

超高層建物のシーリング材の劣化調査

大成建設(株) ○高橋愛枝
同 永井香織

1. はじめに

近年、超高層建物の大規模改修工事が増加している。しかし、超高層建物の劣化状況は、調査報告が少ないため、各種仕上材の高さによる劣化現象は把握されていない。本調査は、超高層建物の劣化傾向を把握するため、耐用年数の少ないシーリング材に着目し、約10年以上経過した超高層建物の劣化調査を行った結果についてまとめたものである。調査は、建物16棟、目視調査約500カ所、物性試験約500カ所について実施した。本報告は、高さ別、シーリング材の種類別の劣化傾向について報告する。

2. 調査概要

調査した建物概要を表-1に示す。高さの分類は、建築基準法と都市計画法を参照に4つに分類した。高さが60m以上の超高層建物は4棟、60m未満で6階以上の高層建物は4棟、3~5階の中層建物は7棟、1~2階の低層建物は1棟の計16建物を調査した。調査項目は、目視調査と物性試験の2項目とした。調査箇所は、各建物の高層階外壁のシーリング材を基本とし、比較として階数別も行った。また、一部方位による調査も行った。目視調査後、物性試験のためにシーリング材を採取した。ワーキングジョイント、ノンワーキングジョイントの分類は、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS8 防水工事」を参照し分類した。

3. 目視調査

3.1 調査方法

調査は、「建築防水の耐久性向上技術」¹⁾の調査項目を参考に、シーリング材の漏水、界面剥離、破断、ひび割れ、変形、軟化・硬化、変色、チョーキング、塗装の劣化、汚れについて行った。

3.2 調査結果および考察

調査結果から、シーリング材の種類、高さ、築年数、目地の挙動の有無による劣化状況の違いを検討した。

3.2.1 各建物高層階による比較

目視調査結果を表-2に、劣化状況の写真を表-3に示す。評価は3項目とし、○は異常なし、△はやや異常が認められる、×は異常が著しいことを示す。同一建物で、同じ種類、高さについては平均値で示した。

表-1 調査建物概要

分類	建物記号	構造	築年数	最高階数	調査階数	目地の挙動	種類	サンプル数		備考	
								種類別	合計		
超高層	A	RC+S	12	30	30	あり	SR	2	15		
							MS	13			
	B	SRC+S	14	34	30	あり	MS	17	17		
	C	SRC+S	25	20	3	あり	SR	45	97	10年前打替え	
					19		SR	40			
3					MS		8				
					PU	4		全て塗装あり			
D	SRC	12	16	16,5	あり なし	MS PS	16 16	32			
高層	E	SRC	18	10	2	あり なし	SR PS	3 9	12		
	F	SRC	11	9	7,2	なし	PS	33	33		
	G	SRC	20	9	9,3	あり	SR	7	21		
						なし	MS	14			
H	SRC	20	8	7,2	なし	PS	3	3	物性試験のみ		
中層	I	RC	22	5	1	なし	MS	1	23		
					2		PU	22			
	J	RC	27	4	4,1	なし	PS	27	27	全て塗装あり	
					1		あり	SR	1	5	1体塗装あり
					2		なし	MS	2		全て塗装あり
	1	なし	PU	2	塗装あり						
	L	SRC	20	3	3	あり	SR	1	5	1体塗装あり	
							MS	2			
							PU	2			
M	RC	16	3	3,1	なし	MS	14	186	物性試験のみ		
						PU	172		全て塗装あり		
N	S	16	3	3,1	あり	MS	16	16	全て塗装あり		
O	RC	23	3	3,1	なし	PS	12	14	全て塗装あり		
						PS	2				
低層	P	S	9	2	2,1	あり	PU	26	26	全て塗装あり	
サンプル合計									532		

1) 変成シリコーン

変成シリコーンは、6棟のワーキングジョイント、3棟のノンワーキングジョイントを調査した。他の種類のシーリング材と比較して、ひび割れが著しく、界面剥離も多く認められた。高さによる差は、超高層建物のシーリング材の方が、界面剥離、破断、ひび割れ、変形、変色が多く認められた。表-3に示す写真からも、超高層建物のシーリ

