

第3章 せん断応力に対する実験計画と結果

3-1 実験計画

本実験では、接着系あと施工アンカーが長期持続せん断力を受けた場合のアンカー筋のクリープ特性を把握するとともに先付けアンカーのクリープ特性と比較を行う。また当初は「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)」を参考にした検討を行ったが、試験装置が大型であることや、本実験で把握したい加力初期の微小変位の計測が困難であると判断したため、本特性を把握するための小型試験装置を考案することとした。さらに今後の普及を考慮して、長期加力装置として前章で考案されたたばね式を用いて実験を行った。

平成21年度は、クリープ試験の荷重設定を決めることと、試験方法の妥当性確認のために、最大耐力を確認する終局実験を行った。

本年度は、前年度に行った実験結果を参考にして、実際の設計時に想定される持続荷重を与えて実験を行った。

3-1-1 試験体概要

a) 試験体

表3-1にクリープ試験に用いた試験体番号、サイズ、アンカーの種類、付着長さ、コンクリート強度、載荷荷重について示した。この中に示した試験体番号は単体のものであり、実験には各試験時に2体を組み合わせて実験を行った。表3-2に各試験体の形状・寸法を示す。供試体は平成21年度の終局実験で使用したものと同様にへりあきの影響防止及び加力の安定性を考えて角形鋼管とした。角鋼管は外寸法175mm×175mm、厚さ6mmを使用した。またアンカー筋に材質S45C(JIS G4501)を用いた。アンカー筋の付着長さはM12:84mmおよびM20:140mmとした。また定着用に使った接着系あと施工アンカーは、平成21年度の実験と同様に表3-3の有機系カプセル方式アンカーを使用した。試験体内のコンクリートは平成21年度の実験と同様のコンクリート配合を用い、養生は室温下(茨城県稲敷市)で封緘養生とした。創意工夫した点として、拘束するために用いた型枠に、実験時に変位計のセンターがコンクリート表面と同位置にするために、面木を設置してコンクリートを打設した。写真3-1および3-2にその状況を示す。

試験体の製作方法は、型枠にて角鋼管の一方を押さえ、鋼管内にコンクリートを打設した。先付けアンカーに関しては型枠の中心に、アンカー筋を予め設置しておいてからコンクリートを打設した。



写真 3-1 型枠内 面木設置状況



写真 3-2 硬化後 面木設置された箇所

また、あと施工アンカーの設置は、片側を 45 度斜めカットされたアンカー筋をコンクリートの養生後、型枠面に表 3-4 に示す手順にて行った。その状況を写真 3-3、3-4、3-5 および 3-6 に示す。

表 3-1 クリープ特性試験因子一覧

No.	サイズ	付着種類	付着長さ	コンクリート 圧縮強度	コンクリート ヤング係数	載荷荷重 (kN)
			(mm)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
M12-C1	M12	先付けアンカー	84	35.2	3.36 × 10 ⁴	13.0
M12-C2						13.1
M12-C3						13.0
M12-C4						13.0
M12-P1	M12	あと施工アンカー	84			42.5
M12-P2						43.9
M12-P3						44.3
M12-P4						45.1
M20-C1	M20	先付けアンカー	140			42.5
M20-C2						43.9
M20-C3						44.3
M20-C4						45.1
M20-P1	M20	あと施工アンカー	140			42.5
M20-P2						43.9
M20-P3						44.3
M20-P4						45.1

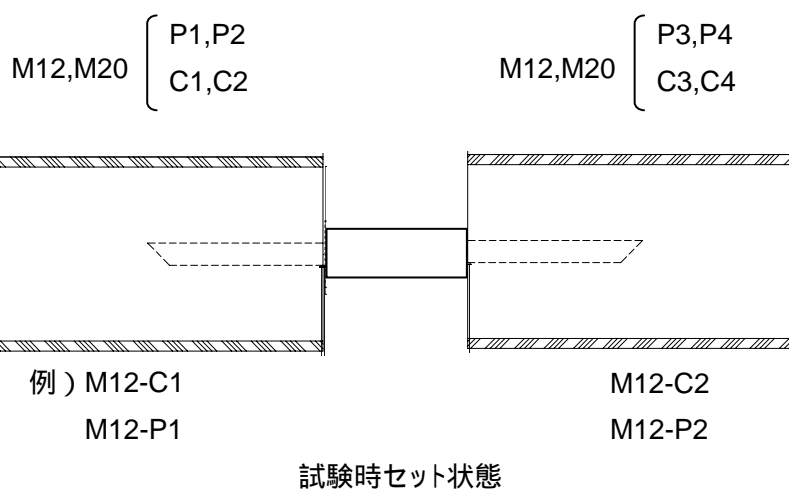


表 3-2 試験体の形状・寸法

付着長さ	あと施工アンカー：M12	あと施工アンカー：M20
7d		
付着長さ	先付けアンカー：M12	先付けアンカー：M20
7d		

表 3-3 接着系アンカー種類

種類	形式	施工標準	サイズ	穿孔径 (mm)
有機系カプセル方式	ガラス管	回転・打撃型	M12	14.0
			M20	24.0

表 3-4 あと施工アンカー施工手順

施工手順	詳細
準備	施工用具・工具・アンカー等の準備および確認する。
墨出し	定規によって鋼管(供試体)の中心位置に墨出しする。
穿孔深さ	ドリルビットに所定の穿孔深さをマークする。
穿孔	コンクリート面に対して垂直に穿孔する。 穿孔の際には、2方向(直角方向2辺)より目視によって垂直性を確認する。
集塵・ブラシがけ	専用ブラシおよび集塵機を用いて穿孔穴内を清掃する。
マーキング	アンカー筋に所定埋込み深さのマーキングをする。
カプセル挿入	カプセルの内容物の流動性や破損がないか確認した後、孔内に挿入する。
アンカー筋打設	アンカー筋に回転・打撃を与えながら、一定の速度でアンカー筋のマーキング位置が供試体のコンクリート表面に達するまで埋込む。この時、過剰攪拌を行わないよう注意する。
余剰樹脂除去	孔口に溢れ出た樹脂およびガラス管の破片等を除去する。この時、樹脂不足がないか確認する。
硬化養生	所定の硬化時間内はアンカー筋を動かさない。



写真 3-3 墨出し作業状況



写真 3-4 穿孔作業状況



写真 3-5 穿孔内清掃作業



写真 3-6 アンカー打設状況

b) 使用材料

表 3-5 に呼び強度 28.5 N/mm² コンクリートの配合表、配合条件、表 3-6 に打設日(平成 22 年 9 月 2 日)のフレッシュコンクリート試験結果、表 3-7 に硬化後のコンクリート試験結果(平成 22 年 10 月 22 日: 材齢 50 日)を示す。

表 3-5 全ねじボルトの材料特性

種類	サイズ:断面積 (mm ²)	降伏点強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び率 (%)
全ねじボルト S45C (JIS G4501)	M12:84.3	490 以上	690 以上	20 以上
	M20:245.0			

