

参 考 資 料

最近に於ける「エタニットパイプ」の強度に就て

正員 猪 瀬 寧 雄*

1. 緒 言

近來セメントの品質低下のため、種々の事故の發生を見つゝある事は、眞に寒心に耐えぬ所である。従つてセメント並にセメント製品を使用するに際しては、細心なる考慮が拂われなければならない。當所に於て最近全國石綿スレートパイプ調査會の依頼により、日本エタニットパイプ株式会社製造にかゝる、エタニットパイプの各種強度試験を実施する機會を得たので以下その資料を提示し、各位の御参考に供せんとする次第である。

2. 試 験

(1) 引張試験 エタニットパイプの端部及中央部より管軸方向の供試體をとり、水道用エタニット管規格に示す供試體を作り試験を実施した。その結果は表一に示す通りである。

(2) 弾性係数の測定 管軸方向からとつた試片につき平行部に 20mm のゲージをとり、之にヒューゲンベルゲルテンソメーターを取付け基本荷重を 20kg として荷重を上昇せしめ 20kg おきに伸びを測定しこの結果から弾性係数を求めて見た。その結果は表二に示す通りである。

(3) 曲げ試験 内径 20mm、長さ 1.10m の試料を

表一

| 試片番號 | 引張方向 | 試片寸法 | | 破壊荷重 (kg) | 引張強さ (kg/cm ²) |
|------|------|------------------|-------------------------------|-----------|----------------------------|
| | | 直径 ^{cm} | 断面積 ^{cm²} | | |
| 端 1 | 管 軸 | 1.020 | 0.817 | 174 | 140 |
| 2 | ・ | 1.010 | 0.801 | 154 | 192 |
| 3 | ・ | 1.025 | 0.826 | 146 | 177 |
| 4 | ・ | 1.020 | 0.817 | 133 | 163 |
| 5 | ・ | 1.025 | 0.826 | 150 | 182 |
| 6 | ・ | 1.025 | 0.826 | 136 | 165 |
| 7 | ・ | 1.030 | 0.832 | 134 | 161 |
| 8 | ・ | 1.035 | 0.842 | 112 | 133 |
| 平均 | | | | | 162 |
| 中 1 | 管 軸 | 1.025 | 0.826 | 179 | 217 |
| 2 | ・ | 1.010 | 0.801 | 144 | 180 |
| 3 | ・ | 1.015 | 0.809 | 184 | 227 |
| 4 | ・ | 1.035 | 0.842 | 141 | 167 |
| 5 | ・ | 1.030 | 0.832 | 64 | 77 |
| 6 | ・ | 1.035 | 0.842 | 84 | 99 |
| 7 | ・ | 1.015 | 0.809 | 160 | 199 |
| 平均 | | | | | 181 |
| 中 1 | 管 軸 | 1.005 | 0.793 | 115 | 145 |
| 2 | ・ | 1.010 | 0.801 | 165 | 206 |
| 3 | ・ | 1.010 | 0.801 | 122 | 152 |
| 4 | ・ | 1.005 | 0.793 | 152 | 192 |
| 5 | ・ | 1.010 | 0.801 | 193 | 241 |
| 6 | ・ | 1.015 | 0.809 | 192 | 237 |
| 7 | ・ | 0.990 | 0.770 | 192 | 249 |
| 8 | ・ | 1.020 | 0.817 | 136 | 169 |
| 平均 | | | | | 199 |
| 總平均 | | | | | 181 |

