

論文

[2030] 長期持続荷重を受けた隙間充填アンダーカットアンカーの耐荷性状

大岡督尚 *1・竹下輝 *2・本田義博 *3・丸山久一 *4

1. はじめに

あと施工アンカーは、施工程度による耐力や剛性のばらつきが大きい。その中でもアンダーカットアンカー（以下UCアンカーと略す）は定着機構が明確で信頼性が高く注目されているが、先施工アンカーと比較した場合、特に変形性状が劣っている。この原因として構成部材間の隙間等が考えられる。また、この隙間は水や炭酸ガスの侵入を許すため、RC母材およびアンカーの耐久性上に悪影響を及ぼす。

本研究は、これらの問題を解決するため、アンカーセット後に隙間を充填する工法(図1参照)に着目し、充填による耐力と変形性状の改善効果を調べたものである。

UCアンカーの場合、隙間充填工法を用いると、耐力と変形性状が安定することを確認している[1][2]。そこで今回は、超微粒セメントスラリー(以下スラリー)を充填したUCアンカーについて、長期持続荷重を受けた場合の隙間充填効果を確認する実験を行った。

2. 試験概要

2.1 試験体

アンカーは表1に示すような、アンダーカットタイプのアンカー(UCアンカー)を使用した。母材のコンクリートは、早強ポルトランドセメントを用い、W/C58%、最大粗骨材寸法20mmのレディミクストコンクリートで、荷卸時のスランプは16.5cm、空気量は4.3%のものを使用した。コンクリートの強度および静弾性係数を表2に示す。母材の寸法は400(W)×300(B)×200(H)mmとし、上下2面にアンカーを打ち込んだ。

使用した充填材は表3に示す物性の超微粒セメントスラリーであり、グリースガンを用い、図1のような方法で充填を行った。アンカーの打込みはコンクリート材令8週で行い、9週に充填材を注入した。試験体は材令4週以降、20°C60%RHの恒温恒湿室に移動し、養生と試験を行った。

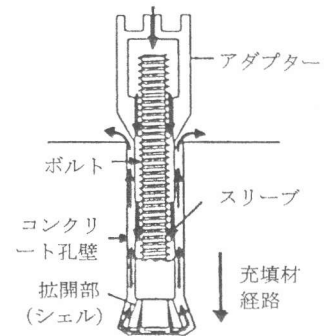


図1 充填状況

表1 使用アンカー概要

アンカー種類	アンダーカット
ボルト径(有効断面積)	M12(84.3mm ²)
ボルト材質	A4-70(JIS B1054)
実測ボルト最大耐力	7.0tonf(83kgf/mm ²)
実測スリーブ外径	17.7mm
埋込深さ	60mm

表2 コンクリートの強度および静弾性係数

養生	封蔵						気中
	材 齢(日)	28	98	248	379	463	
圧縮強度 kgf/cm ²	278	306	344	327	347	364	
引張強度 kgf/cm ²	32.3	36.4	35.1	29.6	32.5	—	
弾性係数×10 ⁵ kgf/cm ²	2.63	2.76	2.71	2.78	2.92	2.68	

(気中養生は材齢99日まで封蔵 養生)

表3 充填材の物性

種 類	超微粒セメントスラリー
調 合	セメント:ポリマー溶液 = 1:0.4
比 重	1.85
圧縮強度	605kgf/cm ²
弾性係数	2.12×10 ⁵ kgf/cm ²

*1 東急建設(株)技術本部 技術研究所、(正会員)
 *2 東急建設(株)技術本部 建築技術部、(正会員)
 *3 東急建設(株)技術本部 技術研究所
 *4 長岡技術科学大学助教授 工学部建設系、Ph.D.(正会員)

コンクリートの乾燥収縮歪およびスラリーの乾燥収縮歪を図3に示す。

2.2 試験方法

(1) 持続荷重載荷方法

持続荷重の載荷は図4に示すように、天秤型の試験器におもりをぶら下げる方法で行った。荷重の検出は、固定用の全ネジボルトにひずみゲージを貼付し、校正を行い、その出力値から求めた。

持続荷重載荷に伴うアンカーの変位測定は、図5に示すような方法で、渦電流式変位センサーを使用して測定した。

持続荷重レベルは、同じ径の先施工頭付きアンカーボルトで使用される許容引張力[3]と同等の荷重(約1 tonf)、およびその1.5倍(約1.5 tonf)の荷重とした。

