

第7章 長期許容応力度の提案及び標準試験法の基礎資料

7-1 長期許容応力度

ここで示されるあと施工アンカーの許容応力度の数値は、基本的には「2001年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説」（以降、RC耐震改修指針）のあと施工アンカーの各種強度式に基づくものである。以下1) および2) に、耐震改修指針で広く用いられている設計用耐力に基づく長期許容耐力の設定の方法を示す。大臣による強度の指定を受けて使用する場合、実用上はこの考え方にに基づき設計する。

7-1-1 あと施工アンカーを用いた接合部の長期許容引張力 T_{aL}

$$T_a = \min[2T_{a1}/3, T_{a2}/3, T_{a3}/3] \quad (\text{解1.1})$$

ただし $T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0$ 、 $T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B \cdot Ac}$ 、 $T_{a3} = 10 (\sigma_B/21)^{0.5} \cdot \pi \cdot da \cdot le$

ここで、

T_a : あと施工アンカーを用いた接合部（1本あたり）の引張耐力（N）

T_{a1} : 鋼材の降伏により決まる場合のアンカー1本あたりの引張耐力（N）

T_{a2} : 定着した既存コンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー1本あたりの引張耐力（N）

T_{a3} : アンカーの付着性能により決まる場合のアンカー1本あたりの引張耐力（N）

σ_y : 鉄筋の規格降伏点強度（N/mm²）

a_0 : 接合筋のネジ加工を考慮した有効断面積、又はアンカー筋の公称断面積（mm²）

σ_B : 既存部のコンクリートの圧縮強度（N/mm²）

Ac : 既存コンクリート躯体へのコーン状破壊面のアンカー1本あたりの有効水平投影面積（mm²）

da : アンカー軸部の直径で、アンカー筋の呼び名（mm）

le : アンカーの有効埋め込み深さ（mm）

これらの式中 σ_y 、 a_0 、 da 及び le については、指定書の数値とする。なお、アンカーの有効埋め込み深さ le はモルタル等の仕上げを含まない値であることに注意が必要である。上記のほか、耐力算定に用いる Ac （既存コンクリート躯体へのコーン状破壊面の有効水平投影面積）の評価に当たっては、アンカーの設置状況に応じてはしあき、へりあきの他に隣接するアンカー相互の影響を考慮した耐力の低減が必要となる場合があるので注意が必要である。

7-1-2 あと施工アンカーを用いた接合部の長期許容せん断力 Q_{aL}

$$Q_a = \min[Q_{a1}/3, Q_{a2}/3] \quad (\text{解1.2})$$

ただし $Q_{a1} = 0.7 \sigma_y \cdot s_a e$ 、 $Q_{a2} = 0.4 (E_c \cdot \sigma_B)^{0.5} \cdot s_a e$ とする。

ここで、

Q_a : あと施工アンカーを用いた接合部（1本あたり）のせん断耐力（N）

Q_{a1} : 鋼材の耐力で決まるアンカー1本あたりのせん断耐力（N）

Q_{a2} : コンクリートの支圧強度で決まるアンカー1本あたりのせん断耐力（N）

$s_a e$: 接合面におけるアンカー本体又はアンカー筋の断面積（mm²）

E_c : 既存部のコンクリートのヤング係数 (N/mm^2)

これらの式中 $s_a e$ 及び E_c については、指定書による。

上記のほか、へりあき距離が短い場合、アンカー筋側面のコンクリートがコーン破壊することが考えられる。そのような破壊が起きないように、はしあき、へりあき距離を確保することが必要である。

7-2 長期応力に対する設計方針とその留意点

5章までに示された実験結果および6章の調査結果と7-1で示された値を勘案すると、現時点で長期応力に対して設計に用いる場合の設計方針および留意点としては以下のことが考えられる。

1. 引張クリープ実験結果より、あと施工アンカーの付着機構は、先付けコンクリートのそれと同じであることが予想される。従って構造部材の主筋に適用する場合には、通常の鉄筋と同様の定着が必要である。また鉄筋コンクリート造のスラブや小梁へ適用する場合においては、適用範囲を限定することで現行基準よりも短い定着長とすることができるものと考えられる。
2. 引張クリープ実験結果より、変位量が収束しなかった事例があるため、引張応力を負担する箇所に現時点で本式を利用する際には、引張応力をあと施工アンカーが負担できなくなった状態を想定して、あと施工アンカーを適用した部材の設計を実施し、当該部材が脱落することがないことを確認する必要がある。
3. 今回の各国基準の文献調査より、各国ではひび割れに対して強度の低減を行っているが、実施した試験体はひび割れのないコンクリートへ適用されていることから、ひび割れの影響がない箇所への適用が原則である。ただし、ひび割れ防止に有効な方策が確認されている場合はその限りではない。
4. 今回実験においては、有機系接着剤用いたカプセル型のあと施工アンカーが用いられた。実際の部材への適用に際しては、使用するあと施工アンカーがこれと同等の性能を有することを確認する必要がある。
5. へりあき寸法は、FEM解析結果より、埋め込み深さによって付着応力度分布が変化することが確認されている。従って、埋め込み深さが $7d_a$ 以上確保されている場合においては、へりあきの最小値は $10d_a$ 以上確保されていることを基本とする。
6. 火災による影響のある部位に適用する場合においては、当該熱応力によって適用した部材が脱落しないことを確認する必要がある。

7-3 長期許容応力度算定に関する標準試験法のための基礎的検討

7-3-1 引張クリープ実験

あと施工アンカーの引張クリープ実験は、一定荷重を安定的に持続させることが求められる。最も簡便な加力原理は、荷重と同じ重量のおもりを吊り下げる方法であるが、載荷重は数十 kN であり、おもりの容積を考慮すると比較的大規模な試験となる。そこで、スペース効率のよい装置原理として、この原理を用いたカウンターウェイト式と、コイルばねを用いたばね式の 2 種類の装置を製作して検証を行った。

1) 試験体

a) 試験体の材料

図 7-3-1 に試験体形状を示す。試験体は、カプセル、アンカー筋、コンクリート、鋼管、で構成される。以下、それぞれの仕様について示す。

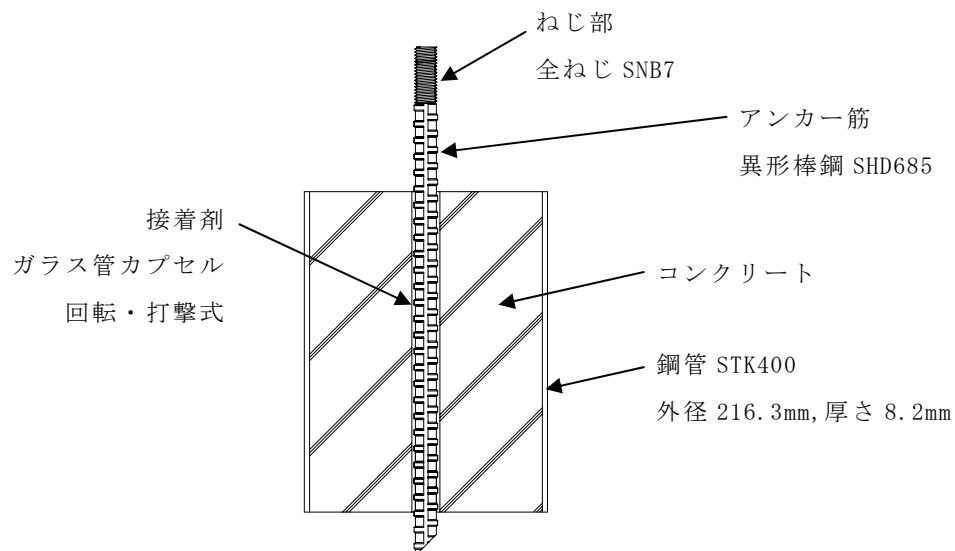


図 7-3-1 試験体形状

(1) カプセル

カプセルは、有機系接着剤を密封したガラス管タイプとした。攪拌は、回転・打撃方式である。

(2) アンカー筋

アンカー筋として用いる鉄筋は、高強度異形棒鋼 SHD685（降伏点強度 685N/mm^2 以上）とした。先端は、斜め 45 度カットとした。

アンカー筋は、試験装置を接続するためにアンカー筋端部にねじ部を設けている。ねじ部は、全ねじ SNB7（降伏点強度 725N/mm^2 ）を用いてフラッシュバット溶接でアンカー筋と接合した。

(3) コンクリート

コンクリートは、普通コンクリートとした。

(4) 鋼管

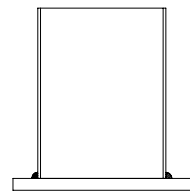
鋼管は、引張力に対するコンクリートの割裂破壊を防止するために用いた。材質は、JIS G 3444「一般構造用炭素鋼鋼管」に規定する STK400 とした。寸法は、外径 216.3mm、厚さ 8.2mm とした。

b) 試験体の製作

試験体は以下の手順で製作した。

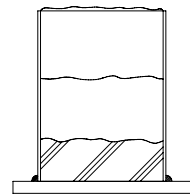
(1) 鋼管設置

鋼板下地に鋼管を置き、隙間を鋼管外側からシールした。
鋼板下地にはグリスを塗布して離型処理を行った。



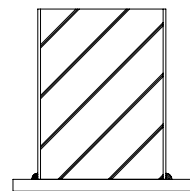
(2) コンクリート打設

鋼管内にコンクリートを打設する。鋼管全長が $5d_a$ を超えるときは、 $5d_a$ 毎に分けて打ち込みを行い、付き棒でならしたのち、次の打ち込みを行う。骨材分離を避けるため、バイブレーターは隅部の脱泡を目的として、挿入は1回だけとした。打ち込み方法は、JIS A 1132「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準じる。



