

[27] 水和過程にあるコンクリートの強度性状におよぼす乾湿状態の影響

鈴木 誠 (名古屋工業大学工学部)

正会員 ○岡 島 達 雄 (名古屋工業大学工学部)

1. まえがき

充分水和したコンクリートは、試験時の乾湿状態によって見掛けの強度が変わる。即ち、試験時に試験体が湿っていると弱く、乾いていると強くなる。一方、充分水和したコンクリートの弾性係数は湿っていると大きくなり、乾くと小さくなるという実験結果が得られている¹⁾。

充分水和していないコンクリートについても、試験時に供試体が乾いていると、湿っているものに比べて圧縮強度が大きいことが明瞭になっている²⁾。だが、水和反応が終っていないコンクリートの弾性係数の試験時の乾燥状態による相違は水和反応が終ったコンクリートのように湿っているもののほうが大きいとは一概に言えないようである。これについては、Davis and Troxell³⁾のほか、山根²⁾、椎名⁴⁾らの研究があるが、これらの結果は一致していない。

構造物中の実際のコンクリートは乾燥状態にあり、しかも水和反応が終っていないものも多いと思われる。従って、コンクリートの乾燥状態による強度および弾性係数の変動を明白にすることは重要と思われる。

2. 実験の概要

本研究では二種類の調合のコンクリートを使用した。設計強度が $200\text{kgf}/\text{cm}^2$ (以下コンクリートAと略称する) と設計強度が $300\text{kgf}/\text{cm}^2$ (以下コンクリートBと略称する) のもので、それぞれの調合には同一種類の材料を用いた。また、各種のコンクリートは2バッチに分けて同一のコンクリートを練り混ぜ、そのあとで両バッチのものを一つの容器で混合して練り直した。実験に用いた供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ のもので打設後48時間で脱型し、直ちに水中養生 ($20 \pm 3^\circ\text{C}$) を行った。水中養生期間は1週および4週とし、その後水中養生1週間のものは3週および11週間、水中養生が4週間のものは8週間の空中 (室内) 養生を行った。コンクリートの打設時期は七月下旬でコンクリートの調合および骨材の物理的性質はそれぞれ表-1、表-2に示す通りである。なお、使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。

圧縮試験時の供試体の乾湿状態に関

表-1 コンクリートの調合

コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m^3)				
						水	セメント	砂	砂利	AE剤 (g)
A	25	19.0	58	46	5	200	345	748	903	104
B	25	12.0	44	42	4	182	414	690	979	170

表-2 骨材の物理的性質

	比重 (表乾)	吸水率 (%)	単位容積重量	有機不純物	洗い試験	粗粒率
粗骨材	2.61	1.06	1.60	—	—	7.28
細骨材	2.54	2.00	—	良	3.38	2.72

表-3 実験結果

コンクリートの種類	水中養生 (週)	空中養生 (週)	試験時 状態	圧縮強度 (kgf/cm^2)	弾性係数 ($\times 10^5 \text{kgf}/\text{cm}^2$)	含水率 (%)
A-4W-0W-W※	4	—	湿	212	2.82	8.67
A-1W-3W-W	1	3	湿	180	2.28	8.98
A-1W-3W-A	1	3	乾	207	2.11	5.75
A-1W-11W-W	1	11	湿	214	2.70	8.86
A-1W-11W-A	1	11	乾	241	2.35	4.53
A-4W-8W-W	4	8	湿	224	2.59	7.83
A-4W-8W-A	4	8	乾	284	2.45	5.48
B-4W-0W-W※	4	—	湿	305	2.88	7.87
B-1W-3W-W	1	3	湿	281	2.68	7.81
B-1W-3W-A	1	3	乾	323	2.71	6.03
B-1W-11W-W	1	11	湿	285	2.89	8.08
B-1W-11W-A	1	11	乾	363	2.89	5.16
B-4W-8W-W	4	8	湿	346	2.81	7.52
B-4W-8W-A	4	8	乾	411	2.83	5.64