表 3-6 コンクリート配合表

呼び 強度 SL	配合強度 m (N/mm ²)	水セメン ト比 W/C (%)	細骨 材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スラン プ (mm)	空気 量 (%)
				セメン ト C	水 W	細骨 材 S	粗骨 材 G	混和 剤 Ad		
28.5	35.6	50.1	46.5	362	181	783	935	3.62	18	4.5

表 3-7 コンクリートの材料試験結果一覧

呼び強度 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	割裂引張強度 (MPa)
28.5	35.2	3.36 × 10 ⁴	2.39

3-1-2 加力計画

クリープ載荷試験においては、終局試験結果の3分の1を1つの目安として考えたが、今日異形棒鋼の設計上のせん断終局算定に使用されている「(財)建築防災協会発行：2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説²⁻¹」を用いて終局耐力を算出し、その3分の1で持続荷重を考えた。そうすることで、樹脂層に作用する応力がどの程度影響を及ぼすのか把握するために算出した。M12のアンカーでD13を想定しSD295A規格の応力、M20のアンカーでD19を想定しSD345規格の応力を用いて計算を行った。この値はS45Cのアンカー筋を用いた終局試験結果から得られた値の3.5~4.0分の1程度の荷重を持続荷重として加力することとなる。

載荷期間は、2010年10月26日から平成2011年2月3日の100日間とした。持続加力方法は、コイルばね式とした。その試験見取り図を図3-1と写真3-7および写真3-8に示す。また試験装置図を図3-2と写真3-9に示す。

アンカー筋へのせん断加力は、平成21年度と同様にコイルばねで発生させた応力を図3-3および写真3-10に示す、クレビスを介して行うこととした。

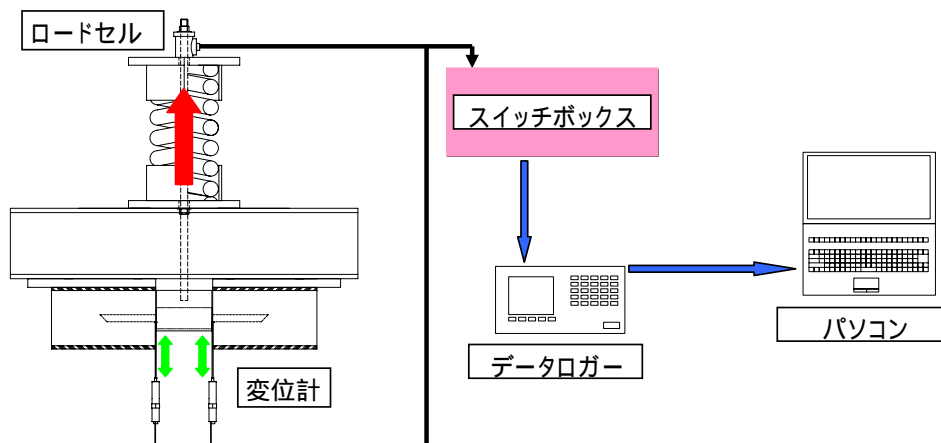


図 3-1 試験装置見取り図



写真 3-7 試験装置全景



写真 3-8 測定装置全景

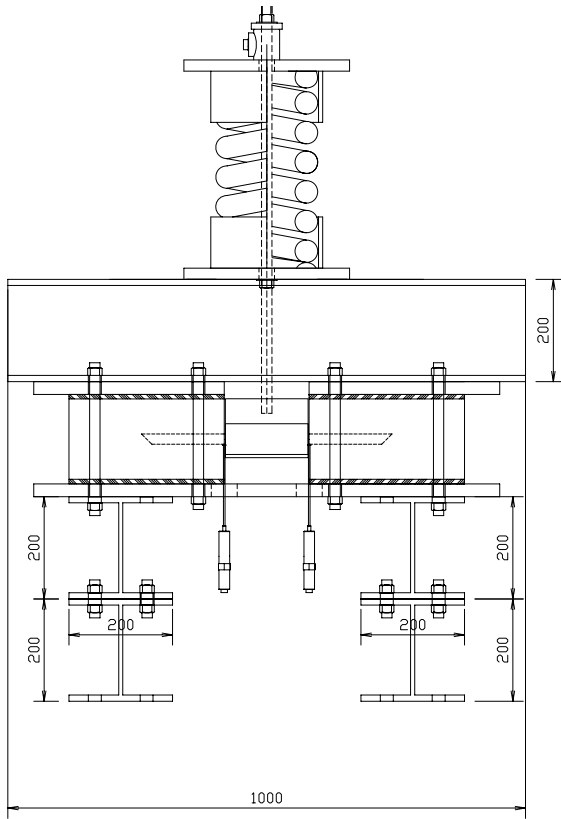


図 3-2 長期試験用載荷装置



写真 3-9 長期試験用載荷装置

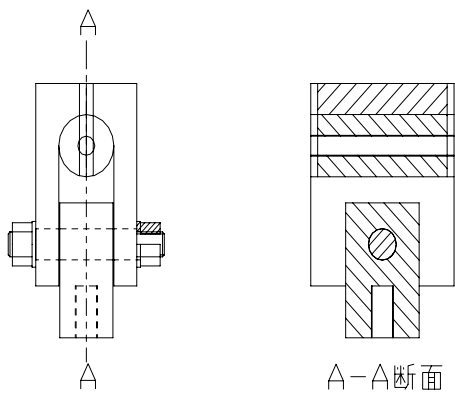


図 3-3 カプラおよびクレビス組立図



写真 3-10 クレビス（中央）

3-1-3 計測計画

クリープ試験はバネ式で行うために加力方向を平成 21 年度とは逆方向となる、上向きに加力を行い、アンカー筋の変位を直接、変位計で測定する方法とした。この方法は前年度と同様であるが、試験体に面木によって設けられた谷間と 2 本のアンカー筋を結ぶ、ターンバックルに設けた谷間の位置を合わせることで、変位計を設置する空間を準備した。そのため、コンクリート表面の位置におけるアンカー筋の変位を測定することが可能となった。その測定方法を写真 3-11 および 3-12 に示す。

実験の環境条件は、茨城県稲敷市地内の室内気中状態にて計測を行った。その計測状況を写真 3-13 および 3-14 に示す。



写真 3-11 変位計設置状況（試験装置下面）



写真 3-12 変位計設置状況（細部）



写真 3-13 計測状況その 1



写真 3-14 計測状況その 2

3-2 実験結果およびクリープ特性

- a) 図 3-4 から図 3-11 に各要因におけるせん断クリープ変形量と経過日数との関係を示す。なお、変形量は、長期載荷開始時からのものを表したものである。

図3-7、3-8、3-9、3-10および3-11の実験結果からは、荷重載荷開始から予定クリープ荷重に到達した時点の初期変位量に差があった。これらの傾向は、アンカー筋を試験体に設置する時点で生じる施工誤差によって、2つの試験体(表 3-1: 下端図参照)のアンカー筋が一直線上になっていないため、予定クリープ荷重に到達するまでに発生する初期変位量に差異が生じたと考えられる。

