	4	7	6	
			4	5	4	3	9	5	
			5	6	7	6	6	6	
		N	1	10	8	8	8	9	5
			2	7	0	0	0	2	
			3	2	1	0	0	1	
			4	0	0	0	0	0	
			5	11	10	10	11	11	
		S	1	9	3	7	7	7	7
			2	5	8	4	8	6	
			3	8	4	11	4	7	
			4	4	7	8	9	7	
			5	5	8	5	8	7	
		F	1	11	18	11	20	15	12
			2	7	9	7	10	8	
			3	16	13	8	8	11	
			4	14	15	11	15	14	
			5	8	15	9	8	10	

表 5　透湿防水シート（表面）と防水テープの粘着力試験結果（その 3）

試験体記号				粘着力　N/25mm					
防水紙	製品	防水テープ	番号	20mm	40mm	60mm	80mm	平均	5 体の平均
HS	C	M	1	7	8	9	6	8	7
			2	8	5	5	4	6	
			3	8	6	8	4	7	
			4	7	8	6	4	6	
			5	6	8	9	6	7	
		N	1	11	4	0	0	4	7
			2	9	9	9	8	9	
			3	11	11	11	12	11	
			4	3	3	1	0	2	
			5	10	11	10	0	8	
		S	1	2	5	3	6	4	4
			2	5	2	5	2	4	
			3	5	4	2	3	4	
			4	2	6	1	5	4	
			5	4	2	5	2	3	
		F	1	4	4	2	5	4	4
			2	2	5	2	3	3	
			3	8	8	2	3	5	
			4	4	3	3	2	3	
			5	2	4	2	5	3	

8.4 曝露後の釘孔止水性試験

本試験で使用する防水紙は，表 1 に示すアスファルト系防水紙および透湿系防水シートを対象としており，1 か月間の屋外による曝露試験が終了したのち，釘孔止水性試験を実施した。

(1) 試験体および試験体数

試験の組み合わせを表 1 に，試験体記号の説明を表 2 に示す。

表 1　曝露試験体の種類

防　水　紙	製　　品
アスファルトフェルト430	「外壁下張材および防水テープの密着安定性試験」で使用するアスファルトフェルト 430 の 1 製品
改質アスファルトフェルト下張材	「外壁下張材および防水テープの密着安定性試験」で使用する改質アスファルトフェルト下張材の 1 製品
透湿防水シート	「外壁下張材および防水テープの密着安定性試験」で使用する不織布タイプ 1 製品，フィルムタイプ 2 製品　計 3 製品
アスファルトルーフィング940	防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 4)に該当する 1 製品
改質アスファルトルーフィング下葺材	防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 5)に該当する 1 製品
透湿ルーフィング	防水紙の釘孔止水性試験の「(2)各防水紙の製品の種類」の 6)に該当する 1 製品

試験体数は以下のとおりとなる。

- 防水紙 8 種類×各 1 体＝8 体

表 2　試験体記号の説明（防水紙記号－製品記号－接合具記号－試験体番号）

防　　水　　紙			接合具		試験体番　号
材　料　名	記号	製品記号	名称	記号	
アスファルトフェルト430	AF	1製品　S	1019J	J	各 1 体 各 9 か所
改質アスファルトフェルト下張材	MF	1製品　T	1013F	F	
透湿防水シート	HS	3製品 D,F,C	1013F	F	
アスファルトルーフィング940	AR	1製品　S	1013F	F	
改質アスファルトルーフィング下葺材	MA	1製品　T	1013F	F	
透湿ルーフィング	HR	1製品　D	1013F	F	

(2) 試 験 方 法

本試験は，1 か月間の「(3)曝露試験」の後，「(4)釘孔止水性試験」を実施し，漏水状況を観察・記録する。

(3) 曝 露 試 験

曝露試験体は，防水紙 1 種類に付き図 1 に示すような構造用合板厚さ 9mm（特類 2 級）の上に防水紙を張り，ステープルを 100mm 間隔で留め付けた。

ステープルの種類は防水紙により異なり，アスファルトフェルト 430 は 1019J，その他の防水紙は 1013F とした。ステープルを留め付ける際は，防水紙の釘孔止水性試験「(6)の 1)試験体の作製方法」と同様の配慮をした。試験体の設置は垂直とし，その他の屋根下葺材は，水平面に対しての傾斜角度は約 30°とした。

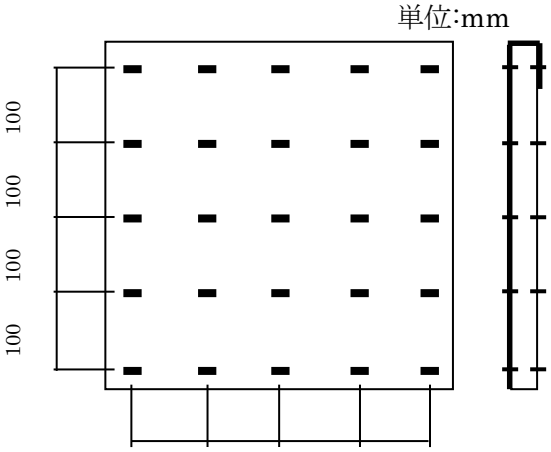


図 1　曝露試験体

(4) 釘孔止水性試験

1)試験体の作製方法

屋外から室内へ取り込んだ試験体は，温度 20±2℃，相対湿度(65±10)%の環境下で，24 時間以上，静置した。防水紙 1 種類に付き図 2 に示す計 9 箇所に内径 40mm のパイプを立てて周囲をシールした。

2)釘孔止水性試験方法

シールが硬化したのち，図 3 に示すようにインク水を 30mm の水位となるまで注水し，24 時間静置後，パイプ内の水をスポイトで除去する。防水紙をはがして，合板へ漏水していないか目視確認する。

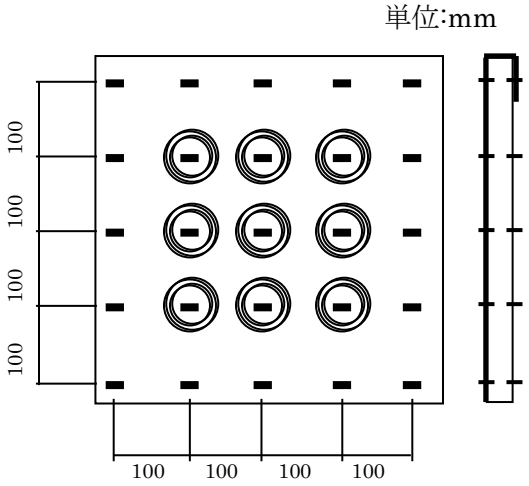
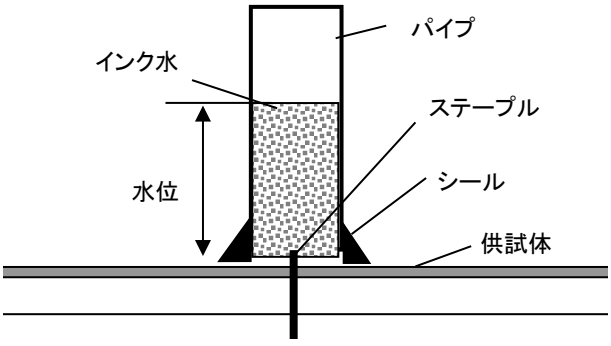


図 2　釘孔シーリング試験対象位置



構造用合板 厚さ 9mm

図 3　釘孔シーリング試験

(5) 試験結果

曝露後の釘孔止水性試験結果を表 1 に，曝露期間中の気象データを表 2 に示す。

アスファルトフェルト 430 に 1019J（波形ラスの留め付けを想定）を留め付けた試験体は、全て漏水する結果となった。防水紙の留め付けを想定した 1013F との組合せでは、アスファルト系の防水紙では、漏水した試験体は無く、透湿系の防水紙は全て漏水する結果となった。

しかし、透湿系防水紙は、透湿性を有しているため、浸入した雨水を放湿させることが期待出来る。今後においては、雨水浸入のリスクと放湿の効果について、総合的に検討する必要がある。

表１ 曝 露 後 の 釘 孔 止 水 性 試 験 結 果

試験体記号			漏水の有無								
防水紙	製品	接合具	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AF (430)	S	J (1019J)	有	有	有	有	有	有	有	有	有
MF (改質ｱｽﾌｧﾙﾄﾌｪﾙﾄ)	T	F (L1013F)	無	無	無	無	無	無	無	無	無
HS (透湿防水ｼｰﾄ)	D	F	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	F	F	有	有	有	有	有	有	有	有	有
	C	F	有	有	有	有	有	有	有	有	有
AR(940)	S	F	無	無	無	無	無	無	無	無	無
MA(改質アスファルトルーフィング)	T	F	無	無	無	無	無	無	無	無	無
HR(透湿ルーフィング)	D	F	有	有	有	有	有	有	有	有	有

表2 曝 露 期 間 中 の 気 象 デ ー タ

月/日 2012 年	天候	気温 ℃		月/日	天候	気温 ℃	
		最高	最低			最高	最低
2/10	晴	9.6	-3.4	2/25	雨のち曇	7.9	2.5
2/11	晴	9.2	-3.3	2/26	曇	8.8	2.9
2/12	晴	9.6	-3.3	2/27	晴	8.6	-0.4
2/13	晴のち曇	8.5	-2.6	2/28	晴のち曇	6.9	-3.2
2/14	曇のち雨	5.8	2.7	2/29	雪のち雨	3.6	0.2
2/15	曇	10.1	3.6	3/1	曇	11.7	0.6
2/16	曇	4.1	0.3	3/2	雨	8.7	3.0
2/17	晴	8.5	-0.2	3/3	晴	12.2	2.9
2/18	晴	6.1	-3.4	3/4	曇	6.8	2.3
2/19	晴	7.8	-6.8	3/5	雨	7.3	1.4
2/20	晴	10.9	-5.1	3/6	雨のち晴	15.2	6.5
2/21	晴	13.6	-3.1	3/7	曇	15.7	8.8
2/22	晴のち曇	10.3	1.4	3/8	曇	10.6	7.3
2/23	雨のち曇	10.6	4.1	3/9	雨	8.6	4.4
2/24	晴	15.6	7.2	3/10	雨	7.5	1.1

付録

防水紙の釘孔止水性試験結果（外壁用防水紙－ステープル）

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	アスファルトフェルト430	G	1013F	1	○	○	○	○
2				2	○	○	○	○
3				3	○	○	○	×
4			1019J	1	○	○	○	○
5				2	○	○	○	○
6				3	○	○	○	○
7		S	1013F	1	○	○	○	×
8				2	○	○	○	○
9				3	○	○	○	×
10			1019J	1	○	○	○	○
11				2	○	○	×	—
12				3	○	×	—	—
13		J	1013F	1	○	○	×	—
14				2	○	○	○	×
15				3	○	○	○	×
16			1019J	1	○	○	○	×
17				2	○	○	×	—
18				3	○	○	○	○
19		T	1013F	1	○	○	×	—
20				2	○	○	○	×
21				3	○	○	×	—
22			1019J	1	○	○	○	○
23				2	○	○	○	×
24				3	○	○	○	×
25		N	1013F	1	○	○	○	×
26				2	○	○	○	○
27				3	○	○	○	○
28			1019J	1	○	○	○	×
29				2	○	○	○	○
30				3	○	○	○	×
31		K	1013F	1	○	○	○	×
32				2	○	○	○	○
33				3	○	○	○	×
34			1019J	1	○	○	○	×
35				2	○	○	×	—
36				3	○	○	×	—
37		M	1013F	1	○	○	○	○
38				2	○	○	×	—
39				3	○	○	○	×
40			1019J	1	○	○	×	—
41				2	○	○	×	—
42				3	○	○	×	—
					42	41	30	14
				合格率	100.0%	97.6%	71.4%	33.3%

