

佐藤工業 稲 田 広 文
佐藤工業 後 藤 卓

1 はじめに

吹付コンクリートをトンネルの支保工材の一部として使用する場合には、その終局強度の他に、トンネルの掘進速度、安全性等に関連して、若材令に於ける強度の発現状況が把握されねばならない。長期強度の確認は、硬化コンクリートからコアを採取し、圧縮強度が求められる。吹付コンクリートの若材令に於ける強度確認のためには、コア採取が難しいため、各国で供試体の作製方法、試験法が研究されている。早期若材令強度判定のためには、引抜強度試験に着目し、改良を加えて試験したので、ここに報告する。

2 試験概要

引抜試験装置は図-1に示すように、①から⑨の部品から構成されている。この様な装置に、矢印方向から吹付ける。測定時には引抜シャフト装着部を取出し、図-2に示すような油圧装置でもって引抜力を求め、引抜強度を求める。このように埋込んでシャフトを引抜くことによって得られる截頭円錐形のコンクリートコーンの破断面の引抜強度とコンクリートの圧縮強度との相関を予め検定しておき、引抜強度試験から圧縮強度を推定するものである。引抜強度と圧縮強度は、相関性があり、これを $\sigma = A\tau + B$ とし、相関を求める試験により A B を求めれば、その材令に於ける圧縮強度を推定できる。

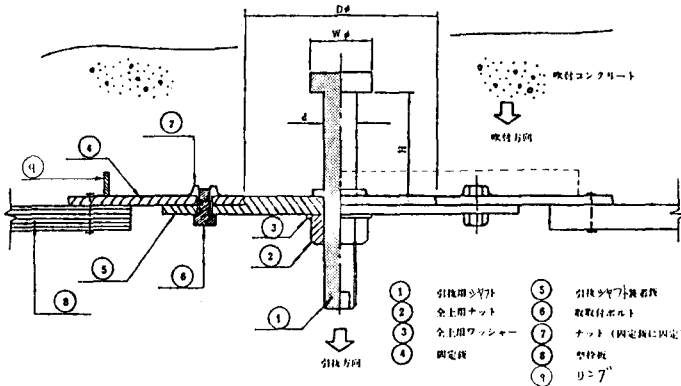


図-1

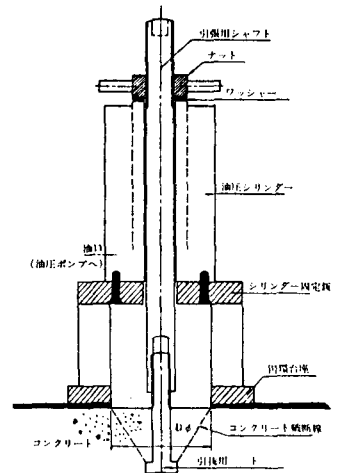


図-2 引抜試験装置

引抜強度は、次式で計算される。(図-3参照)

$$\tau = P/A, \quad A = \pi \left(\frac{D}{2} + \frac{W}{2} \right) \sqrt{H^2 + \left(\frac{D}{2} - \frac{W}{2} \right)^2}$$

τ : 引抜強度 (kg/cm^2), P : 引抜力 (kg), A : コンクリートの破断面面積 (cm^2), D : コーンの上端直径 (cm), W : コーンの下端直径 (cm), H : コーンの高さ (cm)。標準的な吹付コンクリートでは、粗骨材最大寸法は 15mm 程度であり、このことを考慮して、 H は $30 \sim 60\text{mm}$ である。

3 相関試験

引抜試験は、吹付コンクリートの若材令に於ける強度の判定のために着目してものである。予め引抜強度と圧縮強度の相関関係を検証しておく必要があるが、吹付コンクリートは、品質にムラが多く、試験方法が確立していない等の問題があり、若材令には、普通コンクリートを用いて相関を求め、吹付コンクリートの場合には、コア採取できる範囲内において、相関を求める試験を行った。

引抜コーンの寸法: $W = 30\text{mm}$, $D = 92\text{mm}$, $H = 53\text{mm}$, $A = 117.7\text{cm}^2$

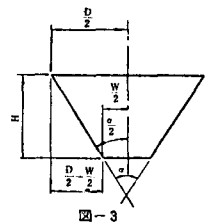


図-3

引抜試験油圧：油圧シリンドラ 0～20トン，油圧ポンプ 手動式，油圧ゲージ 0～250 kg/cm^2 載荷速度は圧縮強度のときは $2 \sim 3 \text{ kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ 引抜強度のときは $1 \sim 1.5 \text{ kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ として載荷した。