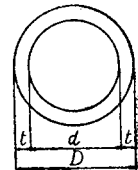
備考：材料は凡て90日以上のものである

用ひ之を供試體として徑間 1.0m 中央集中荷重により曲げ試験を實驗した。而して縦應力を

表二

| 試片第1號 (A=0.825cm ²) | | | | 試片第2號 (A=0.814cm ²) | | | | 試片第3號 (A=0.807cm ²) | | | | 試片第4號 (A=0.814cm ²) | | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|--------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|--------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|--------|----------------------|
| 荷重 (kg) | 應力 (kg/cm ²) | 弾性伸 係數 | 弾性伸 | 荷重 (kg) | 應力 (kg/cm ²) | 弾性伸 係數 | 弾性伸 | 荷重 (kg) | 應力 (kg/cm ²) | 弾性伸 係數 | 弾性伸 | 荷重 (kg) | 應力 (kg/cm ²) | 弾性伸 係數 | 弾性伸 |
| 20 | 24 | 2.2 | 220×10 ⁻⁵ | 20 | 25 | 1.5 | 333×10 ⁻⁵ | 20 | 25 | 2.3 | 217×10 ⁻⁵ | 20 | 25 | 2.5 | 200×10 ⁻⁵ |
| 40 | 48 | 4.0 | 243×10 ⁻⁵ | 40 | 49 | 3.0 | 327×10 ⁻⁵ | 40 | 50 | 5.0 | 200×10 ⁻⁵ | 40 | 49 | 4.0 | 245×10 ⁻⁵ |
| 60 | 73 | 6.0 | 242×10 ⁻⁵ | 60 | 74 | 4.5 | 328×10 ⁻⁵ | 60 | 72 | 6.8 | 218×10 ⁻⁵ | 60 | 74 | 5.0 | 296×10 ⁻⁵ |
| 80 | 97 | 8.0 | 243×10 ⁻⁵ | 80 | 98 | 6.3 | 311×10 ⁻⁵ | 80 | 99 | 8.8 | 225×10 ⁻⁵ | 80 | 98 | 7.0 | 280×10 ⁻⁵ |
| 100 | 121 | 10.0 | 242×10 ⁻⁵ | 100 | 123 | 8.5 | 289×10 ⁻⁵ | 100 | 124 | 10.2 | 243×10 ⁻⁵ | 100 | 123 | 8.5 | 289×10 ⁻⁵ |
| 120 | 145 | 11.5 | 252×10 ⁻⁵ | | | | | 120 | 149 | 12.5 | 238×10 ⁻⁵ | 120 | 147 | 10.5 | 280×10 ⁻⁵ |
| 140 | 170 | 12.0 | 283×10 ⁻⁵ | | | | | 140 | 173 | 14.2 | 244×10 ⁻⁵ | 140 | 172 | 13.0 | 265×10 ⁻⁵ |
| | | | | | | | | 160 | 197 | 15.5 | 254×10 ⁻⁵ | | | | |

備考：伸の單位は 1:10,000cm とする



* 建設省土木研究所

$$\sigma = \frac{8l}{\pi} \frac{DP}{D^4 - d^4} \quad (\text{但し } l \text{ は支間とする})$$

圖一により計算せる結果を示すと表一の通りである。

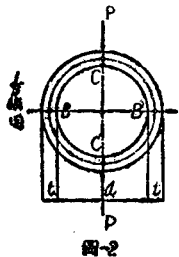
表一

| 試片番号 | 試片寸法(mm) | | | 破壊荷重 (kg) | 破壊強さ (kg/cm ²) | 材令 (g) |
|------|----------|------|-------|-----------|----------------------------|--------|
| | 内径 | 外径 | 長さ | | | |
| A-1 | 24.7 | 20.4 | 1,100 | 7,700 | 243.4 | 276 |
| A-2 | 24.6 | 20.5 | 1,100 | 10,200 | 337.0 | 276 |
| A-3 | 24.6 | 20.4 | 1,100 | 7,700 | 249.8 | 276 |
| A-4 | 23.9 | 20.2 | 1,100 | 8,450 | 321.9 | 276 |
| A-5 | 24.7 | 20.2 | 1,100 | 8,550 | 261.4 | 276 |
| A-6 | 24.4 | 20.0 | 1,100 | 8,700 | 278.0 | 185 |
| A-7 | 24.4 | 20.0 | 1,100 | 9,200 | 294.0 | 185 |
| A-8 | 24.4 | 20.1 | 1,100 | 8,900 | 289.2 | 185 |
| 平均 | | | | | 284.3 | |
| B-1 | 24.1 | 19.7 | 1,100 | 8,800 | 289.2 | 90以上 |
| B-2 | 24.4 | 20.1 | 1,100 | 9,850 | 320.0 | • |
| B-3 | 24.2 | 20.0 | 1,100 | 9,600 | 323.3 | • |
| B-4 | 24.2 | 20.0 | 1,100 | 9,980 | 336.1 | • |
| 平均 | | | | | 317.2 | |
| C-1 | 24.5 | 20.0 | 1,100 | 10,800 | 336.6 | 90以上 |
| C-2 | 24.6 | 20.4 | 1,100 | 11,500 | 333.3 | • |
| C-3 | 24.9 | 20.2 | 1,100 | 10,550 | 307.0 | • |
| C-4 | 24.4 | 20.0 | 1,100 | 10,300 | 329.1 | • |
| C-5 | 24.6 | 20.1 | 1,100 | 11,200 | 345.6 | • |
| 平均 | | | | | 330.3 | |
| 總平均 | | | | | 305.6 | |