持続期間は10日と100日の2種類とした。

(2) アンカーの引抜試験方法

長期持続荷重を加えた試験体は、所定の期間に達した後、一旦荷重を完全に除荷し、図6に示す方法でアンカーの引抜試験を行った。

載荷は10tonfセンターホール型のオイルジャッキで行った。また、荷重検出は10tonfセンターホール型ロードセル、抜出し変位は25mm変位計を使用し、それらの出力を静歪み測定器で測定した。

3. 試験結果

表4に持続荷重を受けた試験体の引抜試験結果を、表5に持続荷重を受けていない試験体の引抜試験結果を示す。表中の剛性とは、1~2、2~3、3~4tonfの荷重範囲における、荷重と変位のデータから最小自乗法により傾きを求め、変位1mm当たりの荷重で表現した。また、1.5tonf持続荷重載荷試験体については、1.5tonfまで持続荷重の影響が含まれるため、剛性の1~2tonfの欄は1.5~2tonfの剛性を示した。また、最大耐力時変位において、充填材なしの場合は、アンカーのがたつきが引抜試験初期荷重時の変位に影響を及ぼすため、1~2tonfの剛性で0点補正を行った後の変位を示した。

図7、図8に持続荷重載荷に伴うアンカーの変位を示す。また、図9~20に引抜試験時の荷重-変位曲線を示す。

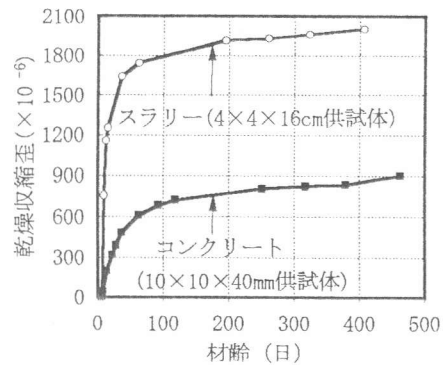


図3 コンクリートおよびスラリー乾燥収縮歪

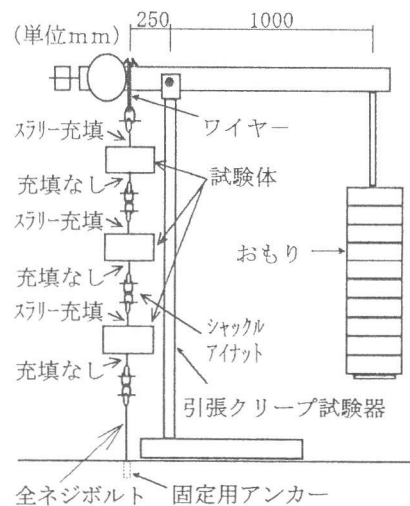


図4 持続荷重載荷方法

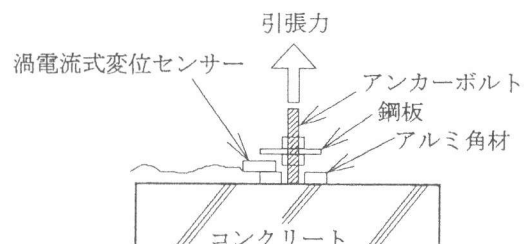


図5 持続荷重載荷時の変位測定方法

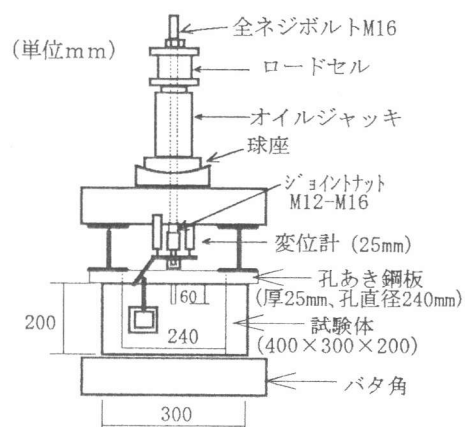


図6 アンカー引抜試験方法

表4 持続荷重を受けた試験体の引抜試験結果

持続荷重	充填材	コンクリート材齢(日)	持続日数(日)	供試体数	最大耐力 (tonf)		最大耐力時変位 (mm)		各荷重範囲の剛性 (tonf/mm)					
									1~2tonf		2~3tonf		3~4tonf	
					平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}
1 tonf	なし	107	10	9	4.69	0.30	4.79**	1.42	1.39	0.33	1.24	0.30	0.97	0.21
		198	100	8	4.97	0.44	4.91**	0.91	1.68	0.60	1.28	0.32	1.17	0.44
	スラー	107	10	9	5.41	0.35	2.61	0.52	5.89	3.28	3.07	0.83	1.84	0.36
		198	100	8	5.49	0.55	2.82	1.17	8.23	1.83	3.79	0.91	1.92	0.60
1.5 tonf	なし	268	10	9	4.65	0.28	3.51**	1.09	2.84*	1.26	1.53	0.60	1.01	0.39
		379	100	9	4.84	0.61	3.72**	0.45	2.41*	0.43	1.69	0.37	1.05	0.46
