

アルミ手摺り補修工法の開発

Development of Repair Method for Aluminum Balcony Handrail

蓮尾 孝一 KOICHI HASUO

建築工事管理部 蝦名 浩二 KOJI EBINA

建築技術部 西脇 靖洋 YASUHIRO NISHIWAKI

経年劣化したアルミ製の手摺りの補修工法を開発するため、バルコニー部材の手摺り支柱埋設部のコンクリートのひび割れや欠損を再現し、これに対してひび割れ注入、アラミド繊維シート被覆、断面修復、剥落防止塗料などの補修方法を施し、その効果を確認することを目的とした実験を行った。その結果、今回実施したバルコニー手摺り支柱埋設部への補修方法は不具合のない健全な状態のものと同等、ないしはそれ以上の耐荷重があり、いずれの方法も補修効果が認められた。

キーワード：劣化、補修、バルコニー、手摺り

The authors examined various repairing methods for aluminum balcony handrail by experimental study. At the experiment, some defects that crack or lack of concrete were simulated and epoxy infusion, aramid-fiber-sheet coating, mortar patching and prevention paint for exfoliation were studied. As a result, it is confirmed that every repairing methods examined here were effective for deterioration.

Key Words: Deterioration, Repair, Balcony, Handrail

1. はじめに

集合住宅（マンション）が一般的に建築され初めてから約50年が経過した。それに伴い集合住宅のストックが増加かつ築年数が長いものが増え、多くの建物で経年劣化が発生している。これらの背景によって、補修・補強が必要な建物も増加し、多くの改修工事が実施されている状況である。改修工事や点検・検査作業時において建物の劣化程度を確認するが、集合住宅の外床（バルコニー）に取り付けてある手摺り及びその周辺のコンクリートが劣化し、安全上問題である事例があることが判明している。その一例を表-1に示す。状況としては、手摺り支柱そのものが劣化している、手摺り支柱取り付け部のコンクリートが劣化している、ないしはその両方である。

劣化した手摺りおよびコンクリートは、補修・補強・取替えなどの対策が必要になる。手摺りはバルコニーのほぼ先端に設置されており、かつその対策工事は基本的に住宅に居住しながらの工事になるため、建物外部からの作業となる。対策として劣化が著しい場合は、補強や取替えが必要であるが、軽微な劣化の場合は、補修でも安全性を確保できると考えられる。本報告では、集合住宅に実績が多いアルミ製の手摺りの支柱埋設部について、

超高層集合住宅での施工要求条件（低騒音、ゴンドラ作業、飛散防止、経済性等）を考慮した補修工法について検討した。

表-1 バルコニー手摺部劣化状況例

築年数	事象	原因	写真
28年	手摺亀裂	充填グラウトのアルカリによるアルミ腐食	
17年	コンクリートひび割れ	凍結融解、他	
21年	鋼製芯材発錆	塩害、異種金属接触による腐食	
32年	コンクリート欠損 手摺溶解	充填グラウトのアルカリによるアルミ腐食、手摺膨張圧	
16年	コンクリート欠損 手摺溶解	充填グラウトのアルカリによるアルミ腐食、手摺膨張圧	

表-2 使用材料

項目	仕様	品名	メーカー
補修材料	ひび割れ注入	エポキシ樹脂	ボンド E206 コニシ(株)
	断面修復	ポリマーセメントモルタル	ドカモルハード Q 日本化成(株)
	補修用繊維	アラミド繊維シート	AK-40/40(繊維量:650g/m ²) AK-20/20(繊維量:325g/m ²) ファイバックス(株)
	剥落防止塗料	ポリウレタン樹脂	タフガードスマートバルーン工法 日本ペイント(株)
ポリウレタン樹脂		RT ワンガード工法 (株)ダイフレックス	
手摺支柱	支柱内充填	高強度無収縮モルタル	トータツモルタル(シリーズ I) トータツライト H120(シリーズ II) 東京鐵鋼(株)
	支柱アンカー内充填	無収縮モルタル	フィルコン-R 住友大阪セメント(株)