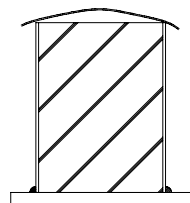
(3) 表面仕上げ

表面仕上げのコテ作業は、ブリーディング水の上昇を待ってから始めた。手順は、ならし⇒押え⇒木ゴテによる粗仕上げ⇒金ゴテ仕上げとした。



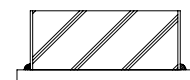
(4) 養生

養生は、水分の発散を抑えるため、コンクリート表面に湿らせた不織布を被せ、保水のためさらにビニールを被せた。養生中に不織布が乾燥した場合は、霧吹き等を用いて保水した。



(5) アンカー施工用土台製作

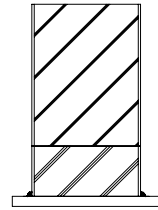
土台は、試験体の穿孔でドリルがコンクリートを貫通するときに裏側表層の破壊を防ぐとともに、カプセル攪拌のときに接着剤の流出を防ぐために用いた。



土台の製作は、試験体の鋼管を同径とし、(1)~(3)の手順でコンクリート打設を行った。

(6) 試験体と土台の組立

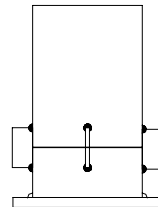
土台のコンクリートが硬化する前に、試験体のコンクリート打設に離型処理を行って、土台のコンクリート打設面と付き合わせる。このとき、突き合わせ面には空隙が生じないこととする。



(7) 試験体と土台の接合

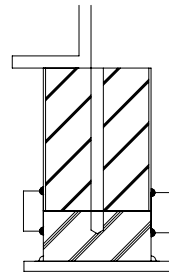
試験体と土台の突き合わせ部に鉄板を用いて溶接する。溶接箇所は、4箇所以上とし、アンカー打設後に外せるように点溶接とする。

※ 溶接箇所が少ないと、穿孔や回転・打撃により突き合わせ部が動き、試験体のコンクリート表層を破損する可能性がある。



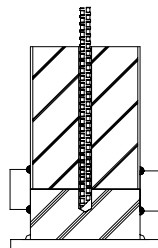
(8) 穿孔および清掃

コンクリート面に対してドリルが垂直となるよう、直角定規などで確認しながら穿孔を行う。穿孔は、試験体全長から $2d_a$ を加えた深さまで行う。穿孔後に集塵機とブラシを用いて孔内の切粉を除去する。



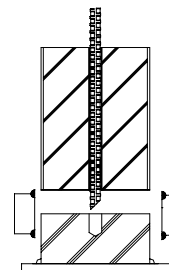
(9) アンカー筋埋込み

カプセルを挿入して、アンカー筋を埋込む。



(10) 土台取り外し

埋込み後、溶接した鉄板を外して、試験体と土台を外す。取り外した試験体は、接着剤が硬化するまで動かさないこととする。



1) カウンターウェイト式载荷装置

a) 原理

図 7-3-2 に、载荷装置の作動原理を、図 7-3-3 に载荷装置組図を示す。

試験体への荷重負荷は、てこの原理を利用している。力点に鋼製錘により負荷を掛けると、アーム・支点を介して重量が増幅されて作用点に伝えられる。作用点には、試験体と接続するロッドが接続されており、試験体には鋼製錘の 10 倍の荷重が引張荷重として作用する。試験体に作用する荷重の反力は台座で受ける。台座上は滑り支承となっており、ロッドの動きに追従させることができる。力点は、アームの回転に鋼製錘が追従しないよう、かまぼこ型の滑り支承を設置する。

装置は、支柱から装置全体へ作用するモーメントを打ち消すため、試験体 2 体を同時に载荷する機構となっている。

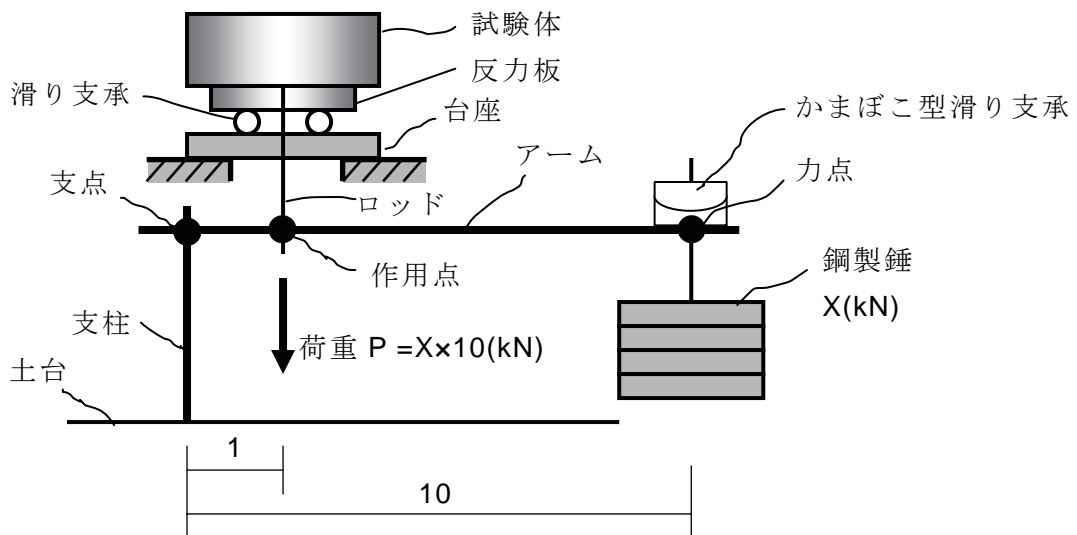


図 7-3-2 载荷装置の作動原理

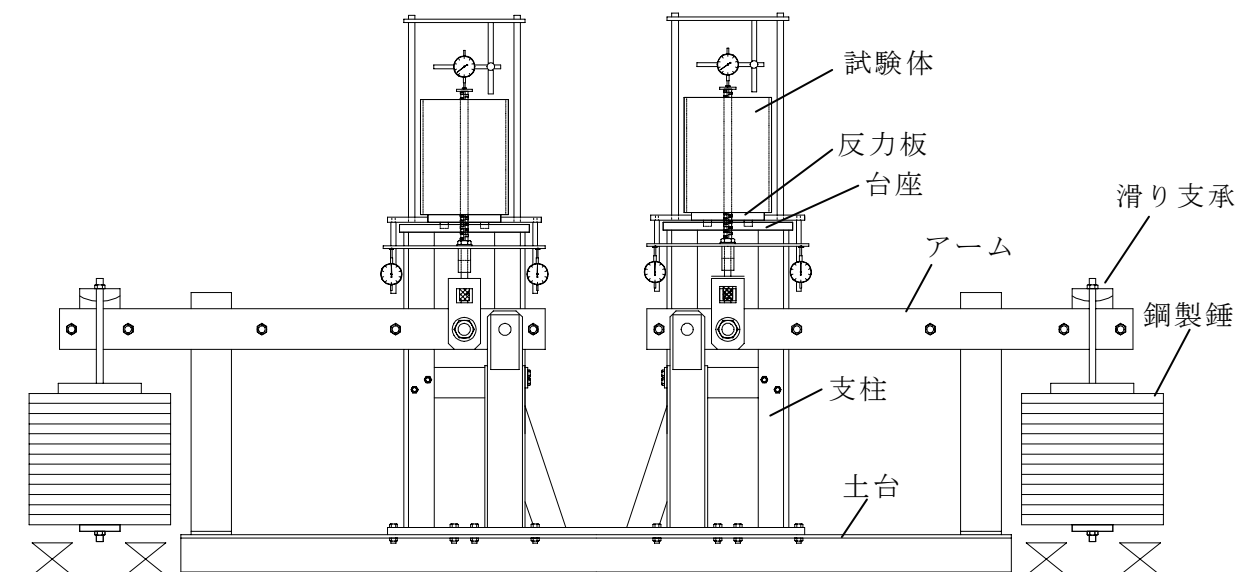


図 7-3-3 カウンタウェイト式载荷装置概要図

b) 試験手順

カウンターウェイト式荷重装置による試験手順を示した。

(1) 試験体の設置

図 7-3-4 に試験体の設置状況を示す。反力板に試験体を載せた。反力板は試験体の鋼管に触れないようにする。アンカー筋ねじ部をカプラーに接続した。

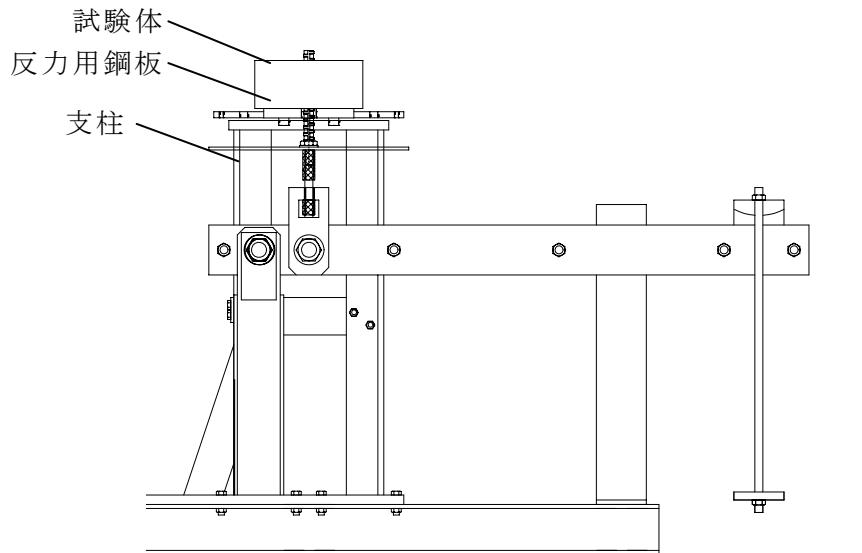


図 7-3-4 試験体の設置

(2) 変位計設置

図 7-3-5 に、変位計の設置図を示す。変位計は、反力板をベースに設置した。自由端の変位計は、試験体上部へ設置するため門型に組み立てた支柱に取付けた。載荷端の変位計は、反力板から 2 方向に伸ばしたプレートに 1 つずつ取付けた。

