

# [5] コンクリート円柱供試体の乾燥ひずみ力が強度性状におよぼす影響

正会員 椎名国雄 (東海大学 工学部)

## 1. ま え が き

標準養生のち屋内(室内)または屋外といった乾燥状態に移したコンクリート強度の伸びが一時的であるにせよ水中養生を継続したコンクリートの強度を上回る事実、あるいは一時的に吸収させた試験体による湿試験強度が乾試験強度よりも小さい事実は、一般的には内部摩擦の作用として説明される。しかし並行して試験体の長さ変化を測定するならば、この現象を乾燥収縮および湿潤膨脹と極めて関連の深い事実として捉えることもまた可能である。ここでは、コンクリート試験体の含水分を、コンクリート試験体内部小空間(直径9mmの小孔)に周囲から拡散する相対湿度として測定し、コンクリートの乾燥に伴う強度の変化を、乾燥に伴う収縮応力としての関連づけを試みる。

## 2. 実 験 方 法

講演者らおよび平井和喜助教授らによる養生方法および養生後の放置場所を変えたコンクリートの長期材令にわたる強度性状に関する報告から比較的強度変化の大きい材令12か月以内のコンクリートの強度について乾燥との関係を定性的に把握する。この場合の養生方法および養生後の放置場所とは、i)~v)である。i)標準養生継続、ii)材令28日まで標準養生以後屋内、iii)材令5日まで標準養生以後屋内、iv)材令28日まで標準養生以後屋外、v)材令5日まで標準養生以後屋外。

次に建築工事において一般的に使用されている水セメント比60%、スランブ18cmの調合のコンクリートについて、標準養生材令28日以後屋外、標準養生材令28日以後屋内(室内)、標準養生材令28日以後20±2℃、相対湿度60~65%の恒温恒湿室に分けて放置し、材令25週までの強度ならびに内部小空間の湿度を測定する。同試験体について材令19週前後、および材令37週前後において、試験前2昼夜水中浸漬をした試験体について圧縮強度の湿試験を行い、同一材令における乾試験の値および標準養生材令28日の値と比較する。

乾試験および湿試験の比較を目的として行った実験用コンクリートの計画調合を表-1に示す。

表-1 乾試験および湿試験の強度比較を行ったコンクリートの計画調合

	打 設 年 月 日			W/C (%)	スランブ (cm)	計 画 調 合 (Kg/m <sup>3</sup> )				A Ⅱ 剤 (ml/m <sup>3</sup> )	
	恒温恒湿	屋 外 用	屋 内 用			標準養生	W	C	S		G
前期	55.5.29	55.6.5	55.6.12	60	18	196	327	612	1129	98.1	
後期	55.9.11	55.9.17	55.9.19	55.9.24	60	18	194	323	713	1082	96.9

## 3. 実験結果および考察

講演者らおよび平井和喜助教授らが養生期間別、放置場所別に行った実験結果も一部含めて図-1~図-11に示す。これらのうち圧縮強度試験結果については標準養生材令28日の値を100とし以後の強度を変化率とした。

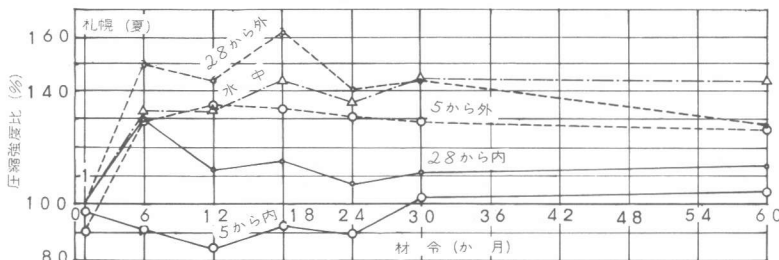


図-1 札幌(夏期打設)の屋内、屋外、水中放置コンクリートの圧縮強度の変化

図-1～図-7によれば、材令28日まで標準養生を行ったコンクリートであっても材令28日以後屋内に放置すれば材令28日から材令6か月にかけての強度の増加は顕著であるが、材令6か月から材令12か月にかけては強度の低下するものが多い。特に、夏期打設したコンクリートでは、この傾向が明瞭である。また、材令5日以後屋内のもの材令6か月から12か月にかけての強度の変化は少なく、低下の傾向を示してはいない。コンクリートの強度低下の原因を乾燥収縮に起因した内部ひびわれの発生によるものとすれば、材令12か月から材令18か月にかけていくぶん回復するものについての説明が困難となる。夏期に打設したコンクリートの強度