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	改質アスファルトフェルト下張材	T	1013F	1	○	○	○	○
2				2	○	○	×	—
3				3	○	○	×	—
4			1019J	1	○	○	○	○
5				2	○	○	×	—
6				3	○	○	○	×
7		K	1013F	1	○	○	○	○
8				2	○	○	○	○
9				3	○	○	○	○
10			1019J	1	○	○	×	—
11				2	○	○	○	○
12				3	○	○	○	○
					12	12	8	7
				合格率	100.0%	100.0%	66.7%	58.3%

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	透湿防水シート	D	1013F	1	×	—	—	—
2				2	○	×	—	—
3				3	×	—	—	—
4		F	1013F	1	×	—	—	—
5				2	×	—	—	—
6				3	×	—	—	—
7		C	1013F	1	×	—	—	—
8				2	×	—	—	—
9				3	×	—	—	—
					1	0	0	0
				合格率	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%

接合部別　水位30mmでの漏水試験体数

無し

1試験体

2試験体以上

	改質	=	430	>	透湿
合格率	100.0%		100.0%		11.1%

ステープルでは、防水紙の種類による差が明確となった。

屋根－N65、ねじ

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	アスファルトルーフィング940	G	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	×	—	—	—
4			N65（シート）	1	○	○	○	×
5				2	○	○	○	×
6				3	○	○	○	○
7			ねじ	1	×	—	—	—
8				2	○	○	×	—
9				3	○	○	×	—
10		S	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
11				2	○	×	—	—
12				3	×	—	—	—
13			N65（シート）	1	○	○	○	○
14				2	○	○	○	○
15				3	○	○	○	○
16			ねじ	1	×	—	—	—
17				2	×	—	—	—
18				3	○	○	○	×
19		J	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
20				2	×	—	—	—
21				3	×	—	—	—
22			N65（シート）	1	×	—	—	—
23				2	×	—	—	—
24				3	×	—	—	—
25			ねじ	1	×	—	—	—
26				2	○	○	○	○
27				3	×	—	—	—
28		T	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
29				2	○	○	×	—
30				3	○	×	—	—
31			N65（シート）	1	○	×	—	—
32				2	○	○	○	○
33				3	○	○	○	○
34			ねじ	1	○	○	×	—
35				2	○	○	○	○
36				3	×	—	—	—
37		N	N65（ワイヤー）	1	○	○	×	—
38				2	×	—	—	—
39				3	○	×	—	—
40			N65（シート）	1	○	○	○	×
41				2	○	○	×	—
42				3	○	×	—	—
43			ねじ	1	×	—	—	—
44				2	○	○	×	—
45				3	×	—	—	—
46		K	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
47				2	○	○	×	—
48				3	○	○	×	—
49			N65（シート）	1	×	—	—	—
50				2	○	○	○	○
51				3	○	○	○	○
52			ねじ	1	×	—	—	—
53				2	×	—	—	—
54				3	×	—	—	—
55		M	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
56				2	×	—	—	—
57				3	○	○	×	—
58			N65（シート）	1	×	—	—	—
59				2	×	—	—	—
60				3	×	—	—	—
61			ねじ	1	×	—	—	—
62				2	×	—	—	—
63				3	×	—	—	—
					32	24	14	10
				合格率	50.8%	38.1%	22.2%	15.9%

製品別　水位30mmでの漏水試験体数

無し

1試験体

2試験体

3試験体

4試験体

5試験体

6試験体

7試験体

8試験体

9試験体

接合部別　水位30mmでの漏水試験体数

無し

1試験体

2試験体以上

ねじ

十字穴付き六角タッピンねじ，径φ6×長さ 70mm，呼び径：6mm，ねじ山径：6 ～ 6.2mm，ねじ谷径：4.3 ～ 4.5mm，4mm 程度の下穴を空ける。

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30㎜	水位50㎜	水位100㎜	水位150㎜
1	改質アスファルトルーフィング下葺材	G	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	○	○	×	—
4			N65（シート）	1	×	—	—	—
5				2	○	○	○	×
6				3	○	○	○	○
7			ねじ	1	○	○	○	○
8				2	○	○	○	×
9				3	○	○	○	×
10		S	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
11				2	○	×	—	—
12				3	×	—	—	—
13			N65（シート）	1	○	○	○	○
14				2	×	—	—	—
15				3	○	○	○	○
16			ねじ	1	○	○	×	
17				2	○	○	○	○
18				3	○	○	○	○
19		J	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
20				2	○	○	×	×
21				3	○	○	×	×
22			N65（シート）	1	○	○	○	○
23				2	×	—	—	—
24				3	○	○	○	○
25			ねじ	1	×	—	—	—
26				2	○	○	○	○
27				3	○	○	×	—
28		T	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
29				2	○	×	—	—
30				3	○	×	—	—
31			N65（シート）	1	○	○	○	○
32				2	○	○	○	○
33				3	×	—	—	—
34			ねじ	1	○	○	○	○
35				2	○	○	○	○
36				3	○	○	○	○
37		N	N65（ワイヤー）	1	○	○	×	—
38				2	×	—	—	—
39				3	×	—	—	—
40			N65（シート）	1	○	○	○	○
41				2	○	○	○	○
42				3	○	○	○	○
43			ねじ	1	○	○	×	—
44				2	○	○	○	×
45				3	○	○	○	○
46		K	N65（ワイヤー）	1	○	○	○	×
47				2	○	○	○	○
48				3	○	×	—	—
49			N65（シート）	1	×	—	—	—
50				2	○	○	○	○
51				3	○	○	○	○
52			ねじ	1	○	○	×	
53				2	○	○	○	○
54				3	○	○	○	○
55		M	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
56				2	○	○	×	—
57				3	○	×	—	—
58			N65（シート）	1	○	○	○	○
59				2	○	○	○	×
60				3	○	○	○	×
61			ねじ	1	○	○	○	○
62				2	○	○	○	○
63				3	×	—	—	—
					49	42	33	26
				合格率	77.8%	66.7%	52.4%	41.3%

全体

改質	>	940	>	透湿
合格率 77.8%		50.8%		33.3%

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	透湿ルーフィングシート	D	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	×	—	—	—
4			N65（シート）	1	×	—	—	—
5				2	×	—	—	—
6				3	×	—	—	—
7			ねじ	1	×	—	—	—
8				2	○	○	○	○
9				3	○	○	○	○
10		C	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
11				2	×	—	—	—
12				3	×	—	—	—
13			N65（シート）	1	×	—	—	—
14				2	○	×	—	—
15				3	×	—	—	—
16			ねじ	1	○	○	×	—
17				2	×	○	○	○
18				3	○	×	—	—
19		L	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
20				2	×	—	—	—
21				3	×	—	—	—
22			N65（シート）	1	○	○	○	○
23				2	×	—	—	—
24				3	×	—	—	—
25			ねじ	1	×	—	—	—
26				2	×	—	—	—
27				3	○	○	×	—
28		F	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
29				2	○	×	—	—
30				3	○	×	—	—
31			N65（シート）	1	×	—	—	—
32				2	○	○	×	—
33				3	×	—	—	—
34			ねじ	1	○	○	○	×
35				2	○	×	—	—
36				3	○	○	○	○
37		U	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
38				2	×	—	—	—
39				3	×	—	—	—
40			N65（シート）	1	×	—	—	—
41				2	○	○	○	○
42				3	○	○	○	○
43			ねじ	1	×	—	—	—
44				2	×	—	—	—
45				3	×	—	—	—
					15	11	8	7
				合格率	33.3%	24.4%	17.8%	15.6%

屋根－N65（ワイヤー式コイル釘）

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	アスファルトルーフィング940	G	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	×	—	—	—
4		S	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
5				2	○	×	—	—
6				3	×	—	—	—
7		J	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
8				2	×	—	—	—
9				3	×	—	—	—
10		T	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
11				2	○	○	×	—
12				3	○	×	—	—
13		N	N65（ワイヤー）	1	○	○	×	—
14				2	×	—	—	—
15				3	○	×	—	—
16		K	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
17				2	○	○	×	—
18				3	○	○	×	—
19		M	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
20				2	×	—	—	—
21				3	○	○	×	—
					11	5	0	0
				合格率	52.4%	23.8%	0.0%	0.0%

接合部別	水位30mmでの漏水試験体数
	無し
	1試験体
	2試験体以上

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	改質アスファルトルーフィング下葺材	G	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	○	○	×	—
4		S	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
5				2	○	×	—	—
6				3	×	—	—	—
7		J	N65（ワイヤー）	1	○	×	—	—
8				2	○	○	×	×
9				3	○	○	×	×
10		T	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
11				2	○	×	—	—
12				3	○	×	—	—
13		N	N65（ワイヤー）	1	○	○	×	—
14				2	×	—	—	—
15				3	×	—	—	—
16		K	N65（ワイヤー）	1	○	○	○	×
17				2	○	○	○	○
18				3	○	×	—	—
19		M	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
20				2	○	×	×	—
21				3	○	×	—	—
					14	6	2	1
				合格率	66.7%	28.6%	9.5%	4.8%

ワイヤー式N65コイル釘

	改質	＞	940	＞	透湿
合格率	66.7%		52.4%		13.3%

改質と430の差が少なく、何れも合格率が低かった。

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	透湿ルーフィングシート	D	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	×	—	—	—
4		C	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
5				2	×	—	—	—
6				3	×	—	—	—
7		L	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
8				2	×	—	—	—
9				3	×	—	—	—
10		F	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
11				2	○	×	—	—
12				3	○	×	—	—
13		U	N65（ワイヤー）	1	×	—	—	—
14				2	×	—	—	—
15				3	×	—	—	—
					2	0	0	0
				合格率	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%

屋根－N65（シート式コイル釘）

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	アスファルトルーフィング940	G	N65（シート）	1	○	○	○	×
2				2	○	○	○	×
3				3	○	○	○	○
4		S	N65（シート）	1	○	○	○	○
5				2	○	○	○	○
6				3	○	○	○	○
7		J	N65（シート）	1	×	—	—	—
8				2	×	—	—	—
9				3	×	—	—	—
10		T	N65（シート）	1	○	×	—	—
11				2	○	○	○	○
12				3	○	○	○	○
13		N	N65（シート）	1	○	○	○	×
14				2	○	○	×	—
15				3	○	×	—	—
16		K	N65（シート）	1	×	—	—	—
17				2	○	○	○	○
18				3	○	○	○	○
19		M	N65（シート）	1	×	—	—	—
20				2	×	—	—	—
21				3	×	—	—	—
					14	12	11	8
				合格率	66.7%	57.1%	52.4%	38.1%

