

報告 可とう鉄筋コンクリート推進管の力学的性状

辻幸和*¹・鈴木敬良*²・梅田和助*³・大平忠良*⁴

要旨：鋼製補強リングと緩衝ゴムを積層状に組み合わせた可とう部を鉄筋コンクリート推進管に組み込んだ可とう鉄筋コンクリート推進管のせん断強度試験と曲げ強度試験および軸圧縮強度試験を行った結果を報告する。すなわち、軸直角方向のせん断変形量が管内径の12.5%の100mmといった大きな値を確保できることを確かめた。また曲げ性状および軸圧縮性状も、可とう部は鋼板のストラットを組み込むことにより、推進作業時においては、鉄筋コンクリート部分と同等な性状が得られることも確かめられた。

キーワード：可とう鉄筋コンクリート推進管, 可とう部, せん断性状, 曲げ軸圧縮性状

1. まえがき

レベル2といった大地震動に対応する耐震性を確保することを主目的として、従来の鉄筋コンクリート推進管に可とう性と伸縮性の両方を兼ね備えた可とう部を組み込んだ耐震用の可とう鉄筋コンクリート推進管を考案した。可とう

鉄筋コンクリート推進管の可とう部は、鋼とゴムとを積層させており、従来の可とう部とは異なり、管軸直角方向の最大変位量が管内径の12.5%の100mmといった大きな可とう性が期待できるものである。

本文では、まず、このような可とう部を有す

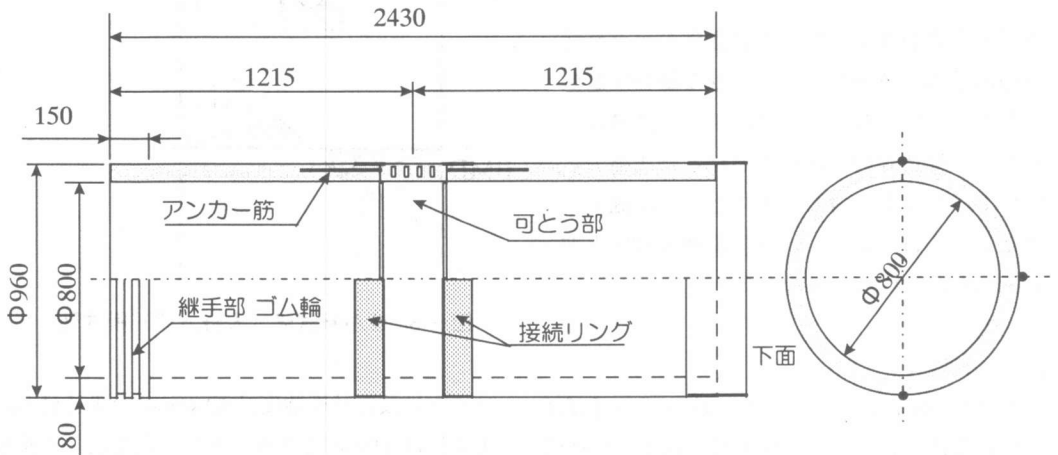


図-1 試験体

*1 群馬大学教授 工学部建設工学科, 工博 (正会員)

*2 太陽鉄工(株) 営業部

*3 藤村ヒューム管(株) 館林工場

*4 東洋ゴム工業(株) 化工品技術部

表-1 コンクリートの配合

	設計基準 圧縮強度 (N/mm ²)	スラン プ (cm)	空気 量 (%)	W/C (%)	W/B ^{*)} (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
							水 W	セメント C	砕砂 S	砕石 G	混和材料	
											CSA	FT
外層	50	8±2	1.5	40.2	—	52.0	188	468	865	829	—	4.68
内層	50	8±2	1.5	—	36.2	50.0	188	462	809	840	57	5.19

*)B=C+CSA

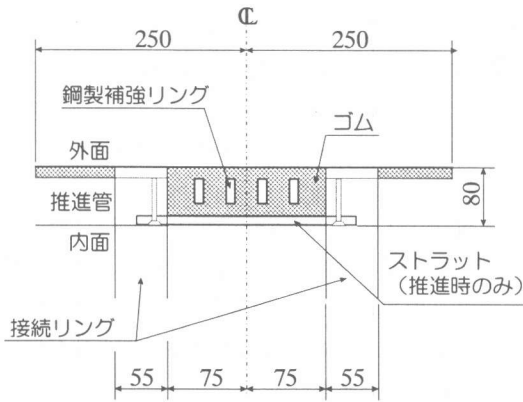


図-2 可とう部の模式図

る可とう鉄筋コンクリート推進管の可とう性と伸縮性の確認を目的としたせん断強度試験の結果を報告する。そして、可とう鉄筋コンクリート推進管の推進時における軸圧縮力と曲げモーメントに対する耐力といった施工性の確認を主目的として、軸圧縮強度試験と曲げ強度試験の結果を報告する。