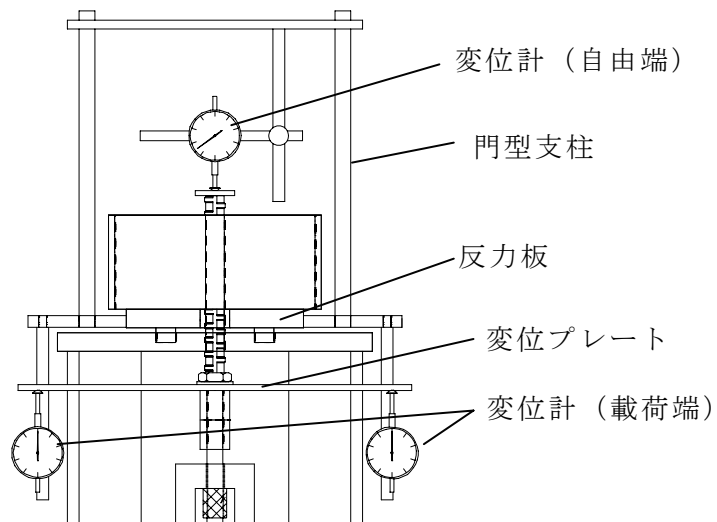


図 7-3-6 変位計設置

(3) 載荷

図 3-3-7 鋼製錘は予め重量を計測し、必要数量を試験装置に載せて、載荷を開始した。

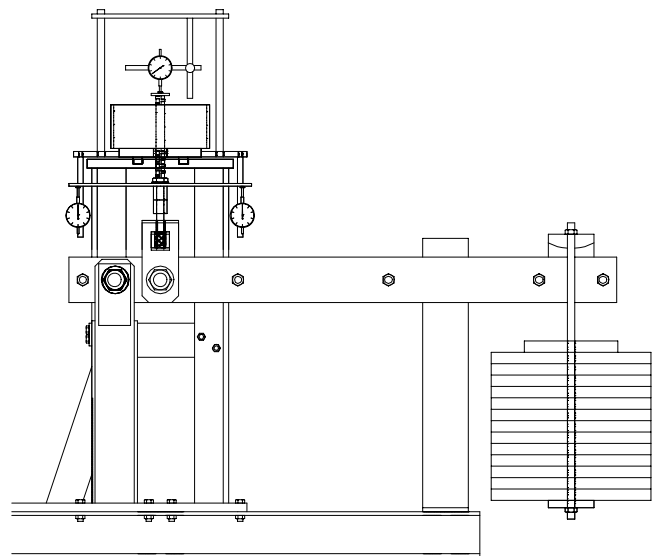


図 7-3-6 載荷

b) 錘と載荷重の検証実験

(1) 目的

製作した試験装置について、錘と試験体への載荷重の関係について、検証を行った。検証は試験体の代わりにロードセルを設置して、ロッドから受ける引張荷重を計測した。また、錘重量を計測するため、かまぼこ型滑り支承の上にロードセルを設置した。引張荷重の計測は鋼製錘を 1 枚載せる毎に行い、錘重量と引張荷重の関係を調べた。

(2) 検証結果

図 7-3-6 に錘重量と引張荷重の関係を示した。カウンターウェイト式試験装置は、検証結果により錘の 10 倍の引張持続荷重をアンカー筋に与えられることを確認した。

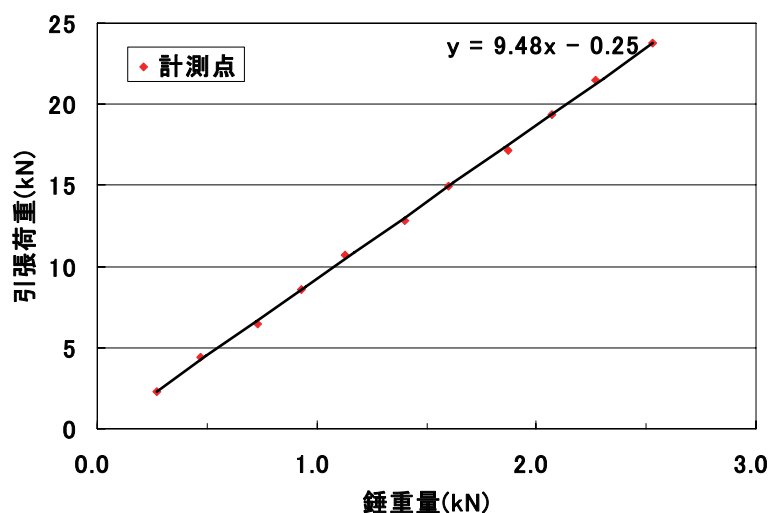


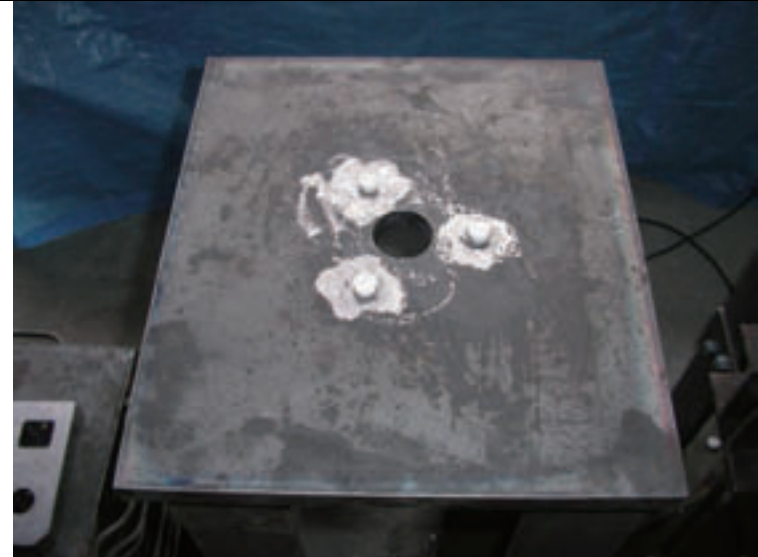


図 7-3-6 錘重量と引張荷重の関係

(3)検証状況

	<p>試験装置 載荷前状況</p>
	<p>作用点から供試体までの 治具の設置状況</p>
	<p>台座の滑り支承 テフロンを穴の周囲に配 置して、その上に供試体 を設置する。</p>



載荷状況

錘数量 10 枚

錘重量 2.53kN

引張荷重 25.8kN

2) ばね式載荷装置

a) 原理

図 7-3-2 にばね式載荷装置の概略図を示す。ばね式は、コイルばねのたわみによる反力を利用してアンカー筋に引張力を与える仕組みである。

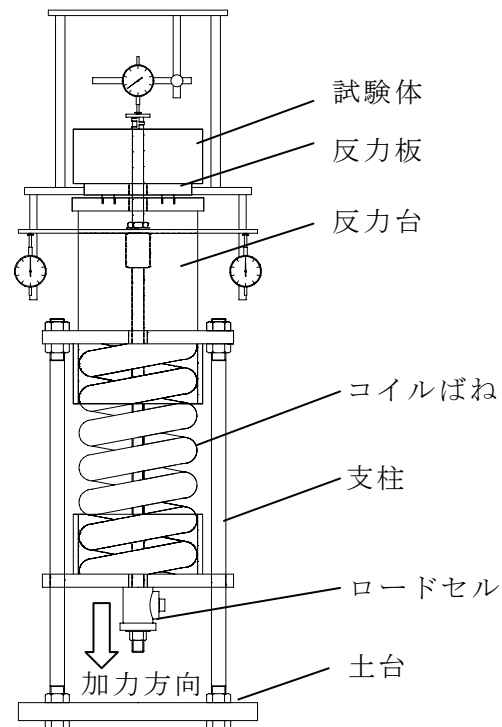


図 7-3-2 ばね式載荷装置概要図

b) 試験手順

(1)コイルばね圧縮

コイルばねと土台の間にジャッキを載せ、ロードセルで加圧力を計測しながら、所定の荷重になるまで加圧した。

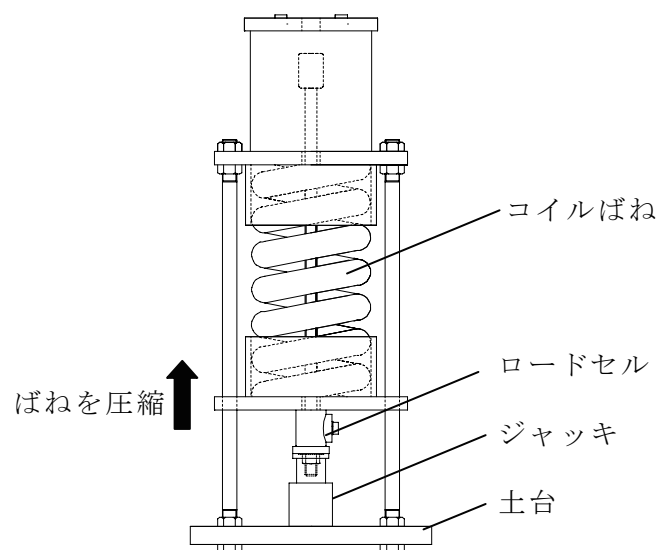


図 7-3-3 コイルバネの圧縮

(2) 試験体、変位計設置

反力板に試験体を載せた。反力板は試験体の鋼管に触れないようにした。アンカー筋ねじ部をカップラーに接続した。

変位計は、反力板をベースに設置した。自由端の変位計は、試験体上部へ設置するため門型に組み立てた支柱に取付けた。载荷端の変位計は、反力板から2方向に伸ばしたプレートに1つずつ取付けた。