ング材は、高さが高いほどひび割れの量が多くなることが分かった。築年数による差、目地の挙動の有無による差は、明確な傾向は認められなかった。

2) ポリサルファイド

ポリサルファイドは、5棟の全てノンワーキングジョイントを調査した。他の種類のシーリング材と比較して、界面剥離が多く全ての建物で発生していることが分かった。高さによる差、築年数による差は、明確な傾向は認められなかった。

3) シリコーン

シリコーンは、6棟の全てワーキングジョイントを調査した。他の種類のシーリング材と比較して、汚れはつきやすいが、その他の劣化はあまり認められなかった。高さによる差、築年数による差もあまり認められなかった。

4) ポリウレタン

ポリウレタンは、3棟のワーキングジョイント、3棟のノンワーキングジョイントを調査した。他の種類のシーリング材と比較して、塗装建物が多いため、塗装されているシーリング材は、あまり劣化していなかった。塗装なしの建物(C、I)では、△または×の割合が多く、かなり劣化が進行していた。ポリウレタンは、比較的低層階で採用されているため、高さによる差は確認できなかった。築年数による差は、塗装ありとなしの建物が混在しているため比較できなかった。目地の挙動の有無による差は、明確な傾向は認められなかった。

3.2.2 同一建物による比較

同一建物による比較として、変成シリコーンの結果を表-4に、ポリサルファイドの結果を表-5に示す。評価方法は表-2と同様である。超高層建物ではD建物のみ高低層階および方位の調査を実施した。1物件だけではあるが、変成シリコーン、ポリサルファイドともに高層階の方がやや劣化していることが確認された。方位による差は、変成シリコーンでは南、西面の方が劣化していた。ポリサルファイドでは明確な傾向は認められなかった。

4. 物性試験

4.1 試験方法

4.1.1 ゴム硬度測定

試験は、JIS K 6253 (加硫ゴム及び熱可塑性ゴム)に準拠し、硬度計(高分子計器社製、アスカーゴム硬度計A型)を用いて、瞬間値を読み取った。測定は1サンプルにつき3回とした。

4.1.2 引張試験

試験は、シーリング材をカッターナイフで表層から厚さ約2mmにスライスし、JIS K 6251 (加硫ゴムの引張試験方法)に準拠して行った。試験体は、ダンベル状3号形に打ち抜き作製した。

表-2 目視調査結果

種類	目地の挙動	建物記号	階数	築年	漏水	界面剥離	破断	ひび割れ	変形	軟化硬化	変色	チョーキング	塗装の劣化	汚れ
MS	あり	A	30	12	○	△	△	×	△	○	△	○	—	×
MS	あり	B	30	14	○	△	○	×	○	○	○	○	—	×
MS	あり	C	19	25	○	△	△	×	○	○	○	○	×	△
MS	あり	D	16	12	○	×	△	×	△	○	△	○	—	×
MS	なし	G	9	20	○	△	○	×	○	○	○	○	—	△
MS	あり	L	3	20	○	×	○	×	○	○	○	○	—	△
MS	あり	N	3	16	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×
MS	なし	K	2	12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
MS	なし	I	1	22	○	×	○	○	○	○	○	○	—	△
PS	なし	D	16	12	○	△	△	△	△	○	△	○	—	×
PS	なし	F	7	11	○	△	△	△	○	△	○	○	—	△
PS	なし	J	4	27	○	△	○	○	○	○	○	○	×	×
PS	なし	O	3	23	○	△	○	○	○	○	○	○	△	×
PS	なし	E	2	18	○	△	○	△	△	○	○	○	—	×
SR	あり	A	30	12	○	○	○	○	△	○	○	○	—	×
SR	あり	C	19	25	○	○	○	△	○	○	○	○	—	×
SR	あり	G	9	20	○	○	○	○	○	○	○	○	—	×
SR	あり	L	3	20	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
SR	あり	E	2	18	○	○	○	○	○	○	○	○	—	△
SR	あり	K	1	12	○	○	○	○	○	○	○	○	—	×
PU	あり	C	3	25	○	△	△	○	○	×	△	○	—	×
PU	あり	L	3	20	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△
PU	なし	M	3	16	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
PU	なし	I	2	22	○	△	△	×	△	△	△	×	—	×
PU	あり	P	2	9	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
PU	なし	K	1	12	○	○	×	○	○	○	○	○	○	△

