

若材齢時における吹付けコンクリートの静弾性係数に関する研究

松江工業高等専門学校 学生会員 ○持田新太郎

松江工業高等専門学校 正会員 岡崎 泰幸

1. はじめに

山岳トンネル掘削時の吹付けコンクリートは、掘削に伴う地山の変形を受けながら硬化するという一般的なコンクリートとは異なる特徴を有する。近年、数値解析の進歩により、その特徴を数値解析において考慮しようという試みが多く実施されており、支保設計の合理化が図られている。それに伴い、吹付けコンクリートの変形特性と材齢に関する研究が実施されている¹⁾。しかしながら、特に若材齢時の吹付けコンクリートの変形特性に関する研究は十分に実施されていないのが現状である。そこで、本研究では、特に若材齢時の吹付けコンクリートの変形特性をより明らかにすることを目的とし、実現場の養生環境に近い状態で養生した吹付けコンクリートブロックから供試体を作製し、一軸圧縮試験を様々な材齢下において実施する。そして、その試験から吹付けコンクリートの変形特性（特に、静弾性係数）を求め、材齢との関係を示す。加えて、理想的な養生環境下で実施された既往研究¹⁾との比較を行う。

2. 実験内容

(1) 吹付けコンクリート供試体の作製方法

トンネル現場の切羽脇に箱枠(500×500×250mm)を斜めに立て掛け、表-1に示す配合の吹付けコンクリートを湿式方式で吹付けた。ここで、吹付け距離は1mから1.5mとした。その後、実現場の養生環境に近い状態で養生するため、直射日光を避け、室外(平均気温:29℃, 平均湿度:74%)で静置し気乾養生を行った。

続いて、写真-1に示すダイヤモンドル(TS-092)で吹付け開始から約6時間後、9時間後、12時間後、18時間後、24時間後、3日後、7日後、28日後にφ50×100mmのコアを2個ずつ採取し、端面処理を施した吹付けコンクリート供試体を作製した。

(2) 実験および計測方法

(1)で作製した吹付けコンクリート供試体の中央部にひずみゲージを鉛直方向と水平方向に、等間隔に交互に貼り付けた。そして、φ5×10cm用鋼製キャップをつ

表-1 吹付けコンクリートの配合

W/C [%]	s/a [%]	単位量[kg/m ³]					急結剤 32.4 (C×9.0%)	粗骨材の最大寸法 [mm]
		W	C	S	G	混和剤		
56	62.5	202	360	1067	657	2.52		15



写真-1 コア採取状況

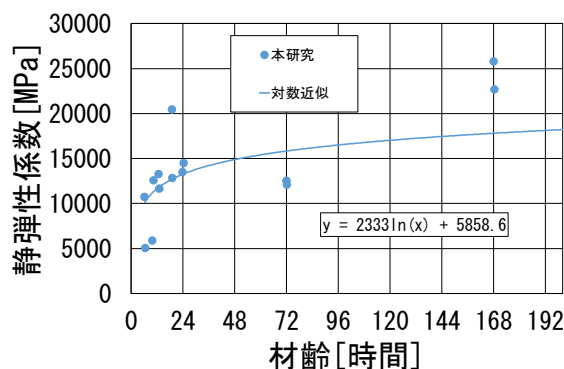


図-2 静弾性係数と材齢の関係

けた後、全自動コンクリート耐圧試験機を用いて、荷重速度 0.6N/mm²/秒を条件とした一軸圧縮試験を行い、データロガーを用いて吹付けコンクリート供試体の応力とひずみを計測した。

3. 実験結果とその考察

2. (2) から得られた応力-ひずみ曲線から、静弾性係数を算出した²⁾。本章では、静弾性係数と材齢の関係、静弾性係数と一軸圧縮強さの関係を示し、既往研究との比較検討を行う。

(1) 静弾性係数と材齢の関係

実験結果から算出した静弾性係数と材齢の関係を図

キーワード 山岳トンネル, 吹付けコンクリート, 若材齢, 静弾性係数

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 TEL0852-36-5224

-2 に示す。図-2 のプロットおよび対数近似曲線から、吹付けコンクリートの静弾性係数は若材齢時（24 時間未満）に急激に増加する傾向にあることがわかり、若材齢時（24 時間未満）以降は緩やかに増加する傾向にあることがわかる。

(2) 既往研究との比較検討

表-2 に谷ら¹⁾の研究における吹付けコンクリートの配合を示す。表-1 と表-2 の比較から、本研究の配合と谷ら¹⁾の研究の配合に大きな差がないことがわかる。また、表-3 に本研究と谷ら¹⁾の研究の供試体作製条件の比較を示す。表-3 から、両者の供試体作製条件には様々な違いがあることがわかる。特にコンクリートは一般的に養生気温が高くなるにつれて、初期強度の発現が早まることが知られている³⁾ことから、養生気温が高い本研究の方が若材齢時の静弾性係数の発現が早まることが予想される。以下に、両研究結果の比較を示す。