	スラー	268	10	9	5.05	0.36	2.46	0.62	9.08*	3.58	4.49	2.48	1.62	0.77
		379	100	8	5.17	0.29	2.26	0.57	11.02*	2.94	5.72	1.51	2.18	0.70

* 1.5tonf持続荷重載荷の試験体の1~2tonfの剛性は1.5~2tonfの剛性を示す。

** 充填材なしの試験体の最大耐力時変位は、1~2tonfの剛性で0点補正を行った後の変位を示す。

表5 持続荷重を受けていない試験体の引抜試験結果

持続荷重	充填材	コンクリート材齢(日)	持続日数(日)	供試体数	最大耐力 (tonf)		最大耐力時変位 (mm)		各荷重範囲の剛性 (tonf/mm)					
									1~2tonf		2~3tonf		3~4tonf	
					平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}	平均値	σ_{n-1}
0 tonf	なし	98	0	8	4.71	1.29	4.77**	1.11	1.19	0.13	1.29	0.24	1.10	0.29
		スラー	98	0	8	5.35	0.26	2.43	0.33	4.96	2.17	2.95	0.85	1.89
	なし	463	0	9	4.74	0.42	4.65**	0.93	1.28	0.27	1.36	0.16	1.17	0.26
		スラー	463	0	4	5.40	0.58	2.82	0.85	4.82	1.34	3.54	0.49	2.05

** 充填材なしの試験体の最大耐力時変位は、1~2tonfの剛性で0点補正を行った後の変位を示す。

3.1 持続載荷荷重と最大耐力との関係

載荷は3個の試験体をつないで行ったため、各段の荷重は、コンクリート自重(1体約53kg)の影響を受け、最下段と最上段では約159kgfの荷重差が生じる。実際に作用した荷重は、1tonf載荷のスラー充填で1.01~1.16tonf、充填なしが0.96~1.11tonf、1.5tonf載荷のスラー充填は1.51~1.69tonf、充填なしが1.38~1.63tonfであった。これらの荷重は、持続荷重を受けてない試験体における最大耐力の19~24% (1tonf載荷) および28~34% (1.5tonf載荷) の荷重に相当する。

3.2 持続荷重に伴う長期的変位の進行状況

おもりセット完了時の変位は、無載荷試験体の引抜試験における当該荷重時の変位(図11、14、17、20)と同様であるが、充填なしの場合は3~5日目まで、充填した場合は2~4日目まで変位が増加している。その後の変位増加は100日目までほとんど見られない。

充填なしの場合の最終変位量は、約1tonfの持続荷重で0.7~1.3mm、約1.5tonfの持続荷重で

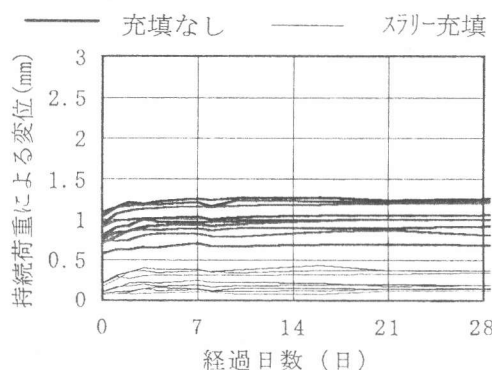


図7 持続荷重に伴う変位(1tonf載荷時)

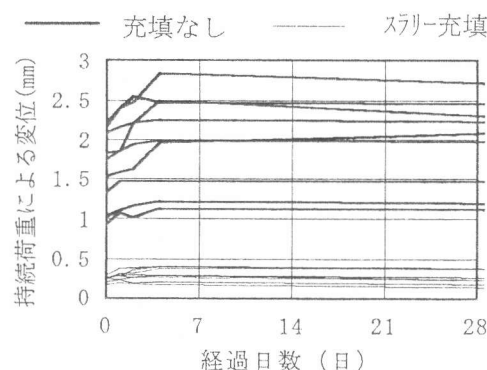


図8 持続荷重に伴う変位(1.5tonf載荷時)