表-3 目視調査シーリング材写真

種類	超高層		高層・中層	
	建物記号	写真	建物記号	写真
MS	B		L	
PS	D		F	
SR	C		G	

表-4 同一建物による比較 (MS)

建物記号	階数	方位	漏水	界面剥離	破断	ひび割れ	変形	軟化硬化	変色	チョーキング	塗装の劣化	汚れ
D	16	南	○	×	○	×	△	○	×	○	○	×
D	5	南	○	×	○	×	○	○	×	○	○	×
D	16	西	○	×	△	×	○	○	△	○	○	×
D	5	西	○	×	○	×	○	○	×	○	○	×
D	16	北	○	△	○	×	△	○	○	○	○	×
D	5	北	○	△	○	×	○	○	○	○	○	×
D	16	東	○	△	○	×	○	○	○	○	○	×
D	5	東	○	△	○	×	○	○	○	○	○	×

試験方法は、試験体を万能材料試験機（オリンテック社製、RTD-1250）にかけ、200mm/minの速度で行った。測定値から、50%引張応力を求めた。

4.2 試験結果および考察

引張試験の結果を、表-6 に示す「外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説」²⁾により評価した。建物L、M、Oは、サンプルが小さかったため、ゴム硬度測定のみ実施した。

4.2.1 各建物による比較

1) 高さによる比較

シリコンとポリウレタンは高層階のデータが少ないため、高さによる比較が可能な変成シリコンとポリサルファイドで検討した。変成シリコンは、建物A、B、D、Lがワーキングジョイントであり、建物G、I、M、Kがノンワーキングジョイントである。ポリサルファイドは、全てノンワーキングジョイントである。

ゴム硬度測定の結果は、変成シリコンを図-1に、ポリサルファイドを図-2に示す。50%引張応力の結果は、変成シリコンを図-3に、ポリサルファイドを図-4に示す。

硬度測定結果は、変成シリコンは高さによる差、目地の挙動の有無による差は認められず、ほとんどが20以下であった。ポリサルファイドは、超高層建物Dの高層階16階では高い値を示したが、それ以下の階ではあまり変わらなかった。

50%引張応力は、変成シリコンは高さによる差、目地の挙動の有無による差は認められず、全て0.2N/mm²以下で、本試験結果を、技術指針により評価すると劣化度Iである。ポリサルファイドは、超高層建物Dの高層階16階では高い値も確認されたが、同一建物の低層階と高層階で比較すると、顕著な差は認められなかった。技術指針により評価すると劣化度IとIIが混在しており、一部劣化度IIIも認められた。

2) 築年数、種類による比較

ゴム硬度測定の結果を図-5に、50%引張応力の結果を図-6に示す。

硬度測定結果は、築年数による差はいずれの種類もあまり認められなかった。種類による差は、全体として、変成シリコンは値がやや低く、ポリサルファイドは値がやや高かった。

50%引張応力は、築年数による差はいずれの種類もあまり認められなかった。種類による差は、技術指針により評価すると、シリコン、変成シリコン、ポリウレタンは劣化度Iであり、ポリサルファイドは劣化度I、II、IIIが混在していた。

表-5 同一建物による比較 (PS)

建物記号	階数	方位	漏水	界面剥離	破断	ひび割れ	変形	軟化硬化	変色	チョーキング	塗装の劣化	汚れ
D	16	南	○	○	○	○	△	○	○	○	○	×
D	5	南	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×
D	16	西	○	△	△	×	○	○	×	○	○	×
D	5	西	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×
D	16	北	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×
D	5	北	○	△	○	○	○	○	○	○	○	×
D	16	東	○	○	○	△	△	○	○	○	○	×
D	5	東	○	△	○	○	○	○	○	○	○	×

表-6 引張試験評価

項目	劣化度I	劣化度II	劣化度III
50%引張応力 (N/mm ²)	0.4以下 0.06以上	0.4~0.6 0.03~0.06	0.6以上 0.03以下

