



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

硬水がコンクリートの諸強度に及ぼす影響に関する 基礎的研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 嶋崎, 藤雄, 仲野, 良紀 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5713

硬水がコンクリートの諸強度に及ぼす 影響に関する基礎的研究

嶋崎藤雄・仲野良紀

農業造構学研究室

(1986年7月31日受理)

Fundamental Study on the Influence of Hard Water on Various Concrete Strength

Fujio SHIMAZAKI and Ryoki NAKANO

Laboratory of Construction Engineering for Irrigation, Drainage and Reclamation

(Received July 31, 1986)

SUMMARY

Water is one of the important elements for the proper mixing ratio of concrete. This report presents the result of a quantitative experimental analysis on the chemical impurity threshold in the mixing water for concrete.

Hard water contains comparatively more positive ions, Ca^{++} , Mg^{++} , so affects the strength of concrete in case their chemical density is high.

1. We carried out the experiment using service water of Gifu University and subterranean water of Lake Biwa in order to compare the effect of these waters on concrete strength.

As a result of the experiment, it was found that the strength of concrete fell due to the effect of mixing water in case water-cement ratio was large. And a fall rate of 28-day early compressive strength was more conspicuous than a 7-day one.

2. We tested the strength of mortars to study the effect of hardness of mixing water on concrete strength.

The test water consisted of melting $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in case of service water of Gifu University. Their hardness was 26.2, 53.2, 107.0, 217.0 and 411.0 ppm, respectively.

We used both distilled water and hard water as mortar mixing water, and determined experimentally the allowable hardness of mixing water.

As a result of compressive strength test of mortars, allowable hardness of 7-day compressive strength was 112.0 ppm and that of the 28-day one was 247.0 ppm.

Accordingly, we consider that hardness of mixing water for concrete should be less than about 100.0 ppm.

要 約

水はコンクリートの配合において重要な要素の一つである。水に含まれる化学的不純物の含有量の限度については、定量的に検討されていない。地下水は何らかの原因によって硬水となることもあり得ると云われていたが、現実にそのような事態が生じ、今までコンクリート練り水として使用し何の異常も認められなかったのに、いつの間にか硬水的な硬度の高い水となり、コンクリートの硬化に支障を来たすこととなった。

地下水には塩類中の陽イオン Ca^{++} , Mg^{++} が比較的多く含まれているので、こうした含有物のコンクリー

トへの影響について基礎的モルタル実験を行い、更に現場の地下水を用いてコンクリート強度への影響を調べた。

部材断面の薄いコンクリート二次製品等では、早期材令の強度によってその製品を判断するので、総硬度の高い地下水のコンクリートへの影響について実験的に究明した。

結 言

コンクリート用練り水としての水の使用上の適否に関する基準³⁾として、総硬度、過マンガン酸カリウム消費量及び、塩素イオン等があげられるが、これらの成分が使用せんとする水にどの程度含まれているか、その水をコンクリート用練り水として使用する際に、あらかじめ知っておく必要がある。各都道府県水質調査委員会の調査によって、飲料水を対象として水質基準が明らかにされ²⁾、又全国主要河川の水質分析結果³⁾⁵⁾にも報告されているが、コンクリート用練り水として使用する水¹⁾の場合については、コンクリート強度に影響を及ぼす要素は、その水に含まれる不純物中可溶性物質の影響が最も大であると論じられている¹⁾²⁾⁴⁾。地下水は時として水質の変動を起すものであると云われているが⁶⁾、本実験に用いた水は、過去長年にわたりコンクリート練り水として或は工場諸用水として使用されていたが、何らかの原因により水質に変動を来し、この水質の変化によりコンクリート練り水として使用中、コンクリートの強度低下現象を呈した。そこで、この水に含まれる不純物の総硬度或は硫酸根等を中心として、これらの化学的不純物がコンクリート強度に影響を及ぼす性状について実験的に究明した。

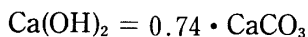
材料及び試験方法

実験手順として、(1)、モルタル基礎実験、(2)、これに基づいて現場の硬水を使用してのコンクリート実験を行った。

I. モルタル試験

硬度26.2, 53.2, 107.0, 217.0, 411.0 ppmの5種の硬度の水を実験水として使用した。

この硬水は、各該当するCaCO₃量に換算したCa(OH)₂を秤量し、この水溶液を塩酸に中和することにより調整することとした。



各硬水はEDTA法により硬度を測定したものを実験水として使用した。

セメント；試験に使用したセメントは、普通ポルトランド・セメントで、各ロットの物理試験の結果、品質は常に正常であり、試験期間中の品質は常に均質であった。

骨 材；豊浦標準砂

モルタルの強さ試験については、JIS. R5201 に準じたが、この試験における曲げ及び圧縮強さ試験の試験誤差については、材令28日強さにおける標準偏差並びに変動係数は、標準試験規定に準拠したので、誤差範囲として測定値を採用した。蒸留水を練り水として使用した場合のモルタルの強さを基準強さとし、強度比により比較検討を行った。

II. コンクリート試験

セメント；使用したセメントはモルタル試験と同様普通ポルトランド・セメントとし、各ロットの物理試験その他については、前述の通りである。

Table 1 Physical properties of Cement

name	Specific gravity	Specific surface area (cm ² /g)	Setting			Soundness
			W (%)	Initial setting (h-min)	Final setting (h-min)	
Normal potland cement	3.16	3170	27.8	2 - 30	3 - 55	O. K.