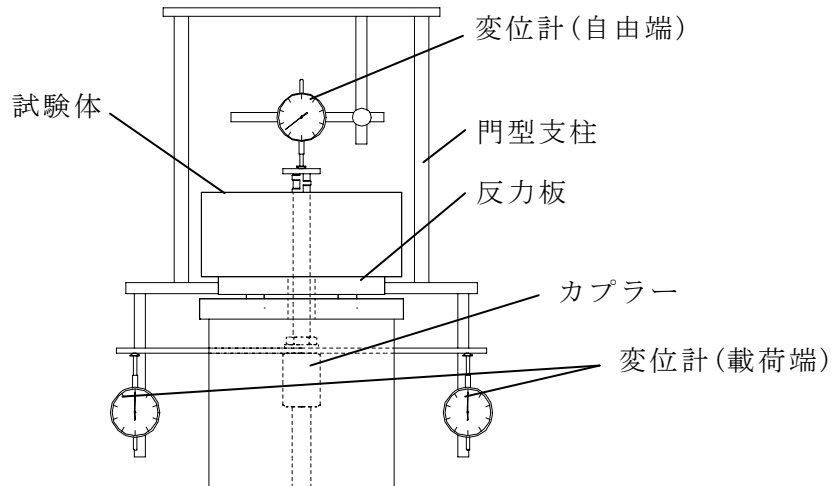


図 7-3-4 試験体、変位計設置

(3) 载荷

ジャッキを戻してコイルばねの圧縮力を試験体に伝え試験を開始する。

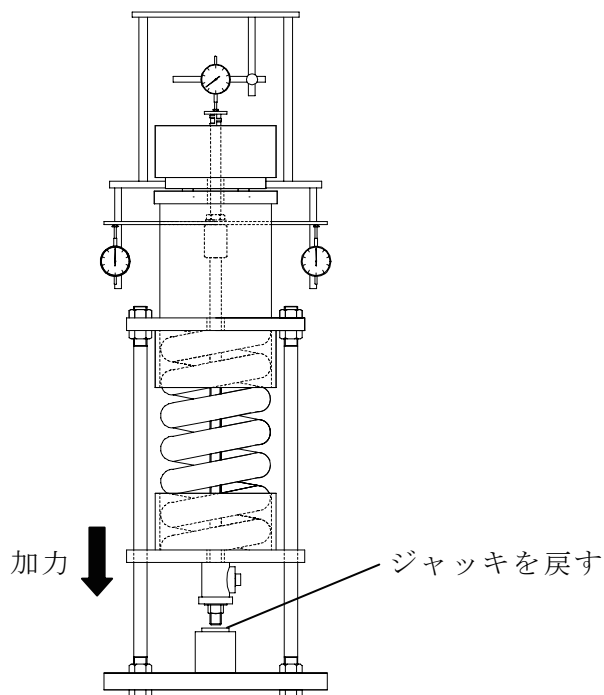


図 7-3-5 载荷

b) 装置作動検証

(1)目的

あと施工アンカーの引張クリープ載荷を行うにあたり、圧縮コイルばねを用いて持続載荷を行う実験装置の製作及び動作確認を検証した。

検証実験では、検証①において課題となった加力中に生じるばね台座の傾きに対し、検証②では改良した装置を検証した。

なお、本項目は、平成 21 年度の最終報告書で報告された内容に加筆修正して再掲載したものである。

(2)検証①

図 7-3-6 に、試験装置の組付状況を示す。コイルばねは、ばね台座に載せ試験架台にセットした。ロードセルは、ばね台座の下に設置し、テンションロッドと接続した。センターホール式油圧ジャッキは、検証実験に限り、試験体設置箇所に乗せた。コイルばねを所定のたわみ量まで圧縮するとき、ジャッキ盛替えのためにテンションロッドの途中に仮止め用のナットを設けた。

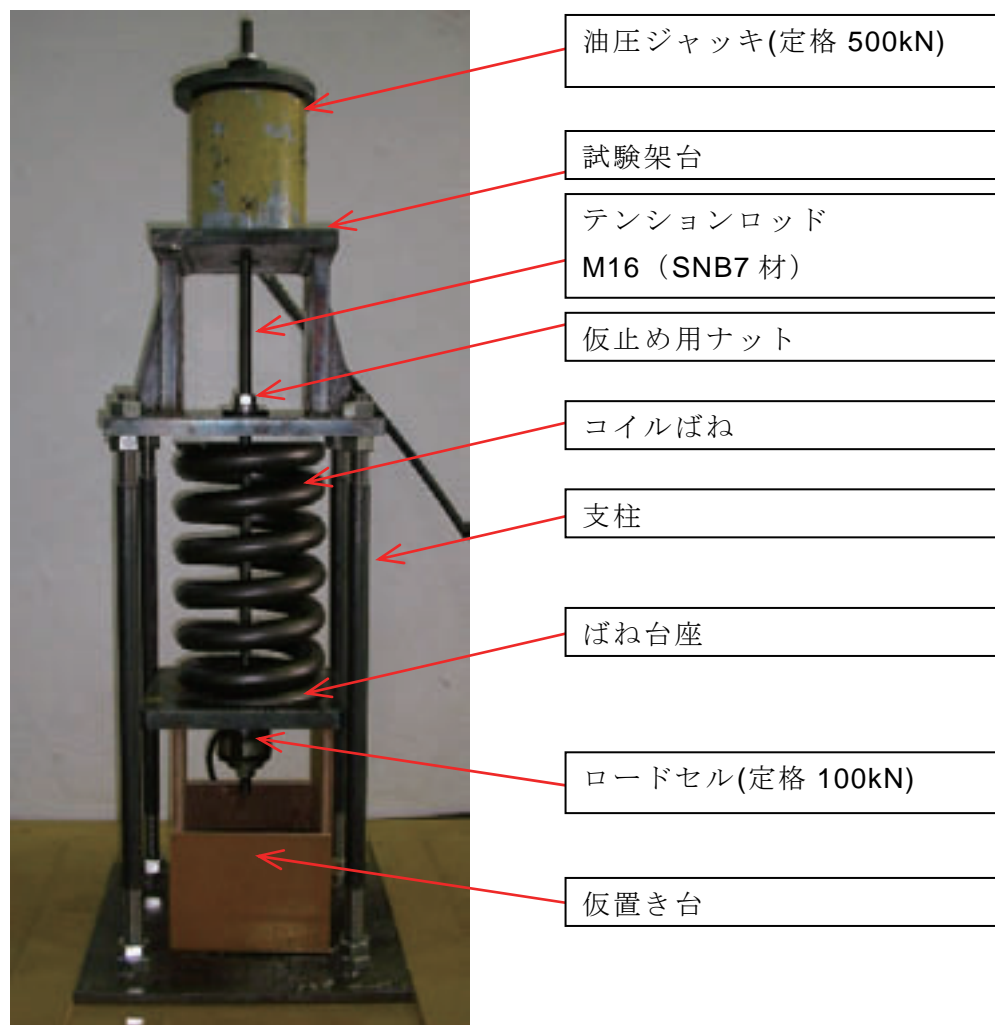


図 7-3-6 試験装置 (組付状態)

(3) 検証① 結果

コイルばねを圧縮するにしたがってばね台座が傾き、支柱と接触したためそれ以上の加力が困難になった。(図 7-3-7 参照)

ばね台座はテンションロッドに吊られた状態であるため、コイルばねが中心でないときに偏ったたわみが生じたことが原因と考えられる。



図 7-3-7 ばね台座の傾き状況

(4) 検証① 対策

装置の改良案を以下に示す。図 7-3-8 に改良装置案を図で示す。

- ・ コイルばねの線径を大きくするなどして、所定の荷重値までのたわみ量を小さくする。
- ・ テンションロッドをコイルばねの中心に設置する。
具体的には、コイルばねが中心に決まるように台にガイドを設ける、などが考えられる。
- ・ ばね台座の 4 隅を支柱に通して傾きを抑える。

