

[51] コンクリートスラブの養生条件が圧縮強度、静ヤング係数に及ぼす影響

正会員 ○長谷川 寿 夫 (北海道大学 工学部)

正会員 杉 山 雅 (藤沢薬品工業 特薬研究所)

正会員 洪 悦 郎 (北海道大学 工学部)

1. はじめに

構造体におけるコンクリートの圧縮強度、静ヤング係数は、柱、梁、壁、スラブ等の各部材や部位によつて異なっていることが、既に明らかになっている。¹⁾²⁾ これらの部材のなかで、スラブは、薄い平板状の部材のため打込み後乾燥が早く、強度等の低下が大きい。コンクリートが乾燥による有害な影響を受けないように、散水またはその他の方法で、打込み後の初期の湿潤状態を保つようにしなければならないが、最近では、工期が短い等の理由から、十分な初期養生を行なっていないという実情もある。一方、コンクリート構造物の解体時等に行なつた各部の性状試験の結果では、スラブのコンクリートの強度は、設計基準強度を下回つているような低強度の場合もあり、また、非常に大きい強度が出ている場合もあり、バラツキが大きいことが報告されている。この原因の1つには、打込み後積極的な養生を行なわない場合でも、降雨や上階の打込み時の漏水などにより、コンクリート面が濡れることもあり、また、表面仕上げ等による保水・保湿効果も考えられる、本報は、これらの状況を考慮して、打込み後のスラブの乾湿養生条件を変えて、圧縮強度、静ヤング係数に及ぼす影響を、実験的に検討したものである。

2. 実験方法

実験は、コンクリート(

表1 コンクリートの調合と性状

表1)とその養生方法(表2)を変えて、2シリーズ行なつた。試験体は、10×20×厚10cmの角柱型(横打ち)の模型スラブで

シリーズ	W/C (%)	S/a (%)	水量 (kg/m³)	絶対容積 (L/m³)			スラブ (cm)	空気量 (%)	標準水中 (kg/cm³)	
				セメント	細骨材	粗骨材			強度	ヤング係数
I	51.5	40.9	177	108	280	405	18.0	5.5	287	2.62×10 ⁶
II	58.0	42.3	174	94	297	405	16.5	2.5	260	

使用材料 I: アサノ普・ポ (k=411), 鋪岡海砂 (P=2.72), 当別砂利 (P=2.65)
II: " (k=401), 広島山砂+鶴川海砂 (P=2.69), 広島山砂利+朝里碎石 (P=2.63)

表2 養生方法

ある。力学的性質測定用の他に、内部相対湿度測定用(長手方向に9mmφの孔があり、電気抵抗式鋭感湿度計により測定)も作製した。打込みおよびその後の養生は、一般の実験室内で行なつた。湛水養生は、スラブ上面を水に浸漬させた。被膜剤養生は、水分封緘性能に優れているA社製のもの(塩化ゴムを主成分とした溶剤型速乾タイプ)を使用して、均一に塗布(約200g/m²)した。シート封緘養生は、サランラップとポリエチレンフィルムによつて封緘面を完全に覆つた。また、モルタル仕上げの厚さは、約8mmである。なお、スラブとして、全ての試験体の底板の脱型は、材令3週に行なつた。測定結果は、Iシリーズでは1年まで、IIシリーズでは5か月までであり、各測定材令において、乾燥程度と圧縮強度、静ヤング係数(強度の1/3におけるセメントモデュラス)を求めた。これらの力学的性状試験は、全てその材令時の乾燥状態のままで行なつた。Iシリーズでは、乾燥程度を次式で表わす「湿潤率」として求め指標とした。

シリーズ	養生の種類・記号	養生開始材令	養生方法
I	特別な養生なし	I	—
	湛水	W	1・5・10日
	被膜剤	H	5h, 1・3・7・28日
	シート封緘(全面)	F	0 1・5・10日
II	特別な養生なし	I	—
	湛水	W	1・2・3週
	湛水+モルタル仕上	W+M	1・3週 1か月
	モルタル仕上	M	1・2か月
	シート封緘(全面)	F	1・7日, 1・2か月
	シート封緘(下面なし)	F.	1・2か月

$$\text{湿潤率 (\%)} = \left\{ \frac{[(\text{試験時重量}) - (\text{絶乾重量})]}{[(\text{真空飽水重量}) - (\text{絶乾重量})]} \right\} \times 100$$