表-3 試験体一覧

シリーズ	試験体 No	劣化状態	補修方法	補修材料	備考
I	①,②	無し	-	-	健全試験体
	⑩,⑫	ひび割れ	ひび割れ注入	エポキシ樹脂注入	
	③,⑨	ひび割れ	ひび割れ注入+ 繊維シート貼り	エポキシ樹脂注入 +アラミド繊維シート(AK-40/40)	
	④,⑪	ひび割れ	繊維シート貼り	アラミド繊維シート	
	⑤,⑧	断面欠損	断面修復	ポリマーセメントモルタル	アンカーピンφ4mm×4 +ステンレス線φ0.6mm
	⑥,⑦	断面欠損	断面修復+ 繊維シート貼り	ポリマーセメントモルタル +アラミド繊維シート(AK-40/40)	アンカーピンφ4mm×4 +ステンレス線φ0.6mm
II	③,④	無し	-	-	健全試験体
	①,②	ひび割れ	無し	-	無補修試験体
	⑨,⑪	ひび割れ	繊維シート貼り	アラミド繊維シート(AK-20/20)	
	⑩,⑫	ひび割れ	繊維シート貼り	アラミド繊維シート(AK-20/20)	貼付け範囲:狭(450)
	⑤,⑥	ひび割れ	剥落防止塗料	タフガードスマートバルーン工法	
	⑦,⑧	ひび割れ	剥落防止塗料	RT ワンガード工法	

2. 実験

(1) 目的

経年劣化したアルミ製の手摺りの補修工法を開発するため、バルコニーを模擬した部材による実験を行った。実験ではバルコニー部材の手摺り支柱埋設部のコンクリートのひび割れや欠損を再現し、これに対して各補修方法を施し、その効果を確認することを目的とした。実験は2シリーズに分けて実施した。

(2) 試験体

使用材料を表-2に示す。アラミド繊維シートは二方向繊維のものであり、単位面積当たりの繊維量により二種類とした。剥落防止塗料は、比較的膜厚が厚い塗装で、コンクリート部材に塗布する事で劣化した部分の剥落および落下を防ぐ機能を有するものであり、主に土木構造物に適用されている。コンクリート断面修復用モルタル、および支柱アンカー内充填モルタルは、一般的に用いられているものである。また支柱内部には、加力時に支柱そのものが変形し、支柱埋設部の補修効果を把握できな

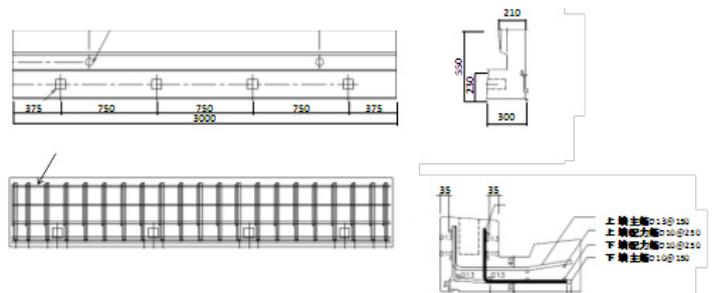


図-1 模擬バルコニー試験体

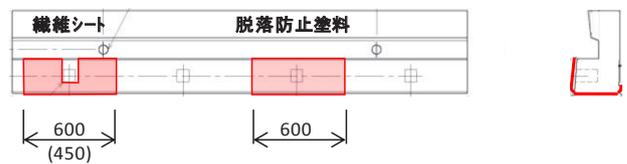


図-2 アラミド繊維シート貼り, 剥落防止塗料範囲



写真-1 断面欠損状況

写真-2 ひび割れ状況

くなる事を防ぐため、高強度無収縮モルタルを充填して支柱の剛性を向上させた。

試験体一覧を表-3に示す。実験の要因は、劣化状態および補修方法である。劣化状態は、劣化無し、コンクリート断面欠損(写真-1)、ひび割れ発生(写真-2)の3水準とした。補修方法は、ひび割れに対してはエポキシ樹脂注入、アラミド繊維シート貼り、エポキシ樹脂注入+アラミド繊維シート貼り、および剥落防止塗料の4水準である。コンクリート欠損には、ポリマーセメントモルタル修復、およびポリマーセメントモルタル修復+アラミド繊維シート貼りの2水準とした。試験体はそれぞれ2体ずつである。

図-1にバルコニー部材試験体を示す。部材は、幅3,000×奥行550×高さ300mmで、手摺りが取り付けられるバルコニー部の先端部分を模擬している。試験体は以下の手順で作製とした。