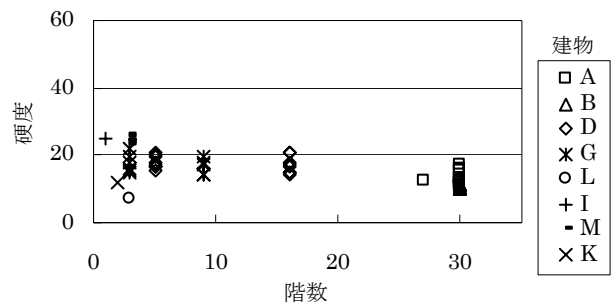


図-1 ゴム硬度測定結果 (MS、建物別)

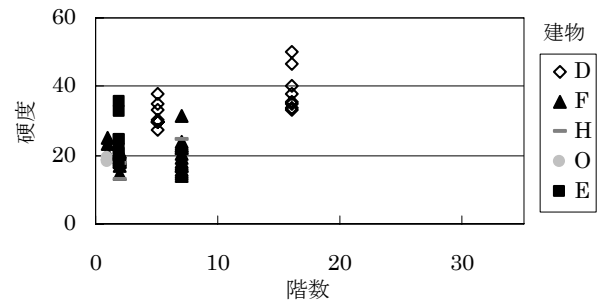


図-2 ゴム硬度測定結果 (PS、建物別)

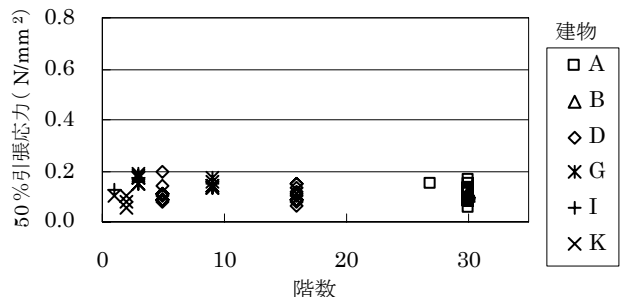


図-3 引張試験結果 (MS、建物別)

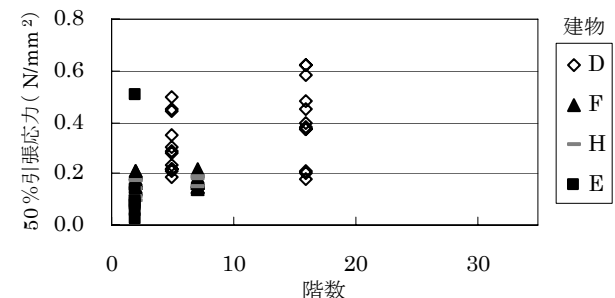


図-4 引張試験結果 (PS、建物別)

4.2.2 同一建物による比較

ゴム硬度測定の結果を図-7に、50%引張応力の結果を図-8に示す。超高層建物ではD建物のみ高低層階および方位の調査を実施した。同じ種類、方位については平均値で示した。

硬度の高さによる差は、変成シリコンは顕著な差は認められず、ポリサルファイドは高層階の方が値が高かった。方位による差は、ポリサルファイドで東面の値がやや高いが、他はいずれも顕著な差は認められなかった。

50%引張応力の高さによる差は、変成シリコンは顕著な差は認められず、ポリサルファイドは高層階の方が値が高かった。方位による差は、変成シリコンは顕著な差は認められず、ポリサルファイドは北、東、西、南面の順に値が高かった。

5. 目視調査と物性試験の関係

目視調査結果と物性試験結果の関係を検討した。

各建物の高さによる差は、変成シリコンの目視調査では高層階ほど劣化していることが確認できたが、物性試験では明確な傾向は認められなかった。ポリサルファイドでは、目視調査、物性試験ともに明確な傾向は認められなかった。築年数による差は、いずれの種類も目視調査と物性試験ともに明確な傾向は認められなかった。

同一建物の高さによる差は、変成シリコンとポリサルファイドともに目視調査では高層階になると劣化していることが確認できたが、物性試験では方位別にみるとポリサルファイドのみ確認できた。