Table 2 Analysis table of water

	pH	Hardness (as CaCO ₃) ppm	Fe ppm	COD ppm	Sulfate (SO ₄) ppm
Clean water	6.1	9.8	0	1.3	0
Ground water	5.9	60.8	0	1.2	23.5

Table 3 Physical properties of aggregate

	Specific gravity	Absorption	F.M.
Fine aggregate	2.55	1.22	2.81
Coarse aggregate	2.57	0.85	7.21

Table 4 Mix proportions of concrete

W/C %	Slump cm	Gmax mm	F.M.		Specific gravity		
			S	G	C	S	G
45, 50, 55, 60	8.0	25	2.81	7.21	3.15	2.55	2.57

Table 5 Mix proportions of concrete

No	W/C %	Slump cm	Gmax mm	Air %	W kg/m ³	C kg/m ³	S/a %	S kg/m ³	G kg/m ³
1	45	8	25	3.0	167	371	37.8	663	1092
2	50	8	25	3.0	167	334	38.8	692	1093
3	55	8	25	3.0	167	304	39.6	720	1096
4	60	8	25	3.0	167	279	40.8	748	1085

試験用水；試験に用いた (1) 水道水は、岐阜大学々内水道水(pH=6.1)及び (2) 地下水は、コンクリート工場内地下水(pH=5.9)であり、その分析結果は Table 2 の通りであるが、以下単に水道水、地下水と呼ぶ。

骨材；細、粗骨材は共に岐阜県揖斐川産天然骨材であり、骨材のアルカリ性反応は特に認められず清浄である。コンクリート配合上の諸物性は Table 3 に示す通りである。

コンクリートの配合設計条件

コンクリートの配合設計条件等は Table 4 に示す。

示方配合

配合設計条件に基づき各 W/C による示方配合は Table 5 に示す。

試験結果及び考察

モルタル試験

各試験硬水によるモルタルの曲げ及び圧縮強さ比は Table 6 及び 7 に示すごとくであり、夫々の相関関係を Fig. 1 及び 2 に示す。

Table 6 Bending strength ratio of mortar

Age(days)		σ_{b-3}	σ_{b-7}	σ_{b-14}	σ_{b-28}
Hardness ppm					
Distilled water		100	100	100	100
Hardness	26.2	97	96	95	95
Hardness	53.2	96	95	94	94
Hardness	107.0	96	92	90	90
Hardness	217.0	87	87	87	87
Hardness	411.0	87	84	83	83

Table 7 Compressive strength ratio of mortar

Age(days)		σ_{c-3}	σ_{c-7}	σ_{c-14}	σ_{c-28}
Hardness ppm					
Distilled water		100	100	100	100
Hardness	26.2	98	96	95	93
Hardness	53.2	95	92	92	91
Hardness	107.0	92	87	89	89
Hardness	217.0	89	74	79	84
Hardness	411.0	86	70	74	83