- 1) PCa工場にて、模擬バルコニー部材を作製。
- 2) 支柱取付け部コンクリートに不具合(ひび割れ, な

表-4 使用材料試験結果

箇所	材料	シリーズ	材齢(日)	圧縮強度(N/mm ²)
断面修復	NSトカモルハード Q	I	32	48.7
支柱取付け	フィロン-R	I	38	77.0
		II	29	80.7
支柱充填	トテツモルタル	I	41	76.6
	トテツライト H120	II	47	141

いは欠損)を発生させる。

- 3) 支柱(鋼管□50×50 t =350 mm:剛性向上のため、内部に高強度無収縮モルタルを充填)を取付ける。
- 4) 劣化部分に表-3に示す方法にてそれぞれ補修を行う。

図-2にアラミド繊維シート、および脱落防止塗料の範囲を示す。図中の()内の値は、シリーズIIの試験体⑩、⑫のアラミド繊維シートの貼り範囲を示している。

表-4に使用材料の圧縮強度試験結果を示す。材料試験は、加力時の材齢で行った。

(3) 加力方法

図-3に加力方法を示す。油圧ジャッキにより手摺り支柱に加力した。また手摺り支柱、および支柱前面のコン

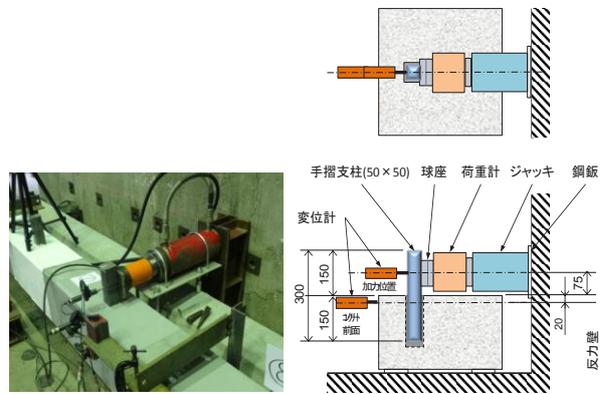


写真-3 加力状況

図-3 加力方法

表-5 支柱加力試験結果

シリーズ	試験体 No	劣化状態	補修方法	ひび割れ時			最大時		
				モーメント (N・m)	変位(mm)		モーメント (N・m)	変位(mm)	
					加力位置	コンクリート前面		加力位置	コンクリート前面
I	1 (①)	無	-	14.25	0.81	0.06	14.32	0.84	0.07
	2 (②)			17.33	0.83	0.17	17.85	1.09	0.27
	3 (⑩)			20.73	0.93	0.00	21.12	1.05	0.00
	4 (⑫)	ひび割れ	エポ注入	25.96	1.35	0.23	38.97	5.06	1.54
	5 (③)			31.99	1.85	0.48	33.68	2.45	0.72
	6 (⑨)	ひび割れ	エポ注入+アラミド繊維	28.25	1.05	0.03	47.21	5.99	1.46
	7 (④)			26.88	1.04	0.20	33.68	2.45	0.72
	8 (⑪)	ひび割れ	アラミド繊維	21.05	1.19	0.23	39.11	5.81	1.93
	9 (⑤)			14.39	0.54	0.04	18.31	1.48	0.36
	10 (⑧)	断面欠損	断面修復	10.13	0.33	0.02	15.11	1.23	0.29
	11 (⑥)	断面欠損	断面修復+アラミド繊維	24.99	0.24	0.51	32.76	5.03	1.93
	12 (⑦)			23.08	1.11	0.22	32.31	4.81	1.76
II	1 (③)	無	-	-	0.71	0.05	32.72	1.57	0.44
	2 (④)			-	0.73	0.05	33.21	1.44	0.30
	3 (⑨)	ひび割れ	アラミド繊維	-	-	-	50.96	3.92	1.44
	4 (⑪)			-	-	-	51.61	1.93	0.47
	5 (⑩)	ひび割れ	アラミド繊維範囲狭	-	-	-	44.68	3.88	1.44
	6 (⑫)			-	-	-	47.00	4.59	1.77
	7 (⑤)	ひび割れ	タフガード	-	-	-	36.05	1.58	0.11
	8 (⑥)			-	-	-	32.11	2.23	0.23
	9 (⑦)	ひび割れ	RTワンガード	-	-	-	35.76	1.47	0.36
	10 (⑧)			-	-	-	31.44	1.52	0.37
	11 (①)	ひび割れ	無	-	-	-	31.32	1.99	0.67
	12 (②)			-	-	-	30.13	1.61	0.47