※) 材令28日、標準養生

しては、湿潤状態

(以下湿試験と略

称する)のものは

空中状態にあるも

のを試験時より72

時間前から24時間

真空状態(5×10^{-4}

Torr)に保ち、そ

の後48時間水中養

生を行った。乾燥

状態(以下乾試験

と略称する)のも

のとしては室内に

放置していたもの

をそのまま試験し

た。

圧縮試験はJIS

A1108に従って

行い、応力-ひず

み曲線はX-Yプ

ロッターで描かせ

た。コンクリート

の弾性係数は応力

-ひずみ曲線より、

圧縮強度の $1/3$

の応力度およびひ

ずみが 50×10^{-6}

の応力点を結ぶセ

カントモジュラス

で表わした。また

表-3に示す本研

究の含水率は供試

体の試験時の重量

と乾燥($105 \sim$

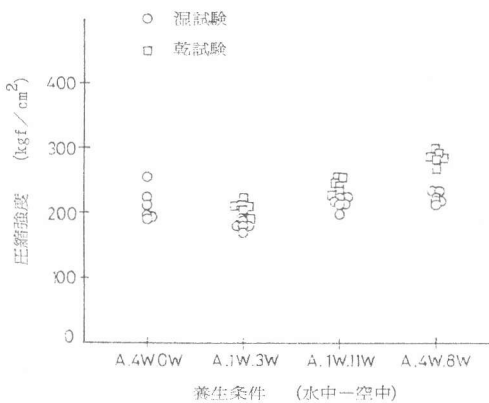


図-1 コンクリート A、圧縮強度と養生条件

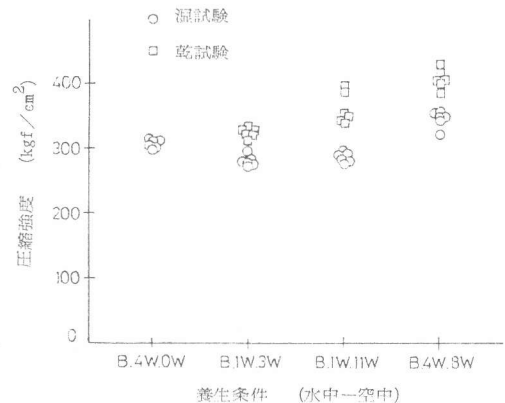


図-2 コンクリート B、圧縮強度と養生条件

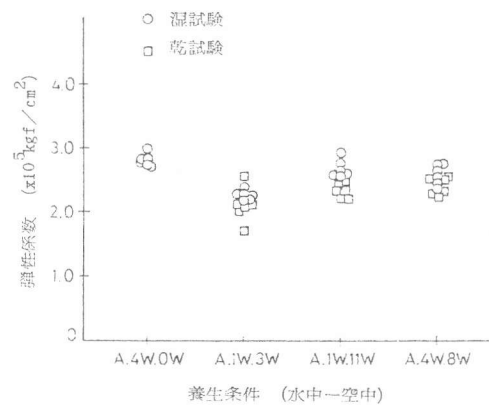


図-3 コンクリート A、弾性係数と養生条件

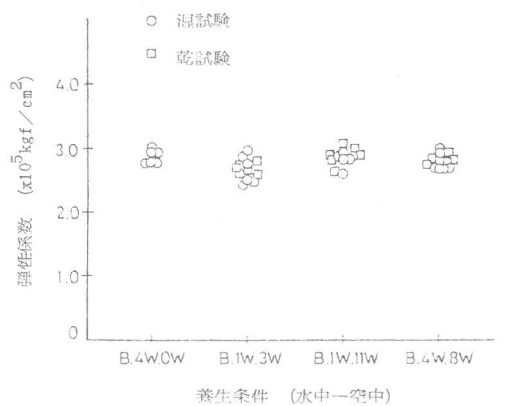


図-4 コンクリート B、弾性係数と養生条件

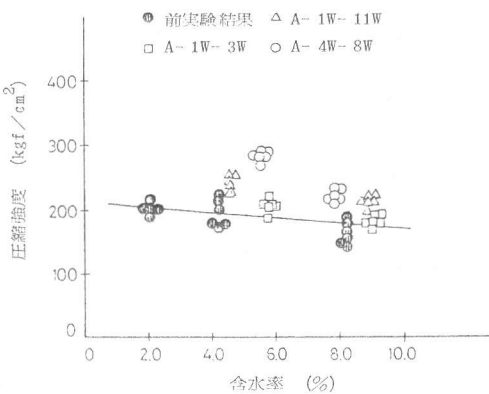


図-5 コンクリート A、圧縮強度と含水率

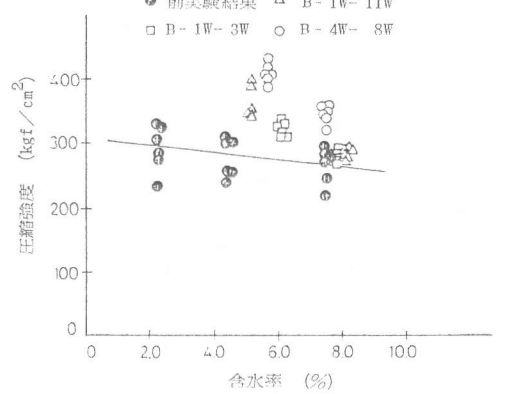


図-6 コンクリート B、圧縮強度と含水率

110℃で恒重量になるまで)後の重量の差を乾燥後の供試体の重量で除して求めた重量法の含水率である。

3. 実験結果及び考察

実験結果の平均値を表-3に示す。

水和過程にあるコンクリートに関しても、ある期間乾燥状態に置かれ、圧縮試験前(本実験では48時間)水の中に入れて湿潤状態で試験すると圧縮強度は減少することが確認された。本実験結果では、この減少率は約13~21%である(図1~2)。また、この研究の範囲内では、1週間の水中養生後空中養生を行ったものは材令の進行に伴って強度の増加が見られた。

水和過程にあるコンクリートの弾性係数の試験時の乾湿状態による相違は、コンクリート A（強度の低いコンクリート）では湿試験での弾性係数が乾試験でのものより大きい結果が得られた。だが、コンクリート B（強度の高いコンクリート）では乾試験での弾性係数がやや大きい傾向になった（図 3～4）。