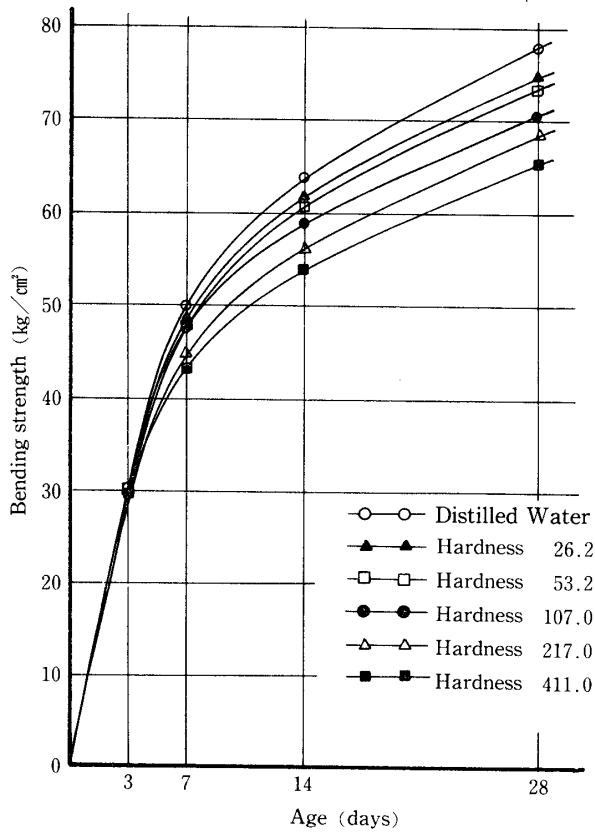


Fig 1 Relation between Age and Bending strength of mortar

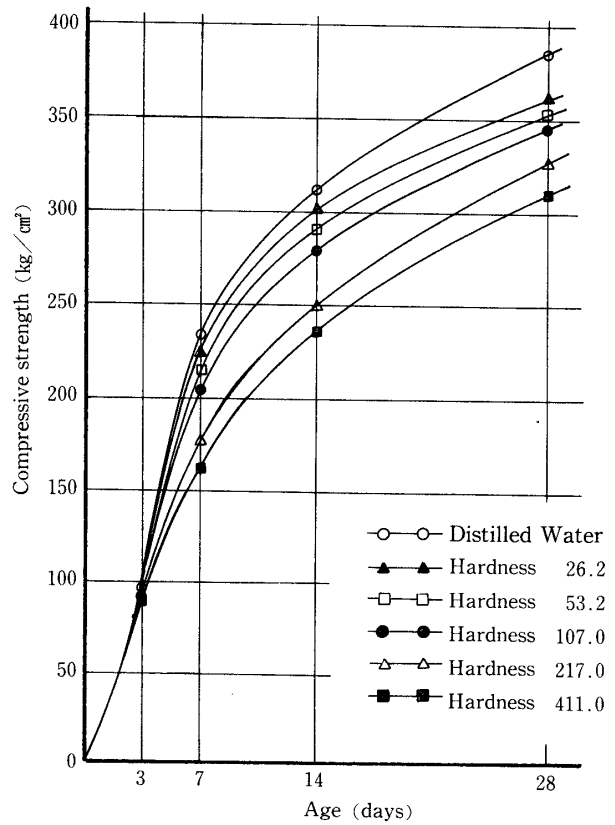


Fig 2 Relation between Age and Compressive strength of mortar

塩類溶液を夫々単独で溶解した試験水を用いて試験を行ったが、現実には種々の塩類が不純物として水に混合溶解しており、その混合成分も組合せによって試験結果に相当の測定値のひらきが認められるのは当然のことである。吾々の試験結果においても、上記のことが直接測定値に影響を及ぼすのは、モルタルの凝結時間の値そのものであり、蒸留水を用いたモルタルの凝結時間との差異は、始発、終結共、値に相当のバラツキがあり塩類別測定値とせざるを得なかったので、本実験においては、こうした多様性（塩類別）を除去するため、単独成分として塩類溶液の単独溶解使用とした。既往の報告²⁴⁾においては、不純物としての塩類の濃度は100, 1,000, 10,000ppm等によりモルタル・コンクリートに対する影響を論じているが、本研究においては、総硬度500ppmを対象として、モルタル強さに及ぼす影響を調べた。

モルタルの曲げ強さにおいては、硬度100ppm以下の場合における、強度低下率は、材令7日において4%、材令14日および28日においてそれぞれ8~10%であり、硬度が200ppm以上になると材令7日において13%、材令14日および28日において13~17%低下の現象を示した。即ち、モルタルの初期材令期間であっても、硬度が高くなるに従って強度低下率も硬度100ppm以下の場合と異なり一層大きくなる傾向を示した。

圧縮強さにおいても、硬度100ppm以下での強度低下率は10%或は、それ以下であったが、硬度200ppm以上になると低下率も大きく変化し、100ppmの場合の6~15%増となり、やはり初期材令期間においても硬度の影響による圧縮強さの低下はまぬがれない現象となった。

本実験のごとき低硬度の水を練り水として使用した場合のように、材令28日頃になると、何れの硬度の水を使用した場合でも、硬度が高くなるにつれて、強度の低下率も大きく、モルタルの曲げ、圧縮強さは、共に5~7%程度の強度低下の傾向であった。

これらの実験結果によって、材令28日までの初期強度において、総硬度とモルタルの強さとの関係を論ずるのは無理とも思われるが、本実験の主目的が地下水をコンクリート練り水としての使用に対する強度への直接的影響を究明することであり、部材断面の薄いコンクリート二次製品に対しては、初期強度との関係を無視することができないだけに特に究明する必要があるものと思う。

モルタルの曲げ強さと硬度との相関々係を Fig. 3 に、圧縮強さと硬度との関係を Fig. 4 に示したが、各材令における曲げ及び圧縮強さの傾向が明らかである。このモルタル試験は、先に述べたごとく同一試験10回の平均値として図示したものである。

コンクリート試験

Gmax, Slump, Air 及びWを一定とし、W/Cを45~60%の間を各5%間隔に変化させた場合の示方配合に基づく試験を行った結果の、コンクリートの圧縮強度と材令との関係をW/C別に示したのがTable 8である。地下水を練り水としたコンクリート強度において、W/C 50%の時の地下水利用コンクリート強度を基準強度とした場合における、W/C 60%の時の強度低下率は15~10%であり、又材令28日におけるW/C別の水道水使用コンクリート強度に対する地下水使用コンクリート強度は、W/C 45%において4%、W/C 50%において7%、W/C 55%において8%、W/C 60%において14%それぞれ強度低下を示した。この傾向は、先のモルタル試験の場合の傾向と同じで、W/Cの増加と共に強度低下率も次第に大きくなる現象である。

水道水及び地下水をそれぞれ練り水としたコンクリートの σ -C/Wの関係を Fig.11に示した。これは配合設計に対する割り増し係数の参考ともなるが、地下水の変動により水質が変化した。このような水については、コンクリートの耐久性の点から根本的な対策をたてるべきであらう。