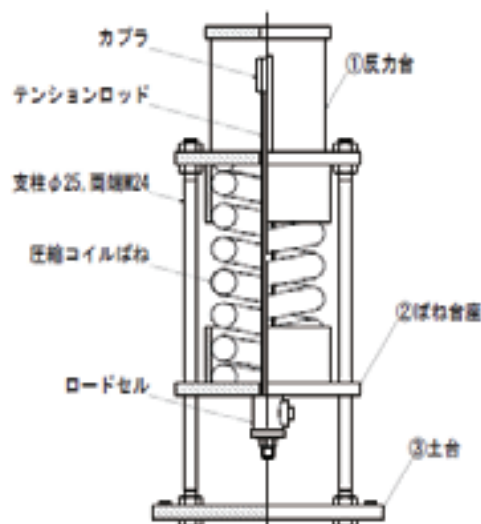


図 7-3-8 装置改良案

(5) 検証② 改善概要

図 7-3-9 に、試験架台の組付状況を示した。

本検証で、コイルばねに傾きが生じないように下記の改良を施した

- ・ 所定荷重に達するまでのコイルばねのたわみ量を小さくした。(図中①)
- ・ コイルばねが装置中心となるよう、架台とばね台座に鋼管のガイドを付けた。(図中②)
- ・ ばね台座 4 隅を支柱に通して、ばねの傾きを抑制する効果を狙った。(図中③)

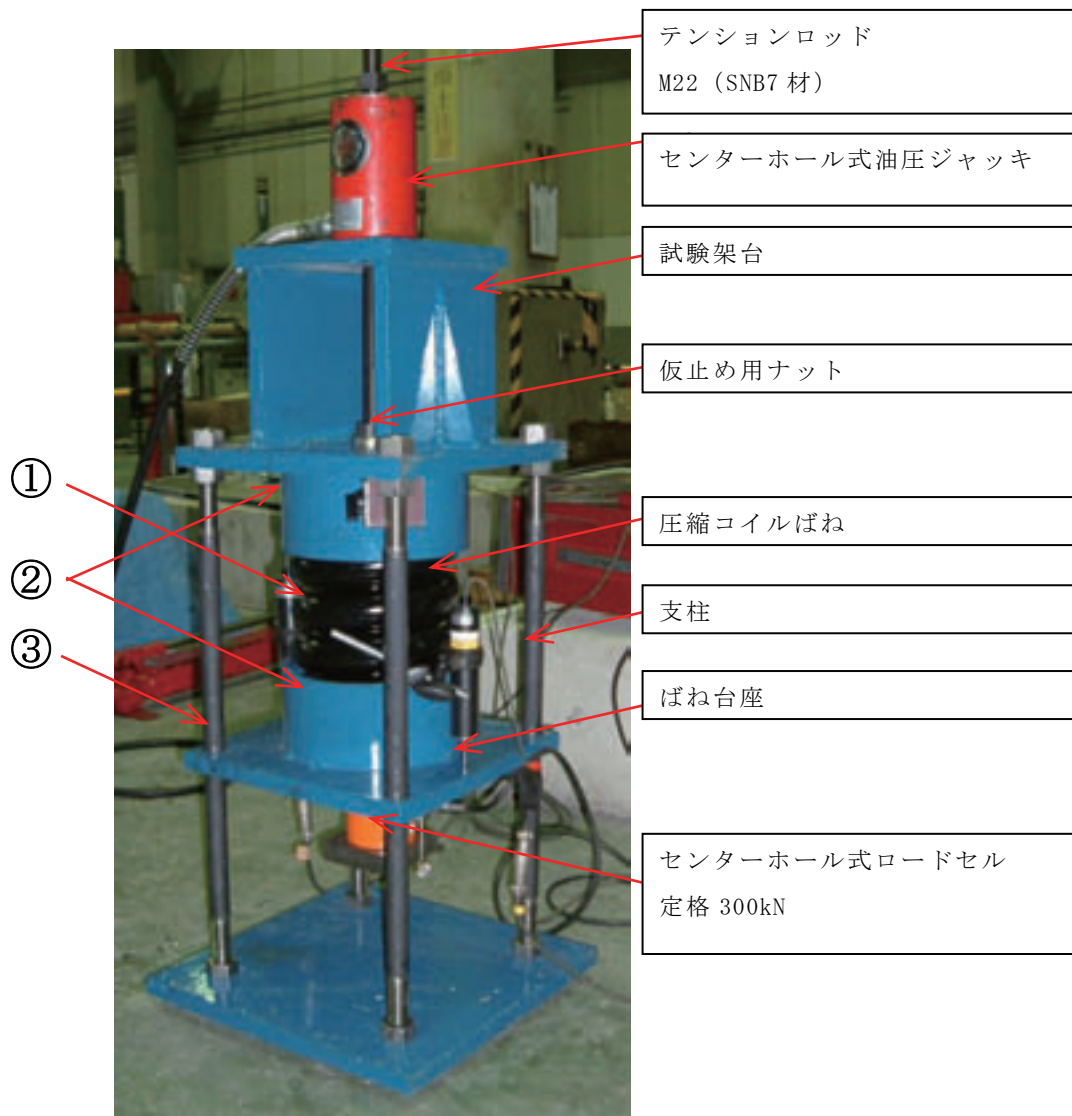


図 7-3-9 試験架台 (組付状態)

(6) 検証② 検証方法

図 7-3-10 に、装置概要を示す。引張クリープ実験は、持続荷重として 75kN 程度を想定しているため、検証実験では 100kN を目標に载荷を行った。

载荷は、架台上端部に設置した油圧ジャッキを用いて、テンションロッドを介して圧縮コイルばねを圧縮させる方法とした。荷重は、ばね台座下部に設置したロードセルを用いて計測した。ばねたわみは、架台をベースとして設置した変位計 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ からばね台座の移動量を計測した。

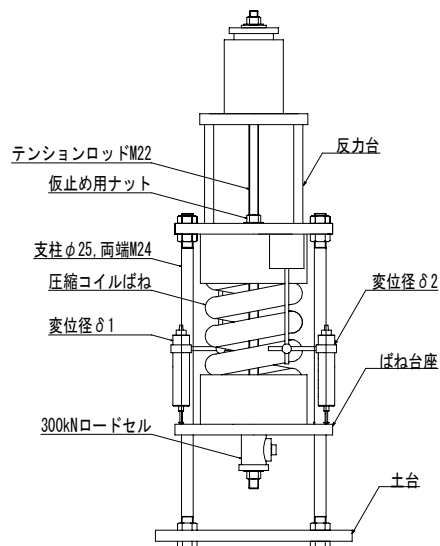


図 7-3-10 装置概要図

(7) 検証② 結果

図 7-3-11 に、荷重とばね台座変位量の関係を示す。100kN までの载荷を行った結果、ばね台座の傾きは、変位 $\delta 1$ と $\delta 2$ の差として 3mm 程度生じたが、加力に影響はなかった。75kN における、ばね台座の傾きは 0.3mm 程度であった。

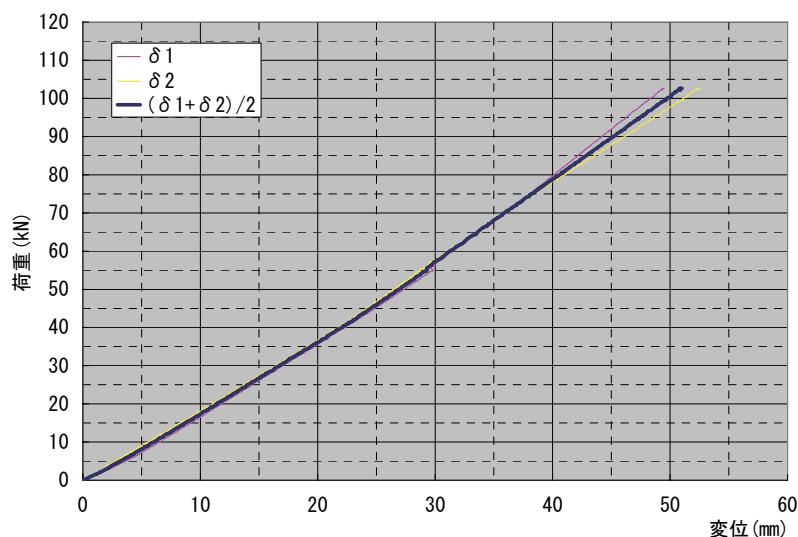


図 7-3-11 荷重とばね台座変位量の関係

7-3-2 せん断クリープ

a) 試験体

図 7-3-12 にせん断クリープ試験体の形状を示す。試験体はへりあきの影響防止及び加力の安定性を考えて外寸 175mm×175mm、厚さ 6mm の角形鋼管を用いた。またアンカー筋に材質 S45C (JIS G4501) を用いた。本実験は、せん断剛性および強度の特性を把握するために、均一形状である全ねじボルトを使用した。アンカー筋の定着長さは M12 : 84mm (7d 以上) および M20 : 140mm (7d 以上) とし、あと施工定着用にカプセル方式アンカーを使用した。穿孔径は M12 : φ14mm、M20 : φ24mm とした。試験体内のコンクリートは呼び強度 28N/mm² を用い、養生は室温下 (茨城県稲敷市) で封緘養生とした。試験体作成時には、実験時に変位を極力コンクリート表面と同位置にて直接測定が出来るように、予め面木を設置してコンクリートを打設し、変位計の測定子が通過する空間を作成した。その状況を図 7-3-13 に示す。