本研究と谷ら¹⁾の研究の静弾性係数と材齢の関係(図-3 参照)の対数近似曲線を比較すると、本研究の研究結果は谷ら¹⁾の研究の研究結果より若材齢時（24 時間未満）の吹付けコンクリートの静弾性係数の発現が早いことがわかる。このような結果となった要因としては、前述したように本研究の方が谷ら¹⁾の研究と比較して養生気温が高かったためと考えられる。

続いて、本研究と谷ら¹⁾の研究の静弾性係数と一軸圧縮強さの関係を図-4 に示す。図-4 から、一軸圧縮強さ 10MPa 未満では静弾性係数が急激に増加する傾向にあることがわかり、一軸圧縮強さ 10MPa 以上では静弾性係数が緩やかに増加する傾向にあることがわかる。また、特に一軸圧縮強さ 10MPa 未満において本研究と谷ら¹⁾の研究の静弾性係数と一軸圧縮強さの関係(図-4 参照)の対数近似曲線を比較すると、本研究の研究結果は谷ら¹⁾の研究の研究結果と類似した結果となっていることがわかる。このことから、供試体作製条件に様々な違いがあったとしても(表-3 参照)、若材齢時（24 時間未満）の静弾性係数が一軸圧縮強さから推定できる可能性があることがわかった。

4. まとめと今後の課題

本研究では、吹付けコンクリート供試体の一軸圧縮試験を行い、静弾性係数と材齢の関係、静弾性係数と一軸圧縮強さの関係を得ることができた。その結果、若材齢時（24 時間未満）の吹付けコンクリートの静弾性係数は、養生気温によって大きく変化すると考えら

表-2 谷ら¹⁾の研究の吹付けコンクリートの配合

W/C [%]	s/a [%]	単位量[kg/m ³]					急結剤 (C×8.0%)	粗骨材の最大寸法 [mm]
		W	C	S	G	混和剤		
58	61	209	360	1001	689	5.4	28.8	15

表-3 本研究と谷ら¹⁾の研究の供試体作製条件の比較

	養生気温と養生湿度	吹付け方法と供試体作製方法	供試体サイズ[mm]
本研究	室外 (気温:29℃, 湿度:74%)	箱枠に吹付けて 各計測時間前にコア抜き	φ50×100
谷ら ¹⁾	室内 (気温:20℃, 湿度:80%)	型枠に直接吹付けて 3時間後に脱型し 各計測時間まで静置	φ100×200

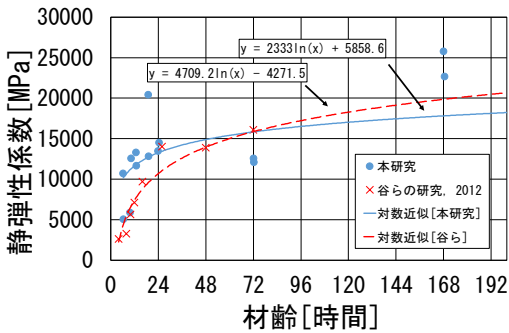


図-2 本研究と谷ら¹⁾の静弾性係数と材齢の関係

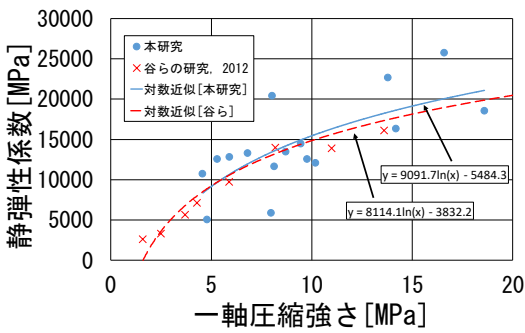


図-4 本研究と谷ら¹⁾の静弾性係数と一軸圧縮強さの関係

れた。一方で、静弾性係数と一軸圧縮強さの比較から、供試体作製条件に様々な違いがあったとしても、若材齢時（24 時間未満）の静弾性係数が一軸圧縮強さから推定できる可能性があることがわかった。

今後は、本研究の研究結果と実現場での試験結果の整合性について調査していきたいと考えている。

参考文献

1) 谷卓也, 青木智幸, 小川豊和, 武田均, 藤井義明: 若材齢トンネル吹付けコンクリートの粘弾性特性に関する研究, 大成建設技術センター報, Vol.40, pp.15-1-15-8, 2007.
2) JIS A 1149, コンクリートの静弾性係数試験方法, 2017.
3) 仕入豊和, 地濃茂雄: コンクリートの初期強度におよぼす温度条件 (20~90℃) の影響, 日本建築学会論文報告集, Vol.320, pp.1-11, 1982.