引張強度においても、それぞれのW/C別の基準強度と地下水使用コンクリート強度との差は、W/Cの増加と共に強度も低下し、その低下率は2~3%程度にとどまっているものの、W/C 50%を基準とした場合、W/Cの増加と共に強度の低下率は15%となった。よってW/Cをできるだけ少なく設計するようにすれば強度に対する影響は少ないものと思われる。

ま と め

水に含まれる不純物の分析は極めて面倒であり、2種以上の不純物が同時に水に含有された時のコンクリート強度に及ぼす影響は、塩類等不純物個々がコンクリート強度に与える場合と異なり複雑であるため、

Table 8 Compressive strength of concrete

W/C (%)	Test water	σ_{c-3}		σ_{c-7}		σ_{c-14}		σ_{c-28}	
		Comp.str. (kg/cm ²)	Ratio of Comp.str.	Comp.str. (kg/cm ²)	Ratio of Comp.str.	Comp.str. (kg/cm ²)	Ratio of Comp.str.	Comp.str. (kg/cm ²)	Ratio of Comp.str.
45	Clean water	185	100	285	100	365	100	429	100
	Ground water	183	88	266	93	350	95	414	96
50	Clean water	154	100	237	100	305	100	374	100
	Ground water	140	90	231	97	303	99	350	93
55	Clean water	122	100	211	100	283	100	335	100
	Ground water	115	94	200	94	268	94	310	92
60	Clean water	75	100	155	100	230	100	298	100
	Ground water	71	94	140	90	208	90	257	86

Table 9 Tensile strength of concrete

W/C (%)	Test Water	σ_{t-3}		σ_{t-7}		σ_{t-14}		σ_{t-28}	
		Tens.str. (kg/cm ²)	Ratio of Tens.str.	Tens.str. (kg/cm ²)	Ratio of Tens.str.	Tens.str. (kg/cm ²)	Ratio of Tens.str.	Tens.str. (kg/cm ²)	Ratio of Tens.str.
45	Clean water	23.0	100	30.5	100	35.0	100	39.5	100
	Ground water	22.5	97	29.5	96	34.5	98	38.4	97
50	Clean water	19.2	100	23.0	100	34.5	100	38.2	100
	Ground water	18.4	95	27.1	96	33.5	97	37.0	96
55	Clean water	15.3	100	22.5	100	28.3	100	34.1	100
	Ground water	14.8	96	22.0	97	28.0	98	33.5	98
60	Clean water	12.5	100	19.8	100	25.7	100	30.5	100
	Ground water	12.0	96	19.0	95	25.3	98	30.0	98

今回の実験では地下水にはCa⁺⁺, Mg⁺⁺が比較的多く含まれる点からこれを不純物の濃度として行ったが、硬水と称せられる水を練り水として使用した場合、コンクリートの諸強度に影響を及ぼすことはさげられない現象であった。コンクリート二次製品等比較的部材断面の薄いコンクリートは、材令28日の早期材令により品質の良否を定めねばならぬことから、適正な状況把握とこれに対処する判断が必要であると考え

謝 意

本研究遂行にあたって多くの試験用水資料を提供いただいた滋賀県及び昭和コンクリート工業株式会社田代工場長はじめ各位に多大の御援助を頂いた。記して謝意を表したい。

文 献

- 1) 日本建築学会コンクリート用水小委員会；コンクリート練り混ぜ水の水質基準に関する研究（I，II報）1969，1970.
- 2) 岡田清・六車照“コンクリート工学ハンドブック”東京：丸善126-131，1981.
- 3) 仕入豊和：コンクリートの性質及び練り混ぜ水の水質の影響，セメントコンクリート（310）；14-23，1972.
- 4) 三村秀一：コンクリート用水としての水質調査，セメントコンクリート（268）；12-17；1969.
- 5) 児玉和己・御所窪邦男：練り混ぜ水中の不純物がモルタルおよびコンクリートの諸性質に及ぼす影響，コンクリートジャーナル6，（11）：12-27；1968.
- 6) 河野俊夫：水，コンクリート工学16（10），73-78；1978.