クリート表面の変位(膨れ)を変位計により測定した。加力時の状況を写真-3に示す。

(4) 試験結果

表-5にコンクリートひび割れ時、および荷重最大時のモーメント、支柱加力位置変位、コンクリート前面変位を示す。また表-6に健全(不具合無)試験体の結果との比較するため、各補修試験体と健全試験体とのひび割れ時荷重、および最大荷重の比、支柱加力位置およびコンクリート前面変位の比を示す。なお比率の算定は、それぞれ2体ある試験体の平均値を用いている。

シリーズIでは、ひび割れ時荷重を比較すると断面欠損不具合をモルタルのみで断面修復した試験体が健全試験体より0.78倍と低い値であり、その他ものは1.48~1.91倍と高い値であった。最大荷重の比較では、断面欠損不具合をモルタルのみで断面修復した試験体が健全試験体と1.04倍とほぼ同等、その他ものは1.87~2.51倍と高い値であった。特にアラミド繊維シートで補修したものは、いずれの不具合においても健全試験体の2倍以上の最大荷重であり、補修効果が高い。ひび割れ荷重時における加力位置での支柱変位は、断面修復試験体が健全試験体の0.53~0.83倍と小さく、ひび割れに樹脂注入した試験体は0.40~1.78倍と大きい。最大時における加力位置での支柱変位では、全ての補修試験体で健全試験体の1.41~5.12倍であった。

シリーズIIでは、アラミド繊維シートで補修した試験体の最大荷重は、健全試験体の1.39~1.56倍と高い。剥落防止塗料で補修したものは1.03~1.02倍とほぼ同等、未補修試験体は0.93倍と低い値であった。最大荷重時における加力位置での支柱変位では、RTワンガード補修のものが健全試験体の0.99倍とほぼ同等、その他の試験

表-6 健全試験体との比較

シリーズ	不具合	補修	ひび割れ時			最大時		
			荷重	変位		荷重	変位	
				加力位置	コンクリート前面		加力位置	コンクリート前面
I	ひび割れ	エポ注入	1.48	1.40	1.01	1.87	3.18	4.51
	ひび割れ	エポ注入	1.91	1.78	2.22	2.51	4.39	6.37
	ひび割れ	アラミド繊維(AK40/40)				2.26	4.30	7.75
	断面欠損	断面修復	0.78	0.53	0.27	1.04	1.41	1.91
	断面欠損	断面修復	1.52	0.83	3.13	2.02	5.12	10.78
II	ひび割れ	アラミド繊維(AK20/20)				1.56	1.94	2.58
	ひび割れ	アラミド繊維(AK20/20) 範囲狭				1.39	2.81	4.34
	ひび割れ	タフガード				1.03	1.27	0.46
	ひび割れ	RTワンガード				1.02	0.99	0.99
	ひび割れ	無				0.93	1.20	1.54

体は健全試験体の1.20~2.81倍であった。アラミド繊維シートについて繊維量の影響を最大時荷重で比較すると、AK20/20が健全試験体の1.56倍、AK-40/40が2.26倍と繊維量が多いと補修効果が高い。また貼付け広さで比較すると、狭いものは健全試験体の1.39倍であり広い方が補修効果が高い。

表-7にコンクリート表面変位0.1、および0.3mm時の荷重とその時点での支柱変位、またその荷重比を示す。表右側のグラフは、それぞれの試験体においてコンクリート変位0.10mm、および0.3mm時の荷重を示している。これは前面コンクリートの変位(膨らみ)量をコンクリートのひび割れ幅とみなし、コンクリートひび割れの補修の判断基準¹⁾(0.1mm,0.3mm)を考慮したものである。

シリーズIでは、試験体⑧を除き補修したものはコンクリート表面変位0.1、および0.3mm時の荷重が無補修試験体より大きく補修効果がある。またコンクリート表面変位0.1mm時荷重と0.3mm時荷重を比較すると、健全