接合部別	水位30mmでの漏水試験体数
	無し
	1試験体
	2試験体以上

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	改質アスファルトルーフィング下葺材	G	N65（シート）	1	×	—	—	—
2				2	○	○	○	×
3				3	○	○	○	○
4		S	N65（シート）	1	○	○	○	○
5				2	×	—	—	—
6				3	○	○	○	○
7		J	N65（シート）	1	○	○	○	○
8				2	×	—	—	—
9				3	○	○	○	○
10		T	N65（シート）	1	○	○	○	○
11				2	○	○	○	○
12				3	×	—	—	—
13		N	N65（シート）	1	○	○	○	○
14				2	○	○	○	○
15				3	○	○	○	○
16		K	N65（シート）	1	×	—	—	—
17				2	○	○	○	○
18				3	○	○	○	○
19		M	N65（シート）	1	○	○	○	○
20				2	○	○	○	×
21				3	○	○	○	×
					16	16	16	13
				合格率	76.2%	76.2%	76.2%	61.9%

シート式N65コイル釘

	改質	＞	**940**	＞ **透湿**
合格率	76.2%		66.7%	33.3%

改質と430の差が少なく、何れも合格率が低かった。

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	透湿ルーフィングシート	D	N65（シート）	1	×	—	—	—
2				2	×	—	—	—
3				3	×	—	—	—
4		C	N65（シート）	1	×	—	—	—
5				2	○	×	—	—
6				3	×	—	—	—
7		L	N65（シート）	1	○	○	○	○
8				2	×	—	—	—
9				3	×	—	—	—
10		F	N65（シート）	1	×	—	—	—
11				2	○	○	×	—
12				3	×	—	—	—
13		U	N65（シート）	1	×	—	—	—
14				2	○	○	○	○
15				3	○	○	○	○
					5	4	3	3
				合格率	33.3%	26.7%	20.0%	20.0%

屋根－ねじ

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	アスファルトルーフィング940	G	ねじ	1	×	—	—	—
2				2	○	○	×	—
3				3	○	○	×	—
4		S	ねじ	1	×	—	—	—
5				2	×	—	—	—
6				3	○	○	○	×
7		J	ねじ	1	×	—	—	—
8				2	○	○	○	○
9				3	×	—	—	—
10		T	ねじ	1	○	○	×	—
11				2	○	○	○	○
12				3	×	—	—	—
13		N	ねじ	1	×	—	—	—
14				2	○	○	×	—
15				3	×	—	—	—
16		K	ねじ	1	×	—	—	—
17				2	×	—	—	—
18				3	×	—	—	—
19		M	ねじ	1	×	—	—	—
20				2	×	—	—	—
21				3	×	—	—	—
					7	7	3	2
				合格率	33.3%	33.3%	14.3%	9.5%

接合部別	水位30mmでの漏水試験体数
	無し
	1試験体
	2試験体以上

ねじ

十字穴付き六角タッピンねじ，径φ6×長さ 70mm，呼び径：6mm，ねじ山径：6 ～ 6.2mm，ねじ谷径：4.3 ～ 4.5mm，4mm 程度の下穴を空ける。

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	改質アスファルトルーフィング下葺材	G	ねじ	1	○	○	○	○
2				2	○	○	○	×
3				3	○	○	○	×
4		S	ねじ	1	○	○	×	
5				2	○	○	○	○
6				3	○	○	○	○
7		J	ねじ	1	×	—	—	—
8				2	○	○	○	○
9				3	○	○	×	—
10		T	ねじ	1	○	○	○	○
11				2	○	○	○	○
12				3	○	○	○	○
13		N	ねじ	1	○	○	×	—
14				2	○	○	○	×
15				3	○	○	○	○
16		K	ねじ	1	○	○	×	
17				2	○	○	○	○
18				3	○	○	○	○
19		M	ねじ	1	○	○	○	○
20				2	○	○	○	○
21				3	×	—	—	—
					19	19	15	12
				合格率	90.5%	90.5%	71.4%	57.1%

ねじ

	改質	>	透湿	>	940
合格率	90.5%		53.3%		33.3%

改質の合格率は高く、透湿防水シートよりも 940 の方が合格率が低かった。

	試験体記号				漏水の有無			
	防水紙	製品	接合具	番号	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
1	透湿ルーフィングシート	D	ねじ	1	×	—	—	—
2				2	○	○	○	○
3				3	○	○	○	○
4		C	ねじ	1	○	○	×	—
5				2	×	○	○	○
6				3	○	×	—	—
7		L	ねじ	1	×	—	—	—
8				2	×	—	—	—
9				3	○	○	×	—
10		F	ねじ	1	○	○	○	×
11				2	○	×	—	—
12				3	○	○	○	○
13		U	ねじ	1	×	—	—	—
14				2	×	—	—	—
15				3	×	—	—	—
					8	7	5	4
				合格率	53.3%	46.7%	33.3%	26.7%

接合具	防水紙	水位30mm	水位50mm	水位100mm	水位150mm
ステープル	アスファルトフェルト430	100.0%	97.6%	71.4%	33.3%
	改質アスファルトフェルト下張材	100.0%	100.0%	66.7%	58.3%
	透湿防水シート	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%
ワイヤー式N65コイル釘	アスファルトルーフィング940	52.4%	23.8%	0.0%	0.0%
	改質アスファルトルーフィング下葺材	66.7%	28.6%	9.5%	4.8%
	透湿ルーフィングシート	13.3%	0.0%	0.0%	0.0%
シート式N65コイル釘	アスファルトルーフィング940	66.7%	57.1%	52.4%	38.1%
	改質アスファルトルーフィング下葺材	76.2%	76.2%	76.2%	61.9%
	透湿ルーフィングシート	33.3%	26.7%	20.0%	20.0%
ねじ	アスファルトルーフィング940	33.3%	33.3%	14.3%	9.5%
	改質アスファルトルーフィング下葺材	90.5%	90.5%	71.4%	57.1%
	透湿ルーフィングシート	53.3%	46.7%	33.3%	26.7%

ねじ
十字穴付き六角タッピンねじ，径φ6×長さ70mm，呼び径：6mm，ねじ山径：6 ～ 6.2mm，
ねじ谷径：4.3 ～ 4.5mm，4mm程度の下穴を空ける。

(4) 暴露後の釘穴シーリング性試験

2/10から1ヶ月曝露した後の釘穴シーリング性試験（30mm）結果

試験体記号			漏水状況								
防水紙	製品	接合具	1	2	3	4	5	6	7	8	9
アスファルトフェルト430	S	1019J	×	×	×	×	×	×	×	×	×
改質アスファルトフェルト下張材	T	1013F	○	○	○	○	○	○	○	○	○
透湿防水シート	D	1013F	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	F	1013F	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	C	1013F	×	×	×	×	×	×	×	×	×
アスファルトルーフィング	S	1013F	○	○	○	○	○	○	○	○	○
改質アスファルトルーフィング下葺材	T	1013F	○	○	○	○	○	○	○	○	○
透湿ルーフィングシート	D	1013F	×	×	×	×	×	×	×	×	×

30mmで漏水なし ○
30mmで漏水あり ×

国土技術政策総合研究所
宮村雅史

9. 各種二次止水層用防水材料の止水性および下地水分拡散性に関する試験

目次

9.1 透湿防水シートと防水テープによる防水試験
9.2 自然曝露による釘孔止水性試験
9.3 合板の乾燥試験

9.1. 透湿防水シートと防水テープによる防水試験

(1) 試験概要と手順

以下の手順により試験を実施した。

①「(2) 試験の組み合わせ」に従い，「(3) 材料および養生方法」に示す材料を採取し養生した。

②「(4) 試験体作製」に従い，試験体を準備した。

③「(5) 試験」に従い，指定された試験を実施した。

なお，試験状況は「(6) 試験結果の記録」に従い記録した。

(2) 試験の組み合わせ

試験は，表 1 のとおりとした。

表 1　試験の組み合わせ

防水テープ	透湿防水シート	試験体数
改質アスファルト系両面防水テープ	不織布系	3 体
ブチル系両面防水テープ①	不織布系	3 体
ブチル系両面防水テープ②	不織布系	3 体
ブチル系両面防水テープ②	フィルム＋不織布	3 体
ブチル系両面防水テープ②	フィルム＋割符	3 体

(3) 材料および養生方法

①材料

- 合板：構造用合板特類 2 級，厚さ 9mm，幅 150mm，長さ 400mm とした。
- ステンレス板：厚さ 1mm。JIS G 4305（冷間圧延ステンレス鋼板および鋼帯）に規定した表面仕上げ No. 2B とし，幅 80mm，長さ 250mm。
- テープ：防水テープは幅 50mm，長さ約 270mm，シール用テープは幅 50mm，長さ 110mm とした。
- 透湿防水シート：幅 110mm，長さ 320mm とした。

②養生方法

全ての供試材料は，23±2℃，(50±5)%RHの環境で24時間以上静置した。

(4) 試験体の作製

試験体は，23±2℃，(50±5)%RH の環境内で作製した。

なお，ステンレス板に防水テープを張り付ける幅は 30mm とし，その他の部分は合板に張り付くように配置した。張り合わせは，質量 2kg のローラーを用いて，ステンレスの部分と合板の部分に分けて約 5mm/sec の速さで各々2 往復した。ただし，留め付け専用釘の部分は，上下，左右に各々2 往復とした。試験体の詳細を図 1 に，試験体作製手順を図 2 に示す。

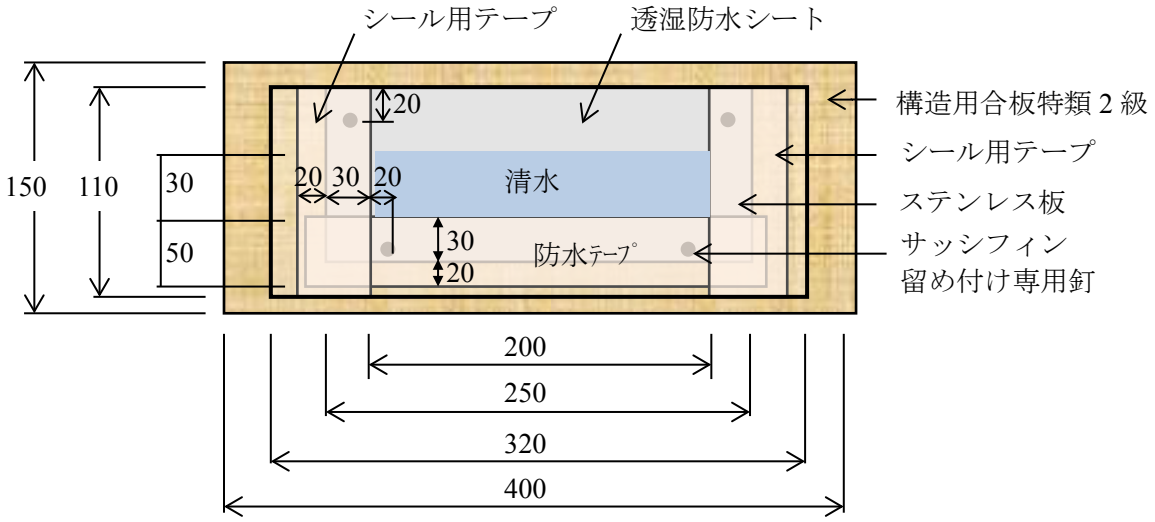


図 1　試験体

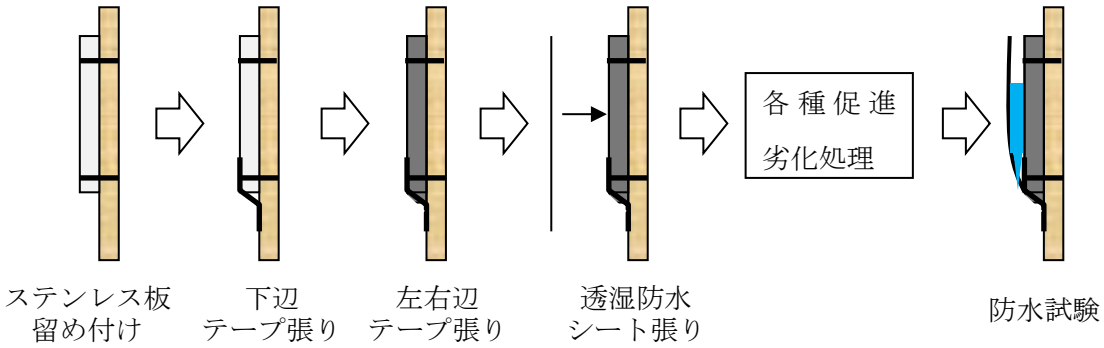


図 2　試験体作製手順

(5) 試験

試験は，以下の「①加熱処理」を行ったのち，「②防水試験」を実施した。

①加熱処理

NPO法人住宅外装テクニカルセンター規格の住宅用乾式外装材の外壁用透湿防水シート「JTCS-0002，5.1.7 加熱処理」に準拠した。処理温度および時間は 90±2℃，7 週間とした。