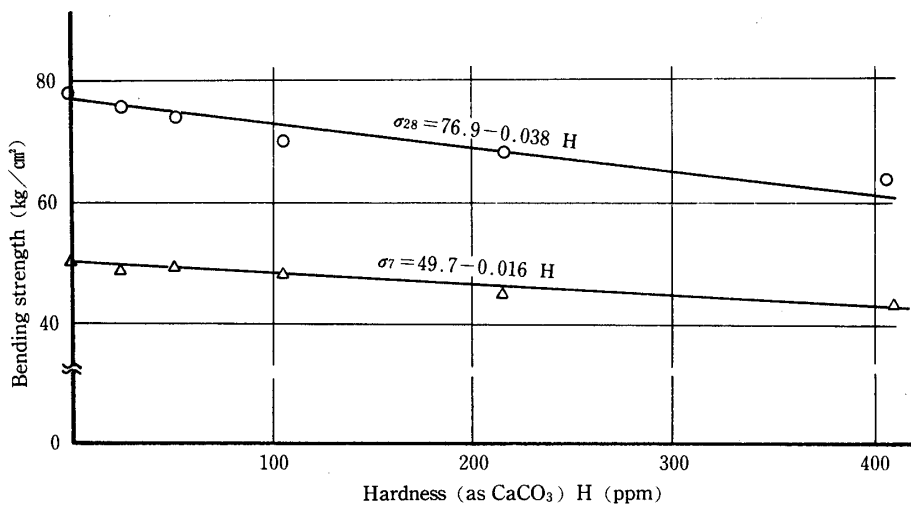


Fig 3 Relation between Hardness and Bending strength of mortar

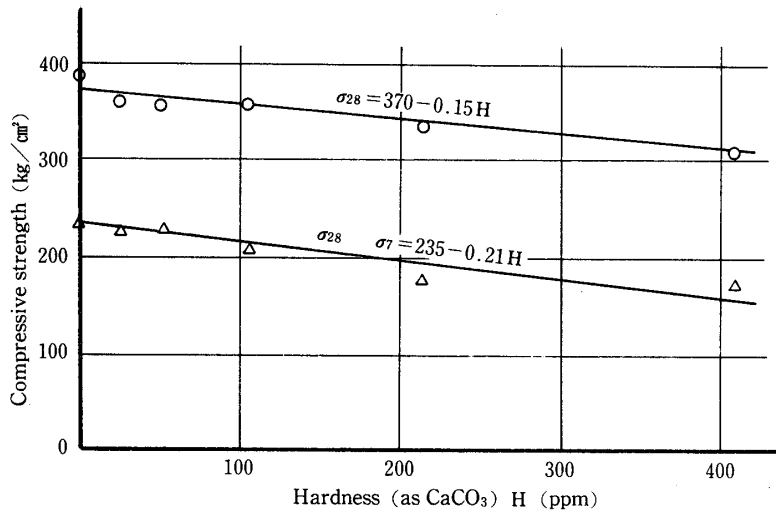


Fig 4 Relation between Hardness and Compressive strength of mortar

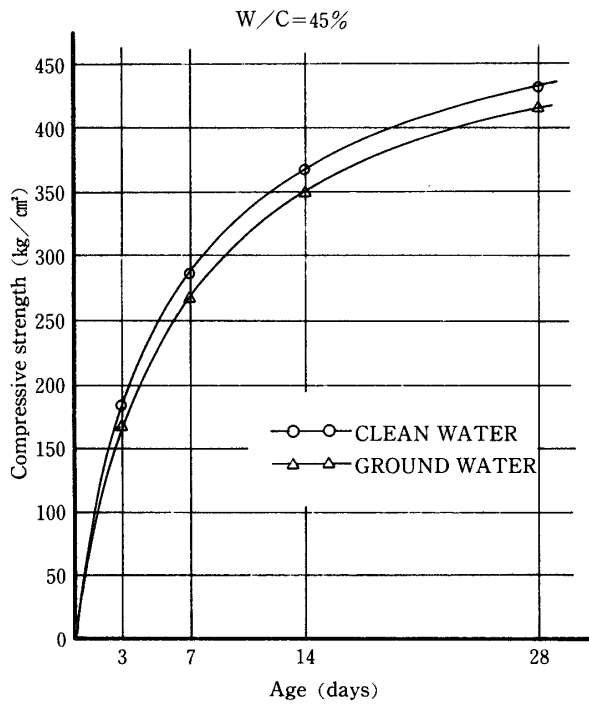


Fig 5 Relation between Age and Compressive strength of concrete

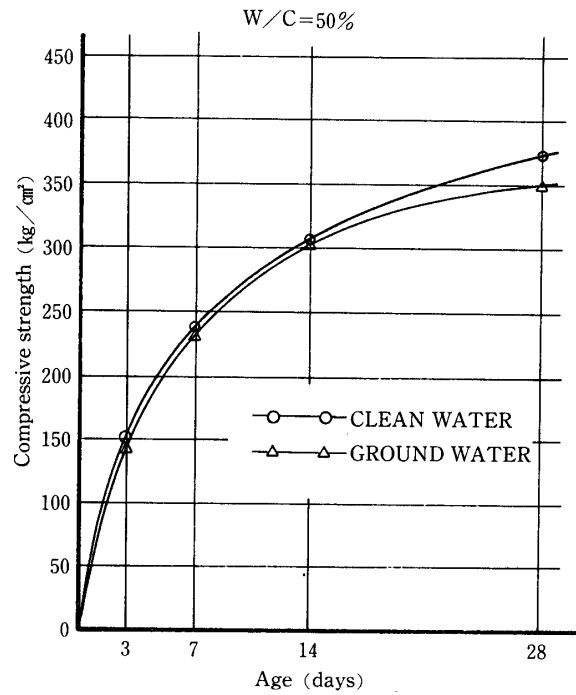