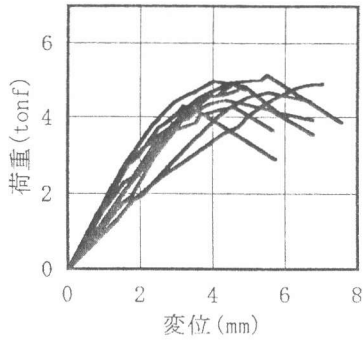


図9 荷重-変位曲線
1tonf10日載荷 充填なし

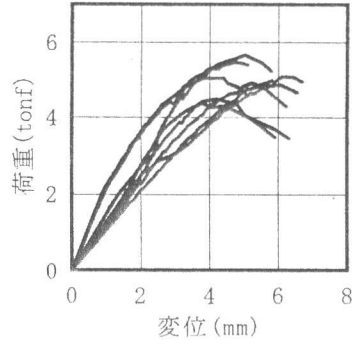


図10 荷重-変位曲線
1tonf100日載荷 充填なし

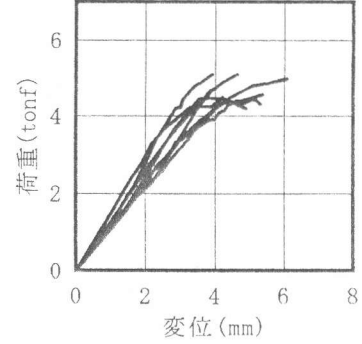


図11 荷重-変位曲線
無載荷材齢98日 充填なし

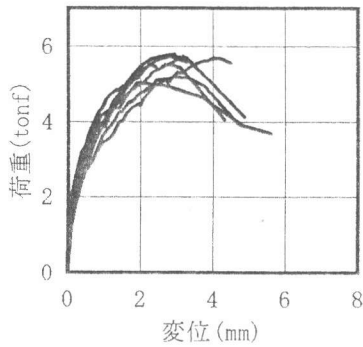


図12 荷重-変位曲線
1tonf10日載荷 スラリー充填

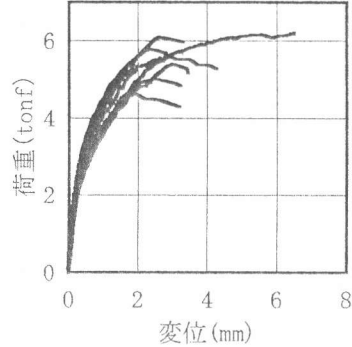


図13 荷重-変位曲線
1tonf100日載荷 スラリー充填

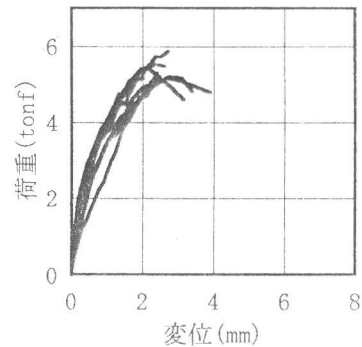


図14 荷重-変位曲線
無載荷材齢98日 スラリー充填

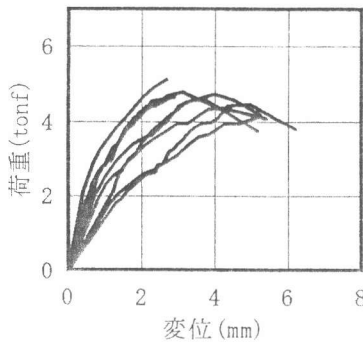


図15 荷重-変位曲線
1.5tonf10日載荷 充填なし

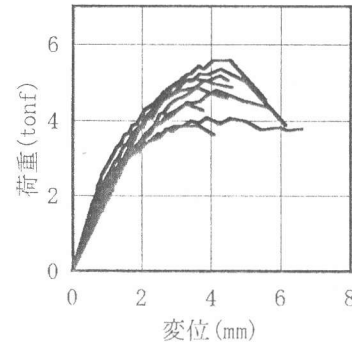


図16 荷重-変位曲線
1.5tonf100日載荷 充填なし

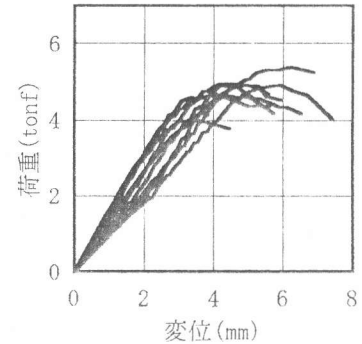


図17 荷重-変位曲線
無載荷材齢463日 充填なし

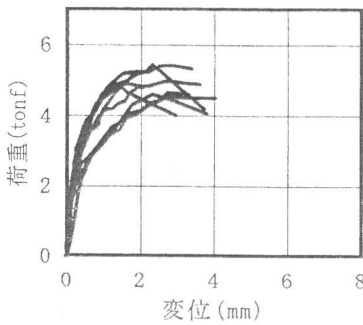


図18 荷重-変位曲線
1.5tonf100日載荷 スラリー充填

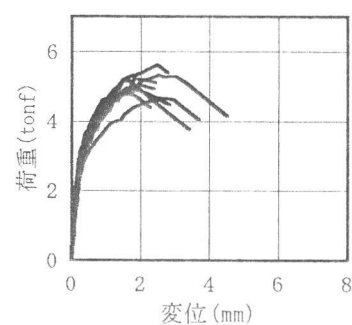


図19 荷重-変位曲線
1.5tonf100日載荷 スラリー充填

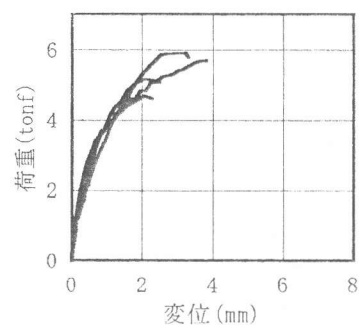


図20 荷重-変位曲線
無載荷材齢463日 スラリー充填