備考 試片中 Aは大管工場製
B,Cは四国工場製

(4) 外圧試験

直径の方向に加へられた外圧による管の抵抗を試験したもので試片としては内径 20cm 長さ 1m のものを用いた加圧の方法は圖二に示す如くした。



この際 C, C' 又は B, B' に生ずる曲げモーメントを夫々 M_C, M_B とすれば

$$M_C = M_{C'} = 0.318 P \frac{(d+t)^2}{2}$$

$$M_B = M_{B'} = -0.182 P \frac{(d+t)^2}{2}$$

之より線維應力を計算すれば

$$\sigma_B = \frac{-0.546 P(d+t)}{Lt^2}, \quad \sigma_C = \frac{0.954 P(d+t)}{Lt^2}$$

(但し L は全管長を示す)

管の龜裂は最初に C 又は C' に生ずるが故に σ_C 式が龜裂時まで適用するものとして線維應力を計算すると表一の如くなる。

(5) 水圧試験 内径 200mm 長さ 1.00m の試片を取り水圧試験機により試験を実施した。

強度は次式により計算出来る。

表二

| 試片番号 | 試片寸法(mm) | | | 破壊荷重 (kg) | 破壊強さ (kg/cm ²) | 材令 (g) |
|------|----------|----|------|-----------|----------------------------|--------|
| | 内径 | 外径 | 長さ | | | |
| A-1 | 201 | 22 | 1003 | 8,450 | 370.3 | 276 |
| A-2 | 201 | 22 | 996 | 7,600 | 335.4 | • |
| A-3 | 202 | 23 | 988 | 8,500 | 349.1 | • |
| A-4 | 202 | 22 | 998 | 9,000 | 398.2 | • |
| A-5 | 202 | 22 | 999 | 8,900 | 393.3 | • |
| A-6 | 200 | 21 | 898 | 5,900 | 314.1 | 185 |
| A-7 | 200 | 23 | 991 | 6,200 | 251.6 | • |
| 平均 | | | | | 344.5 | |
| B-1 | 198 | 22 | 993 | 7,800 | 340.6 | 90以上 |
| B-2 | 202 | 21 | 993 | 8,700 | 422.7 | • |
| B-3 | 200 | 22 | 1000 | 7,830 | 342.6 | • |
| B-4 | 200 | 21 | 1000 | 7,700 | 368.1 | • |
| B-5 | 197 | 21 | 1003 | 7,400 | 347.9 | • |
| 平均 | | | | | 364.4 | |
| C-1 | 202 | 21 | 991 | 7,800 | 378.5 | 90以上 |
| C-2 | 200 | 22 | 989 | 7,800 | 345.1 | • |
| C-3 | 203 | 24 | 991 | 8,500 | 322.5 | • |
| C-4 | 202 | 20 | 995 | 8,400 | 447.0 | • |
| C-5 | 200 | 20 | 994 | 7,050 | 372.1 | • |
| 平均 | | | | | 373.0 | |
| 總平均 | | | | | 356.8 | |

備考 Aは大管工場製
B,Cは四国工場製

$$\sigma = \frac{d \cdot p}{2t}$$

但し d: 管の内径

t: 管厚

p: 内水圧

σ : 管周方向の張力

この結果を示すと表二の如くなる。

表三

| 試片番号 | 試片寸法(mm) | | | 破壊荷重 (kg) | 破壊強さ (kg/cm ²) | 材令 (g) |
|------|----------|----|-------|-----------|----------------------------|--------|
| | 内径 | 管厚 | 長さ | | | |
| A-1 | 202 | 21 | 1,000 | 31.0 | 149.1 | 276 |
| A-2 | 202 | 21 | 990 | 31.5 | 151.5 | • |
| A-3 | 200 | 22 | 1,000 | 44.5 | 202.3 | • |
| A-4 | 202 | 21 | 993 | 34.0 | 163.5 | • |
| A-5 | 201 | 21 | 1,000 | 33.0 | 157.9 | • |
| A-6 | 200 | 21 | 1,000 | 26.0 | 123.8 | 185 |
| A-7 | 202 | 20 | 996 | 30.0 | 151.5 | • |
| 平均 | | | | | 157.1 | |
| B-1 | 200 | 21 | 1,000 | 34.0 | 161.9 | 90以上 |
| B-2 | 202 | 21 | 1,000 | 38.0 | 182.8 | • |
| B-3 | 200 | 21 | 1,000 | 32.0 | 152.4 | • |
| B-4 | 200 | 21 | 1,000 | 39.5 | 188.1 | • |
| B-5 | 202 | 22 | 1,000 | 31.0 | 142.3 | • |
| 平均 | | | | | 165.5 | |
| C-1 | 200 | 23 | 1,000 | 41.5 | 180.4 | 90以上 |
| C-2 | 202 | 23 | 1,000 | 40.5 | 177.8 | • |
| C-3 | 201 | 23 | 1,000 | 31.5 | 137.6 | • |
| C-4 | 201 | 21 | 1,000 | 24.5 | 141.1 | • |
| C-5 | 201 | 21 | 1,000 | 31.0 | 148.4 | • |
| 平均 | | | | | 157.1 | |
| 總平均 | | | | | 159.6 | |