Fig 6 Relation between Age and Compressive strength of concrete

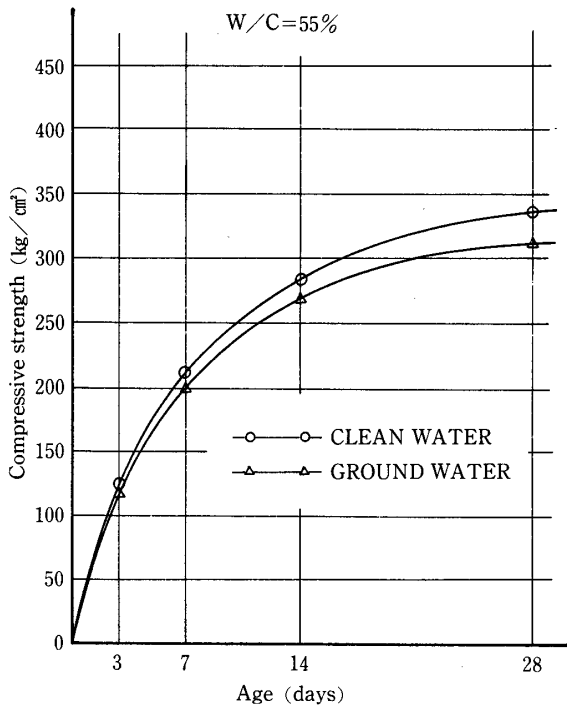


Fig 7 Relation between Age and Compressive strength of concrete

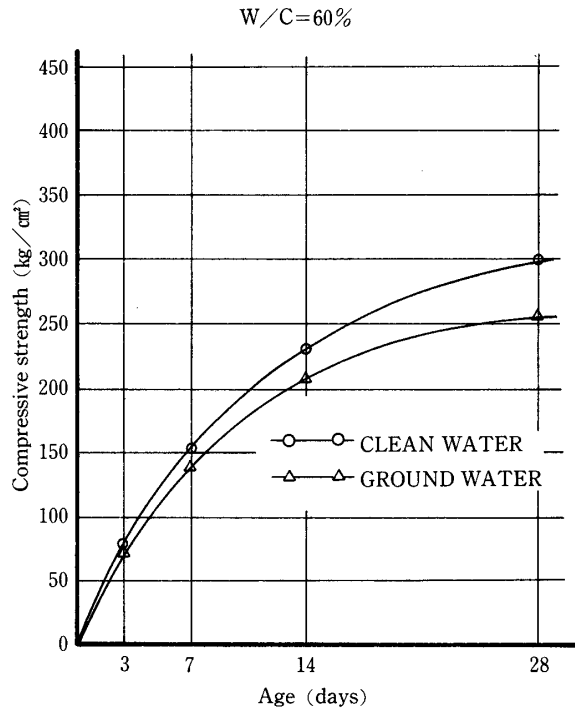


Fig 8 Relation between Age and Compressive strength of concrete

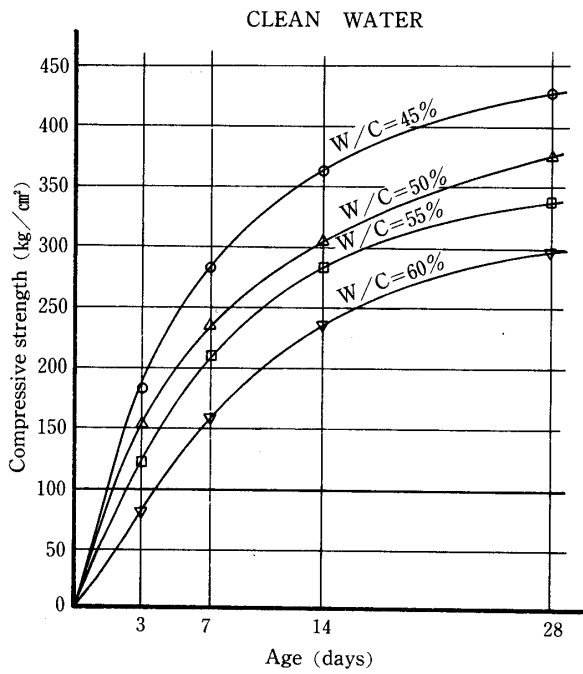


Fig 9 Relation between Age and Compressive strength of concrete

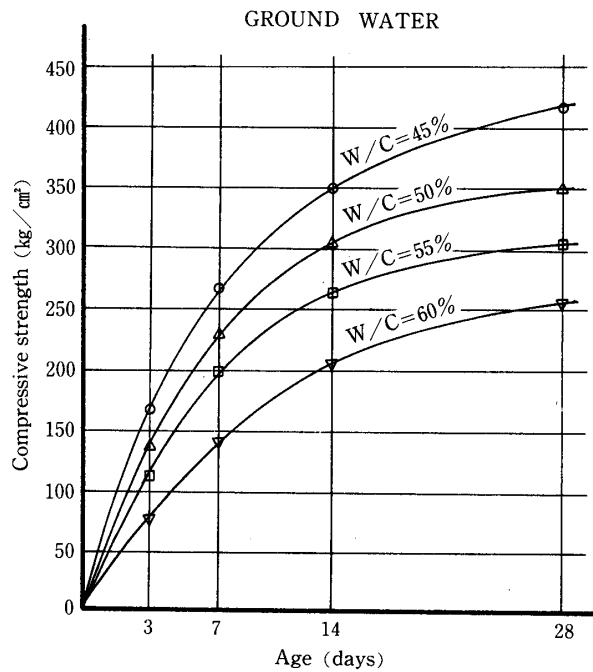