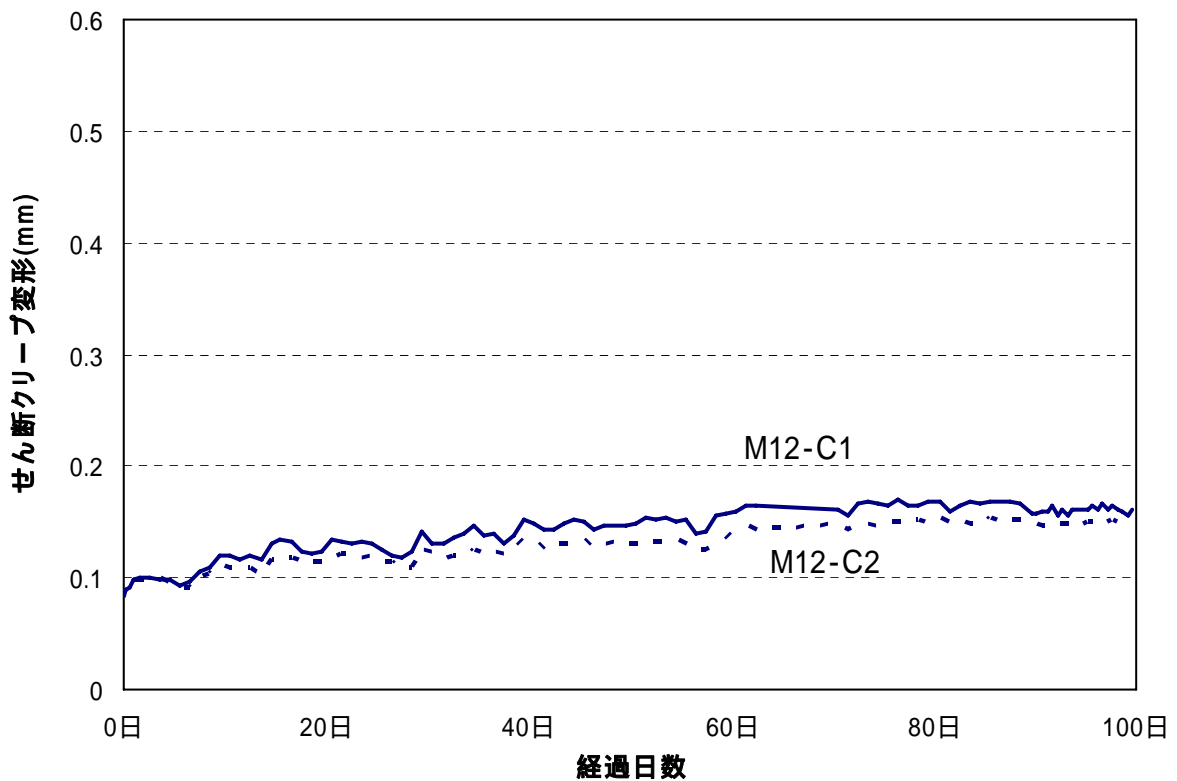


図 3-4 先付けアンカーM12-C1 および M12-C2

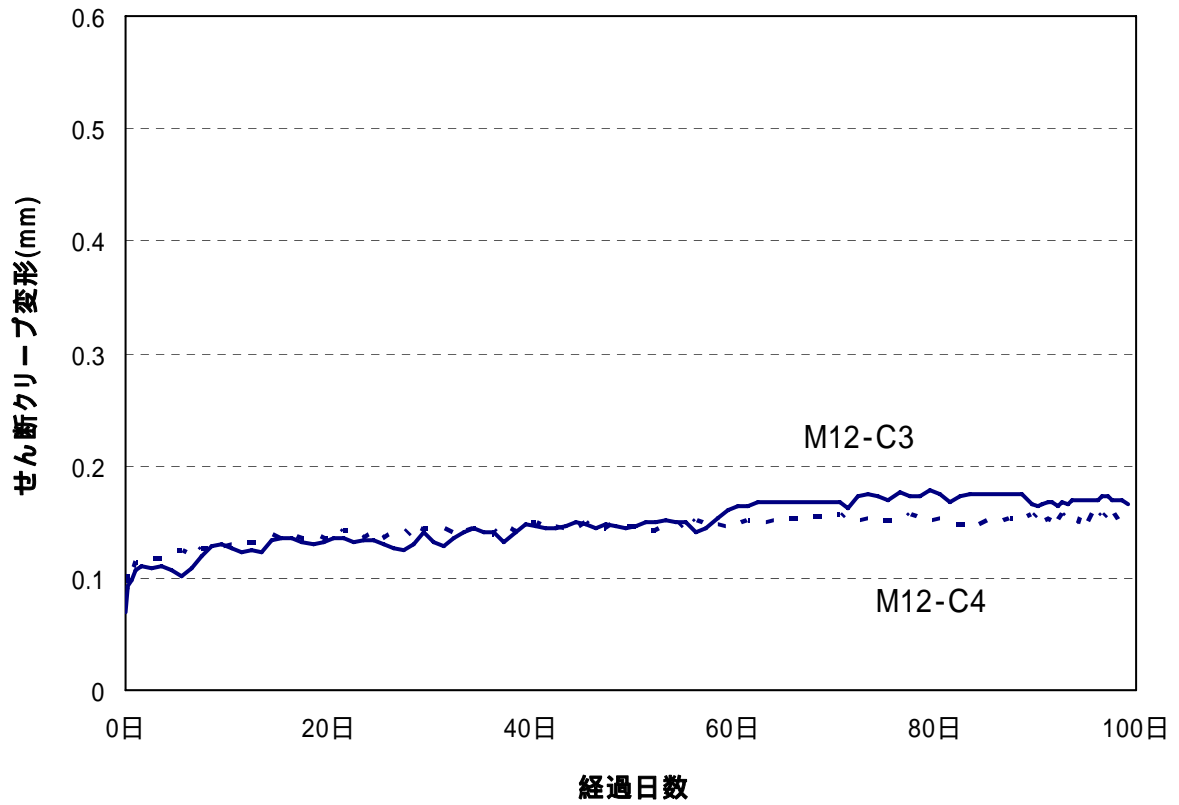


図 3-5 先付けアンカーM12-C3 および M12-C4

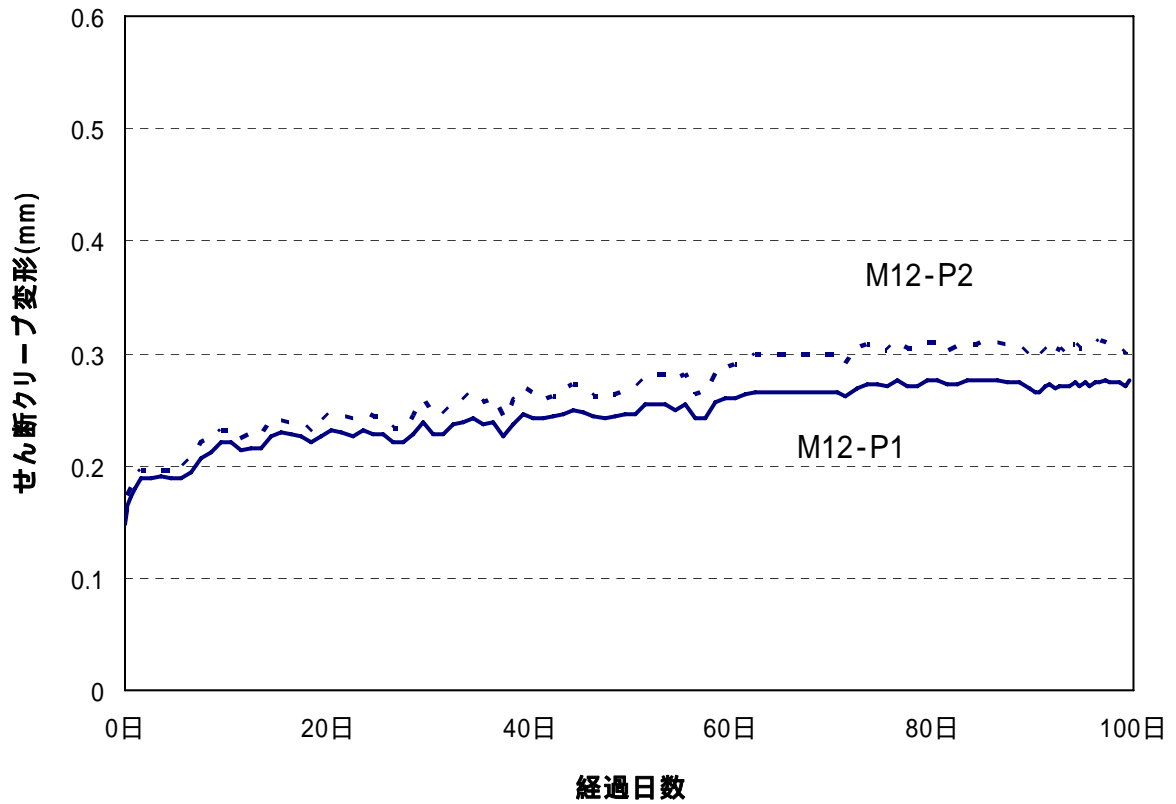


図 3-6 あと施工アンカーM12-P1 および M12-P2

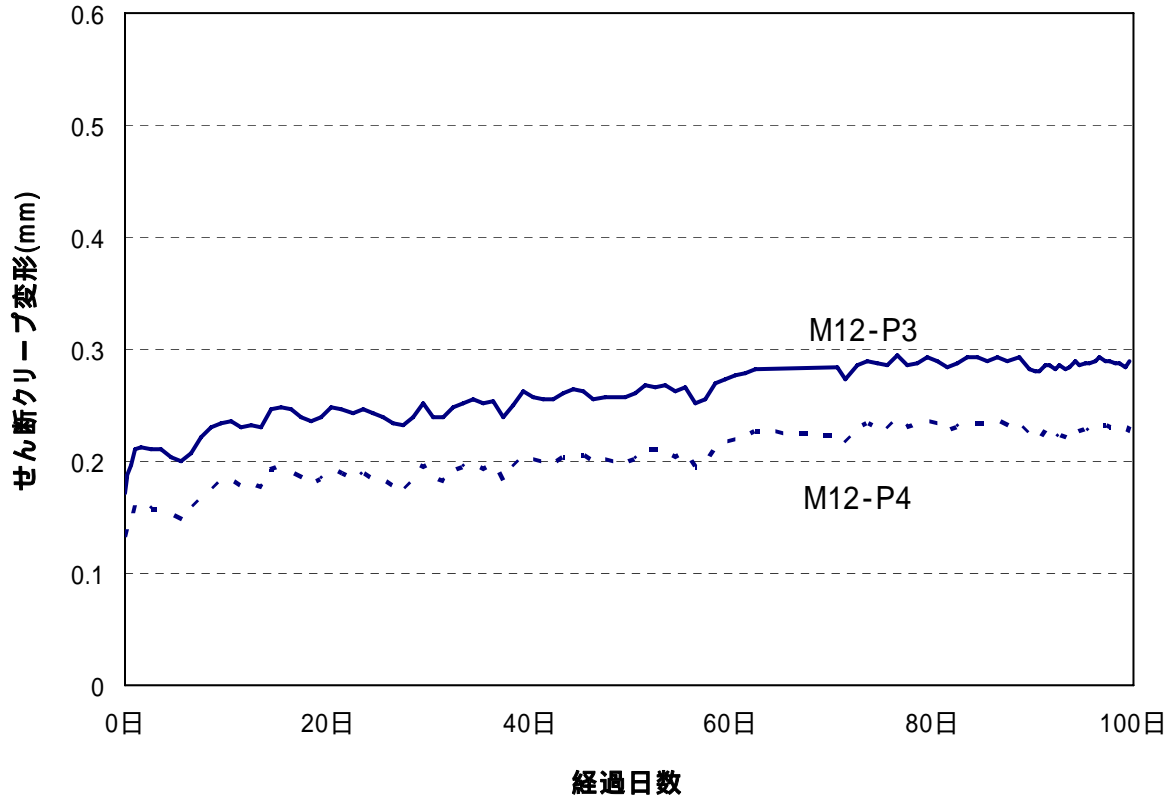


図 3-7 あと施工アンカーM12-P3 および M12-P4