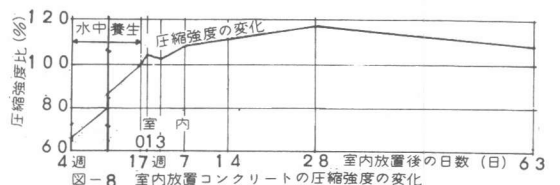
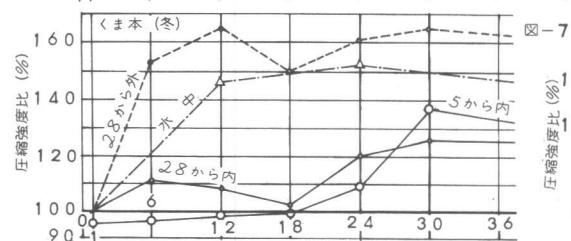
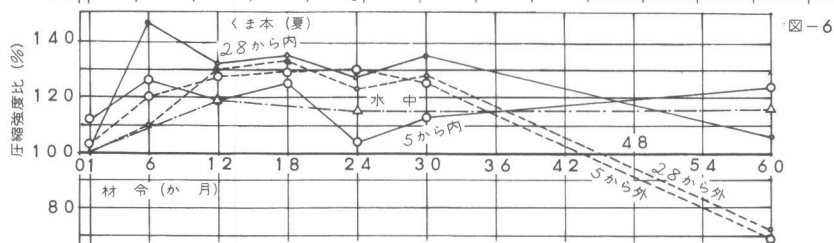
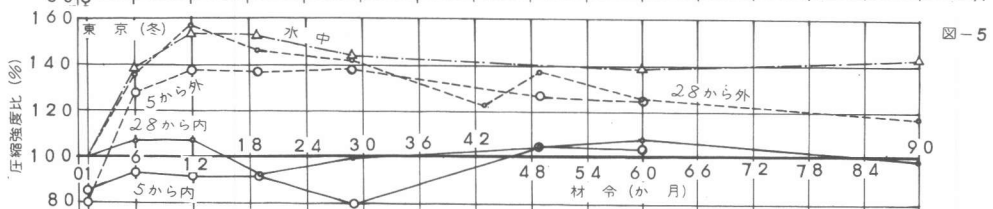
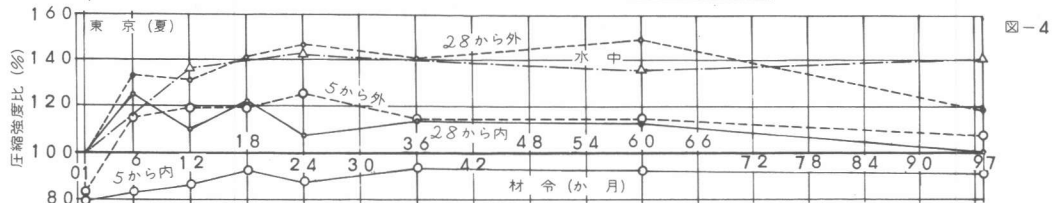
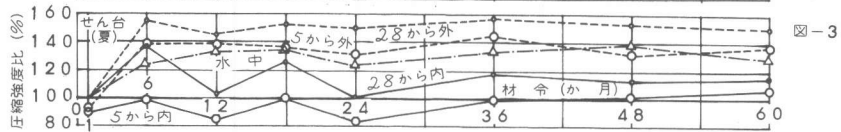
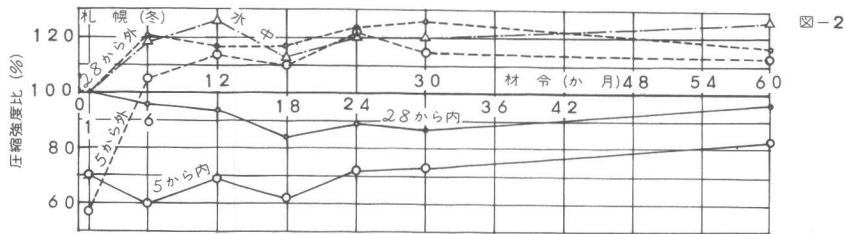


図-2～図-7 札幌, せん台, 東京, くま本 の屋内, 屋外, 水中放置コンクリートの圧縮強度の変化

が材令6か月から12か月にかけて強度の増進する理由は、材令6か月の冬期から材令12か月の夏期にかけて室内の湿度が高くなるためにコンクリートが吸湿して乾燥収縮が小となり収縮応力が緩和されるためと考えることができる。すなわち、乾燥したコンクリート試験体を試験時に一時的に吸水させれば強度は吸水しないものより少なくなる現象が、この場合は吸湿によっていくぶんではあるが起ったものと思われる。