2. 試験体

内径が 800mm、有効長さが 2430mm の呼び径 800 の鉄筋コンクリート推進管（以下、推進管と称す。）を試験体とした。推進管の中央部に可とう性と伸縮性を兼ね備えた鋼製リングを含む可とう部を設置した。推進管の継手部の長さは、地震動による抜出量を考慮して 150mm としている。また、継手部の水密性を高めるため、ゴム輪の溝を 2 列に配置している。

試験体の形状寸法を図-1 に、試験体に用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。コンク

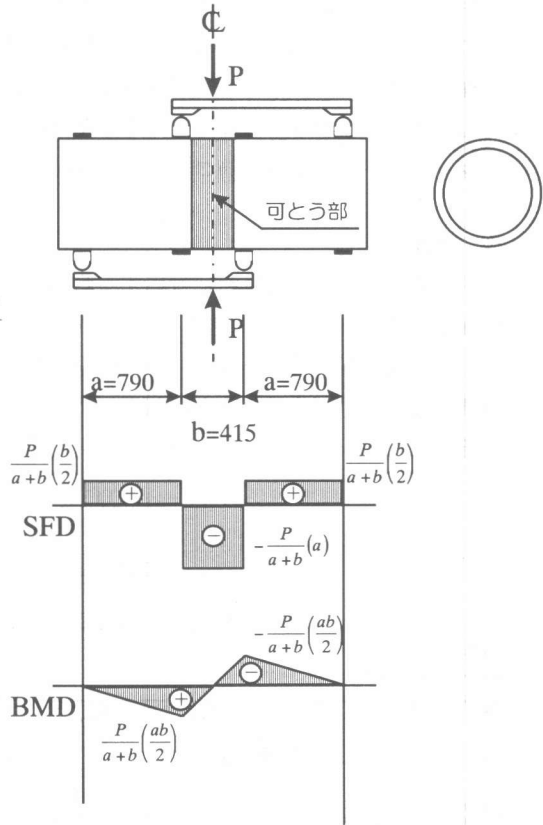


図-3 せん断試験（大野方式）模式図

リートの設計基準強度は 50N/mm² で粗骨材の最大寸法は 15mm である。また、高性能 AE 減水剤 FT と内層のコンクリートには膨張材 CSA を用いている。

可とう部は図-2 に示すように、鋼製の補強リングと SBR 系のゴムとを積層に重ねたもので、軸直角方向の許容せん断変形量が 100mm 得られるものである。ゴムに積層させる補強リングは、材質が SS400 で、厚さが 6mm、内径が 848mm、外径が 936mm、幅が 44mm のものを 4 枚配置し

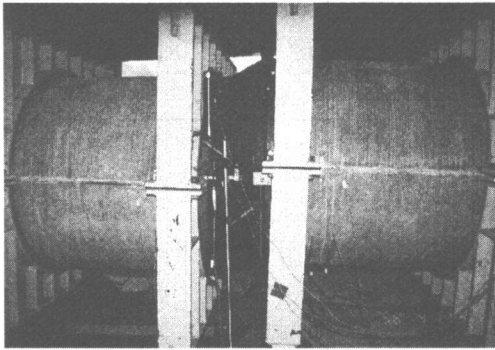


写真-1 相対変位 100mm の変形状況

ている。両端には、鋼製リングを設け、鉄筋コンクリート部との接合を容易にしている。

ストラットは8枚に分割しており、推進時の圧縮力と曲げモーメントを主として分担させるものであり、推進終了後は取り外して、この部分にゴム製のスペーサを配置させることにしている。材質はSS400で、厚さが11mm、幅である中心弧長が310mmで、4隅に直径が18mmのビス用の孔を設けている。

3. せん断強度試験

3.1 試験方法

推進管のせん断強度試験として、図-3に示す大野方式を採用した¹⁾。推進管の可とう部にはせん断力が一様に作用し、かつ可とう部の中央では曲げモーメントが0となるため、可とう部のせん断性状の確認に適した方式である。なお、 載荷部と支点部には、幅 125mm の鋼製フレームを用いた。

