

# コンクリートの窒素ガス引張試験法における境界条件の影響

防衛大学校 学生会員 ○宮寄祐樹 学生会員 宇野隆浩 正会員 藤掛一典

## 1. 緒 言

コンクリートの引張強度を求める試験法のひとつに、窒素ガス試験法がある。この試験法は、元々英国の British Research Establishment により開発された<sup>1)</sup>。この試験では図1に示すように円柱供試体(直径 100mm 高さ 200mm)を両端が開放された鋼製円筒型の載荷装置に設置して行い、両端にはガスの漏出防止のために鋼製エンドリング(内径 103mm)とゴム製 O リングを配置している。圧力媒体として窒素ガスを用い、この窒素ガス圧をゴムスリーブなどを介さずにコンクリート円柱供試体の側面に直接加える。窒素ガス圧を次第に増加させていくと供試体の軸方向に直交するひび割れ面が形成される。またそのときの窒素ガス圧力は、ほぼコンクリートの引張強度に等しいことが実験的に確認されている<sup>1-3)</sup>。この試験法は、簡易で安価な試験法であるが汎用試験として確立されるには至っていない。汎用試験として確立するためには、試験条件、特に境界条件の影響を十分に把握する必要があると考える。

そこで本研究では、窒素ガス漏洩防止のために両端に設置するゴム製 O リングと供試体との間に作用する摩擦等起因する拘束力が供試体の破壊特性に及ぼす影響について調べることにした。なお実験では、ゴム製 O リングと供試体との接触部に発生する摩擦等起因した拘束力を図2のようにテフロンシートを巻いて軽減した場合としてない場合の影響を調べることにした。

## 2. O リングを介して供試体に作用する拘束力の評価

ゴム製 O リングを介して供試体に作用する拘束力は、剛結と考えた場合に最大となる。この場合、ゴム製 O リング部分を図3(b)に示すように単純ばりで考えると供試体に作用する単位長さあたりの拘束力  $f$  は、窒素ガス圧  $p$ 、供試体と装置の隙間を  $l$  とすると次式で与えられる。

$$f = \frac{pl}{2} \quad (1)$$

供試体の側面全体に働く摩擦力  $F$  は、供試体の直径を  $D$  とすると次式で与えられる。

$$F = \frac{pl}{2} \times \pi D \quad (2)$$

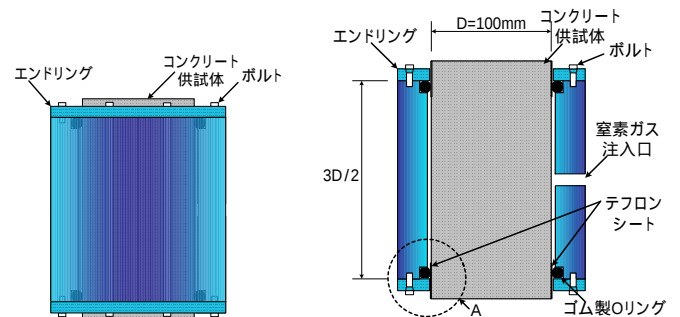


図1 実験装置図



図2 供試体とテフロンシート

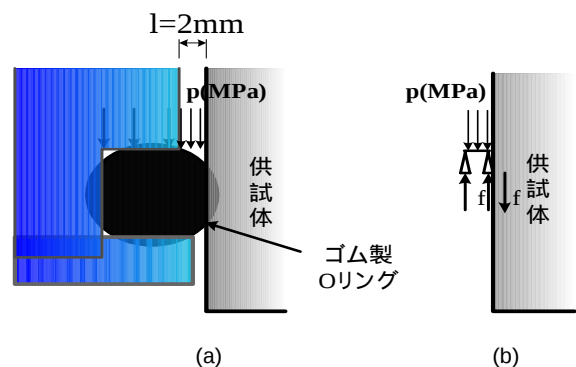


図3 ゴム製Oリング部の摩擦影響図  
(図1におけるAの拡大図)

表1 コンクリート配合表(kg/m<sup>3</sup>)

|       | セメント | 細骨材 | 粗骨材  | 水   | 水セメント比<br>w/c |
|-------|------|-----|------|-----|---------------|
| Mix-A | 277  | 798 | 1075 | 159 | 57.50%        |
| Mix-B | 360  | 764 | 996  | 178 | 44.40%        |

キーワード：コンクリート、窒素ガス引張試験、引張強度、ゴム製 O リング、拘束力

連絡先 239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL046-841-3810 E-mail:s50504@ed.nda.ac.jp

供試体の断面に作用する平均引張応力は、式(2)および供試体の断面積  $A(=\pi D^2/4)$  より、次式で与えられる。

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2pl}{D} \quad (3)$$

したがって、本試験装置の場合、 $l=2\text{mm}$ 、 $D=100\text{mm}$  であることから、供試体に作用する拘束力に起因した引張応力は  $\sigma = 4 \times 10^{-2} p$  と評価される。すなわち、最大で作用窒素ガス圧力  $p$  のうち 4%にあたる軸方向引張力  $\sigma$  が供試体に作用すると考えられる。