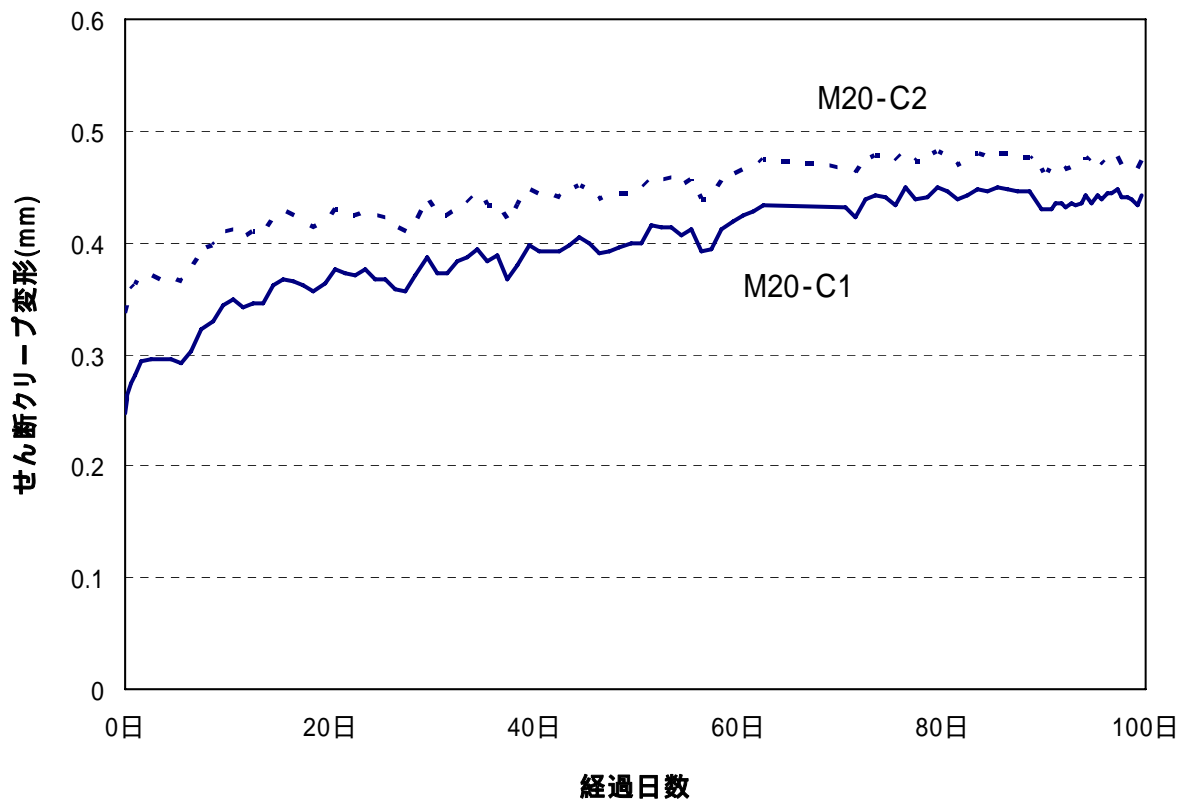


図 3-8 先付けアンカーM20-C1 および M20-C2

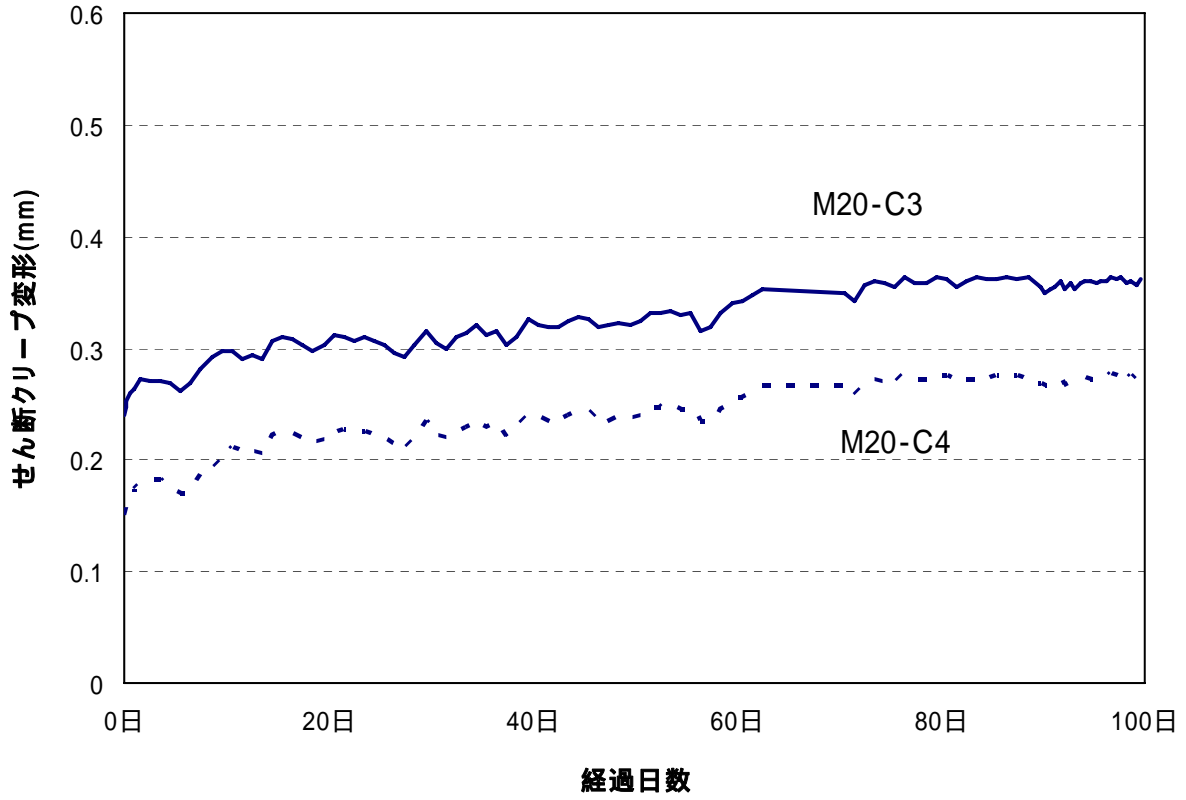


図 3-9 先付けアンカーM20-C3 および M20-C4

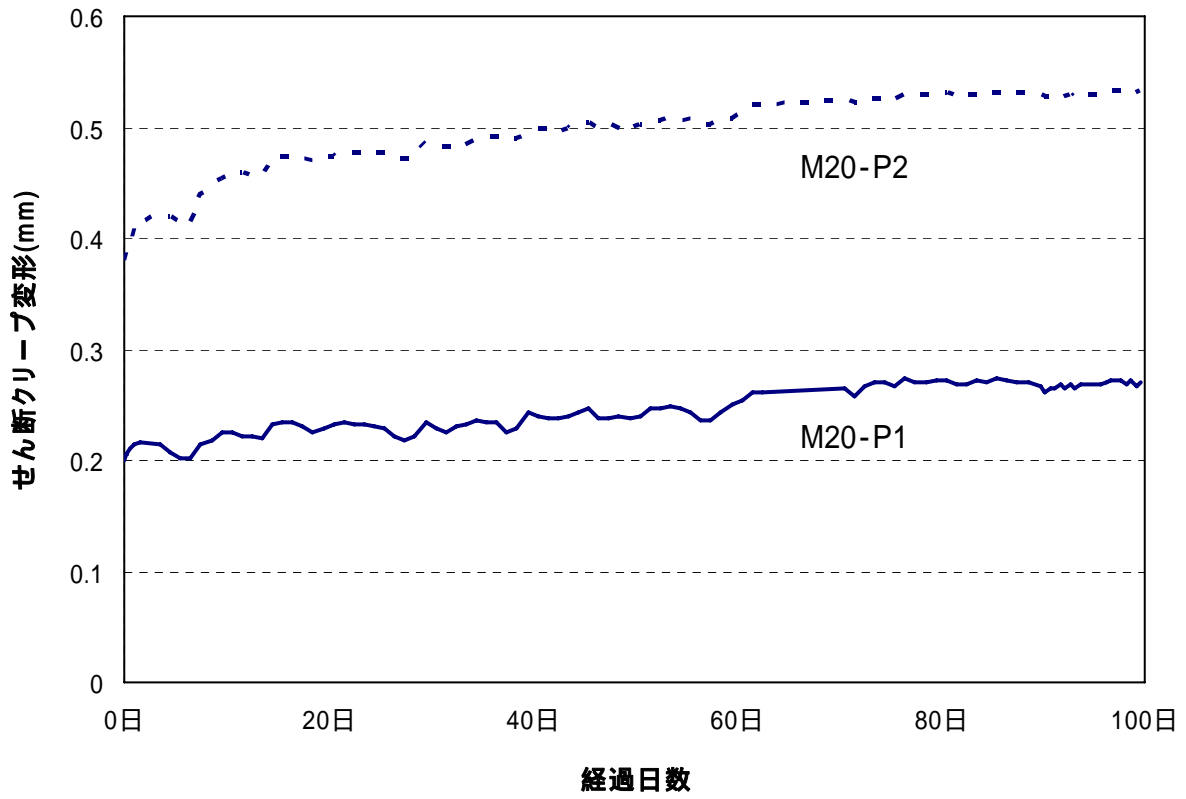


図 3-10 あと施工アンカーM20-P1 および M20-P2

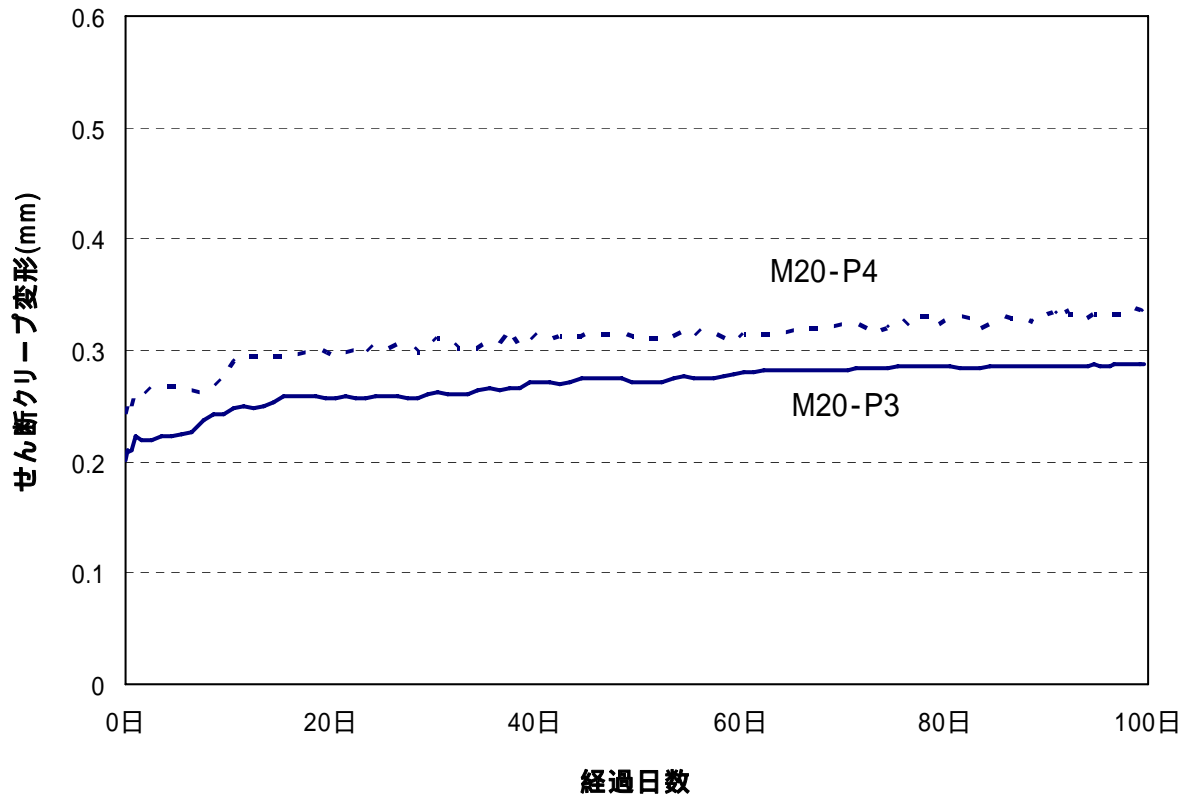


図 3-11 あと施工アンカーM20-P3 および M20-P4