以上の結果から、目視調査では劣化が認められる場合でも、物性試験ではその差が明確ではない場合があることが分かった。

6. まとめ

調査結果のまとめを以下に示す。

- ① 目視調査での種類による差は、変成シリコンはひび割れと界面剥離が多く、ポリサルファイドは界面剥離が多かった。シリコンは劣化が少なかった。
- ② 物性試験での種類による差は、技術指針による最大の劣化度によると、シリコン、変成シリコン、ポリウレタンは劣化度Ⅰ、ポリサルファイドは劣化度Ⅲであった。
- ③ 高さによる差は、目視調査から変成シリコンとポリサルファイドで高層階の方が劣化していた。
- ④ 築年数、ワーキングジョイントとノンワーキングジョイントによる差は、明確な傾向は認められなかった。

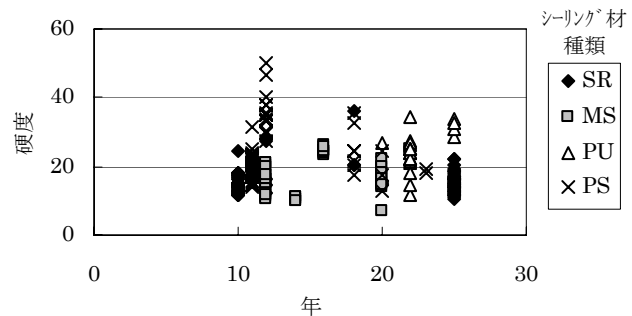


図-5 ゴム硬度測定結果 (種類別)

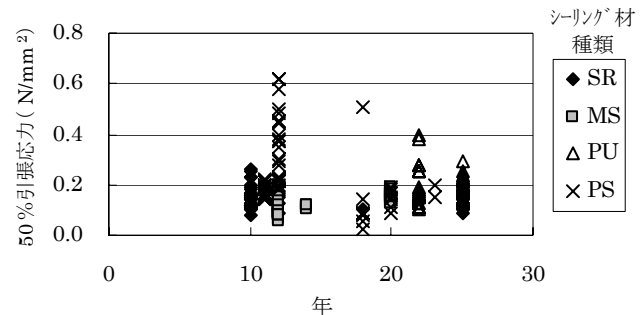


図-6 引張試験結果 (種類別)

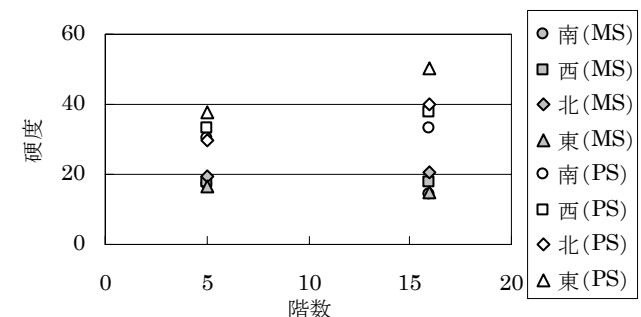


図-7 ゴム硬度測定結果 (同一建物)

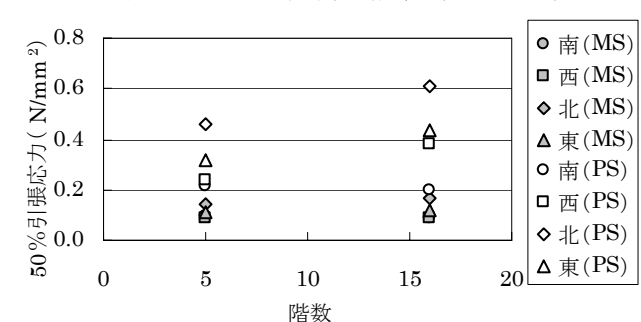


図-8 引張試験結果 (同一建物)

今後も調査を継続して実施し、データ数を増やすとともに、環境条件、被着体、ジョイントムーブメントも加味して分析・検討していく予定である。

「参考文献」

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修: 建築防水の耐久性向上技術, 技報堂出版, 1987. 4
- 2) 日本建築学会: 外壁接合部の水密設計および施工に関する技術指針・同解説, 日本建築学会, 2008. 2
- 3) 高橋愛枝他: 10年以上経過した超高層建物のシーリング材の劣化調査 その1 目視調査による劣化状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 75~76, 2009. 8
- 4) 永井香織他: 10年以上経過した超高層建物のシーリング材の劣化調査 その2 物性試験による劣化状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集A, pp. 77~78, 2009. 8