3.2 可とう部の変位性状

可とう部のせん断力が作用する軸直角方向の相対変位と可とう部に作用したせん断力との関係を図-4に示す。相対変位は可とう部の両端部に設置した鋼製リングの相対変位を最小読みが1/1000mmの高感度変位計により計測した値である。なお、試験機の載荷シリンダーの容量

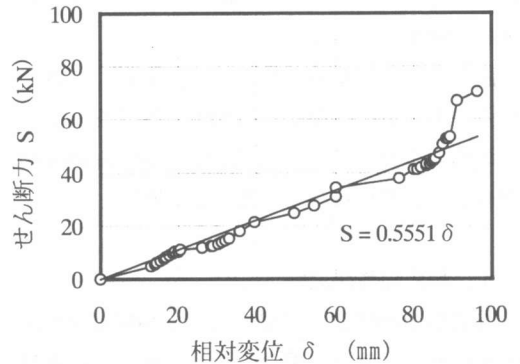


図-4 可とう部の相対変位と最小二乗法による直線近似

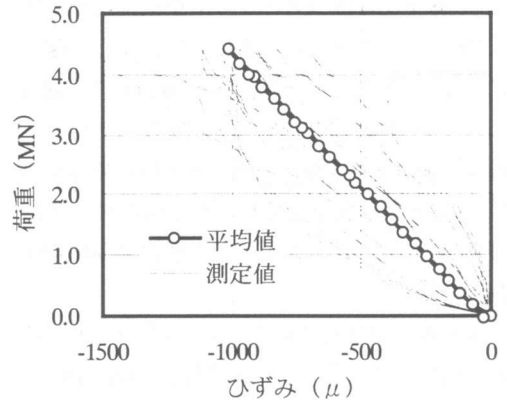


図-5 ストラットのひずみ

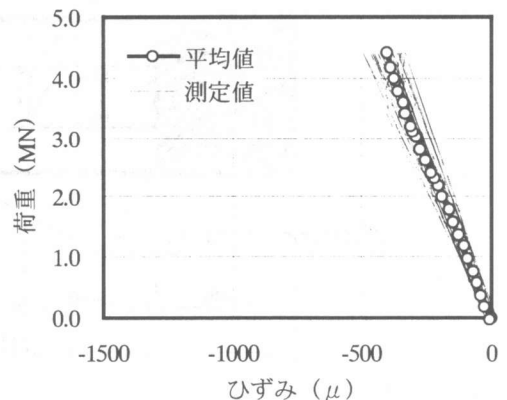


図-6 コンクリートのひずみ

の限界により、相対変位が 100mm に達する前に
 載荷試験を中止した。

図-4より、相対変位とせん断力は、小さい
 作用せん断力の段階から直線的な性状を示すこ
 とが認められた。そして、最大で 100mm 程度
 の相対変位が得られた（写真-1 参照）。

4. 軸圧縮強度試験

容量が 10MN の試験機を用いて軸圧縮強度試
 験を行った。載荷荷重は、コンクリートに作用
 する応力度が 50N/mm^2 の設計基準強度に対応す
 る許容応力度の 24.5N/mm^2 に相当する 4.34MN
 までとした。その時の軸圧縮力と、可とう鉄筋
 コンクリート推進管の推進時に圧縮力と曲げモー
 メントを受け持つストラット中央部内面の圧
 縮ひずみとの関係を図-5に示す。また、図-
 6には、ストラットの中央から 40cm の位置の
 コンクリート表面の 24 枚のひずみ（ゲージ長
 60mm）を示す。なお、ストラットの圧縮ひずみ
 は 8 枚のストラットにそれぞれ 3 枚貼付した 24
 枚のワイヤストレインゲージの値および平均値
 で示している。

4.34MN の軸圧縮力に対して、ストラットは約
 1000×10^{-6} 、コンクリート表面は約 400×10^{-6}
 の圧縮ひずみをそれぞれ示した。ストラットの圧