表-7 コンクリート表面変位と荷重

シリーズ	試験体	不具合	補修	コンクリート変位0.1mm		コンクリート変位0.3mm		荷重比	
				荷重(kN)	支柱変位(mm)	荷重(kN)	支柱変位(mm)	コンクリート変位0.3mm/0.1mm	平均
I	1(①)	無	—	14.00	0.91	11.90	1.45	0.85	0.98
	2(②)	無	—	16.02	0.63	17.66	1.17	1.10	
	3(③)	ひび割れ	エポ注入	18.90	1.96	17.33	2.43	0.92	
	4(④)	ひび割れ	エポ注入	20.67	0.91	19.62	1.45	0.95	
	5(⑤)	ひび割れ	エポ注入	21.19	0.65	29.04	1.35	1.37	
	6(⑥)	ひび割れ	アラミド繊維(AK40/40)	32.50	1.41	38.19	2.25	1.18	
	7(⑦)	ひび割れ	アラミド繊維	21.91	0.87	27.01	1.56	1.23	
	8(⑧)	ひび割れ	アラミド繊維	15.43	0.62	23.15	1.42	1.50	
	9(⑨)	断面欠損	断面修復	17.33	0.85	18.05	1.33	1.04	
	10(⑩)	断面欠損	断面修復	12.10	0.62	15.11	1.26	1.25	
	11(⑪)	断面欠損	断面修復	19.36	0.65	25.70	1.36	1.33	
	12(⑫)	断面欠損	アラミド繊維(AK40/40)	18.90	0.70	25.11	1.37	1.33	
II	1(⑬)	無	—	28.15	0.82	30.88	1.27	1.10	1.09
	2(⑭)	無	—	30.73	0.96	33.15	1.45	1.08	
	3(⑮)	ひび割れ	アラミド繊維(AK20/20)	27.69	0.64	38.74	1.26	1.40	
	4(⑯)	ひび割れ	アラミド繊維(AK20/20)	31.02	0.69	47.37	1.45	1.53	
	5(⑰)	ひび割れ	アラミド繊維(AK20/20)	26.05	0.83	33.70	1.37	1.29	
	6(⑱)	ひび割れ	範囲狭	29.94	0.87	44.65	1.63	1.49	
	7(⑲)	ひび割れ	タフガード	24.81	0.65	36.06	1.38	1.45	
	8(㉑)	ひび割れ	タフガード	20.69	0.87	30.43	1.57	1.47	
	9(㉒)	ひび割れ	RTワンガード	28.44	0.75	35.47	1.33	1.25	
	10(㉓)	ひび割れ	RTワンガード	21.64	0.75	31.19	1.36	1.44	
	11(㉔)	ひび割れ	無	17.52	0.50	26.81	1.12	1.53	
	12(㉕)	ひび割れ	無	20.17	0.60	28.80	1.21	1.43	

