

鋼繊維補強コンクリートの流動化に関する実験

高木 克則*, 平澤 征夫**, 伊藤 和幸**

Tests on Steel Fiber Reinforced Concrete with Superplasticizers

Katsunori TAKAGI*, Ikuo HIRASAWA** and Kazuyuki ITO**

(Received March 31, 1982)

The object of this test is to examine the effects of super plasticizers on properties of fresh and hardened steel fiber reinforced concrete.

Consistency is measured for the changes of slump of concrete until 90 minutes after mixing. Three kinds of super plasticizers are used to flow concrete, and three levels of consistency, which show the base slump of 2.5, 8.0, 15.0 cm, are selected. The changes of the slump with time are also examined, the amount of admixing super plasticizer ranging from 0.2% to 1.0% of cement weight.

Results are summarized as follows:

- 1) The amount of super plasticizer, although varied with the kinds, is limited to 0.8% of cement weight for base slump of 2.5 cm and to 0.6% for base slump of 8.0 cm.
- 2) Agent M (a kind of super plasticizer) is shown to be more effective than the other two kinds of super plasticizers to flow the steel fiber reinforced concrete.
- 3) Agent N (another kind of super plasticizer) has an effect on the concrete flow after mixing from 60 to 90 minutes.

1. はじめに

最近、コンクリート打設時の施工性の改善と、ワーカビリティの改善を目的とした流動化剤が開発され、その使用量も徐々に増加している。しかし、その適用例の多くは普通コンクリートを対象にしたものであり、鋼繊維補強コンクリートを対象にしたものは少ない。

本研究は、市販されている流動化剤の中から3種類を選び、これらをスランプと鋼繊維混入率、および配合の異なる鋼繊維補強コンクリートに適用し、①流動化剤の

添加量とスランプの関係、②流動化剤の添加時期の違いによる流動化の持続効果、の二点について、実験的検討を行なったものである。

2. 実験方法と供試体の作製

実験は、実験①（流動化剤の添加量とスランプの関係を調べる実験）と、実験②（流動化剤の添加時期の違いによる流動化の持続効果を調べる実験）の二通りに分けて行なった。ベースコンクリートのスランプは、 2.5 ± 1 cm（道路舗装用）、 8.0 ± 1 cm（一般土木工事用）、 15.0 ± 1 cm（建築工事用）の3種類とし、鋼繊維混入率（ V_f ）は、1.0%、1.5%、2.0%の3種類とした。ただし V_f は

*工学研究科建設工学専攻 (Department of Civil Engineering)

**土木工学科 (Department of Civil Engineering)

出来上りコンクリートに対する外割りの容積比で示す。流動化剤の添加量は、スランブとの直線関係を調べるために、単位セメント重量の 0.2%~1.0% (0.2%刻み) の範囲で混入率を変化させた。

(1) 実験①について

実験①の概要を表-1に示した。この実験では、ベ-

表1 実験(a)の概要

スランブ	2.5±1cm, 8.0±1cm, 15.0±1cm
繊維混入率	1.0%, 1.5%, 2.0%
使用流動化剤	N および M
添加率	スランブ 2.5cmに対して1.0%まで
	スランブ 8.0cmに対して0.8%まで
	スランブ 15cmに対して0.4%まで

スとなる鋼繊維補強コンクリートのスランブが、鋼繊維混入率1.0%、1.5%、2.0%の各場合について、2.5±1cm, 8.0±1cm, 15.0±1cmとなるように配合を決定し、それぞれの各場合について、市販されている2種類の流動化剤、HとNを適用し、その添加率を変化させて、同時添加で実験を行なった。ここで同時添加とは、ベースとなる鋼繊維補強コンクリートが練り上がった後、ミキサーより落し、所定のスランブが得られたかどうかを測定し、ただちに流動化剤をふりかけ添加して練り返し、スランブを測定する方法である。なお、ミキサーへの投入順序は、砂利、砂、セメント、鋼繊維、水の順序であり、2~3分間空練りしながら、鋼繊維を分散機で投入した後、水を加えて2~3分間本練りした。

(2) 実験②について

実験②の概要を表-2に示した。この実験では、ベ-

表2 実験(b)の概要

スランブ	2.5±1cm, 8.0±1cm, 15.0±1cm
繊維混入率	1.5%
使用流動化剤	H, NおよびM
添加率	0.6%
添加時期	同時, 30分後, 60分後, 90分後

