

PT型シュミットハンマーを用いたトンネル覆工コンクリートの脱枠時強度の推定方法

大本組 正会員 ○高取 秀和
大本組 川崎 元
大本組 正会員 鈴木 昌次
岡山大学 正会員 綾野 克紀

1. まえがき

従来、山岳トンネルにおける覆工コンクリートの支保工ジャッキダウンの可否は、必要養生時間の経過により判断していた場合が多い。具体的には、解析もしくは経験的に必要脱型強度を定め、試験練りによって作製した円柱供試体の一軸圧縮強度と材齢の関係から、原位置での必要養生時間を設定している。

しかしながら、トンネル坑内は路盤からクラウン部にかけて一定の雰囲気温度ではなく、また供試体の養生温度とも同一ではない。このため、実際には異なる養生履歴によって硬化したコンクリートの推定強度から脱型時間を定めており、実際に打設した覆工コンクリートの脱型時の強度は不明である。

このような背景から著者らは、覆工コンクリートの現場強度推定方法として、簡易かつ非破壊試験であるPT型シュミットハンマーの反発度を強度指標に選び、セントルのクラウン妻部での強度確認方法を試行中である。このテストハンマーは $0.2\sim 5\text{N/mm}^2$ 程度の低強度コンクリートの反発度を測定するために使用される試験器具であるので、試験対象の配合強度や、1日未満の超若材齢状態であることを考えあわせると、試験器に備え付けの反発度-強度関係図は利用できないと考えられた。そこで、実際の配合や養生時間でキャリブレーションをやり直す必要があった。ここでは、若材齢時の強度推定式を求めるための一試案を紹介する。

2. 実験に使用した供試体形状

シュミットハンマーの反発度は対象供試体の寸法や境界条件に影響を受ける。そこで寸法効果や境界条件が無視できると考えられる最小の反発度測定用供試体を作製し、固定して試験に供した。既往研究¹⁾のようにこの供試体をそのまま圧縮試験に用いるには特殊な大型圧縮試験装置が必要であることから、圧縮試験用供試体は円柱形のものを別途作製することにし、最大骨材寸法により直径12.5cmもしくは10.0cmの選択をおこなった。

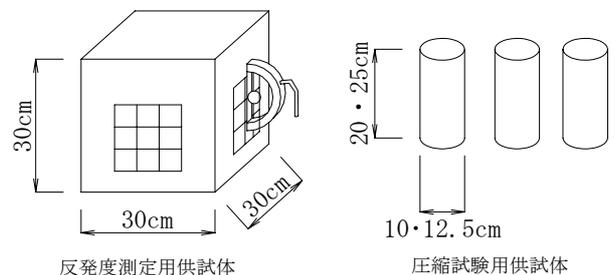


図1 キャリブレーション用供試体概略図

3. 積算温度と強度および反発度の関係

反発硬度測定用供試体と圧縮強度測定用供試体は体積に差があるため、同一の温度で養生をおこなっても、内部温度に差が生じる。サイズの異なる供試体にはほぼ同一の内部温度履歴を与えるためには、特殊な養生装置を必要とするため、いかに簡易な手法でこの問題を解決するかが課題となった。その方策として、筆者らが考案した積算温度を仲介軸として導入する手法の概念を説明する。

図2に、反発度測定用供試体の積算温度と反発度の関係の一例を示す。この図から、反発度測定用供試体の積算温度と反発度の間には良好な相関の存在が確認できる。

次に、図2のデータを得たものと同一バッチの生コンクリートで作製した円柱供試体の積算温度と圧縮強度の関係

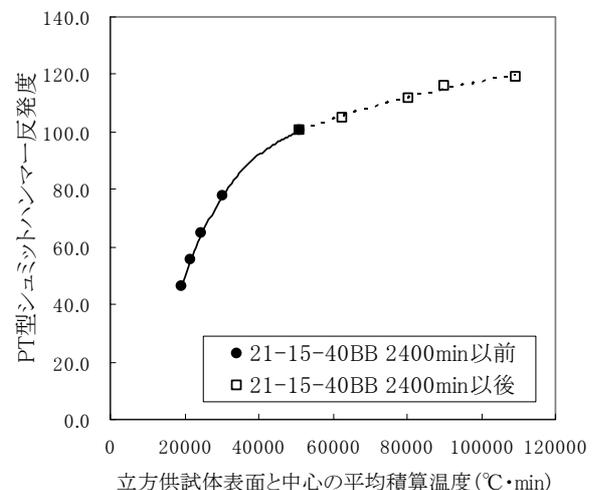


図2 積算温度と反発度の関係の一例

を図 3 に示す。この図から、圧縮強度測定用供試体の積算温度と圧縮強度の間にも良好な相関が確認できる。

よって、同一バッチの生コンクリートから両供試体を作製した後、それぞれの温度を測定しておけば、異なる内部温度履歴をたどった異種供試体の反発度と圧縮強度は容易に関連付けが可能であることが予想された。