②防水試験

試験体を 10 分間 23±2℃，(50±5)%RH の環境に静置後，袋状の中に着色水を高さ約 30mm まで注水して 1 時間垂直に保持した。その間に漏水した場合は，漏水時間と漏水量を質量で計測した。漏水の際に水位が 5mm となった場合は，5mm に至るまでの経過時間と漏水量を計測した。なお，漏水量は 0.1 g の精度を保有した電子天秤で計測した。着色水は，JAS 食用赤色 102 号を 0.1%程度に希釈したものとした。

(6) 試験結果の記録

①試験体作製後：試験体ごとに写真撮影をした。

②加熱処理後：試験体ごとに写真撮影をした。

③防水試験後：試験体ごとに，時間当たりの漏水量を計測し，写真撮影をした。

(7) 試験結果

表 2 に示す通り、不織布系との試験体で漏水が生じており、不織布系の透湿防水シートを使用する場合は、シートメーカー指定の防水テープなど、相性を検討することが必要と思われる。

表 2　透湿防水シートと防水テープによる防水試験結果

防水テープ	透湿防水シート	番号	漏水時間　min	漏水量　ml/hr
改質アスファルト系 両面防水テープ	不織布系	1	(注水直後漏水)	7150
		2	－	0
		3	(注水直後漏水)	6930
ブチル系両面防水テープ①	不織布系	1	(注水直後漏水)	1200
		2	－	0
		3	－	0
ブチル系両面防水テープ②	不織布系	1	(注水直後漏水)	2690
		2	(注水直後漏水)	980
		3	(注水直後漏水)	410
ブチル系両面防水テープ②	フィルム＋不織布	1	－	0
		2	－	0
		3	－	0
ブチル系両面防水テープ②	フィルム＋割符	1	－	0
		2	－	0
		3	－	0

9.2 自然曝露による釘孔止水性試験

(1) 試験概要と手順

以下の手順により試験を実施した。

①防水紙を「(2) 防水材料の採取」に示す方法に従い採取した。

②表 1 に示す組み合わせにより，試験体を作製した。

③曝露を「(5) 屋外曝露方法」に従い実施した。

④「(6) 釘孔止水性試験」に従い防水性を確認した。

なお，試験状況は，「(7) 試験結果の記録」に従い記録した。

(2) 防水材料の採取

防水紙は，ロール状製品の最外周部分の 1m程度を除き，幅約 1,000mm，長さ約 1,800mm の大きさで採取したのち，23±2℃，(50±5)%RH の環境で 24 時間以上養生した。

(3) 試験体の種類

試験体は，表 1 のとおりとした。

表 1　自然曝露試験体

防　水　紙	ステープル	留め付け器具	留め付け間隔	合板の厚さ	試験体数
改質アスファルトルーフィング	1010J	ハンマータッカー	縦横 300mm	12mm	1 体
アスファルトルーフィング 940					1 体

(4) 試験体の作製

試験体の詳細を図 1 に，作製手順を以下に示す。

①架 台 等

合板の斜面が 4/10 の勾配，垂木の間隔が 455mm となるような架台を作製した。

②合　　板

特類，2 級，1,820mm×910mm，厚さ 12mm の構造用合板を 23±2℃，(50±5)%RH の環境にて，1 日間養生し，合板の質量を計測した。

③防 水 紙

防水紙は横張りとし, 合板に対して周辺が余裕のあるように配置したのち, ハンマータッカーを使用して, 1010J のステープルを 300mm 間隔で正確に留め付けた。なお，留め付けを予定している部分に節がある場合は，位置を移動して節による影響がないようにした。その後，合板，防水紙，ステープルの総質量を計測した。

④合板の設置

防水紙と合板の間から，合板の周辺をビスで架台に留め付けた。また，合板の周辺からの雨水浸入や風による防水紙のめくれが生じないように覆い，留め付けた。その際は，引張力を加えないように注意した。

⑤歩　　行

試験体作製後，合計 80kg（人と錘の合計で 80kg とした）にて，各ステープルに対して接合部の上部 5cm，中央部並びに下部 5cm を高さ 10cm より各 1 回ずつ踏みつけた。また，曝露終了前にも同様に歩行した。なお，踏みつける靴の方向は，傾斜と直交方向とした。また，歩行に使用した靴は，屋根作業用の靴（Hyper V 屋根プロ #1200）とした。

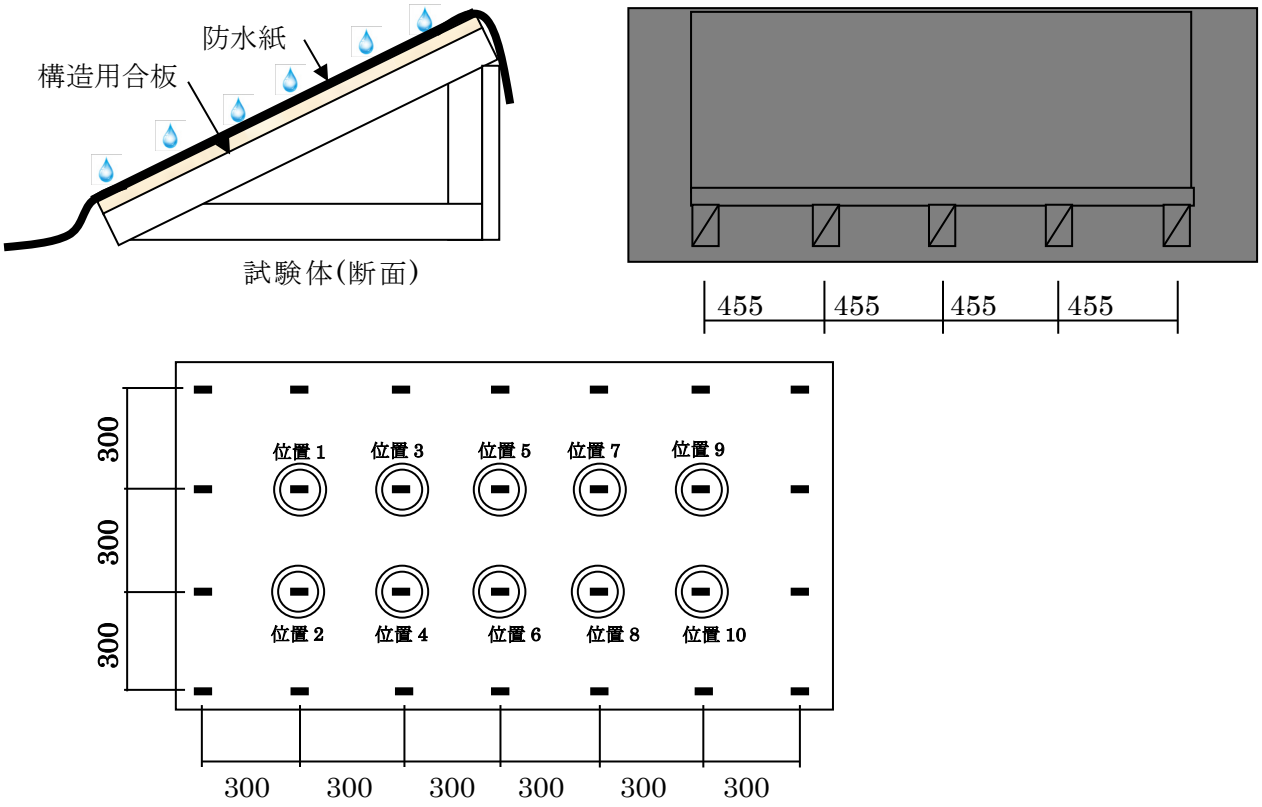


図 1　試験体

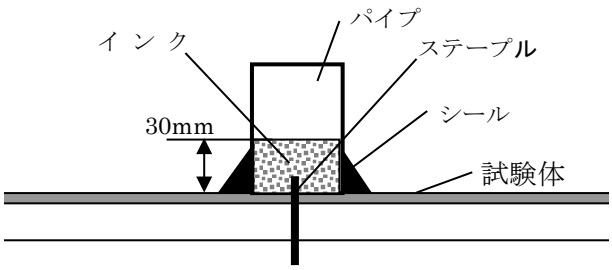


図 2　釘孔止水性試験状況

(5) 屋外曝露方法

試験体の設置場所は，遮蔽物により日陰が発生しない屋外とし，傾斜面を北向きとした。

曝露期間は 8 週間とした。

(6) 釘孔止水性試験

曝露後，合板から上部を取り外して室内へ搬入し，23±2℃，(50±5)％RH の環境下で 24 時間以上静置した。ステープル上部に内径 40mm のパイプを立てて，防水紙との接触部位の周囲をシールした。シールが硬化したのち，着色水を 30mm の水位となるまで注水し，10 分，30 分，1 時間，3 時間，6 時間および 24 時間経過後の漏水量を計測した。試験終了後，防水紙を剥がして，合板へ漏水していないか目視確認した。本試験が終了したのち，パイプや防水紙等を剥がし，合板の質量を計測した。なお，着色水は，JAS 食用赤色 102 号を 0.1％程度に希釈したものとした。

防水試験状況を図 2 に示す。

(7) 試験結果の記録

①合板の質量

試験前と釘孔止水性試験の終了後，合板のみの質量を計測した。

②歩　　行

歩行前後のステープル周辺の拡大写真を撮影した。

③曝露状況

ステープル周辺の孔を 1 週間ごとに拡大写真を撮影した。

④曝露後の質量

架台から合板等を取り外し，全体の総質量を計測した。

⑤釘孔止水性試験後

試験体ごとに漏水状況の記録と写真撮影をした。

(8) 試験結果

釘孔止水性試験結果を表 2 および表 3 に示す。漏水の水位として計測出来る試験体は無かったが、合板表面を確認したところ、アスファルトルーフィング 940 が 10 体中 3 体、改質アスファルトルーフィングが 10 体中 1 体漏水していた。

表 2　釘孔止水性試験結果

防　水　紙	自然曝露前		自然曝露後	
	合板質量　g	全体質量　g	全体質量　g	合板質量　g
改質アスファルトルーフィング	9180.8	11331.1	11312.9	9182.1
アスファルトルーフィング 940	10674.4	12993.6	12990.2	10681.9
自然曝露期間　：　平成 25 年 1 月 29 日　～　3 月 26 日				