使用材料：セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。細骨材の比重 = 2.52，粗骨材の比重 = 2.44，粗骨材の最大寸法 = 15mm

配合：普通コンクリートの場合は， $S/a = 60, 80, 100\%$ $W/C = 65\%$ $C = 300, 350, 400 \text{ kg}/\text{m}^3$ とし吹付コンクリートの場合は， $S/a = 60\%$ $W/C = 45\%$ $C = 350 \text{ kg}/\text{m}^3$ とした。詳細は割愛する。

供試体：圧縮強度試験用， $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 円柱供試体，引抜試験用，核木に3ヶ装置し，引抜ジャフト頭部がはくちるまで吹付ける。

養生：圧縮，引抜両試験の供試体は，形状，型枠が異なるので，養生効果が異なってくることを懸念した。

試験は，3ヶの圧縮強度試験結果を平均して圧縮強度とし，3ヶの引抜試験結果を平均して引抜強度として，一組の対応点とした。

4 試験結果と考察

試験結果を図-4に示す。対応点30点から最小二乗法により，圧縮強度 σ と引抜強度 τ の関係を求めると，

$$\sigma = 4.19\tau - 7.79$$

となる。又，相関係数は

$$r = 0.997$$

となり，高い相関関係にあることを示している。

引抜強度試験と吹付コンクリートに適用するには，吹付コンクリートを用いて，多く実験すべきであろう。図-4に示す結果から相関性をみると，吹付コンクリートに似た配合の普通コンクリートと吹付コンクリートとの間には，大きな差異はみうけられない。問題はあると思うが，吹付コンクリートに似た配合でもって，若材令を測定し，相関を求めてもよいと思う。吹付コンクリートの試験の諸問題を考えれば，上記関係式から若材令における吹付コンクリートの強度評価をしてもよいと思う。

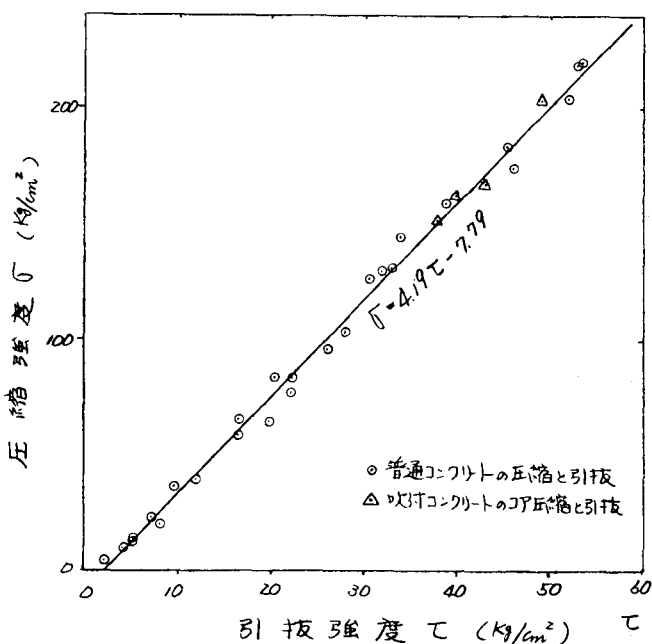


図-4

参考文献

- Crom, T. R. : How to make samples for testing spraying concrete ; Engrg. News-Record, 172 June 18, 1964 : pp. 166-167
- William, R. Larman : Engineering Properties of Shotcrete ; 邦訳，宮英雄，コンクリートジャーナル Vol. 8, No. 9, Sep. 1970 : pp. 43-58
- 日本トンネル技術協会：吹付コンクリート，施工の基準と規格；膨張性地山における鉄道トンネルのNATMの適応性に関する文献資料の調査研究報告書 pp. 161-165
- DIN 18551, Spritzbeton Herstellung und Prüfung, Dezember, 1974

- Todd Rutenbeck : New Developments in In-Place Testing of Shotcrete, ACI Publication sp-45, Use of Shotcrete for Underground Structural Support : pp. 246-262
- Summary of Workshop C; ACI Publication sp-45 : pp. 351-365
- KAINDL-MEYCO, Messgerät für die sofortige Ermittlung von Spritzmörtel und Spritzbeton
- 太田 実：コア強度と標準供試体強度との関係についての既往の資料；土木学会，コンクリートライブラリー第38号，コンクリートの品質管理試験方法，Sep. 1974 : pp. 75-83