

1

表一1 設 計 条 件

3. 試設計

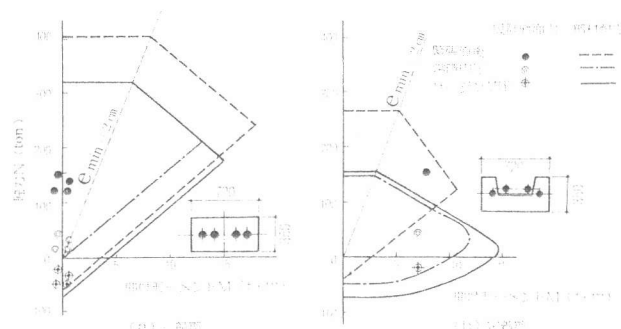


図-3 相互作用図（設計断面力と部材耐力の比較）

表一2 實驗項目概要

4. 実証実験

图 号	名称	比例	材料	重量	说明
图 1	第一号	1:1	Q235-A	1.2kg	1. 用于测量工件的厚度。 2. 使用时，将工件放入测量筒内，通过测量筒的刻度读出厚度值。
图 2	第二号	1:1	Q235-A	1.5kg	1. 用于测量工件的直径。 2. 使用时，将工件放入测量筒内，通过测量筒的刻度读出直径值。
图 3	第三号	1:1	Q235-A	1.8kg	1. 用于测量工件的周长。 2. 使用时，将工件放入测量筒内，通过测量筒的刻度读出周长值。

—458—

つ円弧形のモデルを用い、試験体両端の荷重をロードセルで測定し、P C鋼より線とシースとの摩擦係数を算出した。
実験結果……図-4は、実験Ⅰの結果を断面力によって表わし、計算値と比較したものである。図中の計算値は全断面有効とした弾性計算によるもので、実測値とほぼ合致し、P C鋼材偏心による曲げモーメントが概略算出できることがわかる。実験Ⅰでは補強鋼材について2種類の試験体を用いたが、本実験の範囲では大きな違いは認められなかった。図-5は実験Ⅱの緊張力導入後の軸力分布を示したもので、P C鋼材とシースとの摩擦の影響を見ることができる。すなわち両定着部間で最大の軸応力を示し、頂部にむかって減少している(図中の ϕ 、 μ については実験Ⅲに後述する)。図-6、7は内圧作用時の軸力変化をAシリーズ(CY-1~5)について示したものである。Aシリーズは最大内圧負荷を常時内圧時の設計値付近とし部材を弾性域にとどめ、主として周辺拘束度の影響を調べた。外部拘束度をRとし、次式のように定義する。

$$R = \frac{\sigma_s^* - \sigma_s}{\sigma_s^*} = \frac{N^* - N}{N^*} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 σ_s^* 、 N^* は無拘束時の円周方向応力および軸力、 σ_s 、 N を拘束時の円周方向応力および軸力を表わす。試設計では周辺地盤の弾性係数を $5,000 \text{ kg/cm}^2$ としたが、実験モデルでは、拘束P C鋼線を22本とすると両者は力学的にほぼ等価となる。この時の拘束度は、 $R = 0.11$ であり、サイクル2、6、7(CY-2,6,7)で実施されている。また図中の計算値は軸対称モデルを用い、有限要素法により算出したものである。本実験では拘束度が $R = 0 \sim 0.14$ の範囲であるため各サイクルの差異が明確に表われているとはいえないが、図-6、7では計算値と実測値はほぼ一致し、拘束度の違いが概略認められた。本シリーズで実施した拘束度を地盤の弾性係数に換算すると、 $E: 0 \sim 6,500 \text{ kg/cm}^2$ となる。このような範囲での弾性挙動を見ると(図-7)、軸力Nに大きな違いはなく、20%以内であることがわかった。Bシリーズ(CY-6、7)では設計値と同等の拘束状態で、内圧を $P = 9 \text{ kg/cm}^2$ まで負荷したが、ほとんど直線的で安定した挙動が観察された。図-8は緊張および内圧作用時の断面の応力およびひずみの変化を示したものである。実測値は計算値と大略一致し、弾性計算により充分算出できることがわかる。さらにCシリーズ(CY-8)では周辺拘束を

