

硬化過程で変形を受けるコンクリートの強度・変形特性に関する実験

大成建設 土木技術研究所 正会員 ○谷 卓也，武田 均，青木 智幸
大成サービス 計測エンジニアリング業務部 中城 嘉浩

1. はじめに

トンネル支保の検討で用いる吹付けコンクリートのヤング率は、弱材齢時の剛性の変化やクリープ変形を全て考慮した見かけのヤング率が用いられることが多い。また、材齢や応力レベルを考慮したヤング率を設定して検討した例¹⁾もあるが、硬化過程における変形の影響を評価してヤング率に反映したものはみられない。

近年、打設直後の超早期に高い一軸圧縮強度が得られる吹付けコンクリートの施工が行われるようになっており、同じ変形量でも剛性の低い通常の吹付けコンクリートと比較して小さい変形量で破壊することも想定される。このような場合、初期材齢の硬化過程で大きい変形を受ける吹付けコンクリートの強度・剛性の発現特性を把握することは非常に重要であり、今後地山条件に応じた合理的な吹付けコンクリート材料の選択や支保の設計を行っていくためには、強度・変形特性をより詳細に評価する必要があるものと考える。

以上のような背景から、著者らは強度の違う 2 種の吹付けコンクリートのベースコンクリートについて、弱材齢（約 24 時間まで）時の強度および変形特性を通常の一軸圧縮試験により確認するとともに、さらに注水後 7～8 時間を経た弱材齢の供試体に一定の低い変位速度で変形を与え、強度の発現に対する影響を調べた。

2. 供試体と試験方法

硬化過程で一定の低い変位速度で変形を与える一軸圧縮試験を「低定速度載荷試験」、低定速度載荷試験と同じ養生条件でかつ材齢の影響を除くためにピーク荷重を確認後直ちに実施する通常の一軸圧縮試験を「比較試験」と称する。試験は上記 2 つの試験の他、弱材齢の強度・変形特性を調べる試験、各低定速度載荷試験に用いた供試体の同一性を確認するための一軸圧縮試験の合計 4 種類行った。

供試体は、いずれの試験も直径 100mm、高さ 200mm の円柱形とした。弱材齢の試験、低定速度載荷試験、比較試験の供試体は低定速度試験の開始まで温度 20℃、湿度 70%の恒温室で、その後は実験室で養生した。実験室は温度 20±1℃、試験中の湿度は 46±8%であった。供試体の同一性を確認するための試験の供試体は、各材齢（2～28 日）の試験開始まで恒温室で養生した。試験した 2 種のベースコンクリートの配合を表-1 に、試験ケースを表-2 に示す。

試験は容量 500kN のサーボ試験機を用い、変位制御で試験した。供試体の変形は図-1 に示す載荷板の内側に設置した変位計で計測し、低定速度載荷試験ではコンプレッソメータも用いた。低定速度載荷試験の開始は凝結開始後 2 時間（材齢 7～8 時間）とした。

3. 試験結果

弱材齢の供試体の試験結果として、普通コンクリート（A-N1～N3）および高強度コンクリート（A-H2）について材齢と一軸圧縮強度関係を図-2 に、同様に材齢とヤング率関係を図-3 に示す。ヤング率は一軸圧縮

表-1 ベースコンクリートの配合

種別	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (%)
						W	C	S	G	
普通	10	9	2.8	58	62	190	330	1102	681	—
高強度	10	20.5	4	45	70	170	378	1252	541	C×1.5

表-2 試験ケース

試験名	ベースコンクリート種別	載荷速度		備 考
		mm/min	mm/day	
A-N1	普通（設計強度：18N/mm ² ）	0.0050	7.2	本試験・比較試験のみ実施
A-H1	高強度（設計強度：36N/mm ² ）			
A-N2	普通（設計強度：18N/mm ² ）	0.0025	3.6	
A-H2	高強度（設計強度：36N/mm ² ）			
A-N3	普通（設計強度：18N/mm ² ）	0.0012	1.7	実施中（データ無し）
A-H3	高強度（設計強度：36N/mm ² ）			