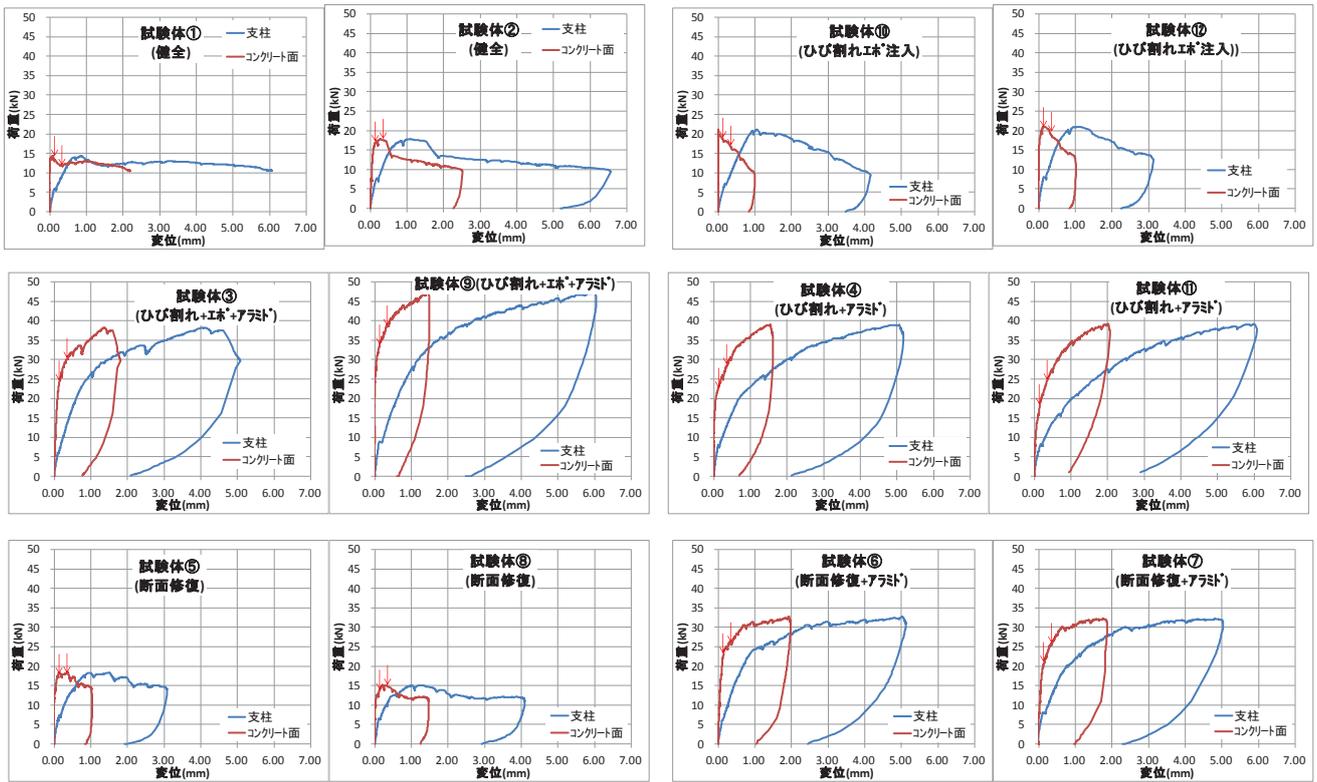


図-4 荷重と変位の関係 (シリーズ I)

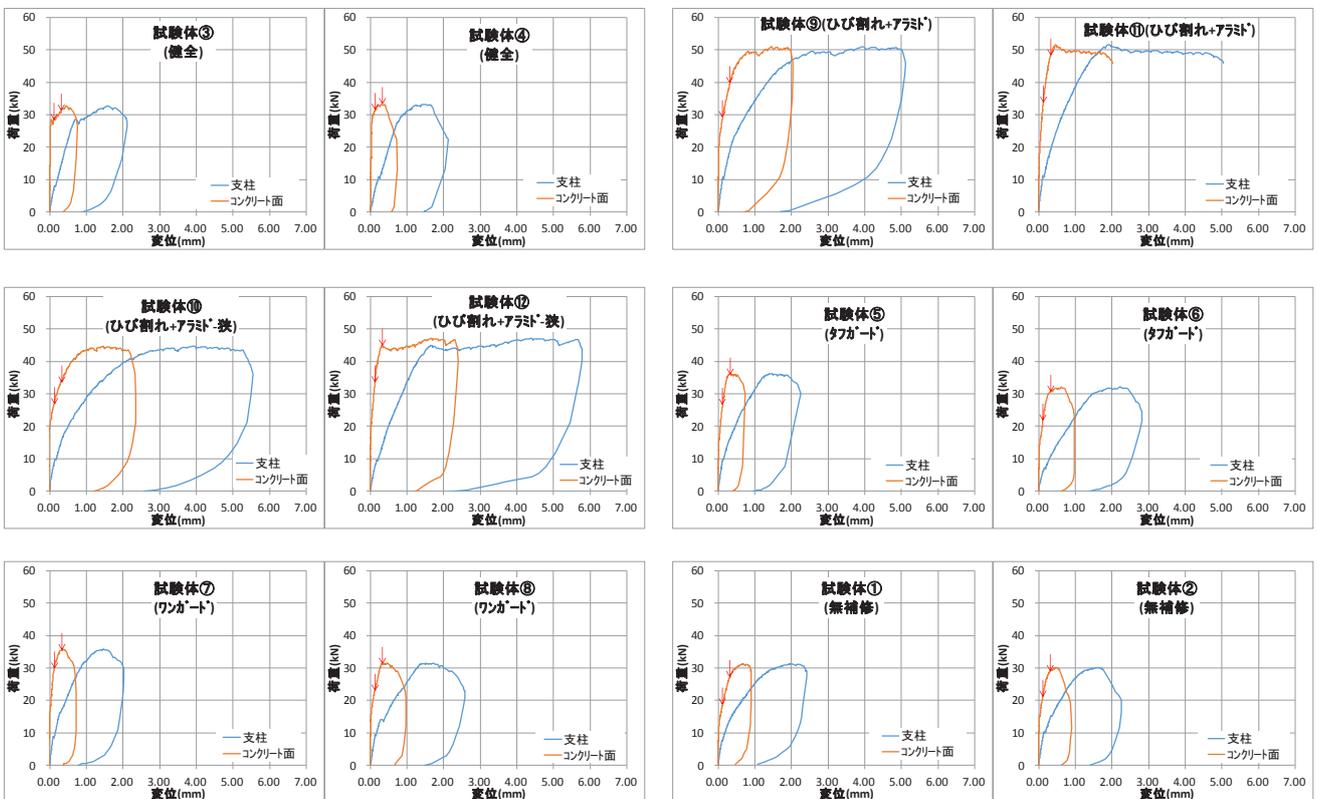


図-5 荷重と変位の関係 (シリーズ II)