スとなる鋼繊維混入率1.5%の、鋼繊維補強コンクリートのスランブが、それぞれ2.5±1cm, 8.0±1cm, 15±1cmとなるように配合を決定し、市販されている3種類の流動化剤、H, MおよびNを添加率0.6%で適用した(添加率0.6%は①の実験結果からも、また普通コンクリートを流動化する場合の添加率として実際の値に近いものである)。そして、それぞれの各場合について、流動化剤の添加時期を、直後(同時)添加、30分後添加、60分後添加、および90分後添加の4通りにして、その流動化の持続効果を調べた。ここで、例えば30分後添加というのは、コンクリートが練り上がってから30分間静置した後、流動化剤をふりかけ添加し、練り返してスランブを測定した後、15分毎に練り返して60分間スランブを測定する方法である。

(3) 供試体の作製

実験①については、それぞれの場合について、圧縮試験用(φ10×20cm)3本の供試体を作製して、破壊試験を行なった。供試体は20±1℃, 80±4% R.H.の恒温高湿室で28日間養生した。

3. 配合と使用材料

(1) 配合

ベースとなる鋼繊維補強コンクリートの配合を表-3

表3 鋼繊維コンクリートの配合

実験名	繊維混入率(%)	スランブ(cm)	粗骨材の最大寸法(mm)	目空気量(%)	水セメント比(w/c)(%)	細骨材率(s/a)(%)	単位量(kg/m ³)			
							W(水)	C(セメント)	S(細骨材)	G(粗骨材)
実験(a)	1.0	2.5±1	25	2.1	50	56	192	384	961	770
		8.0±1	25	2.1	50	56	208	416	923	739
		15.0±1	25	2.1	50	56	229	458	874	700
	1.5	2.5±1	25	2.1	50	61	202	404	1021	666
		8.0±1	25	2.1	50	61	218	436	980	639
		15.0±1	25	2.1	50	61	239	478	941	613
	2.0	2.5±1	25	2.1	50	66	212	424	1076	565
		8.0±1	25	2.1	50	66	228	456	1032	542
		15.0±1	25	2.1	50	66	249	498	974	511
実験(b)	1.5	2.5±1	25	2.1	50	61	202	404	1021	666
		8.0±1	25	2.1	50	61	218	436	980	639
		1.50±1	25	2.1	50	61	239	478	941	613

に示した。

(2) 使用材料

細骨材—長良川産川砂 (比重 2.61, F.M. 2.75)

粗骨材—長良川産川砂利 (比重 2.62, F.M. 7.92, 最大寸法25mm)

セメント—O社製 普通ポルトランドセメント (比重 3.15)

鋼繊維—材質 SPCC—1

寸法0.25×0.5×25mm

(見かけのアスペクト比 62.6)

0.25×0.7×25mm

(見かけのアスペクト比 52.9)

流動化剤—H (T社製, 主成分: アルキルナフタリン
スルホン酸塩高縮合物)

N (N社製, 主成分: ナフタリンスルホン
酸系複合物)

M (K社製, 主成分: ナフタリンスルホン
酸塩ホルマリン縮合物)

4. 実験結果と考察

(1) 実験①について

実験①の結果を図1～図3に示した。図中の黒塗の記号は材料分離が認められたものを示す。ただし、材料分離の明確な判定は困難であったので、スランブ試験において流動化剤の影響により、ペースト部分の流れ出しが認められたものを材料分離と判定したものである。この実験の目的は、所定のスランブ量を得るための、各流動化剤の添加量を知ることであり、当初、両者の間には単純な直線関係があるものと考えていたが、予想していたほど、明確な直線関係は現われなかった。直線関係が現われたのは、つぎの場合であった。なお、試験時の温度

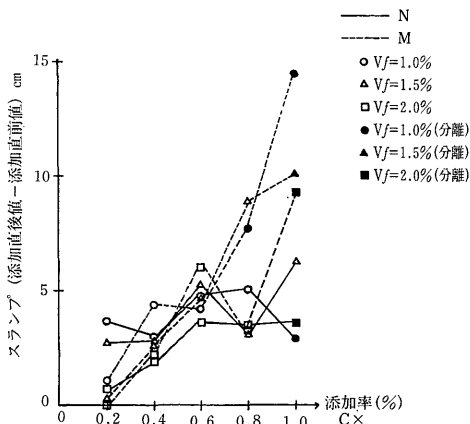


図1 流動化剤の添加量とスランブの関係
(ベーススランブ2.5±1cmの場合)