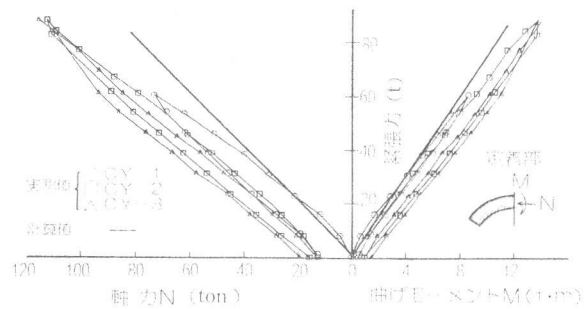


図-4 緊張力による定着部の断面力(実験Ⅰ,鉄板補強型)

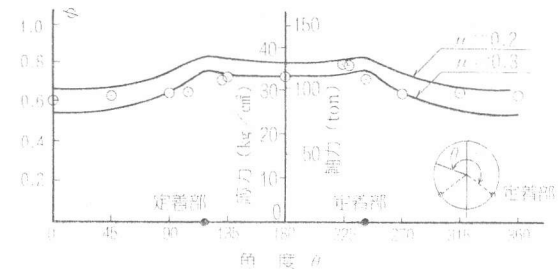


図-5 緊張力分布(実験Ⅱ,緊張定着時)

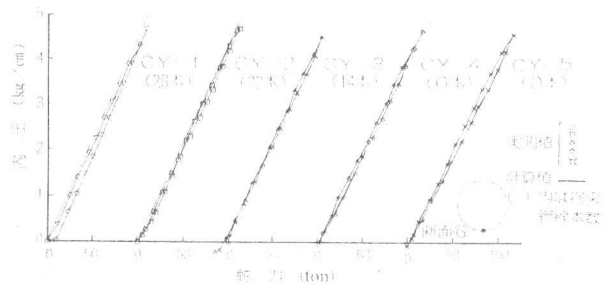


図-6 内圧と軸力の関係(実験Ⅱ, Aシリーズ)

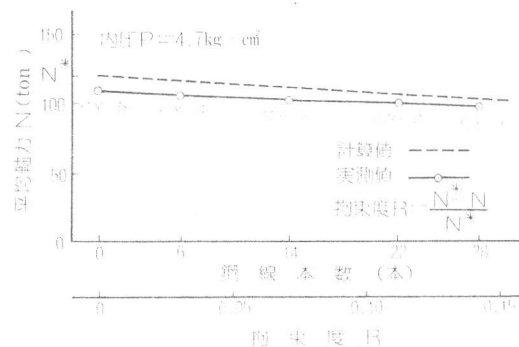


図-7 内圧による軸力と拘束度の関係(実験Ⅱ, Aシリーズ)

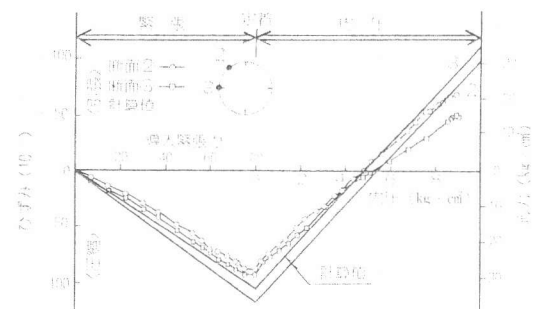


図-8 応力とひずみの変化(実験Ⅱ, CY-7)

解除し ($R = 0$)、負荷を続けたが、載荷装置の負荷能力が限界となり、試験体には耐力が残っていたものの $P = 10.7 \text{ kg/cm}^2$ で実験Ⅱを終了した。このように実験Ⅰ、Ⅱでは、設計最大圧 $P = 8.5 \text{ kg/cm}^2$ を越える耐荷力を実証するとともに、従来の弾性計算により緊張時、内圧作用時とも充分実測値を予測できることが確認された。