各種類のコンクリートで、各養生条件において、本研究範囲内での弾性係数は標準養生 28 日の湿潤状態で試験を行ったものの弾性係数を上回るものは少なかった。これから、乾燥状態にある充分水和していないコンクリートはある材令に達すると圧縮強度の増加も殆ど見られなくなるため、再び水分を与えて水和反応を進行させるまで弾性係数の増加は期待できないものと思われる。

以上より、前実験（水和反応がほぼ満了していると思われるコンクリート）¹⁾ 及び本実験（充分水和していないコンクリート）結果を用いて次のようなことが考えられる。

充分水和していないコンクリートをある期間乾燥させて試験前に湿潤状態にし、湿ったままで圧縮強度試験を行うと、乾燥したままで試験したものより強度が小さくなる。言い換えれば、コンクリートの含水率の増加に伴って圧縮強度は減少する。これは前実験結果¹⁾と一致する（図-5～6）。だが、弾性係数に関しては、コンクリート B では充分水和したコンクリートと同一結果が得られなかった。これは、コンクリートの初期の水和過程にある強度及び弾性係数の変動が大きいこと、養生条件の影響を受け易いことなどから、コンクリートの水和反応が満了するまでの試験時の乾湿状態による弾性係数の変動は複雑となる。実験の弾性係数と含水率の関係は図-7～8 に示す通りである。

図-9 では、弾性係数の試験時の乾湿状態による相違が、圧縮強度の低いコンクリートでは大きい、強度が大きくなるとともにこの差が小さくなっている。また、同図よりコンクリートの養生条件が強度及び弾性係数に及ぼす影響は大きいことが明瞭になっている。図-10～12 にコンクリート A の応力-ひずみ曲線を示す。a) は湿潤状態、b) は乾燥状態で試験したものである。

コンクリート A では、試験時の湿潤状態のものは乾燥状態のものに比較して、圧縮強度は小さいがこの応力下降域の勾配が大きいことに注目されたい。つまり、水セメント比が同じのコンクリートでも試験時の乾湿状態によって応力-ひずみ曲線の形状が変わっている。図-10～12 の乾試験と湿試験の応力-ひずみ曲線を比較すると図-14 のような応力-ひずみ曲線が描ける。この図-14 から、湿試験のものは乾試験のものに比べて、圧縮強度は小さいが弾性係数は大となっていることが明らかである。また、図-13 は材令、養生条件の異なったコンクリート A の試験体を絶乾状態にして圧縮試験を行った応力-ひずみ曲線であるが、圧縮強度に関らず弾性係数がほぼ同じ値になっている。この絶乾状態の応力-ひずみ曲線の $\sigma/\sigma_{ult.}$ が約 1/2 までの部分はほぼ直線になっているが、これは乾燥過程に入る微細なひびわれによるものと考えられる。