備考 Aは大管工場製
B,Cは四国工場製

3. 結 語

以上の試験結果を取纏めると表一の如くなる。

表一六

| 種 別 | 最大 kg/cm ² | 最小 kg/cm ² | 平均 kg/cm ² |
|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 引張 | 249 | 77 | 163 |
| 弾性係數 | 333×10 ⁵ | 200×10 ⁵ | |
| 曲げ | 345.6 | 243.4 | 294.5 |
| 外壓 | 447.0 | 251.6 | 349.3 |
| 水壓 | 202.3 | 123.8 | 163.1 |

この強度を平均値について、土木試験所報告 25 號 (昭 8. 11)の成績及上下水道用特殊管規格委員會で規定したものと比較して見ると 表一七 の様になる。

又百分比により比較して見ると

| 所報 25 號に對し | 規格委員會に對し |
|------------|----------|
| 引張強さ 64% | 引張強さ 86% |
| 曲げ強さ 92% | 曲げ強さ 83% |
| 外壓強さ 57% | 外壓強さ 58% |
| 内壓強さ 83% | 内壓強さ 66% |

以上の様に相當の強度低下を示して居るから使用に際しては充分注意を拂ふ要ある事が認められる。

(昭 23. 4. 28)

表一七

| 種 別 | 本 試 験 | 所報 25 號 | 規 格 委 員 會 |
|---------|--|--|--|
| 引張強さ(%) | 181 | 282 | 210 |
| 弾性係數(・) | 200×10 ⁵ ~330×10 ⁵ | 207×10 ⁵ ~407×10 ⁵ | 187×10 ⁵ ~207×10 ⁵ |
| 曲げ強さ(・) | 305.6 | 331 | 368 |
| 外壓強さ(・) | 358.8 | 625 | 622 |
| 内壓強さ(・) | 159.6 | 193 | 241(C)266(D)19 |

ア ー チ ダ ム に 就 いて

正員 垣 谷 正 道*

要旨 アーチダムが今日我が國で普及してゐる重力ダムに比較して、コンクリートの強度を一層有効に利用されてゐることを認識すれば、經濟的にも純技術的にも構造物としてその合理性を了解されると思ふ。従來アーチダムに對しては、計算理論の不明確な點とこれに伴ふ安定度に對する疑問とから實用に至つてゐないが、外國では既に、廣く行はれて居り、高さ百米以上のダムが數多存在する。計算理論は確かに未だ疑問と思はれる所はあるが、その程度は重力ダムの安定計算の疑問と同等なものであると思ふ。安定度に至つては厚い重力ダムのやうに硬化熱の冷却による收縮應力が大きい場合よりはましたといふ見方が外國諸家の間に認められてゐるやうである。(F. Tölke, L. R. Jorgensen 等) 筆者は重力ダムと異なるアーチダムの特質を極く簡単に述べ、ついで計算理論を餘白のある限り説明しよう。

1. アーチダムの特質

* 日本發送電株式會社電力技術研究所

第一の要點は收縮接合であつて、アーチ作用を生ずるやうにする爲には、此の接合に間隙があつてはならないので、コンクリートの硬化熱の冷却によつて生ずる收縮に對處して、接合グラウトその他の適當な工法を必ず施す必要がある。接合グラウトに就いては、フランスの A. Coyne が極めて獨創的な工法を發表し、今日改良させて世界一般に普及してゐる。アーチダムと重力ダムの區別を接合グラウトするか否かによつて、行へる位である。

構造上、ダム天端の長さとの比が小さい方がよいことは明かで、その値が 2.5 以下を理想とされてゐるやうである。筆者の計算による朝日地點では 2.6 であつたが、併し相當のアーチ作用をとらせる事が出来たのであり、外國には 6.0 のダムさへあるといふ。尙研究によつては、斯様な大きい値の地點でも成立しさうである。ダムの安定上、地點に於てもつと重要なことは兩翼の岩盤であつて、従來アーチダムで決壊した實例を調べると、すべてアバットの崩壊が原因して