試験体およびひび割れエポキシ注入補修したものは、0.93～0.98倍と荷重の増進はなかった。それ以外のものは、1.15～1.37倍に荷重が増大した。

シリーズⅡでは、補修したものはコンクリート表面変位0.1mm時荷重が健全試験体と同等ないしはやや小さいが、無補修試験体より大きい。コンクリート表面変位0.3mm時の荷重は、健全試験体と同等ないしはやや大きく、無補修試験体より大きく補修効果がみられた。またコンクリート表面変位0.1mm時荷重と0.3mm時荷重を比較すると、健全試験体は、1.09倍と荷重の増進はなく、補修したものは1.34～1.46倍に荷重が増大した。

図-4～5に荷重と変位の関係を示す。図中の矢印は、コンクリート表面変位0.1mm、および0.3mmを示している。健全試験体(シリーズⅠ:①,②,シリーズⅡ:③,④)は、ひび割れ後コンクリート表面変位0.3mmまで荷重はほぼ同等であり、その後変位が大きくなるにつれて荷重がやや低下した。ひび割れをエポキシ樹脂注入で補修したもの(シリーズⅠ:⑩,⑪)は、ひび割れ後コンクリート表面変位0.3mmまで荷重はほぼ同等、その後荷重が低下した。ひび割れをアラミド繊維シートで補修したもの(シリーズⅠ:④,⑪,シリーズⅡ:⑨～⑫)は、ひび割れ後も荷重は増大し、支柱変位が5mm以上、コンクリート表面変位1mm以上でも荷重の低下はなく、健全試験体より大きな荷重を維持した。ひび割れをエポキシ樹脂注入+アラミド繊維シートで補修したもの(シリーズⅠ:③,⑨)では、ひび割れ後の荷重増加が顕著であり、健全試験体の2～3倍の荷重を維持した。ひび割れを剥落防止塗料で補修したもの(シリーズⅡ:⑤～⑧)は、健全試験体とほぼ同様の荷重と変位の関係であった。

コンクリート断面欠損をポリマーセメントで修復したもの(シリーズⅠ:⑤,⑧)は、健全試験体とほぼ同様の荷重と変位の関係であった。またポリマーセメント+アラミド繊維シートで補修したもの(シリーズⅠ:⑥,⑦)は、ひび割れ後の荷重増加が顕著であり、健全試験体の約2倍の荷重を維持した。

3. まとめ

経年劣化したアルミ製の手摺りの補修工法を開発するため、バルコニー部材の手摺り支柱埋設部のコンクリートのひび割れや欠損を再現し、これに対して各補修方法を施し、その効果を確認することを目的とした実験を行った。その結果を以下にまとめる。

① 今回実施した各補修方法は、不具合が無い健全試験

体と同等、ないしはそれ以上の耐荷重を有していることがわかった。

- ② コンクリートのひび割れへの補修では、エポキシ樹脂を注入したものは、ほぼ健全試験体と同等な耐荷重性能になった。
- ③ アラミド繊維シートによるひび割れ補修の効果は顕著であり、健全試験体の2～3倍の耐荷重であった。またアラミド繊維シートの繊維量が多い程、また貼付け面積が広い程、補修効果が高い。
- ④ ひび割れを剥落防止塗料で補修したものは、健全試験体とほぼ同様の耐荷重であった。
- ⑤ コンクリート欠損への補修では、ポリマーセメントによるものはほぼ健全試験体と同等な耐荷重性能になった。
- ⑥ ポリマーセメント+アラミド繊維シートで補修したものは、健全試験体の約2倍の耐荷重であった。

以上より、今回実施したバルコニー手摺り脚元への補修方法は不具合の無い健全な状態のものと同様、ないしはそれ以上の耐荷重があり、いずれも補修効果が認められた。

参考文献

- 1) 高耐久鉄筋コンクリート造設計・施工指針(案)同解説, 日本建築学会, 1991