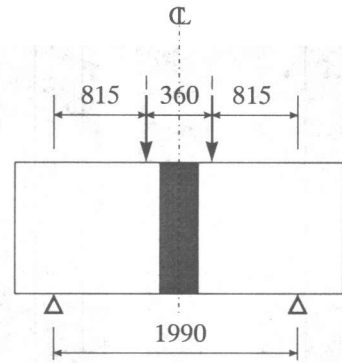


図-7 載荷模式図

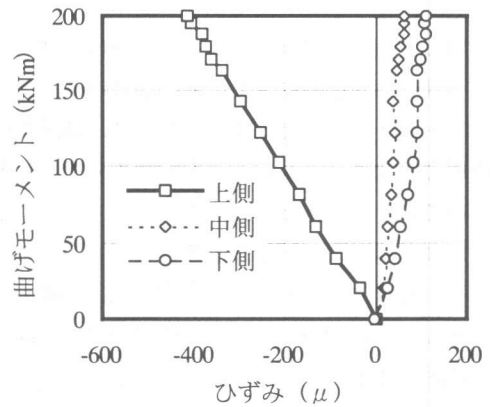


図-8 ストラットのひずみ

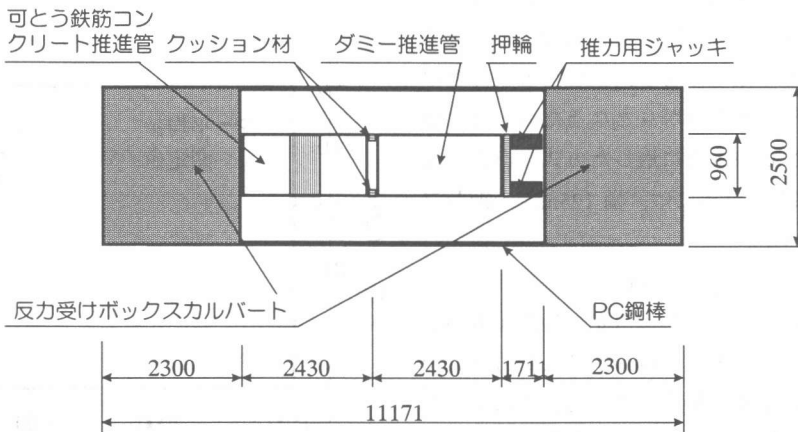


図-9 偏荷重試験模式図

縮みずみから、少なくともコンクリート強度から定まる許容圧縮力を 4.34MN としたときにおいても、可とう鉄筋コンクリート推進管のストラットは十分な圧縮力を受け持つことが確かめられた。

5. 曲げ強度試験

図-7に示す荷重方法で曲げ強度試験を行い、ストラット部の曲げ性状を求めた。可とう部に作用する曲げモーメントが $122\text{kN}\cdot\text{m}$ において、外圧試験のように鉄筋コンクリート推進管の上・下面の内側に最初に軸方向のひび割れが発生した。その後斜めひび割れが発生して発達した後、 $202\text{kN}\cdot\text{m}$ で斜めひび割れ破壊を生じた。

ストラットの軸方向ひずみを図-8に示す。上部の圧縮ひずみは、曲げモーメントの増加に伴い直線的に増加して、斜めひび割れ破壊直前に 400×10^{-6} の値を示した。なお、引張側の上部ひずみの増加量は小さく、破壊直前でも 100×10^{-6} の値にとどまっていた。

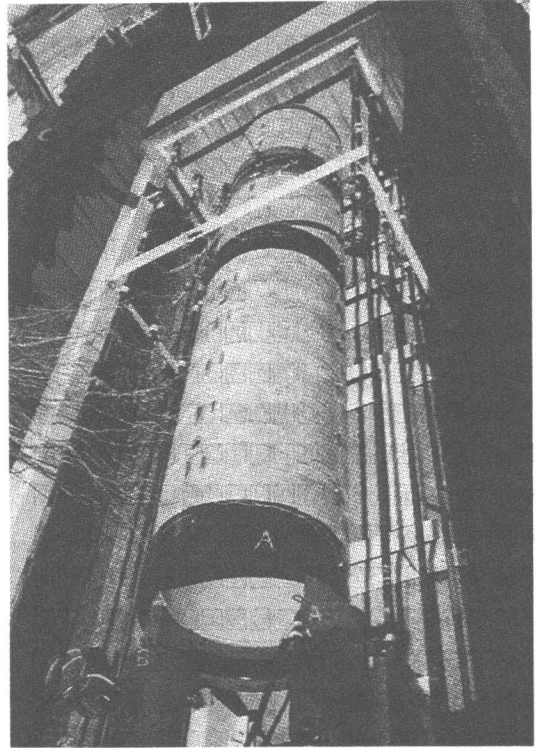
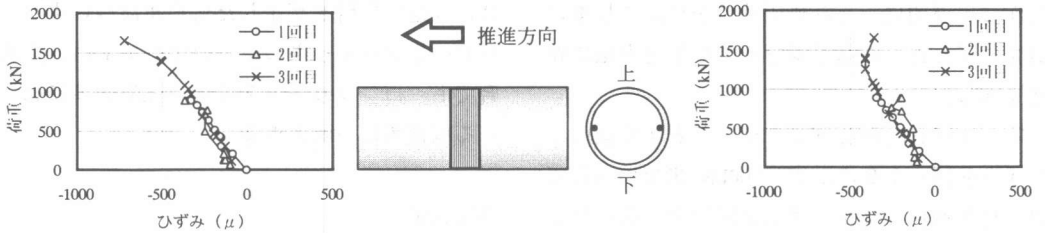
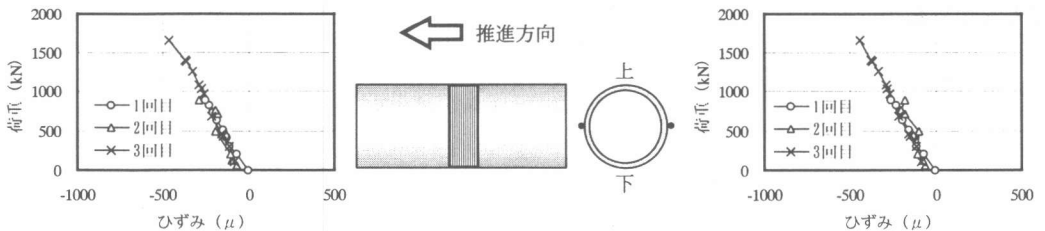