なお、当該供試体は生コンクリート打設後 1 日に満たない超若材齢状態であることから、ここで用いる「積算温度」は 10 分おきに測定した供試体温度 t_i (°C) と測定間隔 10(min) を乗算したものを積み上げた $\Sigma 10 \cdot t_i$ (°C・min) を表している。

4. キャリブレーション方法

現在試行中のキャリブレーション方法を以下に示す。

前述のとおり円柱体の積算温度と圧縮強度の関係は良好であることから、まず、円柱体圧縮強度 $q_{cylinder}$ を従属変数に、円柱供試体の積算温度 $\Sigma t_{cylinder}$ を独立変数として回帰式 1 を求める。

$$q_{cylinder} = f(\Sigma t_{cylinder}) \cdots \cdots \text{回帰式 1}$$

次に、反発度を測定したときの立方供試体の積算温度を算出し、回帰式 1 に代入して立方供試体圧縮強度 $q_{cube} \doteq q_{cylinder}$ を求める。最後に、求められた圧縮強度と反発度 R の関係を用いて回帰式 2 を求める。

$$q_{cube} = f(R) \cdots \cdots \text{回帰式 2}$$

図 4 に積算温度を仲介役として求めた圧縮強度と反発度との関係を示す。これらは 3 種類の異なる配合と 2 つの異なる養生温度で求めたデータを元に描いたグラフであるが、ほぼ 1 つの回帰曲線で表せることがうかがえる。しかし、現段階ではデータ蓄積が不十分であるため、現場の配合種別ごとにキャリブレーションを行い、回帰式 2 を求めて管理に用いている。当該キャリブレーション方法は、2 回の回帰計算を要するが、異種供試体の試験時の積算温度をそろえたり、同一の内部温度履歴を与えたりする手法よりも容易に実施可能である。

5. 現場での測定方法

現場での反発度の測定は覆工コンクリートのクラウン妻部にておこなっている。(図 5 参照) 当該箇所は最後にコンクリートが充填される部位であり、この位置での強度を確認すればその他の部位の強度はそれ以上であると推定できる。

6. あとがき

今回の試験データは全て高炉セメントを使用した配合のコンクリートを対象としたものである。したがって、少なくとも同一セメントを使用した配合のコンクリートでは反発度と圧縮強さの関係を統一できる可能性が高い。よって、筆者らはキャリブレーション方法の確立とともに、今後とも様々な配合のデータを蓄積して行き、普遍的な換算式を求めたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 坂・六車・岡田・奥島・小阪・明石・Dr.S.Ban and others, P 型シュミット・ハンマーによるコンクリートの圧縮強度判定(1965) (日本材料学会第 14 期総会学術講演)

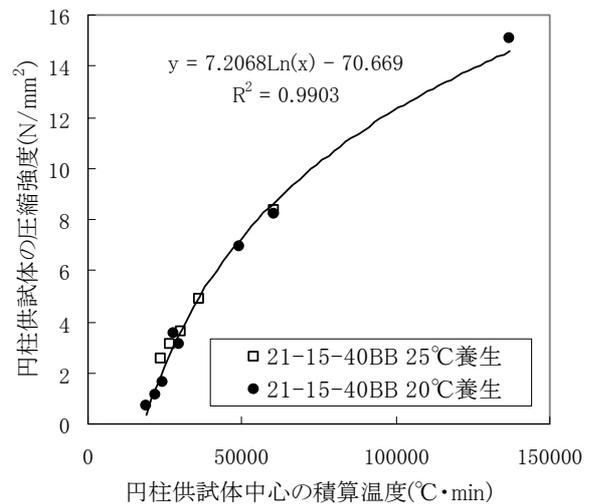


図 3 積算温度と圧縮強度の関係の一例

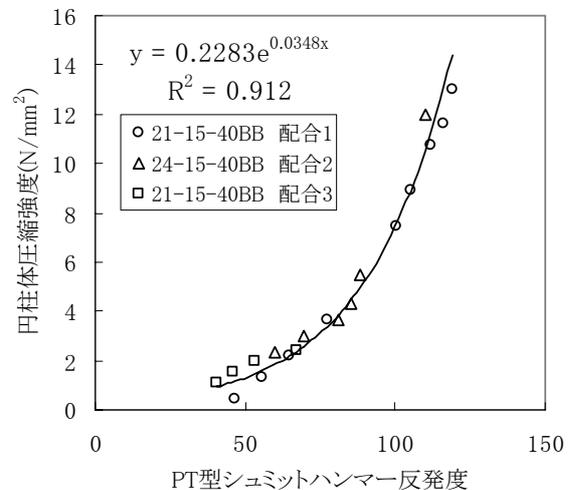


図 4 反発度と圧縮強度の関係(高炉セメント)



図 5 現場反発度測定状況写真