3. 実験結果と考察

3.1 Iシリーズについて

材令4週，3か月，6か月，1年におけるコンクリートの湿潤率を図1に、また、このときの圧縮強度，静ヤング係数を図2に示す。図1から、いずれの養生方法においても、特別な養生を行わないもの(I)よりは、湿潤状態にあることが示されているが、養生方法の差によつて、その乾燥程度は異なっている。最も乾燥が遅いのは、打込み5時間後から被膜剤養生を行なったものである。この他に、材令1年で湿潤率が30%以上の大きい値を示しているものには、湛水養生を行なったもの、打込み直後から3日間シート封緘養生を行なったものなどがある。

図2の圧縮強度は、材令4週、または3か月に最大を示し、6か月、1年では、およそ2~3割低下している。材令1年の強度は、養生方法に拘らず、標準水中養生強度(287 Kg/cm²)の8割以下の値を示している。特別な養生を行わないものは、非常に小さい強度(153 Kg/cm²)を示しており、材令3日に被膜剤養生を行なったもの以外は、全てこの値を上回っており、養生処置をした効果が現われている。養生効果が大きかつたものは、湿潤率の大きいものとほぼ同様の傾向を示し、打込み直後から3日間シート封緘養生をしたもの、打込み5時間後から被膜剤養生をしたもの、および、5日または10日目に1日間湛水養生をしたものであり、これらが、材令1年において、200 Kg/cm²以上の強度を示している。

湛水養生は、いずれも養生効果が大きいのが、乾燥が進んだ後に養生した方の強度が、やや大きい傾向を示した。

被膜剤養生は、打込み後1日以上経過してからの養生効果は、そう大きくはなく、一般に言われているように、ブリージング水がなくなつた時点ですぐに塗布することが、効果が大きいことが確認された。

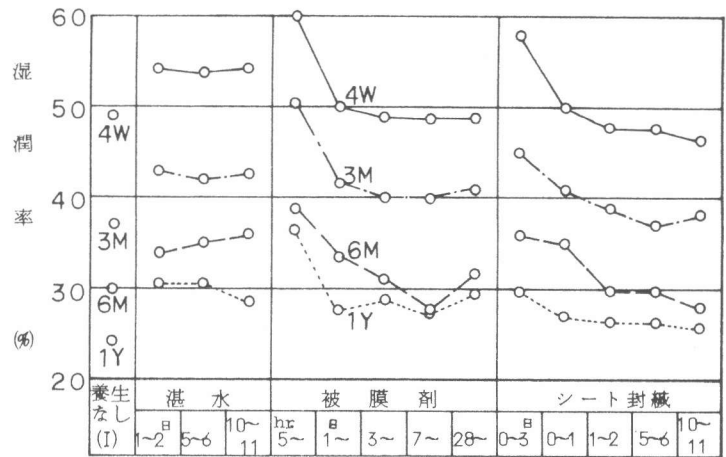


図1. 養生方法と乾燥程度 (Iシリーズ)