表 3　釘孔止水性試験結果

防水紙	測定項目	測定時間	位置									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
改質アスファルトルーフィング	漏水量 水位 mm	10 分	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		30 分	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		1 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		3 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		6 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		24 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	漏水量 cc	10 分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		30 分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		24 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	漏水の有 無*	24 時間	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
アスファルトルーフィング 940	漏水量 水位 mm	10 分	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		30 分	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		1 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		3 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		6 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		24 時間	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	漏水量 cc	10 分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		30 分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		24 時間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	漏水の有 無*	24 時間	×	○	○	○	×	○	○	○	×	○

（注）“漏水の有無”の○は漏水がなかったことを，×は漏水したことを示す。

9.3 合板の乾燥試験

(1) 試験概要と手順

以下の手順により試験を実施した。

①「(2) 試験体および養生方法」に示す材料を採取し，養生した。

②「(4) 試験体の作製方法」により試験体を作製した。

③「(5) 試験方法」により試験を実施した。

なお，試験状況は，「(6) 試験結果の記録」に従い記録した。

(2) 試験体および養生方法

①防水紙

アスファルトルーフィング 940 および透湿ルーフィングシートの 2 種類，150mm×150mm（ロール状製品の最外周部分の 1m程度を除き採取した。）

②合　　板

特類，2 級，150mm×150mm，厚さ 12mm とした。

③養生方法

①および②を 23±2℃，(50±5)％RH の環境で 24 時間以上養生した。

試験体の概要を表 1 に示す。

表 1　乾燥試験体

防　水　紙	ステープル	留め付け器具	合板の厚さ	試験体数
アスファルトルーフィング 940	1010J	ハンマータッカー	12mm	3 体
透湿ルーフィングシート				3 体

(3) 試験体数

①アスファルトルーフィング 940 による試験体：3 体

②透湿ルーフィングシートによる試験体：3 体

(4) 試験体の作製方法

試験体は，図 5 に示すとおりとした。以下に各々の試験体の作製方法と注水位置を示す。

①合板の底面にアルミ板を敷いた。

②防水紙を合板の上面に被せた。

③図 1 の端部拡大図を参照し，側面および上下面に幅 30mm のアルミテープを張り付けた。

④防水紙の上面の中央部に 1010J のステープルをガンタッカーで留め付けた。

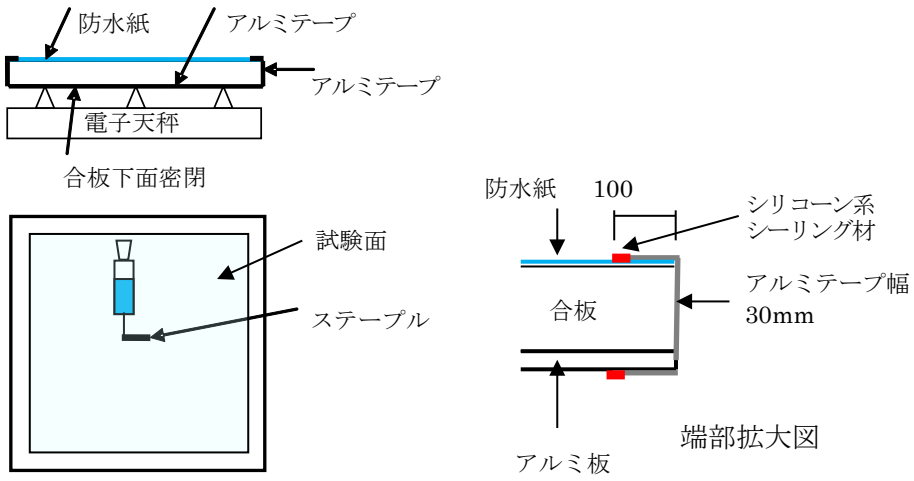


図１　試験体と注水位置

(5) 試験方法

試験概要を以下に示す。なお，試験体周辺の温湿度は23±2℃，(50±5)%RHの環境とした。

①試験体作製前後の合板の質量を計測した。

なお，質量は，0.1ｇの精度を保有する電子天秤で計測した。

②試験体作製後，透湿ルーフィングシートを対象にしてステープルの孔へ注射器を差し，試験面に水が満たされるように，注水量を記録した。次にアスファルトフェルト940を対象にして，同量の水を同様の方法で注水した。

③注水前，注水直後，注水 10 分後，30 分後，1 時間後，3 時間後，6 時間後，24 時間後，2 日後，3 日後，以降 14 日までの毎日，試験体全体の質量を計測した。

④注水前，注水直後，注水10分後，1日後，7日後，14日後に写真撮影をした

⑤試験体から防水紙やテープ類を剥がし，合板の質量を計測した。

⑥全乾法により合板を乾燥させて，含水率を測定した。

全乾質量は，各試験片を乾燥器中で100±2.5℃の温度で乾燥し，恒量に達したと認められるときの質量とし，含水率は次式によって算出した。

含水率（%）＝ 〔 (W1－W2)／W2 〕×100

ここに，　W1 ： 乾燥前の質量（ｇ）

W2 ： 全乾質量（ｇ）

(6) 試験結果の記録

①養生前後の合板の質量を計測した。

②試験体作製前後の質量を測定し，外観写真を撮影した。

③乾燥中の質量の測定と写真撮影をした。

④合板の含水率を全乾法により測定した。

(7) 試験結果

合板の乾燥試験結果を表 2 および表 3 に示す。試験後、合板の含水率の平均は、アスファルトルーフィング 940 の 17.8%、透湿ルーフィングシートが 9.6%となり、アスファルトルーフィング 940 と比較して透湿ルーフィングシートの含水率が低い状態であった。本試験では、注水量が同量としている。釘孔止水性は、前述の試験においてアスファルト系が優れているため、本来、浸水量も異なることが考えられる。総合的な評価が必要と思われる。

表 2　合板の乾燥試験結果

測 定 項 目		アスファルトルーフィング 940			透湿ルーフィングシート		
		1	2	3	1	2	3
試験前合板質量　g（気乾状態）		109.8	107.3	107.8	113.0	112.1	110.2
試験後合板質量　g（含水状態）		119.0	116.8	118.1	114.0	113.7	111.8
乾燥経過中の試験体質量　g	注水前	165.6	164.9	168.5	153.6	156.1	150.8
	注水後	175.7	175.2	179.4	163.4	166.0	161.0
	10 分後	175.7	175.2	179.4	163.4	166.0	161.0
	30 分後	175.7	175.2	179.4	163.3	165.9	160.9
	1 時間	175.7	175.2	179.4	163.1	165.7	160.7
	3 時間	175.7	175.2	179.4	162.5	165.0	160.0
	6 時間	175.7	175.2	179.4	161.8	164.4	159.3
	24 時間	175.7	175.2	179.4	160.0	162.8	157.4
	2 日	175.7	175.2	179.4	158.9	161.7	156.2
	3 日	175.7	175.2	179.4	158.0	161.0	155.4
	4 日	175.7	175.2	179.4	157.4	160.2	154.7
	5 日	－	－	－	－	－	－
	6 日	175.6	175.0	179.3	156.4	159.4	153.6
	7 日	175.6	175.0	179.3	156.0	159.0	153.3
	8 日	175.6	175.0	179.3	155.7	158.7	153.0
	9 日	175.6	175.0	179.3	155.4	158.4	152.7
	10 日	175.5	174.9	179.2	155.2	158.1	152.5
	11 日	175.5	174.9	179.2	155.0	158.0	152.4
	12 日	－	－	－	－	－	－
	13 日	175.4	174.8	179.2	154.8	157.6	152.0
	14 日	175.5	174.9	179.2	154.5	157.5	151.9
試験後合板質量　g（気乾質量）		110.9	108.5	108.9	113.5	112.9	111.0
試験後合板質量　g（全乾質量）		101.5	99.3	99.5	104.1	103.6	101.9

表 3　合板の乾燥試験結果

測 定 項 目	アスファルトルーフィング 940			透湿ルーフィングシート		
	1	2	3	1	2	3
乾燥前の質量 W1（g）	119.0	116.8	118.1	114.0	113.7	111.8
全 乾 質 量 W2（g）	101.5	99.3	99.5	104.1	103.6	101.9
含　水　率 （%）	17.2	17.6	18.7	9.5	9.7	9.7

10. 屋根下葺材の雨水浸入リスクおよび野地合板の乾燥性状に関する実大曝露試験

10.1 試験目的

本共同研究においては、各種の外壁下張材および屋根下葺材の釘孔止水性試験、防水紙のステープル孔から漏水した水分の乾燥・拡散状況を把握する試験などを実施してきた。これらの試験により一般的にアスファルト系防水紙は釘孔止水性が優れ、透湿系防水紙は透湿性が良く下地が乾燥しやすいことが明らかになっている。しかし、下地の乾燥状態や劣化リスクは、雨水浸入量と乾燥速度のバランスから成り立っているため、雨水浸入と乾燥に関する総合的な試験が求められてきた。

本試験では、屋根の下地となる野地合板が乾燥しにくい状況となるよう、日射量が少なく気温が低い冬期を選び、直接的な日射が当たりにくい北面の屋根を対象として、雨水浸入量や乾燥状況を把握した。

なお、本試験では 2 種類の試験を実施しており、後述の試験 A では、下葺材施工直後に雨が降り続き、軒先水切りや屋根葺材などを葺くことが困難な厳しい状況を想定したものであり、屋根葺材が無く強風の状況で撒水した後、自然曝露させ、野地合板の含水状況を把握することを目的とした。試験 B では、建設後、何らかの不具合により野地表面へ雨水が浸入した場合の野地合板の乾燥状況を把握することを目的としたものであり、下葺材と野地の間に一定量注水後、瓦を施工して一定期間自然曝露した後に野地合板の含水状況を調べ、下葺材の透湿性の差異による影響を検証した。

10.2 実験参加者

石川廣三（東海大学）

坂根昇（透湿ルーフィング協会）

鈴木崇裕（アスファルトルーフィング工業会）

佐々木基登、田中正幹、神谷昭範（全国陶器瓦工業組合連合会）

宮村雅史（国土技術政策総合研究所）

10.3 試験場所

国立研究開発法人 建築研究所 強風雨発生装置前

茨城県つくば市立原 1 番地

10.4 試験日程

①試験 A（下葺材が露出した撒水・自然曝露試験、瓦なし）

試験体作成日：2016 年 3 月 9 日（水）

自然曝露期間：14 日間

新しい構造用合板を用い、各合板の質量、各部位の含水率を測定

野地合板と下葺材の施工をした後、屋根葺材が無い状態で撒水試験、3 月 23 日まで自然曝露

野地合板測定日：3 月 23 日（水）

下葺材を剥がして野地合板の含水率と質量を測定

②試験 B（下葺き材との時間に注水後瓦を施工した状態での自然暴露試験）

試験体作成日：3 月 23 日（水）

自然曝露期間：28 日間

試験 A における含水率測定後の野地合板をそのままの状態で再度張り、標準施工要領に則り下葺材を施工し、流し桟を用いずに瓦桟木を施工した後、下葺材上部の 3 箇所と、下部の 2 箇所、計 5 箇所に孔をあけ、各々300cc/箇所野地へ注水した。注水後、下葺材の孔は、片面防水テープで防水処理を施した。F 形の粘土瓦を施工した後、小屋裏換気の無い状況を想定し、試験架台の壁面開口部を合板で密閉した。その後 4 月 20 日まで自然曝露させた。