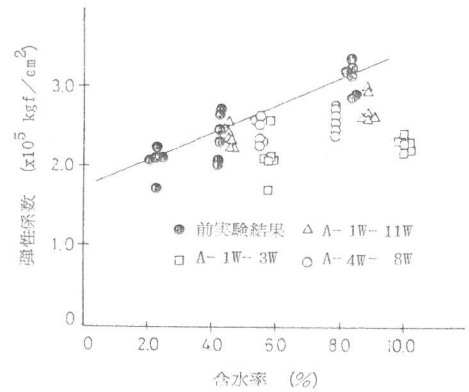


図-7 コンクリート A、弾性係数と含水率

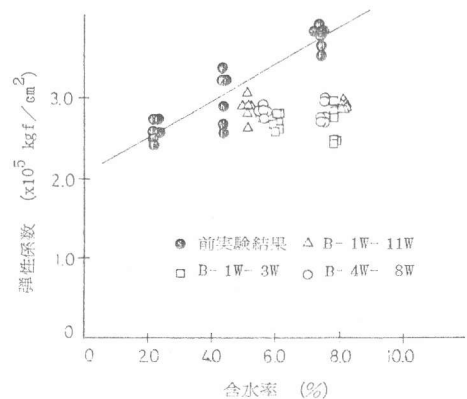


図-8 コンクリート B、弾性係数と含水率

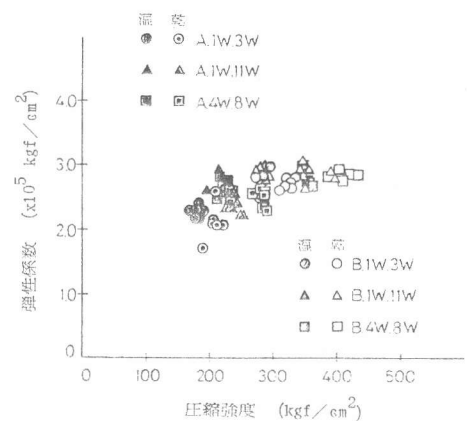


図-9 弾性係数と圧縮強度

3. まとめ

1 一水和過程にあるコンクリートの圧縮強度は乾試験のものが湿試験のものより大きい。

2 一水和反応が満了していないコンクリートの弾性係数の乾湿状態による相違はW/C、養生条件、材令等に影響されるので湿試験のものがいつも大きいとは言えない。

3 一充分水和していない同一W/Cのコンクリートでは応力-ひずみ曲線の形状は乾湿状態によって異なる。

謝辞 本研究は本学岩下恒雄教授および文部省科学研究費の御支援によってなされたものであることを付記する。

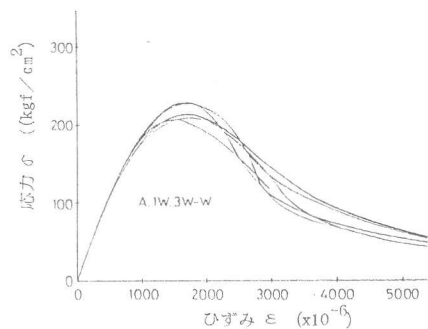
参考文献

1 一岡島達雄・一瀬賢一、コンクリートの強度および弾性係数の含水率依存性、第36回セメント技術大会、セメント協会、昭和57年5月

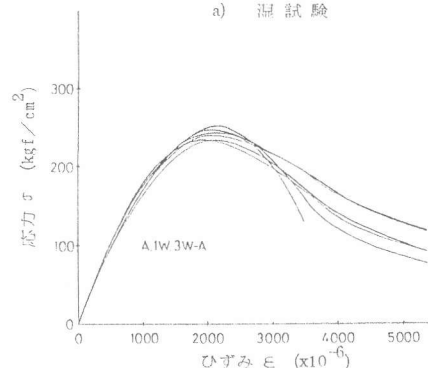
2 一山根昭・嵩英雄・奥野亨
コンクリートにおよぼす供試体、養生および試験方法の影響、セメント、コンクリート No. 313 Mar. 1973.