b) クリープ特性を把握するために、図 3-12 に M12 の絶対変形-経過日数関係、図 3-13 に M20 の絶対変形-経過日数関係、図 3-14 に M12 のクリープ変形-経過日数関係、図 3-15 に M20 のクリープ変形-経過日数関係を示す。なお、絶対変形とはアンカー筋に直接当てた変位計の出力であり、クリープ変形とは絶対変形より経過完了時における変位計の出力を差し引いた値である。また図 3-16 に載荷荷重-経過日数の関係を示す。この図から見ても、長期載荷期間中、バネ式加力方法において予想していた初期リラクゼーションや経過日数による荷重の低下は見られなかった。

図 3-12～3-15 はそれぞれ実線が先付けアンカーのデータ、点線があと施工アンカーのデータである。また一点鎖線は、経過日数が 74 日の時である。全体の試験体において、載荷完了後より緩やかに変形は増加した傾向にあった。しかし一点鎖線で示した経過日数 74 日以降より、変形はほぼ横ばいの傾向を示した。図 3-15 から見られるようにせん断クリープ変形に関して M20 においては、先付けアンカーよりあと施工アンカーの方が変形は小さい。図 3-15 から見られるようにせん断クリープ変形に関して M12 においては、あと施工アンカーより先付けアンカーの方が変形は小さい結果を示した。