野地合板測定日：4 月 20 日（水）

粘土瓦、瓦桟、下葺材を剥がして野地合板の含水率と質量を測定した。

10.5 試験期間中の気候（3/9～4/20）

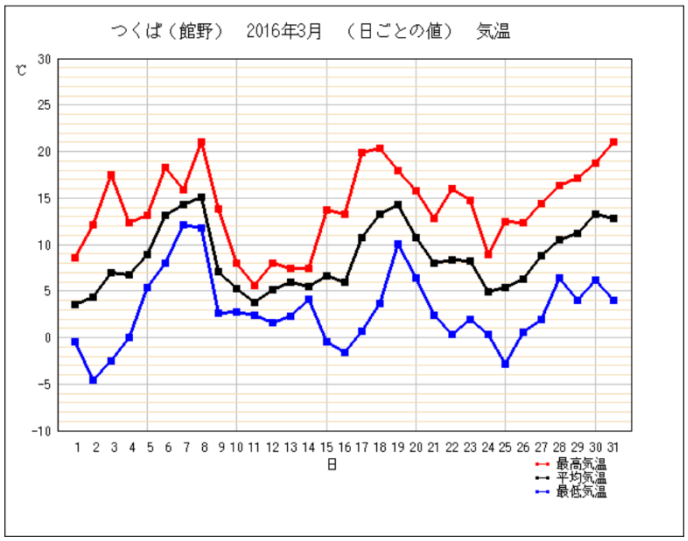
気象庁のつくば（館野）の気象データを引用。

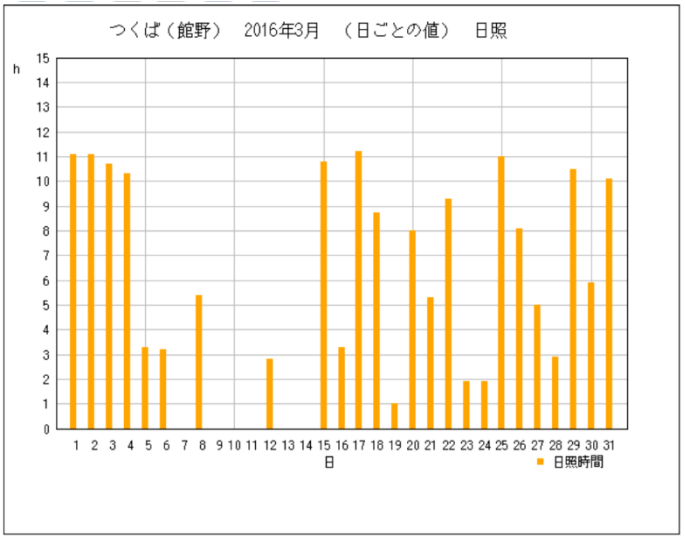
- 試験 A の期間中（3/9～3/23）の降雨量

3/9：14mm、3/14：25.5mm、3/15：0.5mm、3/19：12mm

3 月の気候グラフ（気象庁）

気温、日照





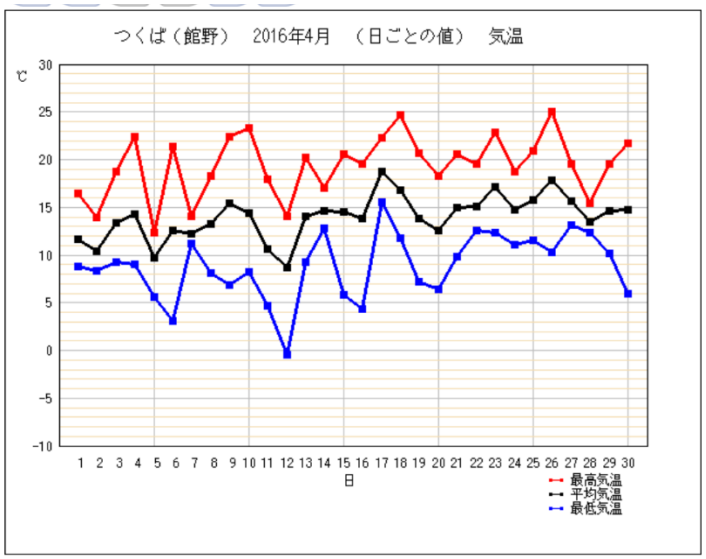
気温（℃） 日照時間（ｈ）

- 試験 B の期間中（3/23～4/20）の降雨量

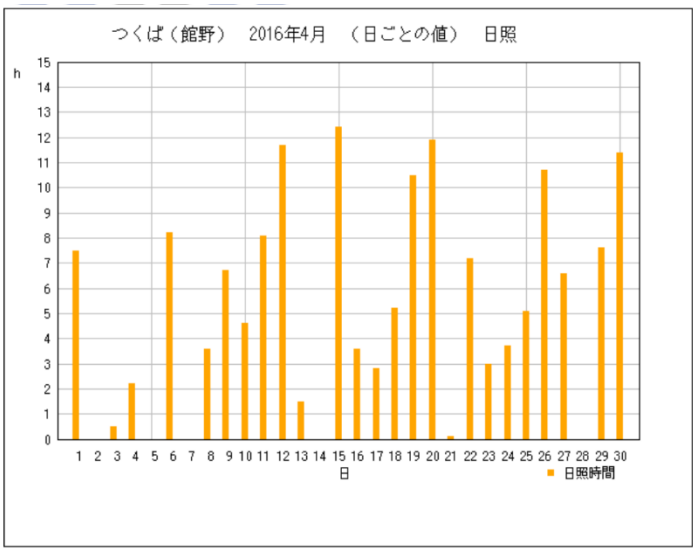
3/24：1.0mm、4/3：1.5mm、4/4：6.0mm、4/5：1.0mm、4/7：36.0mm、4/13：0.5mm、4/14：15.0mm、4/17：1.5mm、4/18：2.5mm、4/19：1.5mm

4 月の気候グラフ（気象庁）

気温、日照



気温（℃）



日照時間（ｈ）

10.6 供試材料

- 野地：構造用合板、特類、2 級、針葉樹合板、厚さ 12mm
- 下葺材：透湿ルーフィング
  アスファルトルーフィング 940（以下 940 と略す）
- ステープル：F 線
- 防水テープ：ブチルテープ、50mm
- 瓦桟：15×30、スギ
- 瓦桟留め付け用接合具：コーススレッド φ3.8、51mm
- 瓦留め付け用接合具：コーススレッド φ3.8、51mm
- 粘土瓦：F 形瓦

10.7 試験体

写真 1、2 および図 1、2 を参照。

- 試験架台：試験対象となる屋根面の中心部と送風口の中心部の高さが合致するように作成
- 屋根傾斜面の方向：北向き
- 屋根面の勾配：4 寸勾配
- 屋根面の寸法：幅 2,366×奥行き 2,040mm
- 野地：左右で 2 等分し、軒先より各 2 枚横張り
- 軒先水切り：使用していない
- 下葺き材、ステープル、防水テープなどの仕様：写真 2 および図 2 による。

写真１　野地板

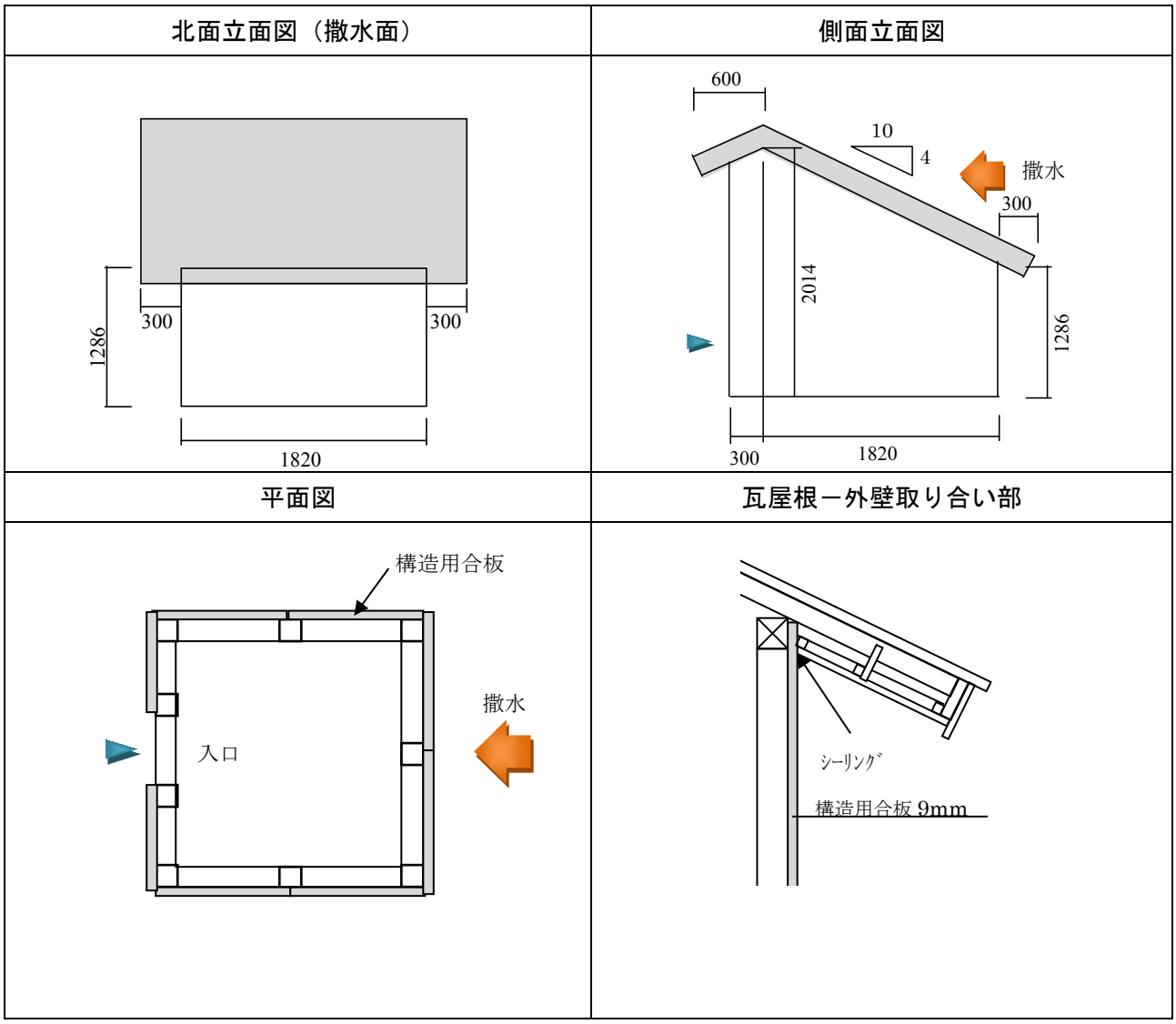

北面立面図（撒水面）
側面立面図
600
10
4
撒水
300
2014
1286
300
300
1820
300
1820
1286
平面図
瓦屋根－外壁取り合い部
構造用合板
撒水
入口
シーリング
構造用合板 9mm

