

(137) 柔構造PC樋門における弾性継手短縮量の設計値と実挙動との比較検討報告

三重県北勢県民局

大川 修

伊勢土建工業 (株)

山下清成

(株) ピー・エス 名古屋支店

正会員 ○美馬由周

(株) ピー・エス 名古屋支店

正会員 松下 功

1. はじめに

樋門とは、河川堤防を横断して設けられる函体構造物であり、堤内地の雨水、工場等からの排水や河川からの取水などを目的として設置される。これまで樋門は、支持杭による剛支持基礎であったが、軟弱地盤においては函体底版下に空洞が発生することがあり、これが堤体に不具合を発生させる要因の一つであった。この問題に対処するため建設省では(財)国土開発技術研究センターに調査・検討を委託し、「柔支持方式」の有効性を確認するに至った。しかし、柔構造樋門の設計は他の土木構造物の設計とは異質な点も多く、施工上においても留意すべきポイントが多数存在する。

平成11年11月に三重県桑名市新堀川において実施した柔構造樋門の施工は、7ブロックを、緊張材を用いて一体化する工法で、各ブロック間には弾性継手(プレストレインドゴム継手)を使用した。本樋門はこの弾性継手をプレストレスにより圧縮することにより沈下に追従できる柔構造となる。ここで問題となるのが、この弾性継手に所定の圧縮量を得るための緊張力の算出である。したがって、緊張計算の重要なポイントは、コンクリートと弾性継手の弾性変形による緊張力の損失量の評価方法にあると考える。そこで本施工において提案した計算方法により算出した「緊張力とゴムの短縮量」の関係と実際の挙動を把握すべく、各緊張段階でのゴムの短縮量の測定を行った。

本報告は、それらの比較検討結果について考察し、本施工における緊張計算方法の妥当性を評価報告するものである。

2. 工事概要

工事箇所：三重県桑名市大貝須地内

構造形式：可撓性PC樋管

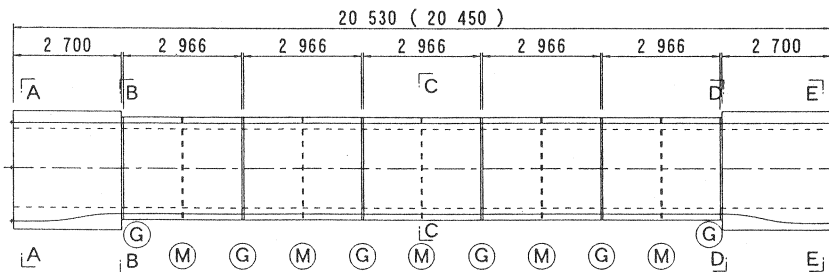
継手形式：弾性継手(プレストレインドゴム継手)

樋管長：20.450 m

弾性継手箇所：6箇所

弾性継手厚(ゴム厚)：50 mm(緊張前)

PC鋼材：SEEE UF100(アンボンド)



- (G) -弾性継手 ( 50 mm )
- (M) -モルタル目地 ( 30 mm )  
( 無収縮モルタル )
- ( ) 内寸法値は、緊張後の値とする。

