

直接引張試験から導いた空気量の高いコンクリートの引張特性

東北工業大学 正会員 ○小出 英夫
東北工業大学 正会員 秋田 宏

1. はじめに

今日、コンクリート構造物の長寿命化が望まれ、コンクリートの耐久性が重要視されている。そのため、東日本大震災における復興・復旧に関する一部のコンクリート構造物に対し、寒冷地の凍結融解繰り返し作用による凍害への耐久性強化を目的として、通常の AE コンクリートよりも空気量をやや高めに設定したコンクリートを用いることが試みられている。空気量を高めることによるコンクリートの各種強度低下を予め考慮した上で、適切なコンクリートの選定がなされているが、構造物の耐久性に大きな影響を及ぼすコンクリートのひび割れ発生と進展は、引張強度以外の引張特性も大きく関与する。しかしながら、空気量の違いによるこれら引張特性の把握には不明の部分も多い。

そこで本研究では、空気量が多いコンクリートに対して引張特性を得ることを目的として独自の方法による高精度の直接引張試験^{1), 2)}を実施し、一般的な空気量のコンクリートに対する試験結果との比較を行った。

2. 直接引張試験方法の概要

本研究では、コンクリートの引張特性（引張軟化域を含む荷重-変位関係）を導くため、 $\phi 100\text{mm} \times 400\text{mm}$ の円柱形供試体を用いた既報^{1), 2)}に示す直接引張試験（写真-1）を実施した。供試体中央部には、ひび割れを誘引する目的で深さ 10mm、幅 3mm の切り欠きを円周上に施し（リガメント部は $\phi 80\text{mm}$ の円断面）、それを跨ぐように供試体軸方向に標点距離 90mm の π 型変位計を互いに 90° の位置 4 か所に設置した。荷重は 4 個の π 型変位計の平均値によるクローズドループ型の変位制御を用いるが、当該試験方法においては荷重中の二次曲げ発生を打ち消すための装置による制御（図-1）が実行されるため、原則、4 個の変位計の値は常時ほぼ同一となる。すなわち、使用する直接引張試験方法は、供試体中央部の切欠きを跨ぐ長さ 90mm の部分に対し、常に一様の長さ変化で真っ直ぐに引っ張る引張試験と言える。

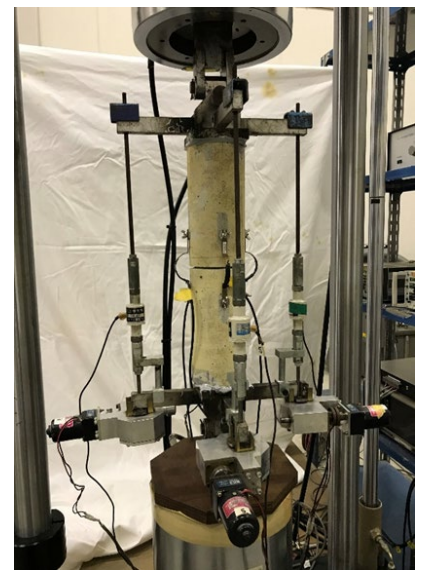


写真-1 直接引張試験の様子

3. 実験方法

実験に用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。練り混ぜ直後の空気量がそれぞれ 5.1% と 9.1% の「配合 A」、「配合 B」の 2 種類である。空気量 9.1% は実使用に対しては非現実的な高すぎる値であるが、今回の実験では比較のためこのようなコンクリートを用いることとした。また、両コンクリートは、空気以外の部分である水、セメント、細・粗骨材の構成比率を同じにしており、空気量の差のみが試験結果に影響するようにした。そのため、当然のことながら、配合 B の方が低強度になることが予想される配合となっている。なお、セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ）、細骨材は鶴巣大平産山砂（表乾密度 2.61g/cm^3 ）、粗骨材は丸森産砕石（表乾度 2.83g/cm^3 ）を用いた。

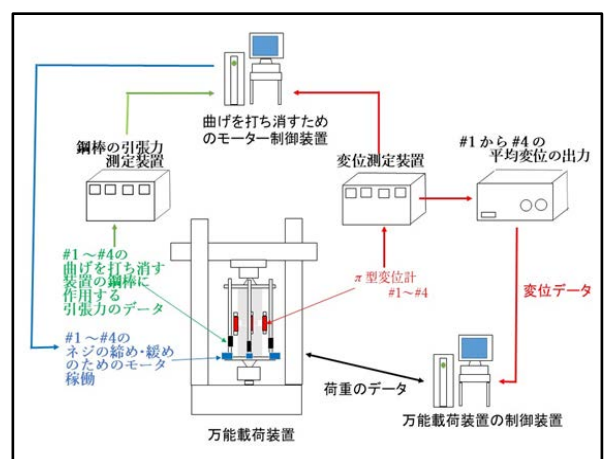


図-1 直接引張試験の制御システムの概略

キーワード 直接引張試験、コンクリート、引張軟化、空気量

連絡先 〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学工学部都市マネジメント学科 TEL:022-305-3506

φ100mm×400mm の円柱形供試体型枠は一般の円柱供試体型枠2個を接着して作成し、打設方向は軸方向とした。よって、硬化時に形成される骨材下面の空隙等の脆弱部が最終破断面とほぼ平行に位置するため、本試験より導かれる引張特性は実務上で安全側の結果になると考えられる。脱枠後、材齢28日までは20℃水中養生とし、その後は室内に静置した。材齢約4ヵ月後から気乾状態の供試体に対して直接引張試験を行い、荷重は予想最大荷重の約1/3の5kNまでは0.01kN/sの単調増加の荷重制御とし、それ以降は静的作用に対する特性を得ることを念頭に、最大荷重前後ではπ型変位計を用いた0.2μ/sのひずみ制御とした。