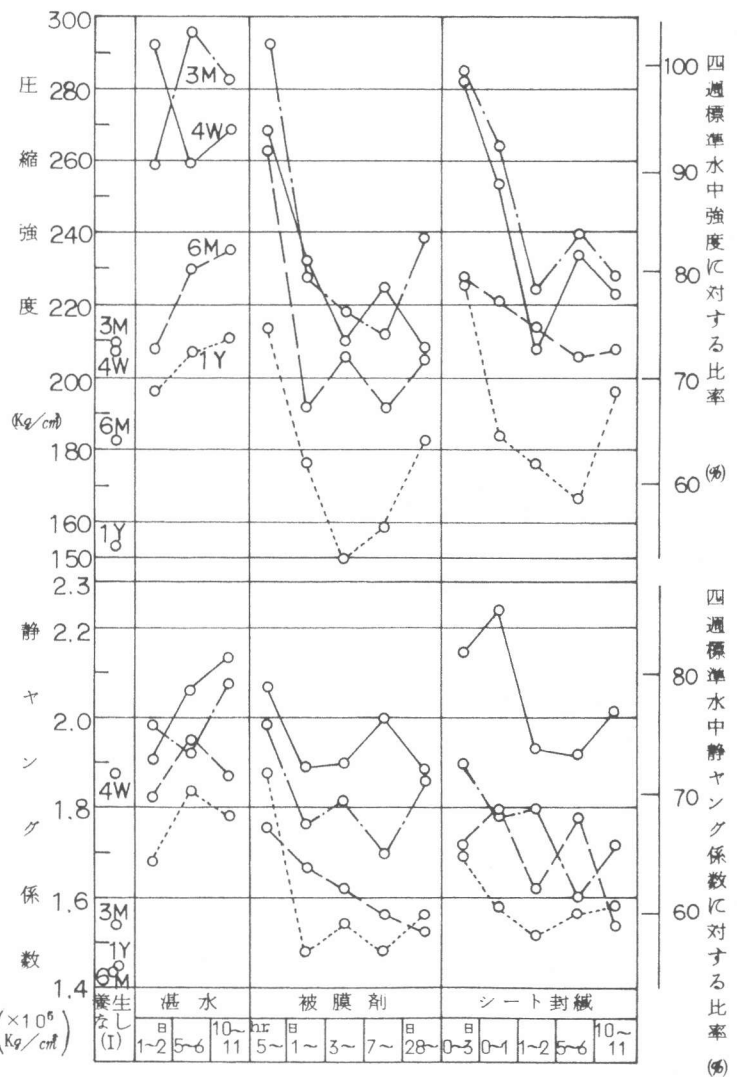


図2. 養生方法と圧縮強度，静ヤング係数 (Iシリーズ)

シート封緘養生は、打込み直後から3日間養生したものが、 2.20 Kg/cm^2 と材令1年の最大強度を示している。しかし、これ以外の1日間の封緘では、大きな効果はなかつた。

一方、静ヤング係数の結果でも、圧縮強度とほぼ同様の傾向が得られており、材令4週の湿潤時に大きい値を示している。材令1年において比較的大きな値を示しているのは、前述の強度の場合と同様に、5時間後から被膜剤養生を行なつたもの、湛水養生を行なつたもの、および、初期材令においてシート封緘養生を行なつたものなどである。ヤング係数は、いずれの養生においても、特別な養生を行なわないものに比べて、大きい値を示している。しかし、材令1年においては、いずれも $1.9 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ 以下となっている。

コンクリートの湿潤率とヤング係数の関係は、図3に示されており、材令が進み乾燥に伴ないヤング係数が低下している傾向が認められる。養生条件が良好であり、乾燥が少ないコンクリートほど、強度もヤング係数も大きい値を示す。

3.2 IIシリーズについて

養生方法別の乾燥程度を、重量変化率と中心部の相対湿度で図4に示す。重量変化率は、打込み直後の重量を基準にして表わしている。養生なしのもの(I)は、材令1か月で98.5%、3か月で97.7%、5か月で97.5%と最も乾燥している。湛水養生のものは乾燥が遅く、材令5か月でも、Iよりも0.3~0.6%大きい値を示している。シート封緘(全面)のものは、封緘材令による差が明瞭であり、材令5か月でも、98.0%以上の値を示している。下面封緘なしのもの(II)は、これより少し乾燥が進んでいる。コンクリート中心部の相対湿度は、材令5か月では、Iのみが60%代であり、湛水、湛水+モルタルは、75%前後の値を示している。湛水にモルタル仕上げをすると乾燥が遅くなつている。シート封緘を1日から行なつたものは、5か月でも約88%の湿潤状態にある。