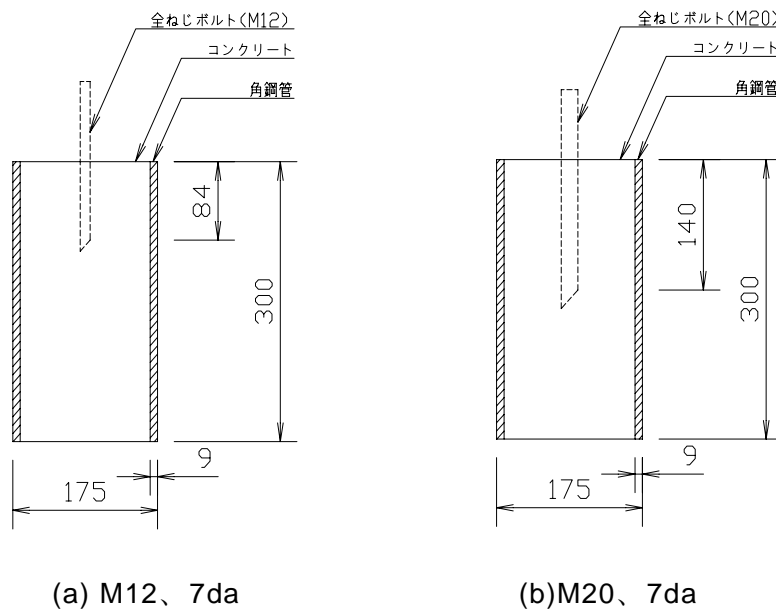


図 7-3-12 せん断クリープ試験体



図 7-3-13 面木設置状況

b) せん断クリープ試験

図 7-3-14 にせん断クリープ試験用荷重装置を示す。供試体の上下を鋼板およびボルトで拘束した。接続されたアンカー筋をカプラー越しに鉛直上向き方向にコイルばねによって持続せん断荷重を加えた。

クリープ荷重荷重においては、終局試験結果の 1/3 を目安とした考えがある。そこで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)日本建築センター：あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針、ビルディングレター2006.5」¹⁾を用いて終局耐力を算出し、その 1/3 を持続荷重とした。コンクリートのクリープおよび樹脂の変形を検討するため、降伏強度を異形棒鋼とみなし、M12 は $\sigma_y=295(N/mm^2)$ および M20 は $\sigma_y=345(N/mm^2)$ を設計式に代入して荷重荷重を決定した。

試験体コンクリートを 2010 年 9 月 2 日に打設、荷重期間は、10 月 26 日から 2011 年 2 月 3 日の 100 日間とした。供試体は気中常温に設置し荷重した。その試験装置の状態は、表 1 内に示した。図 1 に設置した各ロードセルからの出力値である荷重荷重と経過日数の関係を示す。荷重日数の間は一定の荷重を示し、持続荷重を確認できた。

接続に使用したカプラーおよびクレビスを図 7-3-15 に示す。計測は、荷重、アンカー筋と試験体コンクリート表面付近の変位を計測した。図 7-3-16 に試験体荷重状況および図 7-3-17 に試験装置組合せ図を示す。

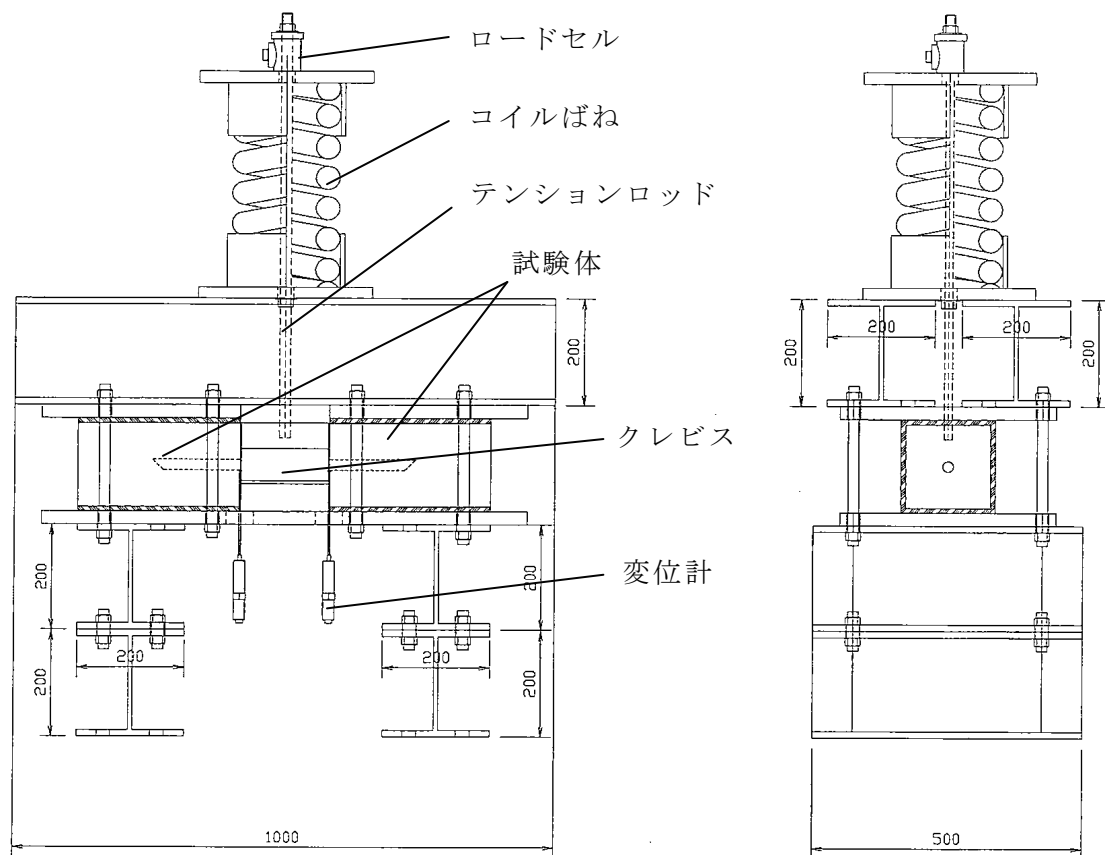


図 7-3-14 せん断クリープ試験用荷重装置

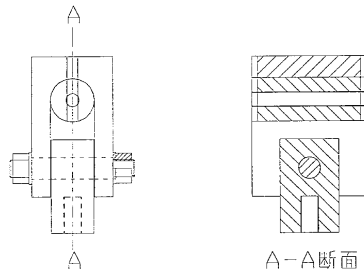


図 7-3-15 カプラーおよびクレビス組立図



図 7-3-16 試験体載荷状況

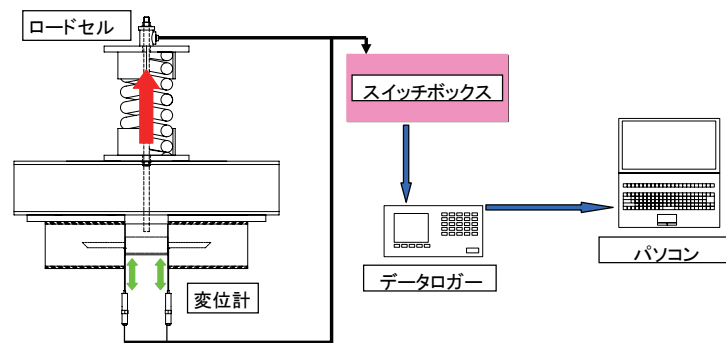


図 7-3-17 試験装置組合せ図

c) 短期せん断試験

図 7-3-18 に、載荷状況と図 7-3-19 に、短期せん断試験用載荷装置を示します。供試体を固定させてからせん断加力を行うために、試験体の上下を鋼板およびボルトで拘束した。右側の供試体に用いたアンカー筋には右ねじ、左側に設置したアンカー筋には左ねじを使用して、左右から出たアンカー筋をターンバックル方式にて接続した。せん断において短期加力を行う場合は、クリープ試験で用いるコイルばねに代わり、その接続されたアンカー筋をカプラー越しに鉛直下向き方向に油圧ジャッキによってせん断力を加えた。



a) 試験装置 (正面)



b) 試験装置 (側面)