標準養生材令28日から雨のかかる屋外に放置したコンクリートの材令28日における比重の低下は、屋内に放置したものに比べればおよそ0.03(30Kg/cm<sup>3</sup>)小さい。屋外におけるコンクリートは、降雨や日内における湿気の変動の影響を受けて吸水ないし吸湿し、これに伴って水和がある程度進むと考えることができる。材令28日から材令6か月にかけての強度の伸びは、屋外放置したものが標準養生によるものより大きい。従って28日以後屋外における強度の伸びは、水和によるものと乾燥によるものとの和と考えることが出来よう。5日以後屋外のもの強度が28日以後屋外のもの強度に及ばないのは、5日から28日まで標準養生を行っていないために、初期の水和反応による強度増加が少なかったためである。

乾燥によるコンクリートの強度増加を説明するため、標準養生を材令119日まで行ってほとんど水和による強度増加のみられなくなったコンクリートを室内に放置し、室内放置後の強度変化を調べたのが図-8<sup>3</sup>である。図-7から分かるように、室内に放置したことにより強度は養生終了直後の値に対し、最大17%増加している。この時期は、標準養生から室内に移してから4週後であり、この時期における表面から5cmである中心部の小空間の湿度は80%であったことから考えて、室内の湿度よりコンクリート試験体中心部の湿度は少くとも相対湿度で20%は高かったと考えることができる。室内の湿度とほぼ平衡状態にあるコンクリート表面附近の湿度と、乾燥の一番遅れている中心部との湿度差、すなわち含水分の相違がコンクリートの乾燥による強度の増加を起したものと考えられる。室内放置9週後のコンクリートの強度は、標準養生終了直後のコンクリートの強度に比べなお8%高かった。この時期における試験体中心部小空間の湿度が52%であることを考えると、コンクリートの表面附近の湿度と中心部との湿度差は極めて小さくなっていてと考えてよからう。乾燥に伴ってさらに強度が低下するかどうかについては、実験していないため明らかではないが、少くとも、水和がほとんど進まなくなるまでに、標準養生を行ったコンクリートは乾燥により約10%強度が増加すると思われる。

乾燥によってコンクリートの強度が増進するのは、標準養生後に室内に放置したコンクリートでは養生後何日位であろうか。このような疑問を明らかにするために、前後2回のコンクリート実験を行った。図-9~図-11に結果の一部を示す。この実験では、コンクリート試験体は材令28日まで標準養生を行ったのを室内に移した。実験はコンクリートの打設時期が5月末から6月中旬にかけての前期と、打設が9月中旬から下旬にかけて行われた後期とに分けられる。コンクリートの調合は表-1の通りであり、水セメント比60%、スランプ18cmとした砂・砂利AⅡコンクリートである。材令28日以後室内に放置したもので、室内放置後4週までは強度の増進が顕著であるが4週から9週にかけて、または4週から12週にかけては強度の低下しているものが多く、増加しているものは皆無であった。室内放置後4週以前には強度低下を起していないデータもあることから、室内放置後4週が10Φ×20cm試験体による圧縮強度の最大値と考えられる。

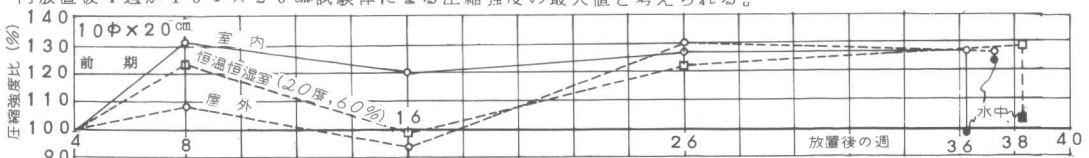


図-9 コンクリートの乾燥による強度変化と試験時吸水による強度の低下

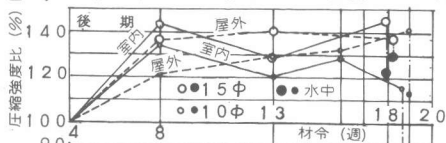


図-10 乾燥と試験時吸水による強度の変化(室内、屋外)