圧縮強度、静ヤング係数測定結果を、図5に示す

シート封緘養生(II, III)の結果、強度では、養生を行なわないもの(I)に比べて効果が認められるのは、材令1日に全面封緘を行なつたもののみであり、材令1か月位から仕上げによつて封緘状態になつたとしても、強度は、あまり変らない場合が多い。ヤング係数では、まだ湿潤状態のうちに全面封緘したものの値が大きく、材令5か月では、Iに比べて $0.5 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ 程度の効果が認められる。

湛水養生(W)の結果、強度では、材令1か月において1週からの養生が大きい値を示しているが、5か月までに強度の増加がほとんどなく、結局、材令5か月において最も大きな強度を示しているのは、2週から1日、または5日間の養生を行なつたものである。3週から養生を行なつたものは、それほど大きい値を示してはいない。湛水養生の1日と5日間の差は少なく、1日間養生の方の強度が大きい場合もみられた。ヤング係数は、材

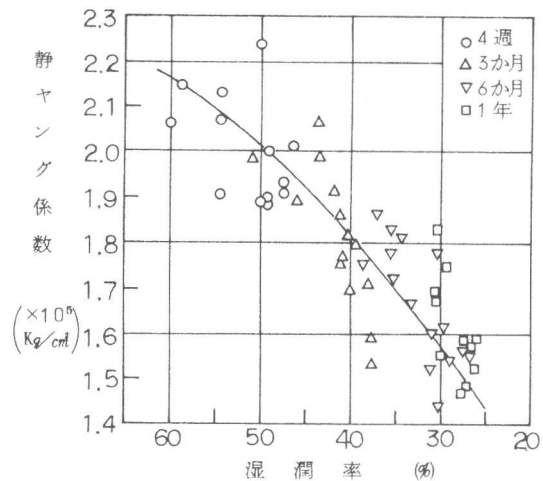


図3. 静ヤング係数と湿潤率の関係(Iシリーズ)

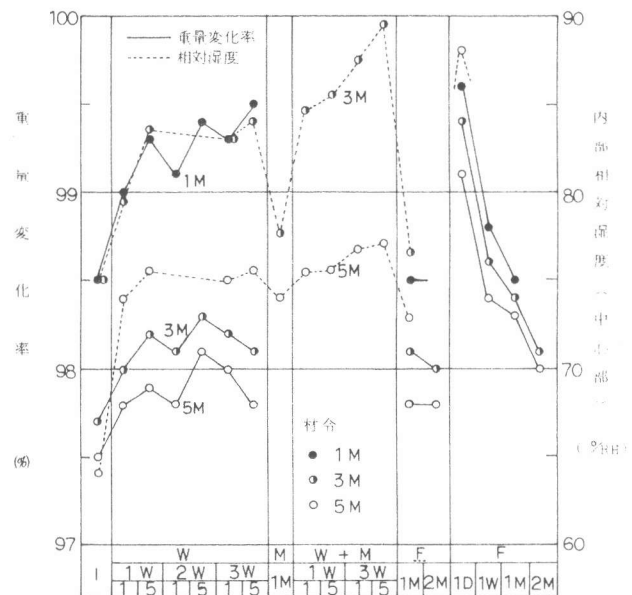


図4. 養生方法と乾燥程度 (IIシリーズ)

令5か月で $2.1 \sim 2.8 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ にあり、養生を行わないもの(1)よりも $0.4 \sim 0.5 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ 以内の大きな値を示している。湛水養生期間の差による影響は、強度の場合と同様に、ヤング係数においても明瞭ではない。

湛水養生を1週または3週に行ない、1か月目にモルタル仕上げを行なったもの(W+M)の強度は、1週に湛水養生したものの方が大きい値を示しており、モルタル仕上げを行なったことにより、材令5か月で 50 Kg/cm^2 近くの強度増加を示している。これは、3週から同養生を行なったものの強度を、約 40 Kg/cm^2 上回っている。なお、湛水養生1日と5日では、特に材令3か月において5日の方の強度が大きい。材令5か月では、ほぼ同程度の値を示している。ヤング係数も $2.5 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$ 以上の大きな値を示している。