Fig 10 Relation between Age and Compressive strength of concrete

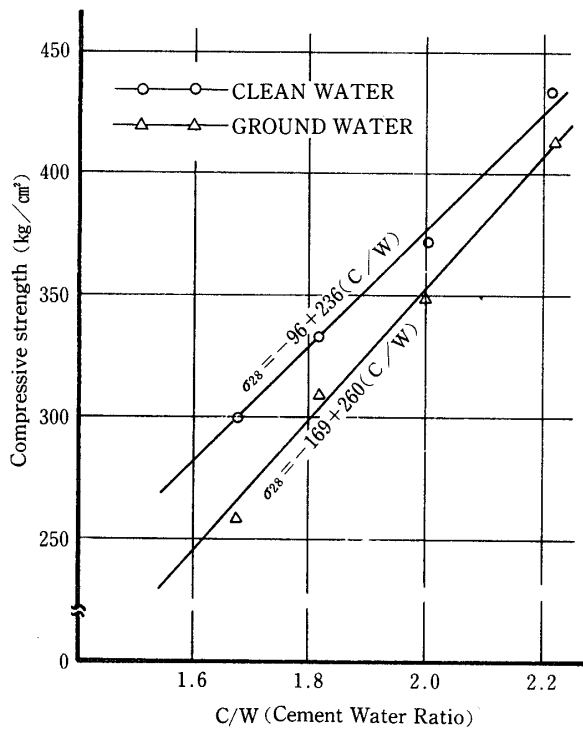


Fig 11 Relation between C/W and Compressive strength of concrete

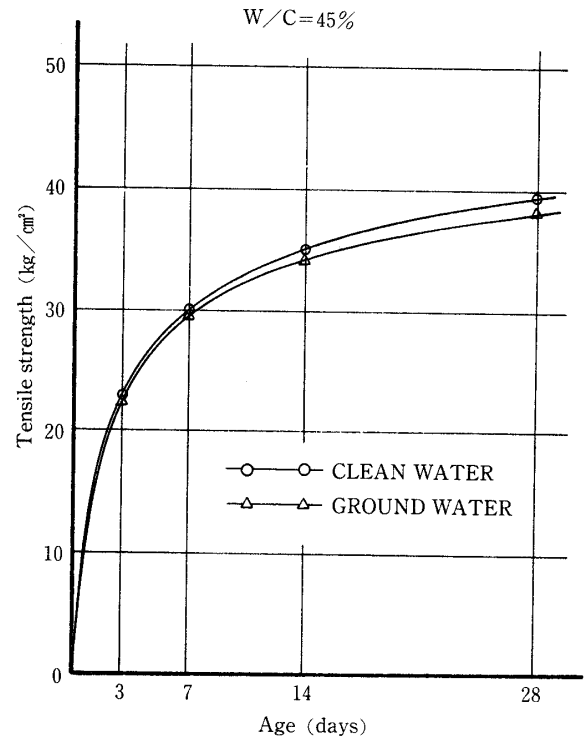


Fig 12 Relation between Age and Tensile strength of concrete

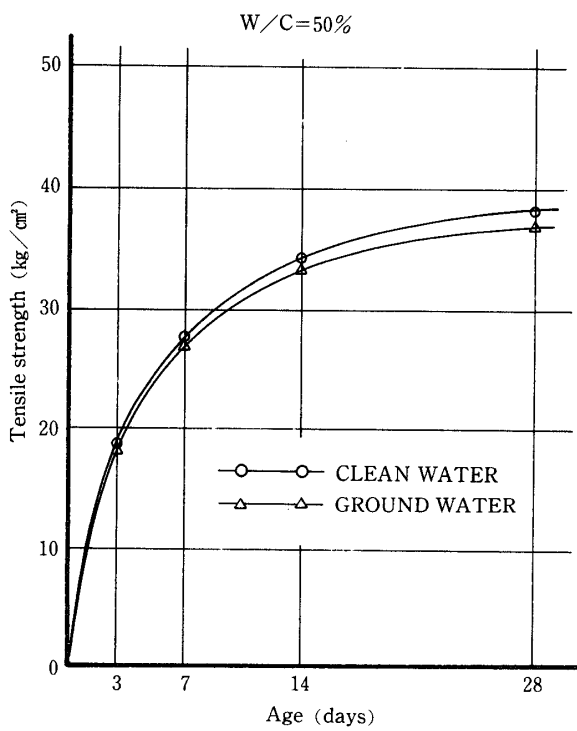


Fig 13 Relation between Age and Tensile strength of concrete