図 7-3-18 試験体載荷状況

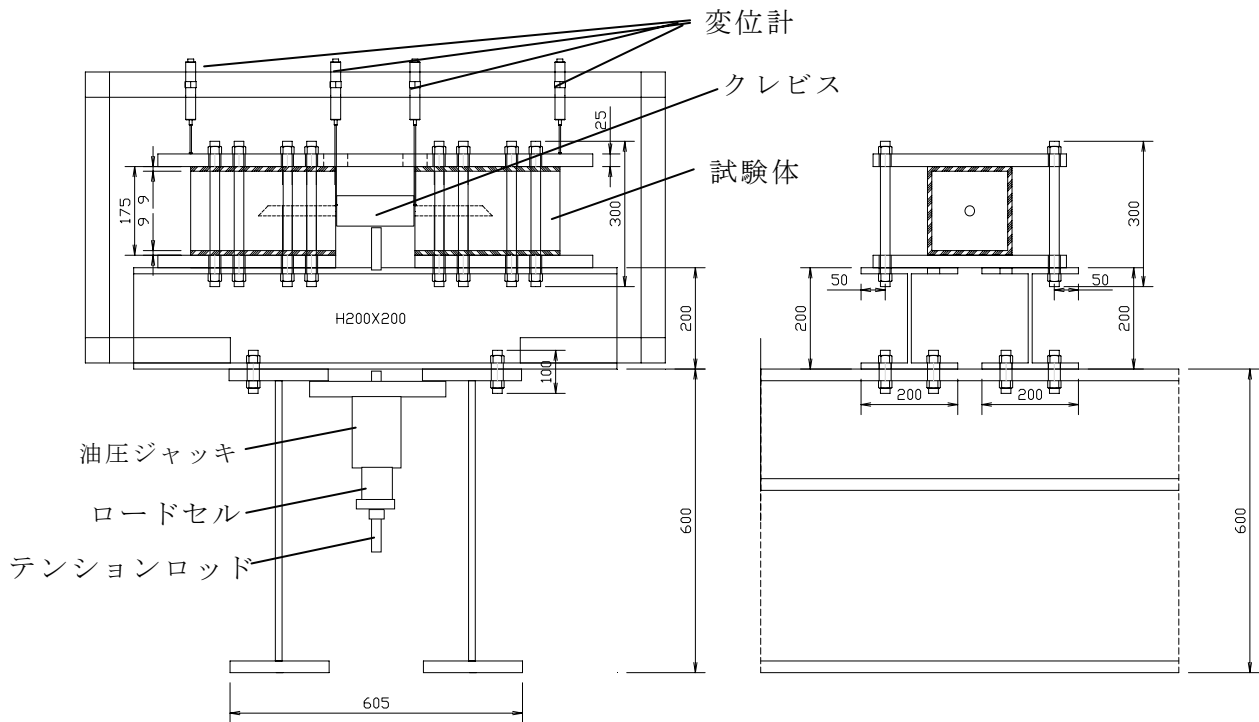


図 7-3-19 短期せん断試験用載荷装置

d) 加力方法および測定方法の課題

実験結果および考察は第 3 章に示した。本項では、加力する際ならびに測定する際の今後の課題について述べる。

本実験に用いた試験治具や試験装置において、一对の試験体を平行加力出来ない点等、改良すべき点があった。そのため目標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。今後は水平加力を行うため、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初期段階での絶対変位量を安定させることが今後必要となる。

また本せん断クリープ実験に用いたコイル式ばね方式の加力装置は、荷重の増減も見られず、安定した加力が行えたことは実証できた。今後は試験装置の小型化や様々な荷重条件にも柔軟に対応できるように改良が必要となる。

7-3-3 樹脂硬化物の圧縮応力に対する試験

7-3-3-1 実験シリーズ I 樹脂硬化物の調合による圧縮特性確認

a) 試験体

試験体は、樹脂硬化物の成分を樹脂単体としたものを試験体 A、接着系あと施工アンカー「カプセル型（有機系）」を模擬した樹脂と骨材の混合物（樹脂：骨材＝1：2.5 重量比）を試験体 B とした。試験体寸法は、JIS K 7181 に準拠して直径 $\phi 10.5 \text{ mm}$ × 高さ $L 21.0 \text{ mm}$ の円柱試験体を用いた。試験体の概要を表 7-3-1 に、骨材を添加していない樹脂単体の樹脂硬化物の標準的な物理的特性を表 7-3-2 に示す。

表 7-3-1 試験体の概要

試験体記号	試験体名称	樹脂硬化物の概要		
		樹脂成分	硬化剤成分	骨材
A	樹脂単体	不飽和ポリエステル系樹脂	粉末状過酸化ベンゾイル	——
B	樹脂＋骨材			珪砂 4 号

表 7-3-2 樹脂硬化物（試験体 A）の標準的な物理的特性

項目	最大圧縮強さ (MPa)	圧縮弾性率 (MPa)	引張強さ (MPa)	曲げ強さ (MPa)	耐アルカリ性 (%)
測定値	100 以上	1,000 以上	20 以上	30 以上	±10 以下*
試験方法	JIS K 7181	JIS K 7181	JIS K 7113	JIS K 7181	JIS K 6919

注) * : 100 時間加熱した質量変化率を示す。

試験体の作製は、それぞれの調合比で混合した樹脂混合物を硬化反応が開始する前に、 $\phi 10.5 \text{ mm} \times L 40 \text{ mm}$ の鋼製円筒型枠内に充てんした後、温度 20°C 、相対湿度 $40\%RH$ の恒温恒湿室内に 24 時間静置して養生とした。養生後、型枠より樹脂硬化物を脱型し、高さ方向の中央をプラスチック用ノコにより切断して、試験体寸法 $\phi 10.5 \text{ mm} \times L 21.0 \text{ mm}$ の試験体 2 体を作製した。この方法を繰り返して圧縮特性実験用試験体を各 5 体準備した。切断後の試験体の寸法とカットする前の状態を図 7-3-16 に示す。

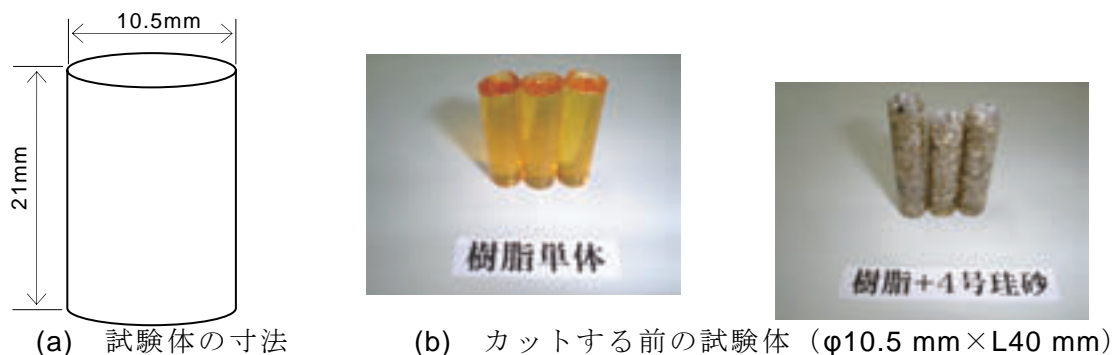


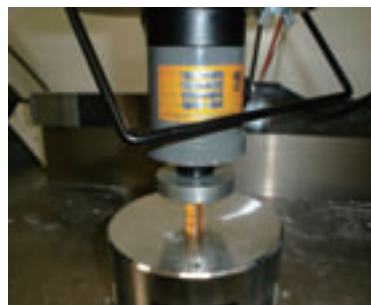
図 7-3-16 樹脂硬化物の調合による圧縮強さ計測用試験体

b)試験方法

・試験方法は、JIS K 7181-1194(プラスチック—圧縮特性の試験方法)に準じて行った。試験状況を図 7-3-17 に示す。



a)試験装置



b)試験状況

図 7-3-17 樹脂硬化物の調合による圧縮特性試験状況

7-3-3-2 実験シリーズⅡ 樹脂硬化物のポアソン比に関する実験

a)試験体

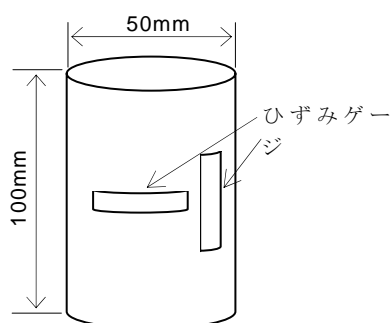
試験体の種類は、コンクリート(試験体 A)、エポキシアクリレート系樹脂硬化物(試験体 B)および不飽和ポリエステル系樹脂硬化物(試験体 C)の3種類とし、試験体寸法は、JISA 1132 コンクリート強度試験用試験体の作り方に準拠し、試験体高さが直径の2倍の直径 ϕ 5cm \times 高さ(h)10cmの円柱供試体を用いた。樹脂硬化物の調合は、樹脂:骨材の重量比率を1:3とした。また、骨材の粒度は、シリーズⅠでは珪砂4号(粒度分布:300~1180 μ m(90%以上))を用いたが、骨材の粒度が若干大きいため、樹脂と骨材の混合物の充填高さにばらつきが確認されたため、今回のポアソン比実験では、硬化物の成型後に水平を保持しながら所定寸法にカットすることが困難であることが想定されたため、型枠上下部間での樹脂混合物の組成を安定させる目的で、珪砂の粒度を1ランク細かい5号珪砂(粒度:212~850 μ m(90%以上))を選定した。型枠への樹脂混合物の充填において、試験体内部への気泡の介在をできるだけ低減させるよう、樹脂のゲルタイムを考慮しながら、樹脂液温度を30 $^{\circ}$ Cに保持し、混合物の粘度をできるだけ低下させ、脱法させながら硬化物の製作を行った。

なお、コンクリート(試験体 A)の試験体作製では、計画調合のコンクリートを練り混ぜた後、JISZ 8801-1に規定するふるい寸法10mm(公称目開き9.5mm)でふるい分けして、ふるいを通したコンクリートにより試験体を作製した。ポアソン比検証用試験体の概要を表7-3-3、試験体の寸法およびひずみゲージ貼り付け後の試験体の状況を図7-3-17に示す。

表 7-3-3 ポアソン比検証実験用試験体の概要

試験体 記号	試験体の種類(樹脂の成分等)		
	アンカー筋の固着方 法	固着材料	固着材の調 合
A	先付けコンクリート	コンクリート	表 4-6 に示 す。
B	接着系あと施工アン カー	エポキシアクリレート系樹脂＋ 骨材*	樹脂:骨材 =1:3 (重量比)
C	カプセル型(樹脂系)	不飽和ポリエステル系樹脂＋ 骨材*	