写真-2 偏荷重試験の状況
(推進用ジャッキ側から試験体方向を)



a) ストラットのひずみ



b) コンクリートのひずみ

図-10 ストラットとコンクリート表面の軸圧縮ひずみ

6. 偏荷重試験

実際の推進作業を模擬して図-9に示す軸圧縮力と曲げモーメントが作用する偏荷重試験を行った。偏荷重は、写真-2に示すように、左右の2台の推進用ジャッキの圧力を調節することにより行った。

まず、1回目の荷重として、コンクリートの許容圧縮応力度に相当する460kNを超え、許容局部支圧応力度に相当する900kNまで、均等圧で荷重した。その後、2回目の荷重として、左右の推進用ジャッキの圧力の比率を1:1.5に保持して、合計圧縮力が1回目と同じ900kNまで荷重した。そして、3回目の荷重として、均等荷重で1.68MNまで荷重したところで、2回目の偏荷重によるクッション材の残留圧縮ひずみ量の影響が著しくなって局部圧縮破壊を生じた。この試験では、推進管への軸圧縮力の伝達は、推進管の有効断面積の1/5、面積にして353.2cm²のパーティクルボードのクッション材を用いた。この左右のクッション材の残留圧縮変形量の差が、写真-2に示した左右の推進用ジャッキの安定性を失わせて、鉄筋コンクリート推進管の端面に局部的に大きな軸圧縮力を与えてしまい破壊に至った。推進用ジャッキの固定方法に課題を残した。

ストラット内面とコンクリート表面の軸圧縮ひずみを図-10に示す。900kNまでの荷重では、均等荷重した1回目と3回目の荷重のいずれも左右のストラットおよびコンクリートのひずみはほぼ等しい値を示している。また、ストラットのひずみはコンクリートひずみより大きくなっている。

2回目の偏荷重の影響は、ストラットおよびコンクリートのひずみとも生じている。このひずみの影響が3回目の均等荷重でも生じており、特に900kNを超えると著しくなっている。なお、破壊直前においても、ストラット内面の圧縮ひずみは 750×10^{-6} にとどまっていた。

7. まとめ

レベル2といった大地震動に対応する耐震用の可とう鉄筋コンクリート推進管の開発において、大きなせん断変形が可能な可とう部をもつ内径が800mm、有効長さが2430mmの呼び径800の可とう鉄筋コンクリート推進管を作製して、実験でその性能を確かめた結果を報告した。本実験より次のことが言える。

- 1) 可とう部は、せん断力の作用により管軸直角方向に管内径の12.5%の100mmといった大きな変位量が可能である。
- 2) 推進時に設置するストラットは、コンクリートの圧縮強度から許容される4.34MNの圧縮力に耐えるとともに、200kN・mの曲げモーメントにも耐え得る。
- 3) 推進作業時を想定した偏荷重試験により、左右の推進ジャッキの圧力の比率が1:1.5の場合でも、コンクリートの許容支圧応力度に相当する偏荷重にも耐え得る。

参考文献

- 1) 大野和男・荒川卓：鉄筋コンクリートはりのせん断抵抗に関する研究，日本建築学会論文報告集，No.66，1960.10