1.1~2.7mmであった。スラリーを充填した試験体では、持続荷重が約1 tonfの場合においても、約1.5tonfの場合においても0.2~0.4mmの最終変位量であった。

3.3 持続荷重履歴による静的耐荷性能

(1) 最大耐力の変化 (表4、表5、図21参照)

表5に示すように、持続荷重を受けない場合、スラリー充填試験体の最大耐力は、充填なしに比べて1割前後大きくなる。この傾向は、表4の持続荷重を受けた場合も同様である。なお破壊形状は、すべてコンクリートのコーン破壊であった。

持続荷重を受けた場合の最大耐力は、持続荷重期間が長いほど大きく、100日の最大耐力を10日と比べると、充填なしで4~6%、スラリー充填で1~2%とわずかではあるが大きくなっている。しかし、持続荷重の大きさによる最大耐力の違いを見ると、0tonfと1tonfではほとんど同じだが、1.5tonfでは1tonfに比べ、充填なしで1~3%、スラリー充填で6~7%小さくなっている。

(2) 剛性の変化 (表4、表5、図22、図23参照)

持続荷重を受けない場合、スラリー充填の剛性は充填なしに比べて、1~2tonfの荷重範囲では約4倍、2~3tonfでは約2.5倍、3~4tonfでは約1.7倍に高くなる。

持続荷重を受けても、スラリーを充填した方が剛性は高くなる傾向があり、図22、図23に示すように、小さい荷重範囲の剛性ほど、スラリー充填による剛性増大率は高くなる。また、持続荷重期間が長いほど、充填による剛性増大率は高くなる傾向があるが、持続荷重の大きさで比較すると、充填による剛性増大率の違いは見られない。

持続荷重を受けた場合と受けない場合を比較すると、持続荷重を受けることにより充填なしの剛性は、1~2tonfの荷重範囲で約1.2~2.2倍、2~3tonfでは約1.0~1.2倍に高くなる。スラリー充填の試験体も同様に、各荷重範囲で各々、約1.2~2.3倍、約1.0~1.6倍となっている。どちらの場合も持続荷重が大きいほど、また、持続期間が長いほどこの剛性増大率は高くなっている。