3 一Raymond E. Davis and G. E. Troxell, Modulus of Elasticity and Poisson's ratio for Concrete, and the influence of age and other factors upon these values, Proc. A. S.T.M. Part II (1929)

4 一椎名国雄、藤本清道、コンクリート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(北陸)昭和49年10月

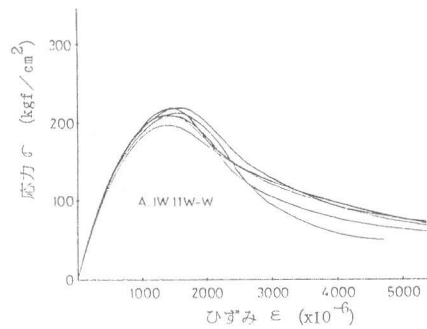


a) 湿試験

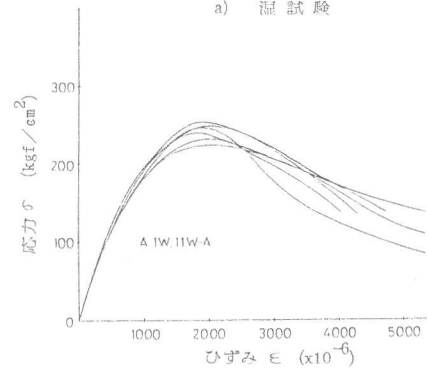


b) 乾試験

図-10 コンクリート A の応力-ひずみ曲線 (材令 7 日まで標準養生、以後28日まで空中養生)

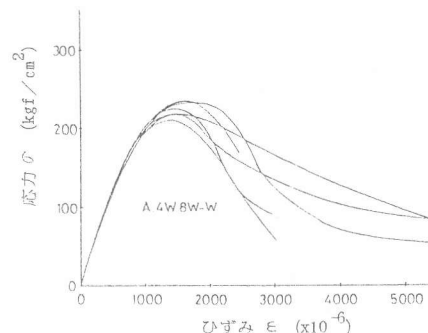


a) 湿試験

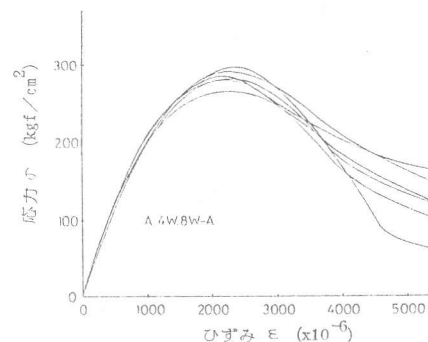


b) 乾試験

図-11 コンクリート A の応力-ひずみ曲線 (材令 7 日まで標準養生、以後84日まで空中養生)



a) 湿試験



b) 乾試験

図-12 コンクリート A の応力-ひずみ曲線 (材令 28日まで標準養生、以後84日まで空中養生)

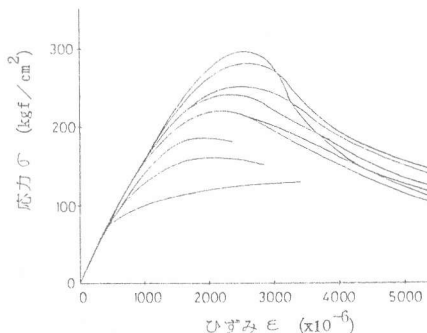


図-13 コンクリート A の絶乾状態の応力-ひずみ曲線

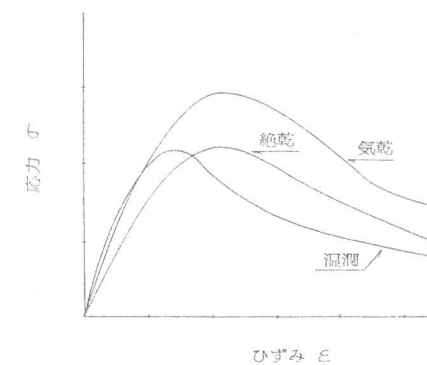


図-14 コンクリート A の湿潤状態、気乾状態および絶乾状態の応力-ひずみ曲線