図-1 側面図

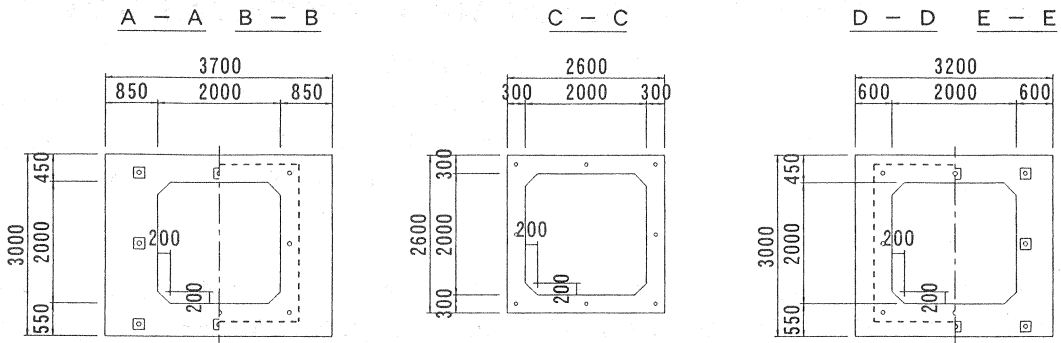


図-2 断面図

### 3. 設計概要

本樋門における函体設置以後に生じる函体直近の地盤の沈下量(残留沈下量)は、最大 10.4 cm である。柔構造樋門の縦方向の設計は、地盤変位の影響を考慮した弾性床上の梁としてモデル化し、地盤の沈下量を等価な荷重強度に換算して行った。弾性継手は、バネ結合としてモデル化し、止水機能を確保しつつ地盤の沈下分布に追従できるように、またスパン割は、この地盤の沈下分布での回転角が弾性継手の回転能力を満足するよう弾性継手の検討と試行して行った。その結果、ブロックスパン長は 3.0 m とし、また厚さ 50 mm の弾性継手(ゴム)を 37 mm までプレストレス力で圧縮することにより、地盤沈下に追従できる構造とした。また沈下後もゴムが圧縮状態となり、止水機能も十分確保することができた。

一般に、ゴム継手の弾性変形による緊張ケーブルの緊張力の損失は大きく、緊張段階ごとにおける他の緊張ケーブルの緊張力低下率は著しい。

このことから、緊張ケーブルは再緊張が容易な緊張方式とする必要があり、ネジ定着方式の SEEE UF100(アンボンド)を選定した。

### 4. 緊張計算

本樋門の構造の場合、弾性継手を採用しているため緊張計算では、コンクリートとゴムの弾性変形の影響を考慮しなければならない。そのメカニズムは以下のとおりである。

- ① 緊張ケーブル緊張時におけるゴムの弾性短縮量は大きく、したがって先に緊張した緊張ケーブルの緊張力は、その分の減少が生じる。
- ② 同時に、減少した緊張力の分だけゴムは膨張する。
- ③ ゴムの膨張により、緊張ケーブルが引張力を受け、緊張ケーブル緊張力が増大する。
- ④ 緊張ケーブルの緊張力の増大に伴うゴムの短縮が発生する。
- ⑤ ゴムの短縮量とケーブル緊張力の合計が釣り合うまで③~④が瞬間的に繰り返される。

通常の PC 構造物においては、構造物の弾性変形量が一般に微小であるため、緊張力の減少に伴う構造物の弾性変形量のもどりの影響は考慮しない。しかし、PC 樋門ではこの値が大きい為、これを緊張計算に反映させなければならないが、これらを考慮した緊張力の損失量を求める方法は公式化されていない。参考式として式(1)が参考文献1)により提案されているが、これは緊張力の減少によるゴムの膨張は考慮されていない。よって今回、緊張計算にあたっては式(2)を提案した。

$$\Delta P_e = \frac{1}{2} \cdot P_{av} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta l_p} \quad \dots \text{式(1)}$$

$$\Delta P_e = \frac{1}{2} \cdot P_{av} \cdot \frac{\Delta l - \frac{\Delta \Delta l}{2}}{\Delta l_p} \quad \dots \text{式(2)}$$

$\Delta P_e$  : コンクリートと弾性継手材の弾性変形による緊張力の平均損失量 (N)

$P_{av}$  : 緊張材の平均引張力 (N)

$\Delta l$  : コンクリートと弾性継手材の弾性変形による弾性短縮量 (mm)

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

$\Delta l_1$  : コンクリートの弾性短縮量

$$\Delta l_1 = L \cdot \sigma_c / E_c$$

$\Delta l_2$  : 弾性継手材の弾性短縮量

$$\Delta l_2 = t \cdot \sigma_R / E_R$$

$L$  : コンクリートの弾性短縮を考える長さ (mm)

$t$  : 弾性継手材の弾性短縮を考える長さ (mm)

$\sigma_c$  : コンクリートの平均圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_R$  : 弾性継手材の平均圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_R$  : 弾性継手材のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$\Delta l_p$  : 弾性変形のないものとしたときの緊張材の伸び量 (mm)

$$\Delta l_p = l \cdot \sigma_p / E_p$$

$l$  : 緊張材の伸び量を考慮する長さ (mm)