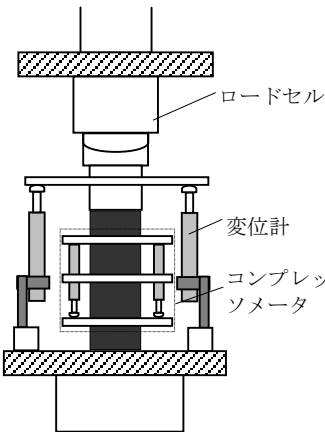


図-1 試験の概要

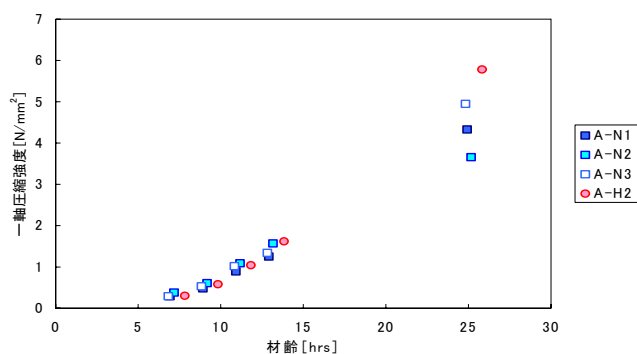


図-2 材齢～一軸圧縮強度

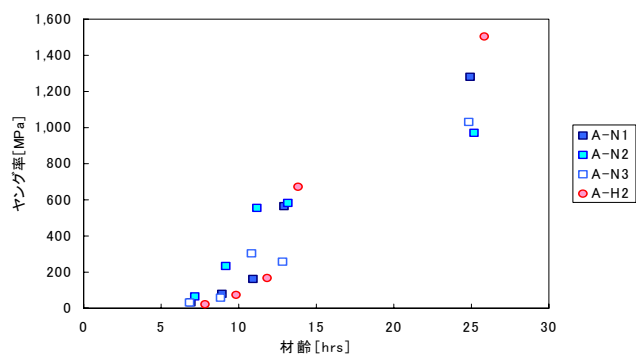


図-3 材齢～ヤング率

強度の 50%時の接線ヤング率とした。図-2 より一軸圧縮強度については、材齢が 15 時間まではコンクリートの種別によらず一定の強度発現特性が確認できるものの、約 25 時間ではばらつきが大きく、かつ高強度コンクリートの値が最も高い。図-3 のヤング率については、一軸圧縮強度と比較して全体的にばらつきが大きい、コンクリート種別毎では、概ね 25 時間材齢の一軸圧縮強度の結果と同様な大小関係を示している。

低定速度載荷試験については、時間と変位量および時間と載荷応力の関係を、試験ケース [A-H1] の結果を図-4 に示す。図から、変位速度を一定とした載荷による変位の増加と、硬化過程で剛性が大きくなるに伴って載荷応力が増加し、破壊に近づいて傾きが減少する S 字型の特徴的な関係が得られた。また、図-5 には、試験ケース (A-H3) を除いた試験の結果を、時間と載荷応力の関係として示す。図にはピークの載荷応力を一軸圧縮強度として示した。この図からは、載荷速度が小さいほど、破壊までの時間 (= 変位量) が長くなり、破壊時の応力値が大きくなることが分かる。

低定速度載荷試験と比較試験の一軸圧縮強度と、各試験における強度比を表-3 に示す。表から、載荷速度が 0.0025mm/min より小さい場合、強度比が 1.3 または 1.4 となっており、硬化過程で供試体を変形させた方が強度が高くなっている。

4. まとめ

試験結果から、弱材齢時に小さい変位速度で変形を受けたコンクリートは、変形を受けないものと比較して、強度が大きくなる条件があることが分かった。また、破壊時の変形量 (= ひずみ量) にも大きな差異があることから、同材齢でヤング率も異なることが想定される。今後は、一定の低載荷速度による一軸試験の途中で除荷して各材齢におけるヤング率を求め、変形を与えない場合との差異についても検討していきたい。

<参考文献>

- 1) 土屋敬, 高橋範明, 稲葉潤也: 吹付けコンクリートにおける等価弾性係数の見直し, 土木学会第 57 回年次学術講演会, III-248, pp.495-496, 2002.

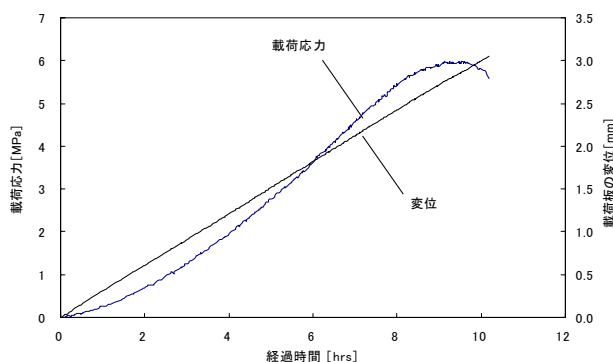


図-4 時間～変位量, 時間～載荷応力 (試験ケース [A-H1])

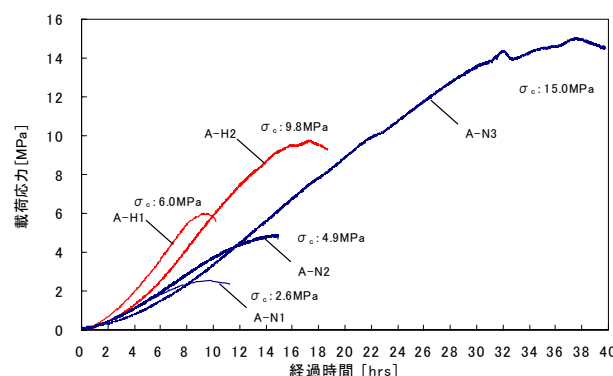


図-5 時間～載荷応力

表-3 低定速度載荷試験と比較試験の比較

ベースコン 種別	試験名	載荷速度 [mm/min]	一軸強度(本試験) [MPa]	一軸強度(比較試験) [MPa]	強度比 (本試験) / (比較試験)
普通	A-N1	0.0050	2.6	4.1	0.6
	A-N2	0.0025	4.9	3.7	1.3
	A-N3	0.0012	15.0	10.4	1.4
高強度	A-H1	0.0050	6.0	5.8	1.0
	A-H2	0.0025	9.8	7.1	1.4