4. 直接引張試験から導いた引張特性

標準養生終了直後の各コンクリートの圧縮強度と割裂引張強度は、配合Aで29.0N/mm²、2.59N/mm²、配合Bで22.9N/mm²、2.16N/mm²であった。また、直接引張試験と同時期に実施した気乾状態の円柱供試体の圧縮・割裂引張強度は、配合Aで36.9N/mm²、2.87N/mm²、配合Bで29.3N/mm²、2.49N/mm²であった。

直接引張試験（両配合、各5供試体）

から得た供試体中央部での引張力と標点距離90mmに対する伸び量の関係を図-2、3に示す。最大荷重から得た引張強度は、配合Aで3.32N/mm²、配合Bで3.06N/mm²となり、切欠きの設置により最終破断面の選択に自由度がない条件ではあるが、気乾状態での割裂引張強度よりもそれぞれ2割ほど高い値を示した。引張軟化域においては両図の比較により、配合Aにおいて配合Bよりも伸び量に対する引張力がやや大きな値を示した供試体も1本あったが、それ以外の供試体ではほぼ同じ結果となった。今回の実験では、両配合の材料の構成比を等しくしているため、配合Bは配合Aよりも単位粗骨材量が小さくなっており、結果として最弱点となるモルタルと粗骨材の界面の割合が減少したことで、空気量の増加分による破断面でのコンクリート部分（空気部分を除く）の割合の減少による影響が相殺されたためではないかと考えられる。

5. まとめ

直接引張試験の結果より、空気量の高いコンクリート（非現実的な空気量9.1%の供試体）は通常空気量のコンクリートと比較し、水、セメント、細骨材、粗骨材の材料構成比が同じ場合、引張強度は当然低下するものの、引張軟化域に対する“荷重-変位”関係にはあまり大きな差異は無いという結果を得た。

参考文献 1) 小出英夫・秋田宏：円柱形コンクリート供試体を用いた直接引張試験から導いた引張軟化曲線、令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会、V-575、2019。 2) 小出英夫・秋田宏：コンクリートの乾湿の違いにおける引張軟化曲線への影響、第46回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.5-9、2019。

謝辞：本研究に対し、株式会社安部日鋼工業より御支援を頂きました。また、宇部三菱セメント株式会社、ショーボンド建設株式会社、山宗化学株式会社より各種材料に関してのご提供・ご便宜を頂きました。ここに記して、関係各位に感謝の意を表します。

表-1 実験に用いたコンクリートの配合

配合名	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (実測) (cm)	空気量 (実測) (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤 (g)
配合A	20	18.0	5.1	50	42	170	340	737	1104	95
配合B		15.0	9.1			163	326	707	1060	179

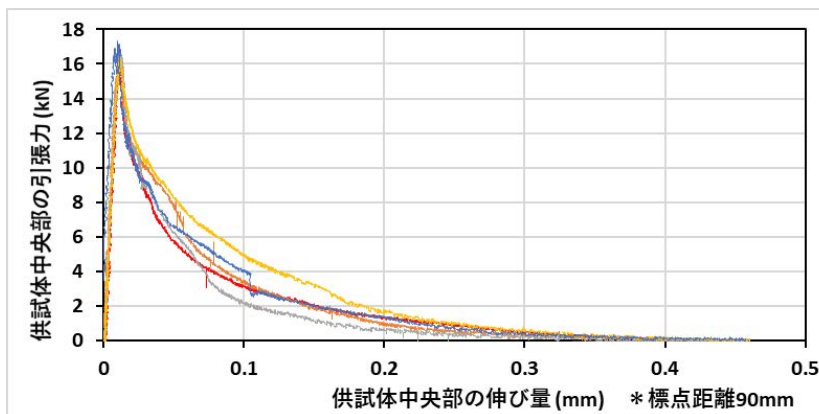


図-2 空気量5.1%（配合A）の直接引張試験の結果

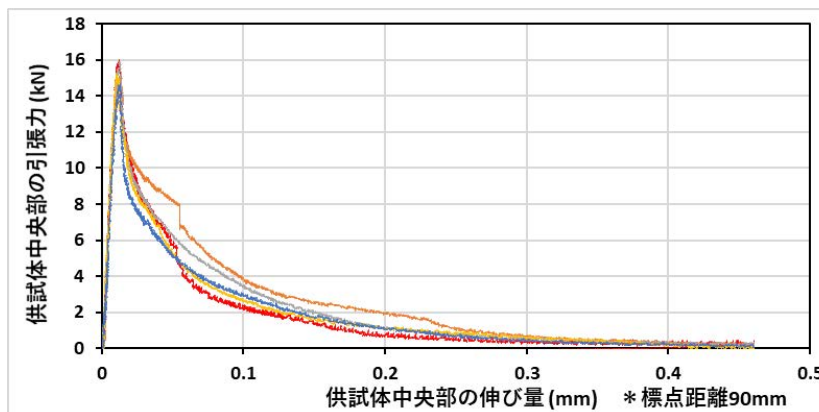


図-3 空気量9.1%（配合B）の直接引張試験の結果