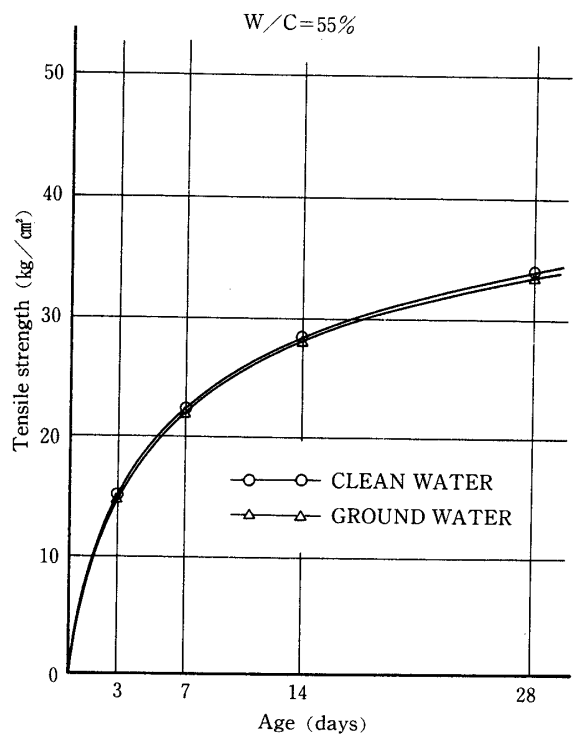


Fig 14 Relation between Age and Tensile strength of concrete

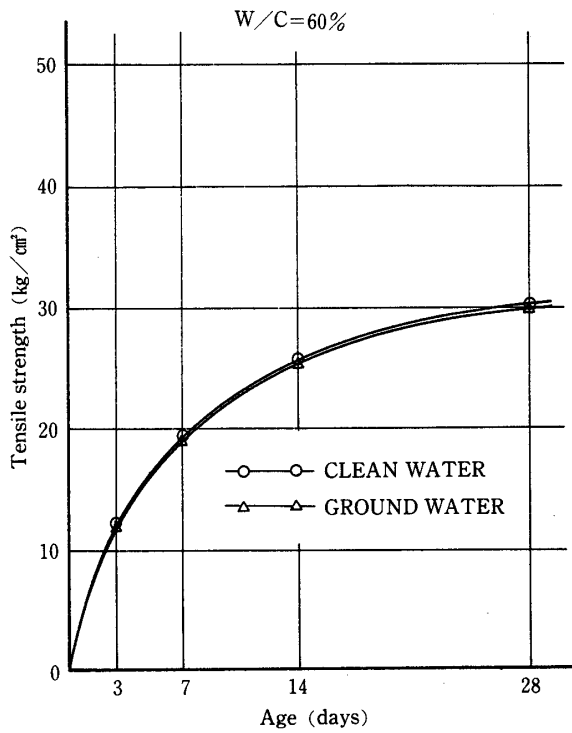


Fig 15 Relation between Age and Tensile strength of concrete

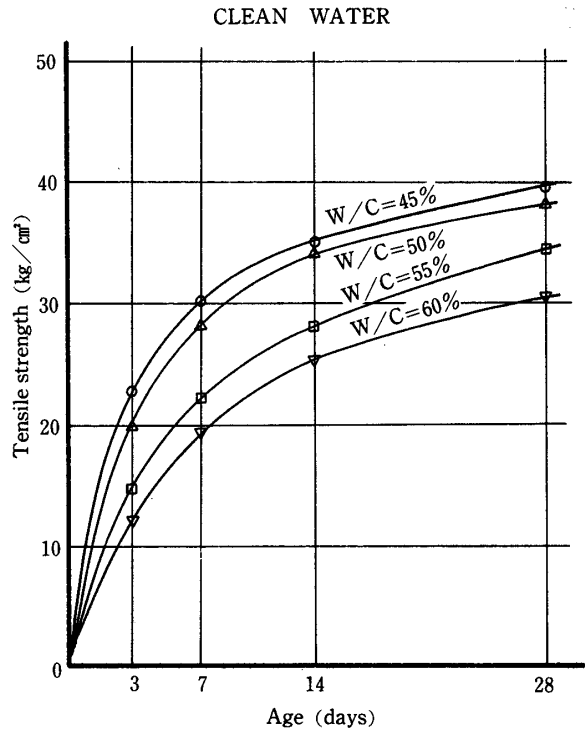


Fig 16 Relation between Age and Tensile strength of concrete

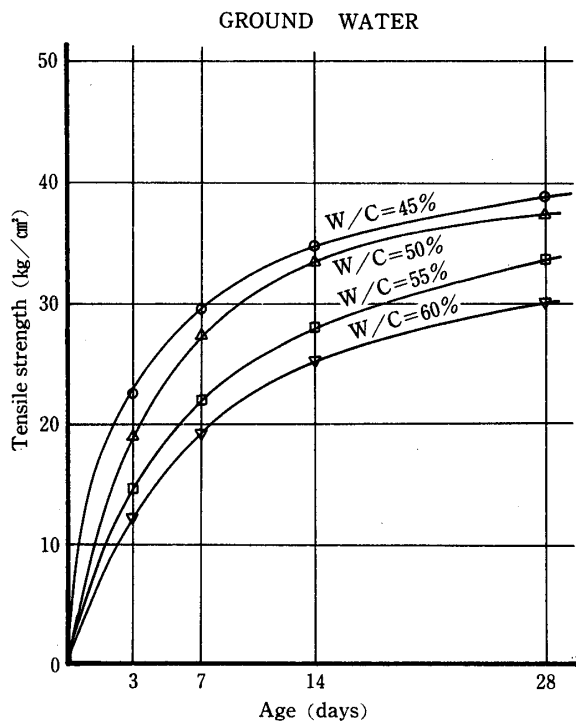


Fig 17 Relation between Age and Tensile strength of concrete