

日本国土開発㈱ 正会員 竹下 浩之

日本国土開発㈱ 正会員 浅沼 潔

日本国土開発㈱ 正会員 横田 孝考

1. まえがき

近年、コンクリート構造物はますます大型化の傾向にあり、マッシブなコンクリート構造物における温度応力に伴うひび割れの発生が問題となつてきている。これらのマスコンクリート構造物の温度応力解析においては、適確なマスコンクリートの物性値把握が重要な問題となつてくる。しかし、この物性値に関して定性的、かつ定量的に取り扱った研究は少ないように見受けられる。本研究では、マスコンクリートの硬化過程における物性を明確にするを目的として、材料および配合を変え検討した。

2. 実験概要

10×20×20cm³供試体を使用し、材令1, 2, 3, 5, 7, 14, 28日T圧縮および割製試験を実施し、圧縮強度 f_c 、割製強度 f_{sk} 、弾性係数 E_c を測定した。使用材料は、セメントが普通ポルトランドセメント、骨材が2種、鹿児島産川砂利、川砂(Kシリーズ:F_Mは6.54, 2.67)および津久井産碎石、砕砂(Tシリーズ:F_Mは6.48, 3.13)である。配合は表-1に示す各種、計6種で、

表-1. 示方配合

配合	種類	スラブ厚さ	水	セメント	骨材	砂利	砕砂	単位量	配合比
No.	骨材	(cm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
K ₁	川砂	8±1	41.0	145	225	793	1137	0.563	3.5A
K ₂	川砂	41.3	40.3	146	296	737	1114	0.240	3.5A
K ₃	川砂	40.4	39.7	138	342	736	1116	0.833	3.5A
T ₁	碎石	65.0	46.3	169	260	850	993	0.650	3.0A
T ₂	碎石	50.6	44.3	163	322	798	1010	0.865	3.0A
T ₃	碎石	41.5	42.3	167	402	730	1002	1.065	3.5A

目標強度は f_{sk} が250, 350, 450 %とした。図田によれば、マスコンクリートの物性値は積算温度をパラメータとして、各種の温度履歴下におけるコンクリート物性値が整理できることが示されているので、実験では、マスコンクリートの養生として水分の移動を防止する目的で、ビニールシートで供試体を覆い、30℃、90%RH恒温恒湿室で気中養生を行った。同時に、20℃の水槽で水中養生を行い、マスコンクリートの物性値と比較検討した。

3. 実験結果

圧縮強度 f_c と積算温度 M の関係を図-1に示す。各配合に対して、 $M \leq 10^4$ ℃・hrの範囲においては、両者の間にはほぼ直線関係が認められる。但し、水中養生と気中養生では、強度発現の程度は異なる。すなわち、各配合の強度を図中の細線のように直線近似し、その近似式を $f_c = A \log M - B$ とすると、それらのパラメータ A 、 B は図-2に示すとおりである。従って、 $M \leq 10^4$ ℃・hrに対し%をパラメータとして、圧縮強度は図-1の図中の式のように与えられる。このような関係は、Tシリーズにも認められ、近似式で表示できる。このように、ある骨材に対しては、圧縮強度は%をパラメータとして一般形 $f_c = A \log M - B$ で近似されるものと推定される。すなわち、定数 A 、 B は、その骨材に固有のものであると考えられる。

水中養生を基準にした場合の気中養生の圧縮強度変化率 β を示す。図-3のようである。これらの各骨材ごとの変化率を図中の細線のように近似し、一般形を $\beta = a \log M - b$ とすると、定数 a 、 b は図中の表のようになり、これらの定数と%の間にはほぼ直線関係が認められる。よって、気中養生による圧縮強度低下率は、図中の式により与えられる。図にみられるように、圧縮強度は $M \leq 1500$ ℃・hrにおいては、水中養生の場合と比較して、気中養生の方が増加し、

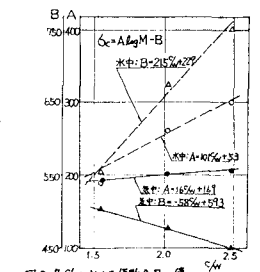
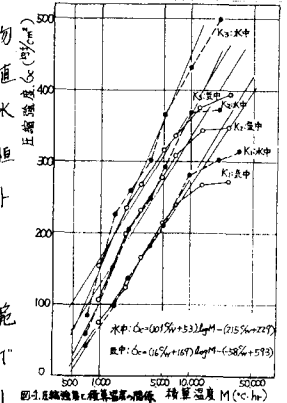


図-2. 各%における係数A, Bの値

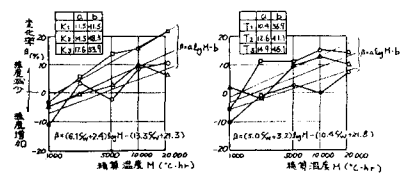


図-3. 圧縮強度変化率と積算温度の関係

逆に、 M がそれ以上にならば気中養生の方が減少する。その減少率は富配合のコンクリート程大きくなるこれが分かる。この実験の範囲では、水中標準養生の材令28日において、養生の相違による強度低下率は約5~20%であった。この強度低下率は、骨材あるいは温度履歴により異なるものと考えられるが、ここに示した配合ごとの低下率は一応の目安になるものと思われる。