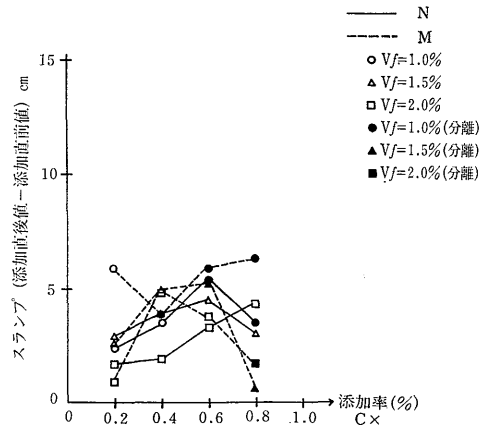


図2 流動化剤の添加量とスランブの関係
(ベーススランブ8.0±1cmの場合)

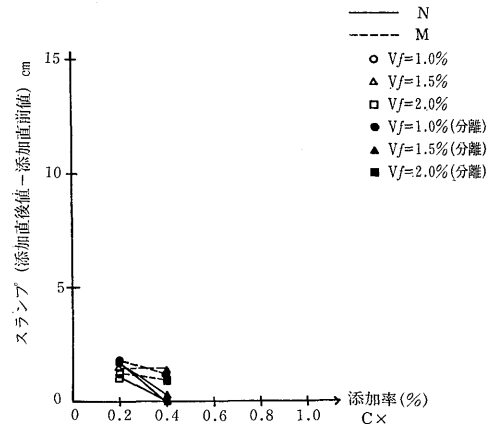


図3 流動化剤の添加量とスランブの関係
(ベーススランブ15.0±1cmの場合)

は13～23℃であった。

(a) ベースコンクリートのスランブが2.5±1cmの場合

鋼繊維混入率1.0%で、Mの添加率0.2%～0.6%の範囲。鋼繊維混入率1.5%で、Nの添加率0.2%～0.6%の範囲、およびMの添加率0.2%～0.8%の範囲。鋼繊維混入率2.0%でNとMの添加率0.2%～0.6%の範囲。

(b) ベースコンクリートのスランブが8.0±1cmの場合

鋼繊維混入率1.0%で、Nの添加率0.2%～0.6%の範囲。鋼繊維混入率2.0%で、Nの添加率0.4%～0.6%の範囲。

(c) ベースコンクリートのスランブが15.0±1cmの場合

直線性は見られず、しかもスランプの伸びも見られなかった。

以上のことから、ベースコンクリートのスランプが $2.5 \pm 1\text{cm}$ 、 $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、流動化剤の添加率0.6%までの範囲では、直線性が見られた。

つぎに、スランプの伸びについては、以下のような傾向が見られた。

1) ベースコンクリートのスランプが小さい程、同じ添加率でのスランプの伸びは大きい。

2) 使用した2種類の流動化剤、NとMについては、同じ添加率では、Mの方が流動化に優れている。

3) 鋼繊維混入率が1.0%、1.5%、2.0%のどの場合においても、ベースコンクリートのスランプが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の時に、スランプの伸びが最も大きい。

4) ベースとなる鋼繊維補強コンクリートのスランプが小さい程、添加できる流動化剤の量は多くなる。

以上より、鋼繊維混入率が2.0%程度までの範囲では、つぎのことがいえる。

i) ベースコンクリートのスランプが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、材料分離などの悪影響を考えれば、添加できる流動化剤の量は、NもMも、セメント量の0.8%程度までで、スランプは $2.5\text{cm} \sim 10.0\text{cm}$ 程度の伸びを期待できる。また、この場合の最も効果的な使用は、鋼繊維混入率1.5%で、Mを0.8%加えた時で、スランプの伸びは 9.0cm 程度である。

ii) ベースコンクリートのスランプが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場

合には、添加できる流動化剤の量は、NもMも、セメント量の0.6%程度までで、スランプは $3.0\text{cm} \sim 6.5\text{cm}$ 程度の伸びを期待できる。また、この場合の最も効果的な使用は、鋼繊維混入率1.0%で、Mを0.2%加えた時で、スランプの伸びは 6.5cm 程度である。

iii) ベースコンクリートのスランプが $15.0 \pm 1\text{cm}$ 程度の軟練りコンクリートには、流動化剤を添加しても効果がないと同時に、材料分離などの悪影響を与えるので、同時添加での使用は避けた方がよいと思われる。

iv) 鋼繊維混入率が2.0%、スランプが $8.0 \pm 1\text{cm}$ 程度までの鋼繊維補強コンクリートは、流動化剤をセメント量の0.6%~0.8%程度混入することによって、流動化させることが可能である。

v) ベースコンクリートのスランプが $2.5 \pm 1\text{cm}$ 程度の硬練りコンクリートでは、Mの方が流動化の効果は大きい。ベースコンクリートのスランプが $8.0 \pm 1\text{cm}$ 程度の中練りコンクリートでは、MもNでも、流動化の効果には大差がない。

vi) 所定のスランプを得るための添加率を、NとMについて、同じ方法では決定できないので、試し練りによって決定するのが、最も信頼性が高いと考えられる。

(2) 実験②について

実験②の結果を図4~図12に示した。試験時の温度範囲は $20 \sim 28^\circ\text{C}$ であった。つぎに、流動化剤別にその流動化の特徴を述べる。