図１　試験架台の概要

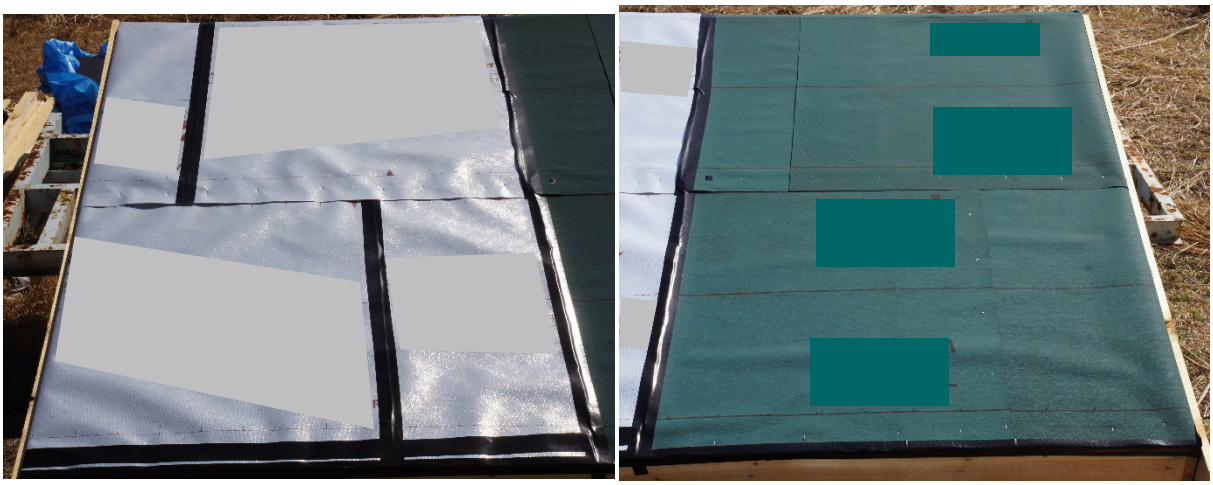


写真２　下葺材の施工状況（左：透湿ルーフィング、右：アスファルトルーフィング 940）

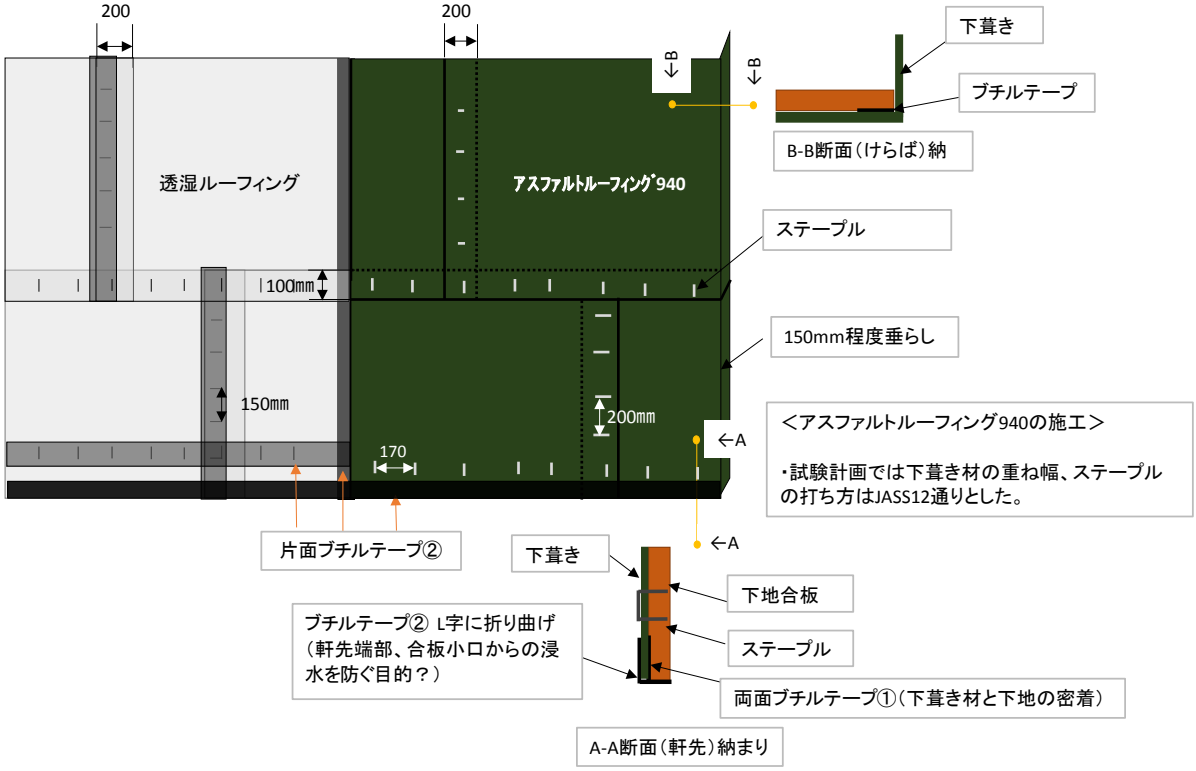


図２　下葺材の施工状況

下葺材の配置：屋根面の左側（東側）には透湿ルーフィング、右側（西側）には 940 を施工した。また、各々の試験面に重ね部を設けた。

下葺材の施工：透湿ルーフィングは、透湿ルーフィング協会の標準施工要領に準じた。940 は、基本的に JASS 12 に準じたが、ステープルの留め付け間隔は、水平方向 170mm、流れ方向 200mm とした。

なお、下葺材の施工は、風と下葺材の留め付け作業状況の関係を探るため、風速 5m/s の風を吹かせた状態で実施した。

- 透湿ルーフィングの施工手順

①野地合板の軒先に両面の防水テープを貼り付けた。

②透湿ルーフィングを横張りし、下葺材の重ね部の幅は、水平方向 200mm、流れ方向 100mm とした。

③軒先の両面防水テープと下葺材を十分に密着させた。

④ステープルによる下葺材の留め付けの位置は、軒先側と重ね部を対象とし、ハンマータッカーを使用して全て 150mm 間隔で留め付けた。なお、左右の重ね部は、野地合板に接する下側の下葺材のみステープルで留め付けており、上に重ねる部分はステープルの留め付けをしていない。従って、左右の重ね部のステープルは、上側のルーフィングが覆い被さるので外側から見えない状態となった。流れ方向の重ね部は、そのまま外側から留め付けている。

⑤軒先側のステープルの上部および下葺材の左右の重ね部は、片面防水テープを貼り付けた。

⑥下葺材の軒先を片面防水テープで貼り付けた。

- 940 の施工手順

①野地合板の軒先に両面の防水テープを貼り付けた。

②940 を横張りし、下葺材の重ね部の幅は、水平方向 200mm、流れ方向 100mm とした。

③軒先の両面防水テープと下葺材を十分に密着させた。

④ステープルによる下葺材の留め付け位置は、軒先側と重ね部を対象とし、ハンマータッカーを使用して、水平方向 170mm、流れ方向 200mm の間隔で留め付けた。

⑤下葺材の軒先を片面防水テープで貼り付けた。

- 透湿ルーフィングと 940 の施工状況の比較

①ステープルの留め付け間隔が異なる。

②下葺材の左右の重ね部のステープルの留め付け方法が異なる。

③下葺材の左右の重ね部の防水テープの有無

④軒先に並んだステープルの上部の防水テープの有無

透湿ルーフィングと 940 の境界の重ね部は、片面防水テープを貼り、雨水浸入を防いでいる。

試験 A では、南側にある開口部（　mm×　mm）を開放しているが、試験 B では同開口部へ塞いだ状態となっている。

10.8 試験概要

1）試験 A

①事前計測

野地合板の質量、含水率を記録

②試験体の作成

野地合板、下葺材などの施工

③撒水試験

写真 3 に示す通り、強風雨撒水試験装置の前に試験架台を設置し、下葺材の施工が終了した試験体に対して、下記に示す撒水試験を実施した。

- 撒水量：4L/㎡・min
- 風速：10m/s
- 撒水時間：1 時間

④自然曝露

3/9 の撒水試験終了後、そのままの状態で 14 日後の 3/23 まで自然曝露

⑤計測および観察

下葺材などを剥がして、野地合板の含水率や質量などを確認した。

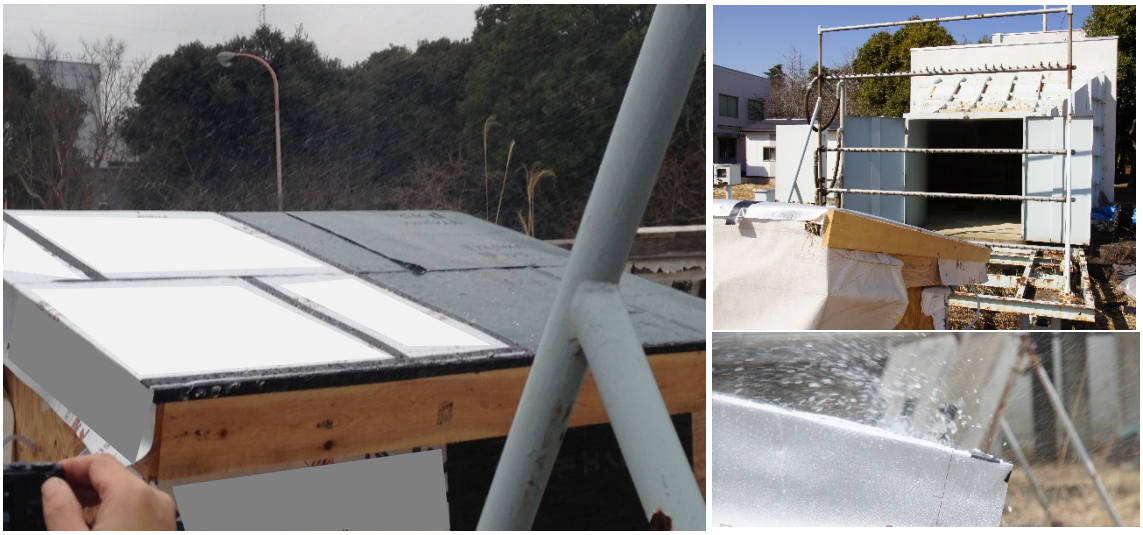


写真 3　風速 10m/s による撒水状況

2）試験 B

①試験体の作成

試験 A での利用が終了した野地合板をそのままの状態で再度留め付けた後、下葺き材を施工した。

「瓦屋根標準設計・施工 ガイドライン」に準拠して、下葺きの上に直接、瓦桟を留め付けた。

③注水

瓦桟の施工後、写真 4,5 に示す通り、下葺材および瓦桟を施工した後、下葺材ごとに上部（瓦の 6 段目）3 か所 300ml、下部（瓦の 2 段目）2 か所 300ml、計 1,500ml を野地合板の表面に注水した後、写真 6 の通り F 形の粘土瓦を葺いた。