図-4にKシリーズの割裂強度と積算温度の関係を示す。両者の間にも $M \leq 10^4$ ℃・hrにおいて、ほぼ直線関係がみられる。また、圧縮強度の場合と同様、養生の相違により、若干の強度の差がみられる。Kシリーズの脆度係数と圧縮強度、および割裂強度と圧縮強度の関係をそれぞれ図-5および図-6に示す。いま、図-5に示されるように、脆度係数と圧縮強度の間に直線関係を仮定して、両者間の関係を求めると、割裂強度は近似的に、次式により与えられる。

$$K \text{ シリーズ: } \sigma_{sa} = \frac{1}{(0.007 + 8/\sigma_c)}$$

$$T \text{ シリーズ: } \sigma_{st} = \frac{1}{(0.005 + 8/\sigma_c)}$$

この関係を図-6に示すが、上式は比較的よい近似を与えている。また、同図には既往のデータも示すが、これらの関係式は、いずれも低くめの強度を与えている。このような傾向はTシリーズにおいても同様であり、このような結果が得られたことは注目される。また、養生の相違に基いて脆度係数の差はほとんどないため、気中養生の割裂強度は、上式の圧縮強度に養生の差に基づく強度変化率を導入することにより求めることができる。

図-7にKシリーズの弾性係数と積算温度の関係を示す。弾性係数の増加は若材令に特に顕著であり、材令1日で28日の約1/2に達する。また、弾性係数は圧縮強度の発現と同様、気中養生と水中養生を比較すると、ごく若材令で前者が大きくなるが、一般的には、後者の方が大きくなる。弾性係数と圧縮強度の関係の1例を図-8に示す。KおよびTシリーズともに、 $E_c = C \cdot \sigma_c^{1.5} \sigma_c^{0.5} (C: \text{定数})$ と仮定し近似式を求めると、それぞれ次のようになる。

$$K \text{ シリーズ: } E_c = 4900 \sigma_c^{1.5} \sigma_c^{0.5}$$

$$T \text{ シリーズ: } E_c = 3790 \sigma_c^{1.5} \sigma_c^{0.5}$$

このように若材令においても既往の同様の関係式に整理されるが、これらの近似式を既往の関係式と比較すると、Kシリーズではほぼ同様であるが、Tシリーズでは大きく異なる。これは主に骨材の影響と考えられるが、このような実験結果から、弾性係数の推定にあたっては注意を要する。

4. まとめ

以上、マスコンクリートの硬化過程における物性を明確にする目的で、材料および配合を変化させて水中養生と比較して検討した。その結果、水分の移動の少ないマスコンクリートの物性値は水中標準養生されたコンクリートの物性値に、気中養生による圧縮強度の強度変化率を導入することにより、ほぼ推定可能なことが分かった。ここに述べた特性値は、圧縮強度、割裂強度、弾性係数であるが、その他、直接引張強度、引張クリープについても検討を行っており、期を改めて発表する予定である。

・参考文献：岡田他「マスコンクリートの基本的特性に関する一考察」、セメント技術年報、34号、B855。

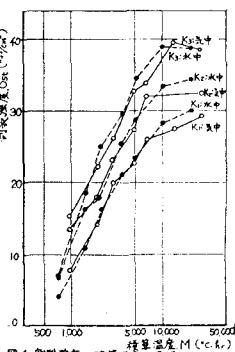


図-4. 割裂強度と積算温度の関係

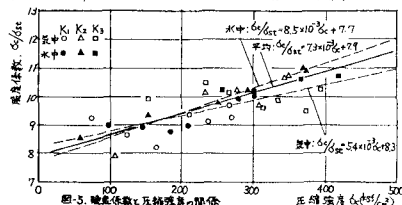


図-5. 脆度係数と圧縮強度の関係

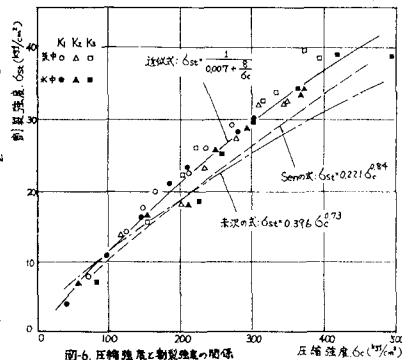


図-6. 圧縮強度と割裂強度の関係

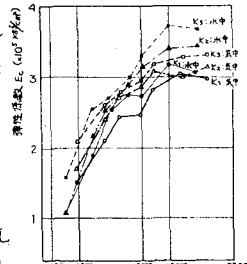


図-7. 弾性係数と積算温度の関係

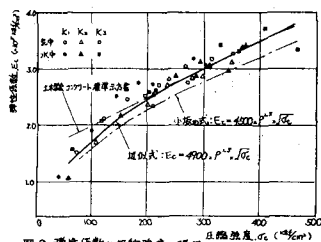


図-8. 弾性係数と圧縮強度の関係