次に実験Ⅲから得られた摩擦係数を図-9に、また、この値を用いてシミュレーションした結果を図-10に示す。ここで緊張端の導入力 (ジャッキ荷重) P_0 と導入直後の各点の緊張力 P_t を用いて、緊張力の有効率 ϕ を次式のよう

$$\phi = P_t / P_0 \quad \text{..... (2)}$$

実験Ⅲでは、 P_0 が緊張側の荷重 (ジャッキ荷重) P_t が他端の固定側の荷重となる。有効率 ϕ は一般に次式で与えられる。¹⁾

$$\phi = e^{-(\mu\alpha + \lambda x)} \quad \text{..... (3)}$$

ここで、 μ は曲線配置による角変化1ラジアンあたりの摩擦係数、 λ は単位長さあたりの摩擦係数を示し、 α 、 x は定着部中心からの角度および距離である。本実験では λ を一定とし、 μ を実験的に算出した。図-9からわかるように、試験体の中心角に関係なくほぼ同様の μ が測定され、減摩剤塗布による効果も明瞭に認められた。これらの平均値をとると、減摩剤を用いた場合 $\bar{\mu} = 0.22$ 、未使用の時に $\bar{\mu} = 0.35$ となり、いずれも変動係数は約10%であった。また、実験Ⅱにおいても減摩剤を使用した

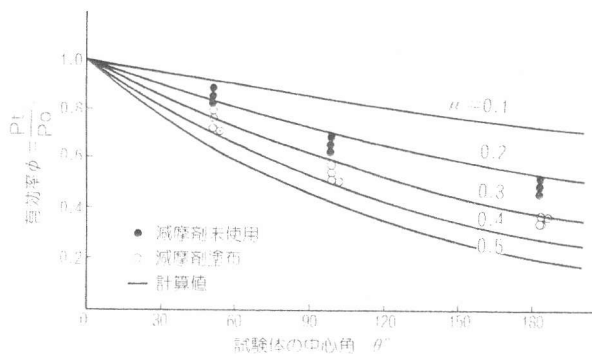


図-9 摩擦係数試験結果

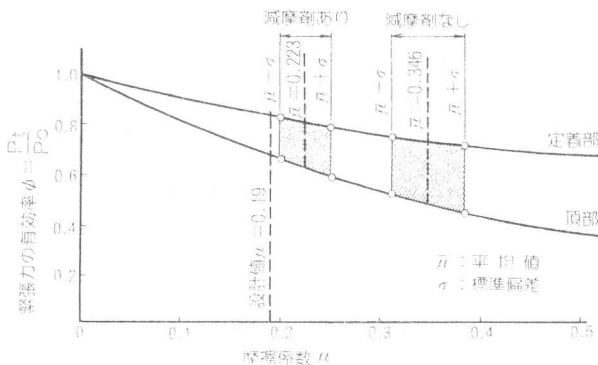


図-10 摩擦係数と緊張力有効率の関係

減摩剤を用いた場合 $\bar{\mu} = 0.22$ 、未使用の時に $\bar{\mu} = 0.35$ となり、いずれも変動係数は約10%であった。また、実験Ⅱにおいても減摩剤を使用した。導入時の緊張力分布 (図-5) を見ると $\mu = 0.2 \sim 0.3$ であることが判断される。さらに、これらの実測結果を用いて緊張力の有効率 ϕ を試設計の設計条件のもとに試算し、図-10に示した。この結果 μ のばらつきを考慮すると $\phi = 0.6 \sim 0.8$ となることが予想され、設計時には大きな影響を与える。今回の試設計では $\mu = 0.19$ を用いたが、実験Ⅲの結果から考えるとやや小さく、修正が必要である。

5. まとめ

PC圧力トンネルの開発プロセスのうち、その主要項目である緊張システム、試設計および実証実験を完了し、本文に述べたように十分な成果を得たと言える。これらのことからPC圧力トンネルの有利性が確認され、実用化の目処がついたと考えられる。さらに、施工性、経済性などの検討を加え、実施設計および実構造物への適用を行ないたいと考えている。最後に、PC圧力トンネルの開発にあたっては猪股俊司博士および極東鋼鉄コンクリート振興株式会社の関係者の皆様に有益な御指導をいただき、ここに深く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 土木学会：プレストレストコンクリート標準示方書 1979年
- 2) P. Matt, F. Thurnherr, I. Uherkovich: Prestressed concrete pressure tunnels, Water Power & Dam Construction, May 1978, PP. 23~31
- 3) David T. Swanson: PRESTRESSED CONCRETE PRESSURE TUNNELS, RETC 1981 PROCEEDINGS VOLUME I, PP. 519~532
- 4) 吉川弘道：鉄筋コンクリート構造物の終局強度設計法, 間組研究年報, 1979年, PP. 105~118