### 3. 実験の概要

本研究では、表 1 に示す Mix-A および Mix-B の圧縮強度の違う 2 種類のコンクリートを使用した。この 2 種類のコンクリートを使って、それぞれ 6 本ずつの供試体を作成した。ゴム製 O リングと供試体との拘束力を軽減する場合には、供試体の両端に幅が 50mm のテフロンシートを巻き、その上にゴム製 O リングを取り付け実験した。実験時における Mix-A と Mix-B の圧縮強度は、それぞれ 24.61MPa、38.87MPa であった。また、窒素ガス引張試験における加圧速度は 0.03MPa/sec とした。

### 4. 実験結果および考察

本実験で得られた Mix-A ならびに Mix-B 供試体の破壊時窒素ガス圧を、表 2 および表 3 に示す。なお、表中の TS, N は、それぞれテフロンシートを巻いた場合、巻いていない場合を表している。これらの結果からは TS と N における供試体の破壊時窒素ガス圧に大きな差は見られない。計算でも最大で作用窒素ガス圧  $p$  のうち 4%にあたる軸方向引張力  $\sigma$  が供試体に拘束力として作用すると考えられるように、窒素ガス引張試験法におけるゴム製 O リング部分の拘束力の影響に関しては無視しても問題ないほど微小であると考えることができる。また Mix-A と Mix-B の割裂引張試験の結果を、表 4 に示す。窒素ガス引張試験から得られた破壊時窒素ガス圧は概ね割裂引張強度に等しい値になっている。

### 5. 結 言

本研究では、コンクリートの窒素ガス引張試験法におけるゴム製 O リングと供試体との接触部分における拘束力の影響について調べたが、摩擦の小さいテフロンシートを巻いたものと、巻いていないものでは結果に大きな差はなく、ほぼ等しかった。このことより、窒素ガス引張試験においてゴム製 O リングと供試体との接触部分における拘束力は無視してよいほど微小で、特にテフロンシート等を挿入して拘束力を低減する必要はないことがわかった。

表 2 Mix-A における実験結果

| 供試体名      | 破壊時の窒素ガス圧 (MPa) |      |      |
|-----------|-----------------|------|------|
|           | 測定値             | 平均値  | 標準偏差 |
| Mix-A-TS1 | 2.50            | 2.35 | 0.12 |
| Mix-A-TS2 | 2.35            |      |      |
| Mix-A-TS3 | 2.35            |      |      |
| Mix-A-TS4 | 2.22            |      |      |
| Mix-A-TS5 | 2.18            |      |      |
| Mix-A-TS6 | 2.50            |      |      |
| Mix-A-N1  | 2.20            | 2.20 | 0.10 |
| Mix-A-N2  | 2.27            |      |      |
| Mix-A-N3  | 2.19            |      |      |
| Mix-A-N4  | 2.05            |      |      |
| Mix-A-N5  | 2.37            |      |      |
| Mix-A-N6  | 2.13            |      |      |

表 3 Mix-B における実験結果

| 供試体名      | 破壊時の窒素ガス圧 (MPa) |      |      |
|-----------|-----------------|------|------|
|           | 測定値             | 平均値  | 標準偏差 |
| Mix-B-TS1 | 3.39            | 3.68 | 0.28 |
| Mix-B-TS2 | 3.74            |      |      |
| Mix-B-TS3 | 3.42            |      |      |
| Mix-B-TS4 | 3.78            |      |      |
| Mix-B-TS5 | 4.20            |      |      |
| Mix-B-TS6 | 3.53            |      |      |
| Mix-B-N1  | 3.73            | 3.72 | 0.20 |
| Mix-B-N2  | 3.97            |      |      |
| Mix-B-N3  | 3.84            |      |      |
| Mix-B-N4  | 3.87            |      |      |
| Mix-B-N5  | 3.48            |      |      |
| Mix-B-N6  | 3.44            |      |      |

表 4 割裂引張試験結果

| コンクリート名 | 平均値 (MPa) | 標準偏差 |
|---------|-----------|------|
| Mix-A   | 2.28      | 0.22 |
| Mix-B   | 2.82      | 0.11 |

### 参考文献

- 1) Clayton, N. and Grimer, F. J., "The diphasic concept, with particular reference to concrete", in "Developments in concrete technology - 1", edited by Lydon, F. D., pp.283-318, Applied Science Publishers LTD, UK, 1979.
- 2) Clayton, N., "Fluid-pressure testing of concrete cylinders", Magazine of Concrete Research, Vol.30, No.102, pp.26-30, March, 1978.
- 3) Boyd, A. J. and Mindess, S., "The effect of sulfate attack on the tensile to compressive strength ratio of concrete", Proceedings Third International Conference on Concrete Under Severe Conditions, Edited by N. Banthia, K. Sakai and O. E. Gjorv, Volume One, pp.789-796, The University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2001.