④自然曝露

3/23 から 4 週間（28 日）後の 4/20 まで自然曝露させた。

⑤計測および観察

瓦、瓦桟、下葺材などを剥がして、野地合板の含水率や質量を計測した。

写真 4　下葺材に孔をあけて野地合板の表面に注水

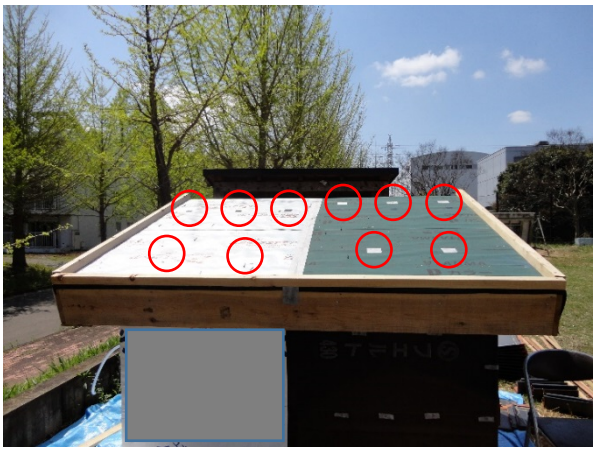


写真 5　注水位置

写真 6　F 形の瓦を葺いた状態で 28 日間自然曝露

10.9 . 試験結果および考察

1) 試験 A

①試験前の野地合板の質量および含水率

試験前の計測結果を表 1 に示す。

構造用合板の両端、中央部を測定した各 3 箇所の含水率は、何れにおいても 30%以下であった。

表 1　試験前の野地合板の質量と含水率

時期	下葺材	合板 No.	位置	質量	含水率					
					①	②	③	Max	Min	Av.
試験前 3/9	透湿防水シート	1	軒側	6319.4	26.5	25.0	27.5	27.5	25.0	26.3
		2	棟側	6962.2	24.5	22.5	22.5	24.5	22.5	23.2
	940	3	軒側	6534.4	24.0	20.5	21.0	24.0	20.5	21.8
		4	棟側	6166.7	23.0	21.0	19.5	23.0	19.5	21.2

②14 日経過後の野地合板の質量および含水率

撒水後、14 日間にわたり自然曝露した後の計測結果を表 2 に示す。また試験前後の変動を表 3 に示す。

野地合板全体の試験前後の質量を比較すると、下葺材の種類、野地合板の位置に関係なく、全て質量が減少しており、野地合板全体としては、乾燥していることが明らかとなった。

試験前の野地合板の含水率は、全て 28%未満であったが、940 を使用した軒先側の含水率は全て 30%を超えていた。その要因は、以下のことが考えられる。

1）本試験体は、下葺材の施工直後に強風雨が続いたことを想定しているため、軒先水切りが無く、下葺材のまま風速 10m/s、4L/㎡・min の条件で撒水した。試験時の観察によれば、下葺き材上面の流下水が風で軒先から巻上がり、多量の水が継続的に軒先部分に集中する状況であった。

2）透湿ルーフィングの軒先側に留め付けたステープルの上部には防水テープを貼り、釘孔からの雨水浸入を防いでいるが、940 の場合はステープルの上部に防水テープが施されていない仕様であった。

3）透湿ルーフィングと比較すると、940 は透湿性が低く、乾燥に時間が掛かること。

表 2 撒水、自然曝露後の野地合板の質量と含水率

時期	下葺材	合板No.	位置	質量	含水率(%)																					
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13									
					14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Max	Min	Av.
曝露後 3/23	透湿防水シート	1	軒側	6228.9	26	29	29	27	23	23	23	23	24	22	20	21	20							29.0	19.5	23.5
		2	棟側	6901.5	27	37	25	24	21	22	23	23	23	24	24	24	23	23	24	22	22	25	26	36.5	21.0	24.2
	940	3	軒側	6518.2	47	55	46	54	72	43	70	79	53	20	21	18	18							78.5	17.5	45.5
		4	棟側	6042.0	15	16	19	21	20	21	22	24	22	20	24	25	41	17	12	14	18	26		41.0	12.0	20.7

□内は、軒先の含水率

表 3 試験前後の野地合板の含水状態の変化

下葺材	合板No.	位置	試験前				試験後				試験前後の差			
			質量	含水率			質量	含水率			質量	含水率		
				Max	Min	Av.		Max	Min	Av.		Max	Min	Av.
透湿防水シート	1	軒側	6319.4	27.5	25.0	26.3	6228.9	29.0	19.5	23.5	−90.5	1.5	−5.5	−2.8
	2	棟側	6962.2	24.5	22.5	23.2	6901.5	36.5	21.0	24.2	−60.7	12.0	−1.5	1.0
940	3	軒側	6534.4	24.0	20.5	21.8	6518.2	78.5	17.5	45.5	−16.2	54.5	−3.0	23.7
	4	棟側	6166.7	23.0	19.5	21.2	6042.0	41.0	12.0	20.7	−125	18.0	−7.5	−0.5

②野地合板の含水状況

曝露終了時の野地合板の状況を写真 7,8 に示す。〇付き数字の部分はステープルが留め付けていた部分であり、ステープル孔からの漏水が考えられるため、その周辺の含水率を測定している。写真 8 の右下にある 940 の軒先に漏水痕が確認されている。

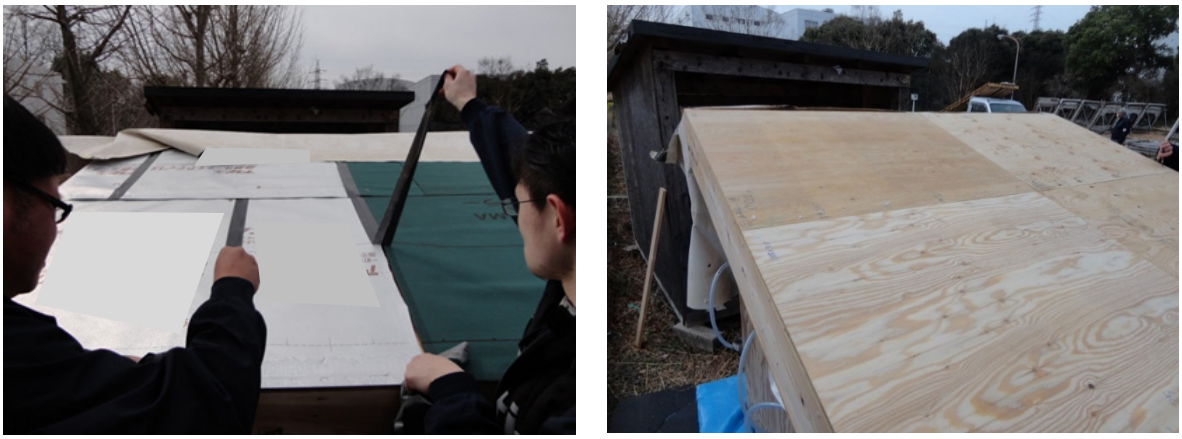
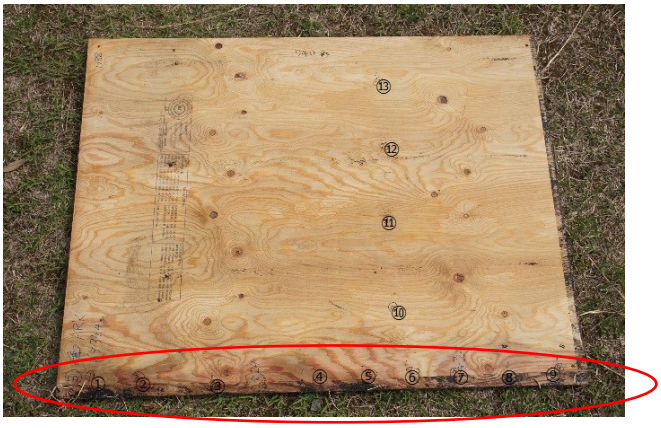


写真 7　曝露試験終了時の状況

透湿ルーフィングによる棟側の野地合板

940 による棟側の野地合板

透湿ルーフィングによる軒側の野地合板



940 による軒側の野地合板

写真 8　試験 A 終了後の野地合板の状況

2)試験 B

①28 日経過後の野地合板の質量および含水率

注水後、瓦を葺いた状態で 28 日間、自然曝露した後の計測結果を表 4 に示す。また、試験 A 実施前と試験 B 終了時の野地合板の質量および含水率の変化を表 5 に示す。

表 4　注水、自然曝露後の野地合板の質量と含水率

時期	下葺材	合板No.	位置	質量	含水率(%)																						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13										
					14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Max	Min	Av.
曝露後 3/23	透湿防水シート	1	軒側	6212.3	17	17	14	10	10	12	10	15	11	11	9	9	11							17.0	8.5	11.8
		2	棟側	6904.1	14	12	9	11	11	13	13	14	13	16	12	14	12	13	13	12	10	12	7	16.0	6.5	11.9
	940	3	軒側	6484.7	14	17	14	18	13	14	16	15	21	11	12		11							20.5	10.5	14.3
		4	棟側	6043.5	14	12	12	11	9	12	12	9	9	9	16	12	12	11	8	10	9	6		16.0	6.0	10.5

□内は、軒先の含水率

表 5　試験前後による野地合板の含水状態の変化

下葺材	合板No.	位置	試験前				試験後				試験前後の差			
			質量	含水率			質量	含水率			質量	含水率		
				Max	Min	Av.		Max	Min	Av.		Max	Min	Av.
透湿防水シート	1	軒側	6319.4	27.5	25.0	26.3	6212.3	17.0	8.5	11.8	−107.1	−10.5	−16.5	−14.5
	2	棟側	6962.2	24.5	22.5	23.2	6904.1	16.0	6.5	11.9	−58.1	−8.5	−16.0	−11.3
940	3	軒側	6534.4	24.0	20.5	21.8	6484.7	20.5	10.5	14.3	−49.7	−3.5	−10.0	−7.5
	4	棟側	6166.7	23.0	19.5	21.2	6043.5	16.0	6.0	10.5	−123	−7.0	−13.5	−10.6

試験 B では、野地合板表面に試験体当たり合計 1,500ml の注水を行った後、28 日間にわたり自然曝露しているのにも拘わらず、野地合板の質量は、何れの条件においても質量が低下しており、試験前の状態よりも全て乾燥していることが明らかになった。また、試験 A 終了時に 940 を使用した軒先の最大含水率が 78.5%と高かったが、本実験終了時には、20.5%になっており、試験前よりも乾燥した状態であった。

②野地合板の含水状況

曝露終了時の野地合板の状況を写真 9 に示す。何れの合板も乾燥している状況が観察できた。

写真 9　曝露終了時の野地合板の状態

10.10 まとめ

当初の予定では、1時間撒水した後、野地合板への水の浸入量（構造用合板の質量）や含水率を測定し、その日のうちに野地合板へ含水した量の比率により各々の合板に水を含浸させ、乾燥具合を比較する予定であった。しかし、当日雨が降り出したため、下葺材を剥がすことができなくなり、そのままの状態で曝露し、14日後に野地合板の含水率および重量を測定することとなった。

今回、試験Aでは、瓦を施工する直前に強風雨が発生したことを想定し、風速10m/s、雨量4L/㎡・minの条件で1時間にわたり撒水し、14日間にわたり自然曝露した結果、940を葺いた野地合板の軒先の含水率が高い結果となった。試験Bでは、試験Aで使用した野地合板をそのまま使用し、さらに何らかの不具合を想定して野地表面へ注水した後、瓦屋根を葺いて28日間自然曝露させた結果、野地合板の全てが乾燥した状態であった。

木材が腐朽するためには、含水率30%以上の状態が数ヶ月以上経過する必要があるとされており、試験Aで940による軒先の14日後の含水率は高かったが、瓦施工後一ヶ月程度の期間内には、含水率が低くなっており、劣化リスクは低いことが考えられる。

屋根の劣化実態調査および関係機関のヒアリングによると、屋根の平部よりも軒先およびけらばなどが劣化しやすいことが報告されている。

今回、何れの下葺材を使用しても、最終的に野地合板は乾燥していたが、高耐久性の仕様とする場合、軒先やけらばなどに対して充分な防水処理を施すことが推奨される。今後においては、撒水方法、軒先・けらばの防水仕様、下葺材の劣化による影響、通気・換気、天井面からの水蒸気の浸入など、試験方法や仕様に関する検証試験が必要と思われる。