注) * : 樹脂硬化物に用いた骨材は、珪砂 5号を用いた。



(a) 試験体の寸法

(b) ひずみゲージ貼り付け後の試験体

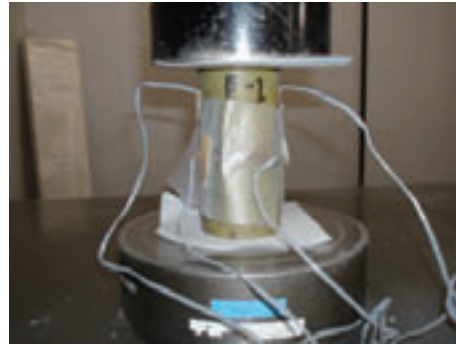
図 7-3-17 ポアソン比検証実験用試験体の概要

b)試験方法

・試験方法は、試験方法は、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準じて載荷し、ポアソン比の測定は、試験体の試験体側面中央部にひずみゲージを対角線上に貼付し測定用試験体を作製して、試験体作成後材齢 38 日で行った。圧縮試験装置には島津製作所(型式 UH2000kNA)試験機を用い、JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準じて実験を行った。荷重および各ひずみ測定には(株)東京測器研究所製ひずみ測定器(TC-31K)を用いて 2 秒間隔で測定した。なお、加圧部の摩擦による応力ばらつきを抑制するために厚み 0.2mm のテフロンシートを試験体の上下 1 枚ずつセットした。試験状況を図 7-3-18 に示す。



(a) 試験装置



(b) 試験状況

図 7-3-18 ポアソン比計測試験状況

7-3-3-3 実験シリーズⅢ 樹脂硬化物の厚み別圧縮特性実験

a) 試験体

・試験体は、シリーズⅡで用いたコンクリートをさらに硬化物の厚みを超えないように粒

度を調整したものと樹脂硬化物（樹脂成分 2 種類）を用いた。固着材の肉厚は、接着系あと施工アンカーの施工条件であるアンカー筋の種類と所定の穿孔径より決定し、1.5mm、3.0mm、5.0mm の 3 種類とした。試験体概要を表 7-3-3、固着材と肉厚、あと施工アンカーの施工条件との関係を表 7-3-5 に示す。

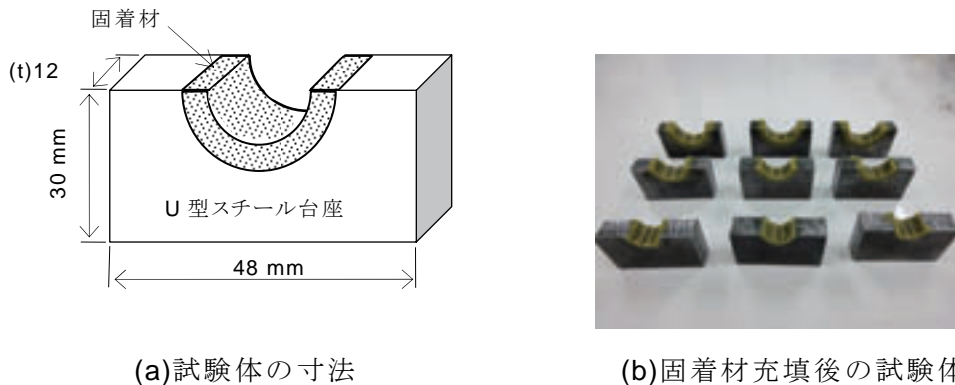
表 7-3-4 実験シリーズⅢの試験体概要

試験 体 記号	固着材の種類		固着材の肉 厚(mm)
	名称	固着材成分	
A	コンクリート	セメント	1.5、3.0、5.0
B	樹脂 硬化物	エポキシアクリレート系 樹脂	
C		不飽和ポリエステル系 樹脂	

表 7-3-5 固着材の肉厚と接着系あと施工アンカーの施工条件との関係

固着材の 肉厚 (mm)	接着系あと施工アンカーの施工条件			
	アンカー筋		穿孔径 (mm)	アンカー筋と母材 コンクリートとの間 隙 (mm)
	異形棒鋼呼 び	公称直径 (mm)		
1.5	D13	12.7	φ15～16	1.15～1.65
3.0	D19	19.1	φ24～25	2.45～2.95
5.0	D25	25.4	φ34～35	4.30～4.80

試験体は、アンカー筋周辺に固着材が充てんされていることを模擬し、厚板鋼板を加工した U 型スチール台座内に所定の肉厚で固着材を充てんして試験体とした。なお、U 型スチール台座の厚み方向の寸法(t)について、初回は 25mm とし、あたり試験を実施したところ、圧縮試験機の載荷能力の最上限でも固着材の破壊まで到達せず、圧縮剛性の比較ができなかったことから、(t)寸法を 52%減の 12mm に台座寸法を見直した。試験体の寸法(a)および固着材充填後の状態(b)を図 7-3-19 に示す。



(a)試験体の寸法

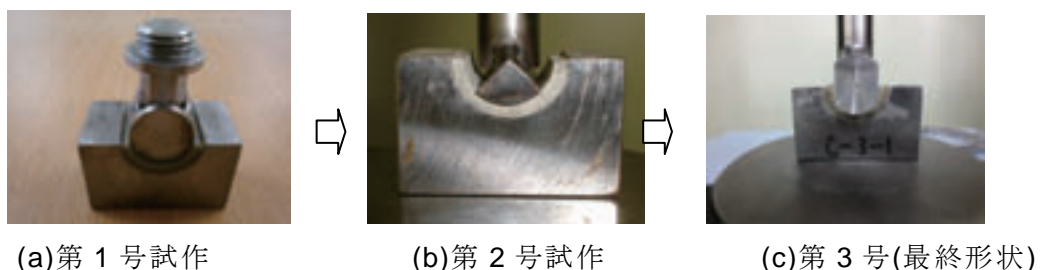
(b)固着材充填後の試験体

図 7-3-19 固着材の厚み別圧縮特性検証用試験体の概要

それぞれの試験体の肉厚の違いによる圧縮特性を検証するため、専用の圧縮載荷盤を製作した。ここで、載荷盤は、試験体載荷面に一様に圧縮荷重を作用させるため、載荷盤面の形状を試験体それぞれの肉厚に応じて加工した。載荷盤の形状については、先端部の形状を図 7-3-19 に示すように a)→b)→c)へと形状の見直しを行い、実際にアンカーにせん断荷重が生じた際に作用すると仮定される 45 度方向への応力伝達を想定した仕様とした。

本実験で用いた載荷盤の最終形状および寸法を図 7-3-20、各部の寸法を表 7-3-6 に示す。

また、コンクリート（試験体 A）については材齢 28 日間、樹脂硬化物（試験体 B および C）については材齢 3 日間の養生後に脱枠して試験に供した。



(a)第 1 号試作

(b)第 2 号試作

(c)第 3 号(最終形状)

図 7-3-19 載荷盤の形状の見直し経緯

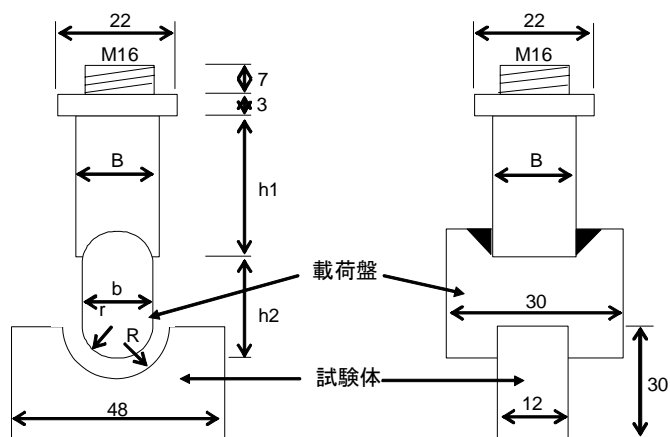


図 7-3-20 試験装置の概要

表 7-3-6 試験装置の各部の寸法

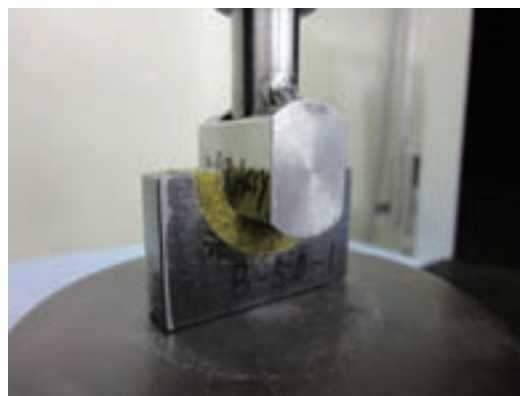
試験体の肉厚(t)	載荷盤寸法(mm)			試験体寸法
	B	b	r	R
1.5 mm	16	9.2	13	16
3.0 mm	14	13.4	19	25
5.0 mm	14	17.7	25	35

b) 試験方法

圧縮装置は、東洋精機(株)製オートグラフ（機種型番 AG-X 型：最大荷重能力 100kN）を用い、載荷速度は試験体の肉厚が小さいことを考慮して 0.6 mm/min とした。試験は、荷重と変位を観察し、荷重の変化がない状態または変位が試験体肉厚の 1/3 となった時点で終了とした。各試験体の試験は、コンクリート（試験体 A）は材齢 28 日間、樹脂硬化物（試験体 B および C）は材齢 3 日間硬化養生後脱枠して試験に供した。圧縮試験の状況を図 7-3-21 に示す。



a) 試験装置



b) 試験状況

図 7-3-21 樹脂硬化物の厚み別圧縮特性実験