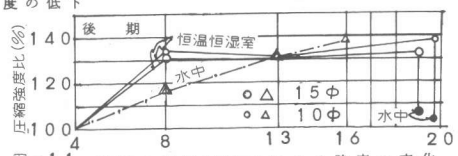


図-11 乾燥と試験時吸水による強度の変化(恒温恒湿室)

室内放置したコンクリートがある材令を境として強度低下を示すとすれば、恒温恒湿室に放置したコンクリートでは、ある材令を境として強度低下がさらに激しいであろうか。図-9に見られるように、標準養生後に恒温恒湿室(20℃, RH 60~65%)に放置したコンクリートのある材令以後に見るコンクリート強度の低下は、室内放置のそれに比べれば小さかった。5月に打設したコンクリートの恒温恒湿室放置後4週における内部湿度は室内に放置したものとほぼ等しく、かつ、室内放置後21週における表面から5cmの中心部における湿度が表面から1cmの小空間の湿度とほぼ等しい点も室内放置コンクリートと同じであったが、それに至るまでの期間における表面附近と中心部との湿度の差は、室内放置のものが恒温恒湿室放置のものより大きかった。恒温恒湿室に放置したコンクリートの強度が、ある材令を境として強度低下の傾向を示すことが少ないのは、この表面から内部にかけての湿度差が少ないすなわち湿度こう配が小さいことに起因していると思われる。

屋外に放置した同様の調合のコンクリートは、前期打設のものでは屋外放置後4週から12週にかけて低下の傾向を示したがその後は再び増加し、室内放置のものは22週以後はほぼ平衡状態となった。9月に打設したコンクリートは、同様に材令4週以後屋外に放置したが、屋外放置4週以後も引き続き強度が漸増している。ただし放置後12週における強度の伸びは標準養生を継続したものに比べて7%低かった。

これらのコンクリートを前期打設のものは材令37週前後で、後期打設のものは材令19週前後で、2昼夜水中に浸漬したのち強度試験を行った。図-9、図-11に示すように、水中浸漬後の湿試験では、水中浸漬を行わないものに比べて3%から36%程度が低下している。屋外に放置したものでは、材令19週が水中浸漬による強度低下28%、材令37週が3%で、室内および恒温恒湿室に放置したものより強度低下が小さかった。これは、屋外に放置したものでは雨水などの影響で水和が進んでおり、乾試験においても水和大家分享が大きかったと思われる。恒温恒湿室に放置したものは、水中浸漬による強度低下が比較的大きく、材令19週、37週とも湿試験における強度増加は、標準養生材令28日の値に対して4%以内であった。屋内に放置した供試体の湿試験は、材令19週では4週強度に対し11%、材令27週では同じく4週強度に対し2%低かった。屋内放置供試体の湿試験では、4週強度を幾分下回ると考えるべきであろう。

これらの事実は、コンクリート試験体の乾燥収縮および吸水による乾燥収縮応力の緩和と密接な関係にあると考えることができる。乾燥収縮の増加がコンクリートの乾試験における強度を増大させ、吸水膨脹による乾燥収縮応力の除去が強度を低下させる。乾燥収縮による強度の増加は内部摩擦の増加によるとも考えられるが、屋内放置試験体に見られる一連の乾燥過程における一時的な強度低下は、含水分が一定値(相対湿度で80%)以下となった供試体で、かつ、表面と中心部との湿度こう配が2.5%/cm以上であるときに、強度試験が行われると乾燥収縮応力による強度低下があるのではなからうか。屋外試験体では、5月打設分のように強度試験を行ったときは、湿度こう配が2.5%/cm以下であっても、それ以前に湿度こう配が2.5%以上になったことがあると強度低下を起すと考えたい。乾燥収縮応力は、円柱形圧縮強度試験体についてみれば、桶のたがのような役割を果たし、一定含水量以下となって収縮応力が大きく作用していると、圧縮時の载荷によって周辺部のコンクリートにより大きな引張応力が作用するために容易に破壊してしまい、強度が低下するのではないかと考える。

#### 4. 結 論

コンクリートの乾燥による強度増加が、一般に考えられている内部摩擦であるとしても、コンクリート試験体の水分分布を湿度計を用いて測定したところでは、乾燥収縮応力の作用としても説明ができることを示した。

#### 文 献

- 1) 椎名国雄: コンクリートの長期材令にわたる強度性状, コンクリート・ジャーナル 8巻, 8号, 1970年8月
- 2) 平井和喜・渡辺正明: 長期材令にわたるコンクリートの強度性状, 東北大学建築学報第18号, 1977年6月
- 3) 椎名国雄: コンクリートの含水分が強度性状におよぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和45年