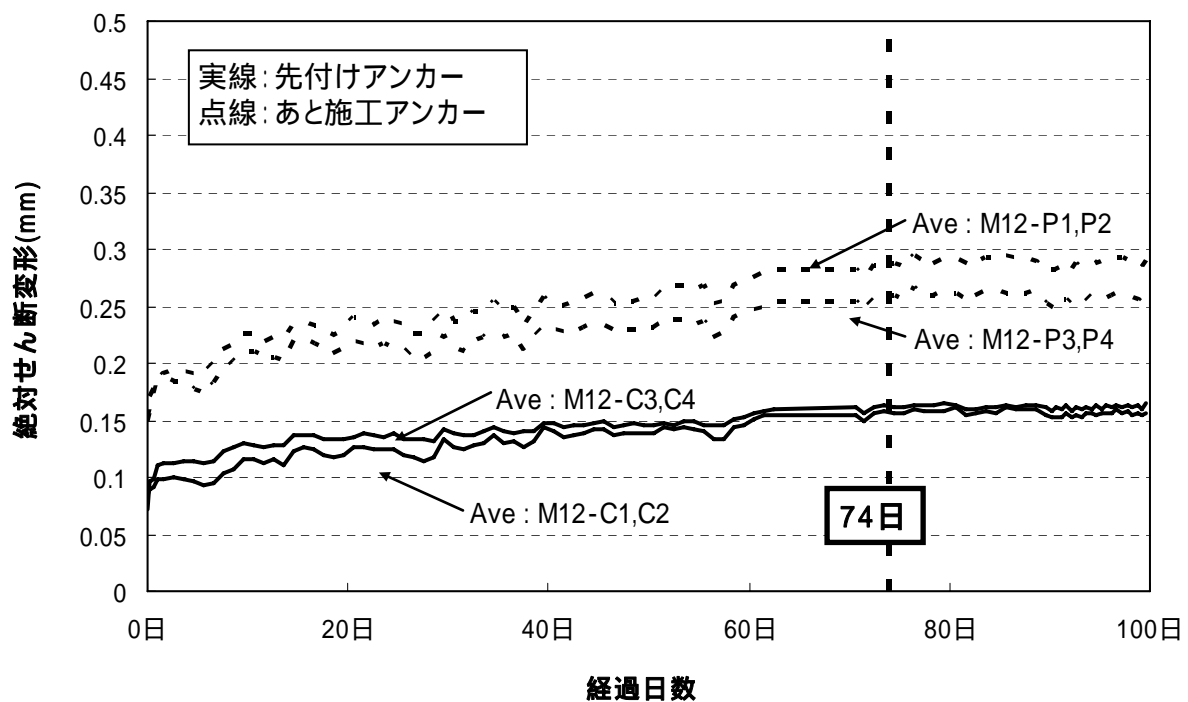


図 3-12 絶対せん断変形 - 経過日数関係 : M12

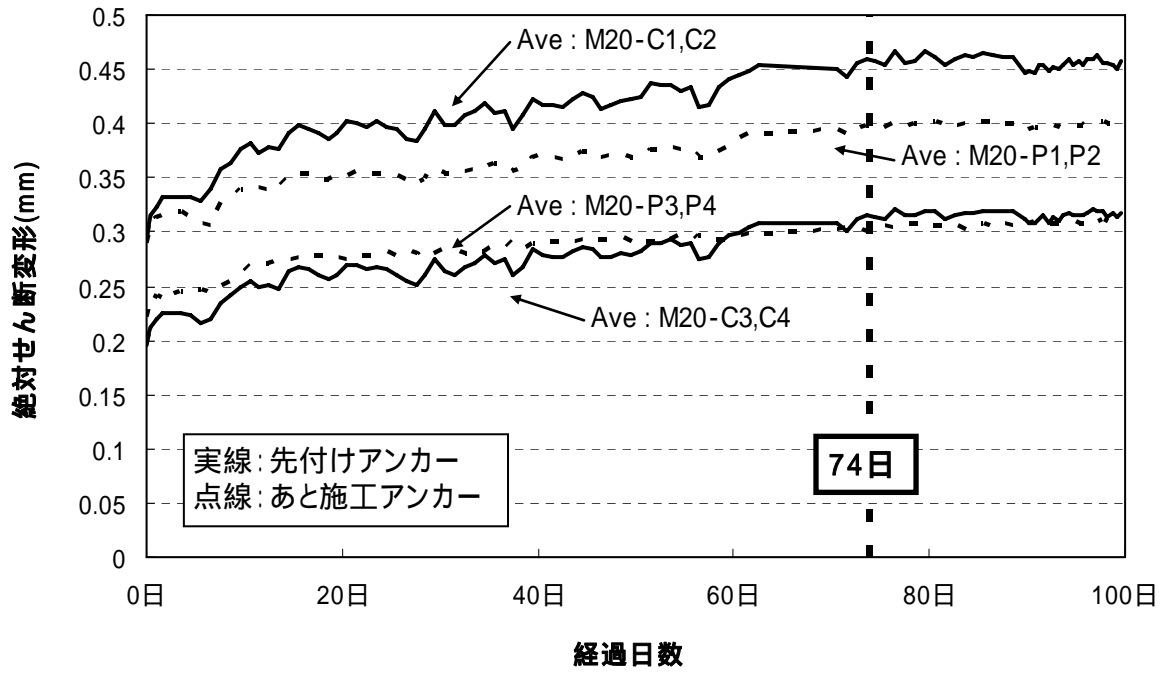


図 3-13 絶対せん断変形 - 経過日数関係 : M20

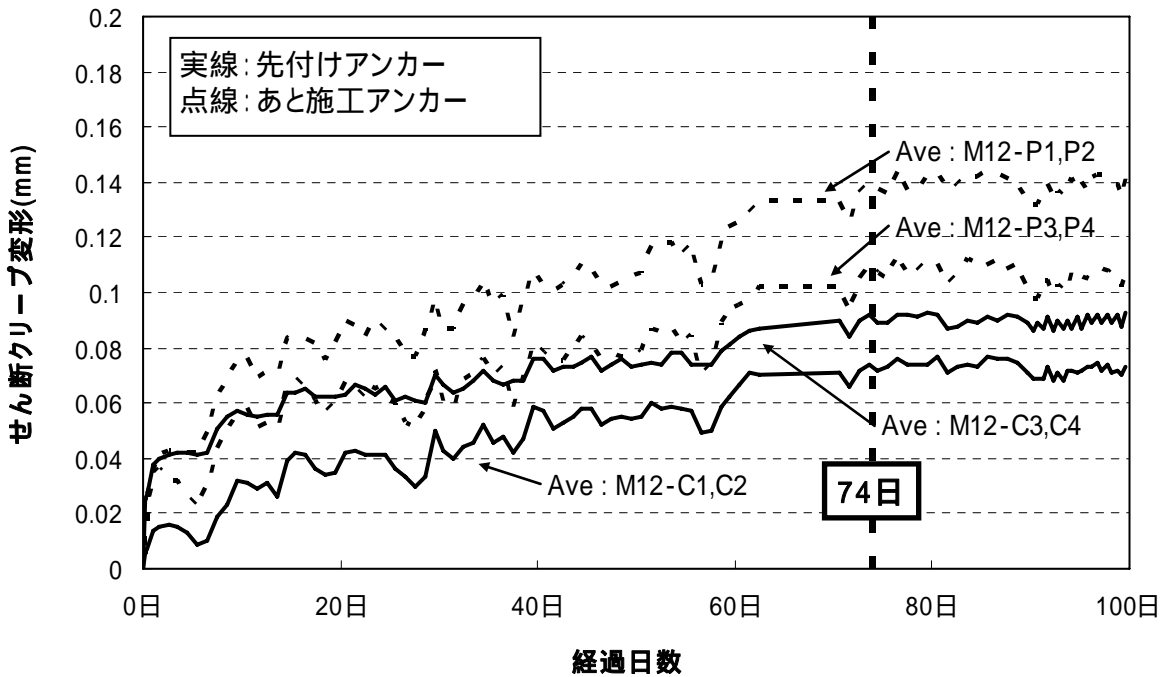


図 3-14 クリープ荷重載荷後 せん断クリープ変化量 - 経過日数関係 : M12

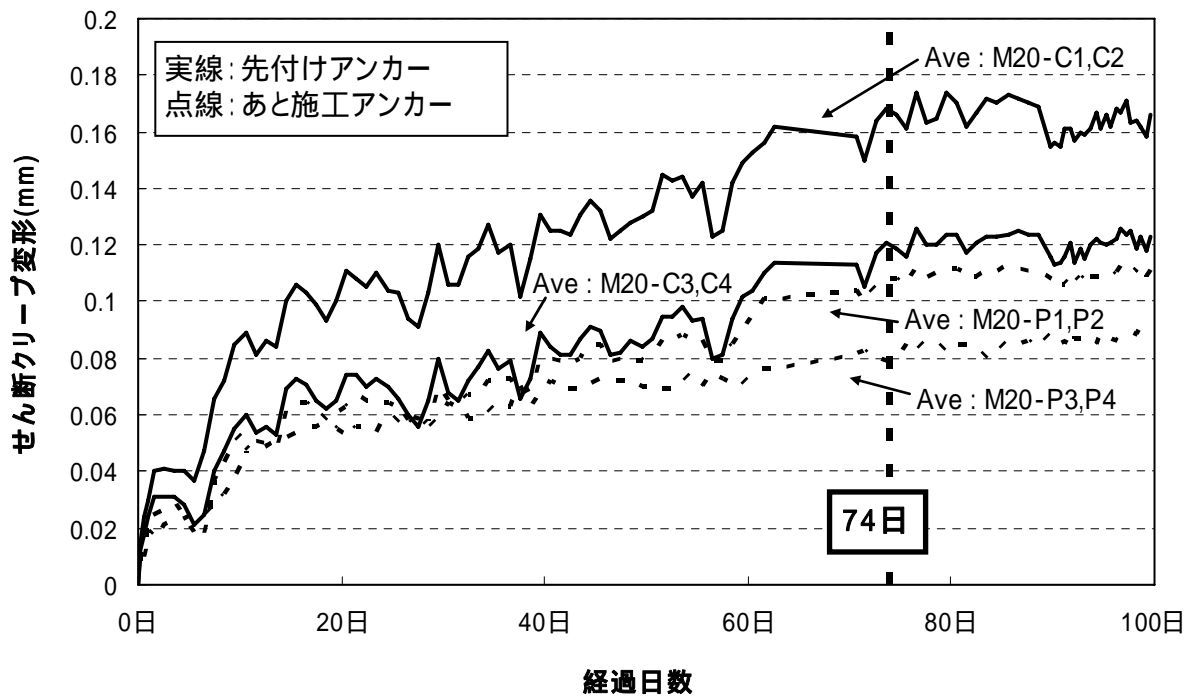


図 3-15 クリープ荷重載荷後 せん断クリープ変化量 - 経過日数関係:M20

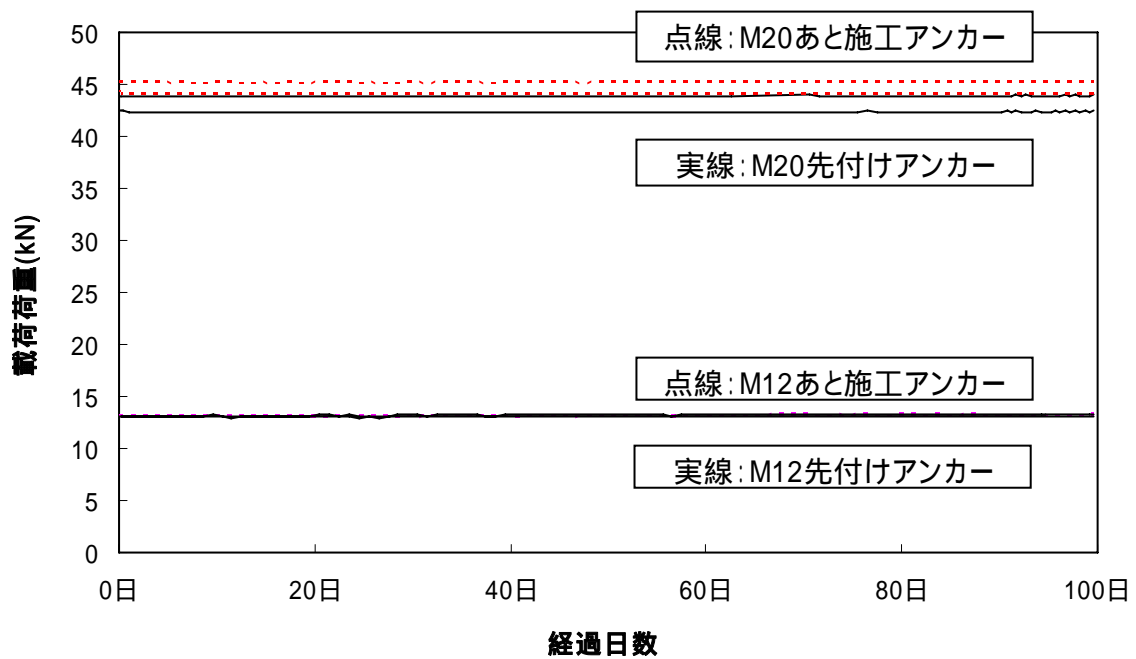


図 3-16 載荷荷重 - 経過日数関係

3-3 まとめ

前項に示したように、せん断クリープ変形に関して M20 においては、先付けアンカーよりあと施工アンカーの方が変形は小さく、M12 においては、あと施工アンカーより先付けアンカーの方が変形は小さい結果を示した。しかしながら、全試験体で経過日数 74 日以降より、変形はほぼ横ばいの傾向を示した。

また平成 21 年度に行った終局耐力実験結果も踏まえてみると、あと施工アンカーと先付けアンカーとの間に、最大耐力においては大きな差異が見られなかったが、せん断剛性に関しては、アンカー筋とコンクリート母材との隙間が大きい M20 の場合にあと施工の方が低い差異が見られた。本年度行ったせん断クリープ変形特性結果は M20 の方が絶対クリープ変形量が少ない傾向が得られた。よってアンカー筋とコンクリート母材との隙間が大きいことがクリープ変形には大きく影響していないようにも考えられる。

したがってせん断剛性は、あと施工アンカーと先付けアンカーには一定の関係が存在するが、最大耐力と今回設定した、D13 および D19 の降伏応力にて算出した荷重値の範囲内においては、双方に顕著な差異がないといえる。

その他に今回用いたバネ式加力装置を含む本試験装置は、一定荷重も保持していることも含めて妥当性が確認できた。

・今後の課題

クリープの載荷の手順として、アンカー筋の施工上のばらつきや、治具のあそび等による 2 体の試験体の直線性を矯正するため、目標荷重の 5 % 程度の予備力を与えた後、一旦減力しその時点の変位を 0 点として、新たに目標荷重まで作用させた初期段階での絶対変位量を安定させること。

使用する鋼材ごとのデータ取得が必要である。この事業では基本的な性状を得るために、高強度の全ねじボルトを使用しているが、異形鉄筋を用いた試験を行うこと。

参考文献：

財) 日本建築センター発行：ビルデングレター「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」2006.6

財) 建築防災協会発行：2001 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説