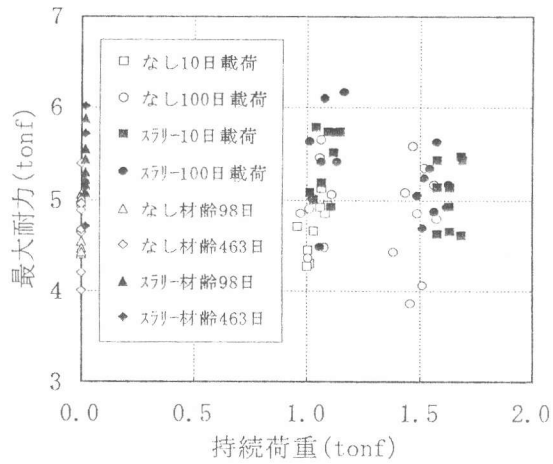


図21 持続荷重と最大耐力の関係

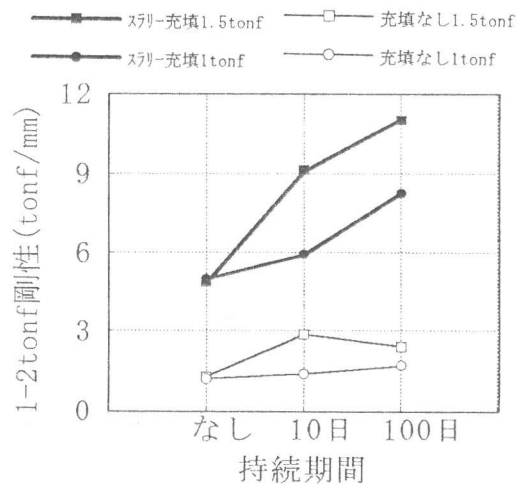


図22 持続荷重期間と剛性(1~2tonf)

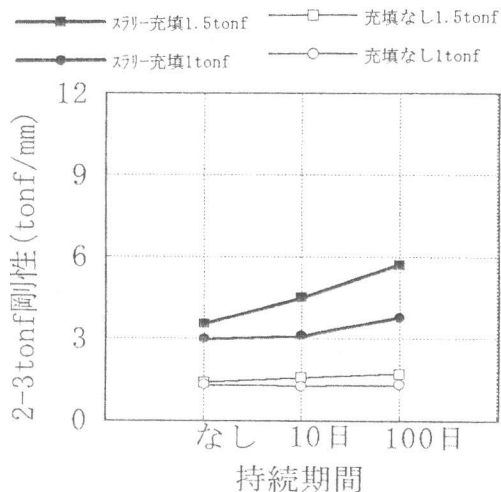


図23 持続荷重期間と剛性(2~3tonf)

4. 考 察

4.1 持続荷重に伴う長期的な変位

UCアンカーでは、最大耐力の1/5~1/3の持続荷重に伴う変位は、載荷後2~5日までに終息し、それ以降の長期的な変位増加はないと言える。

隙間充填なしで持続荷重を受けた場合は、持続荷重が大きいほど変位増加量やそのばらつきが大きくなる。しかし、隙間充填を行ったUCアンカーが持続荷重を受けた場合、1~1.5tonfの持続荷重の範囲では、変位増加量、最終変位量とも隙間充填を行わない場合と比較して小さく、安定していると言える。

4.2 持続荷重履歴による最大耐力の変化

持続荷重期間が長いほど、また、持続荷重が小さいほど、最大耐力は大きくなっているが、この割合は最大で約7%であり、コンクリート強度やアンカー耐力のばらつきの範囲内にあると考えられる。すなわち、最大耐力の1/5~1/3の持続荷重を受けても、UCアンカーの最大耐力は長期的にもほとんど変化せず、隙間充填の最大耐力改善効果もほとんど変わらないレベルで維持されていると言える。

4.3 持続荷重履歴による剛性の変化

UCアンカーでは、持続荷重を受けると剛性が増大していたが、これは張力導入により孔壁とのなじみが取れるのと同じ効果と考えられるが、持続荷重の大きさ以上の引抜き荷重に対しても剛性が向上していた。この向上率は、持続荷重が大きいほど、また、持続期間が長いほど高くなる事より、持続荷重の履歴によりUCアンカーの剛性は上がると言える。

これは隙間充填した方が顕著であり、最大耐力の1/5~1/3の持続荷重を受けても、隙間充填による剛性改善効果は持続荷重を受けない時と同等以上のレベルで維持されると言える。

5. おわりに

アンダーカットアンカーの隙間を超微粒セメントスラリーで充填すると、充填しないものと比較して、最大耐力および剛性が高くなることが確認された。

また、隙間充填アンダーカットアンカーは、静的な最大引抜き耐力の1/5~1/3の持続荷重を長期間受けても、隙間充填材の乾燥収縮やひび割れ、クリープ歪などが問題になる事はなく、持続荷重によりアンカーボルト・充填材・孔壁のなじみが十分にとれ、隙間充填による耐荷重性能改善効果は一層向上することがわかった。

参考文献

- 1) 中川ほか：樹脂注入を伴うあと施工アンカーボルトの耐荷性状、コンクリート工学年次論文報告集、1992.6
- 2) 大岡ほか：金属拡張アンカーの耐荷性状改善に関する研究（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993.9
- 3) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・同解説、日本建築学会、1985