モルタル仕上げのみを1、2か月に行なったもの(M)の強度は、1と同様に小さく、また、ヤング係数も1よりもわずかに大きい程度の値を示している。

4. 結論

コンクリート打込み後乾燥が早いスラブに、各種の保水・保湿養生、あるいは水分供給養生を行ない、圧縮強度および静ヤング係数に及ぼす効果を検討した結果は、次のようにまとめることができる。

- (1) 保水・保湿養生を行なう場合には、打込み直後から材令1日位のうちに開始して数日間の養生を行なえば強度増大の効果が認められる。被膜剤を塗布する養生でも、ブリージング水が無くなった直後に行なうことが重要であることを再確認した。
- (2) 水分供給養生は、1日間以上十分に行なえば、一般には保水・保湿養生よりも、強度増大の効果が大きい。養生を開始する材令は、乾燥が少し進んだ1週～2週程度であれば効果が大きい。さらに乾燥が進んだ3週以降からの養生による効果は、そう大きくはない。
- (3) 材令1か月以降において、封緘状態、またはモルタル仕上げのみを行なっても効果はほとんどない。しかし、これらの前に、水分供給養生があれば、モルタル仕上げ等による保水効果があり、強度とヤング係数は大きな値を示す。
- (4) 静ヤング係数は、コンクリートの乾燥程度とも関連があり、湿潤状態のものほど大きな値を示す傾向があるため、いずれの養生方法においても、養生なしのものに比べて大きな値を示している。

5. おわりに

コンクリートスラブは、積極的な養生を行わない場合でも、降雨や上階の打込み時の漏水などにより、良好な湿潤養生を受け、圧縮強度や静ヤング係数が非常に大きい値を示す可能性がある。一方、乾燥している風の強い季節に施工し、水分供給養生を受けなかつたスラブとの性状差は、非常に大きくなる。このように、水平部材のスラブは、鉛直部材の壁や柱よりも施工後の湿潤養生条件の影響を受けやすく、その圧縮強度、静ヤング係数は、大小いろいろな値を示しうる。

〔謝辞〕 本実験に際し御協力を得ました竹中義明氏(北海道工業大学卒業生)に謝意を表します。

- 〔引用文献〕1) 高橋, 中根他, 構造体コンクリートの強度管理に関する研究, 建築学会大会梗概, 昭52~昭56
2) 長谷川, 杉山, 構造体コンクリートの乾燥と力学的性状に関する研究, 建築学会論報 第295号

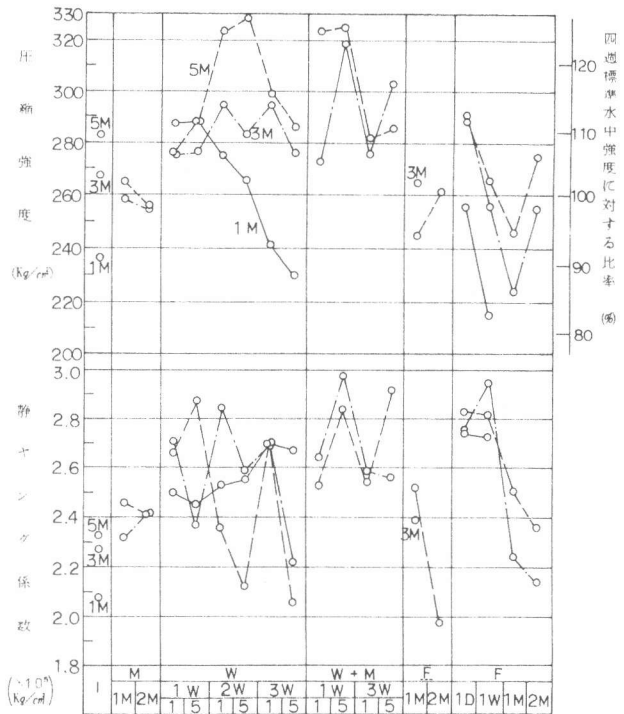


図5. 養生方法と圧縮強度, 静ヤング係数 (IIシリーズ)