$\sigma_p$  : 緊張材の平均引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_p$  : 緊張材のヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$\Delta \Delta l$  :  $\Delta l$  による先に緊張した緊張材の緊張力解放に伴うコンクリートと弾性継手材のもどり量 (mm)

$$\Delta \Delta l = \Delta \Delta l_1 + \Delta \Delta l_2$$

$\Delta \Delta l_1$  : 先に緊張した緊張材の解放力によるコンクリートのもどり量

$$\Delta \Delta l_1 = P \cdot L / (E_c \cdot A_c)$$

$\Delta \Delta l_2$  : 先に緊張した緊張材の解放力による弾性継手材のもどり量

$$\Delta \Delta l_2 = P \cdot t / (E_R \cdot A_R)$$

$P$  : 先に緊張した緊張材の解放力 (N)

$A_c$  : 函体断面積 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_R$  : 弾性継手断面積 (N/mm<sup>2</sup>)

本施工に用いた 図-3 の樋門において、3 グループを緊張した場合、先に緊張されている 1・2 グループの緊張力が解放される。その時、1・2 グループにより短縮していたコンクリートおよびゴム継手は、元に戻ろうとする挙動が発生するが、同時に緊張ケーブルを引張ることになり、もどり量は抑えられる。このもどり量が、いくら抑えられるかは不明であり、そこで、真のもどり量は便宜的に  $\Delta \Delta l / 2$  とした。

### 5. 緊張順序およびゴム継手短縮量の測定

緊張は両引きで、相対する2本の緊張材ごとに 図-3 に示す番号順に表-1 に示すとおり都合6回に分けて行った。緊張材は8本で行い、1本あたり392 kNで緊張した。

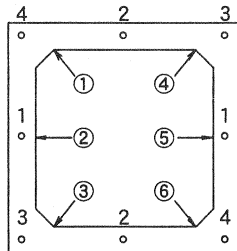


表-1 緊張順序

回数	ケーブルグループ	緊張ケーブル番号
1回目	1	1, 1
2回目	2	2, 2
3回目	3	3, 3
4回目	4	4, 4
5回目	1	1, 1
6回目	2	2, 2

図-3 緊張順序と弾性継手短縮量測定位置 (①~⑥)

弾性継手短縮量の測定は、全ての継手箇所において実施し、その計測位置は、図-3 に示すとおり6ヶ所/1継手とした。緊張終了は、すべての測定位置において設計短縮量である13 mmに達した時とした。

### 6. 緊張計算と測定値との比較

弾性継手の弾性変形による緊張力の損失量を考慮した緊張計算の結果、図-4 の計算値のようになり、6回目でゴム継手短縮量は、13.5 mmとなった。また、この緊張計算に基づいて緊張を行い、測定した結果も 図-4 の実測値に示した。この場合、6回目で弾性継手短縮量は、15.0 mmとなった。この実測値は、全弾性目地における全測定位置の平均値をとったものであり、設計値より1.5 mm大きくなった。その理由は、すべての継手位置において設計短縮量を上回る管理 (最低短縮量 $\geq$ 設計短縮量)をしたため、必然的に実測値の平均値は設計値以上になったと推察する。

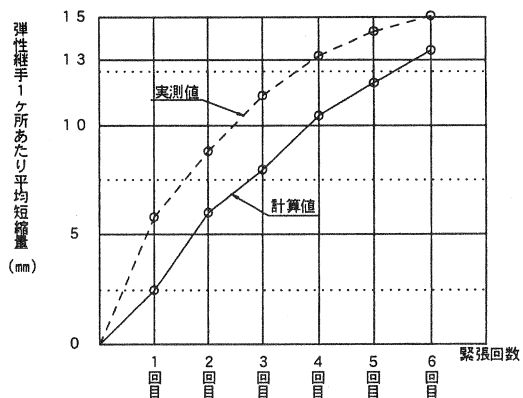


図-4 計算値と実測値の比較

### 7. まとめ

今回の樋門の施工において、弾性継手の短縮量は上限側の管理をしたため、実測値は計算値より若干大きくなったが、緊張力とゴムの短縮量の挙動は、ほぼ計算どおりの挙動を示したと推察する。

したがって、今回提案した「もどり量」を考慮した式は、本樋門の緊張計算に有効であったと考察する。

### 8. おわりに

今後、柔構造樋門の設計・施工に際し、残された課題を解決することにより、柔構造樋門が多く採用され、河川堤防の安全を確保できるよう、質の高い樋門を提供できるように努力したい。最後に、本樋門の設計・施工にあたり多大なご指導、ご尽力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

#### [参考文献]

- 1) (財) 国土開発技術研究センター 編：柔構造樋門設計の手引き、平成10年11月