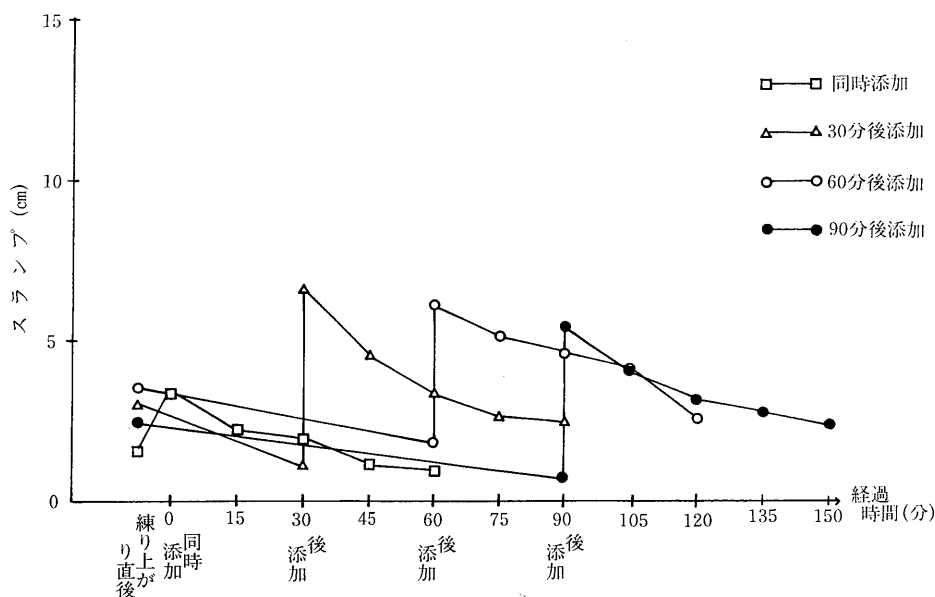


図4 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (N, ベーススランプ $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合)

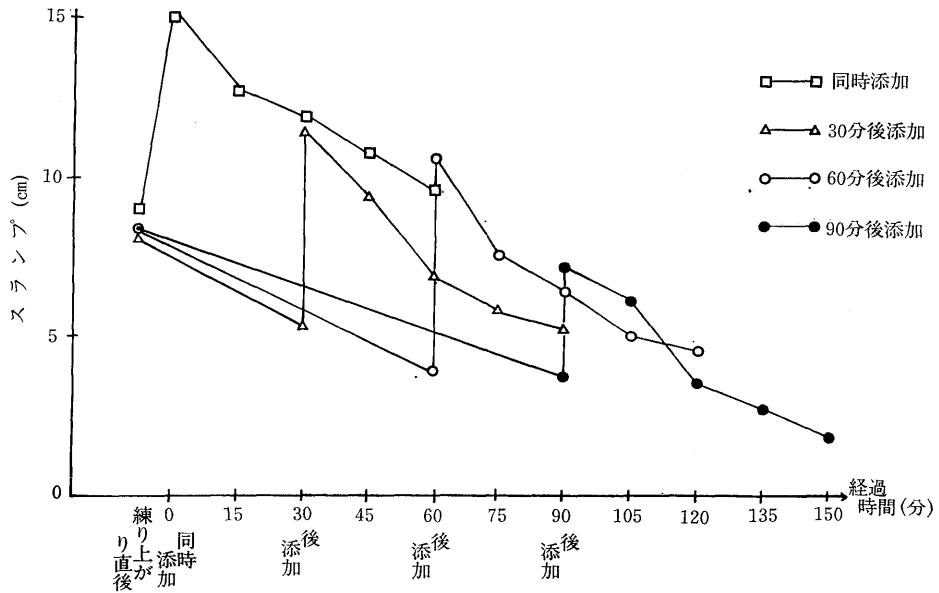


図5 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (N, ベーススランプ $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合)

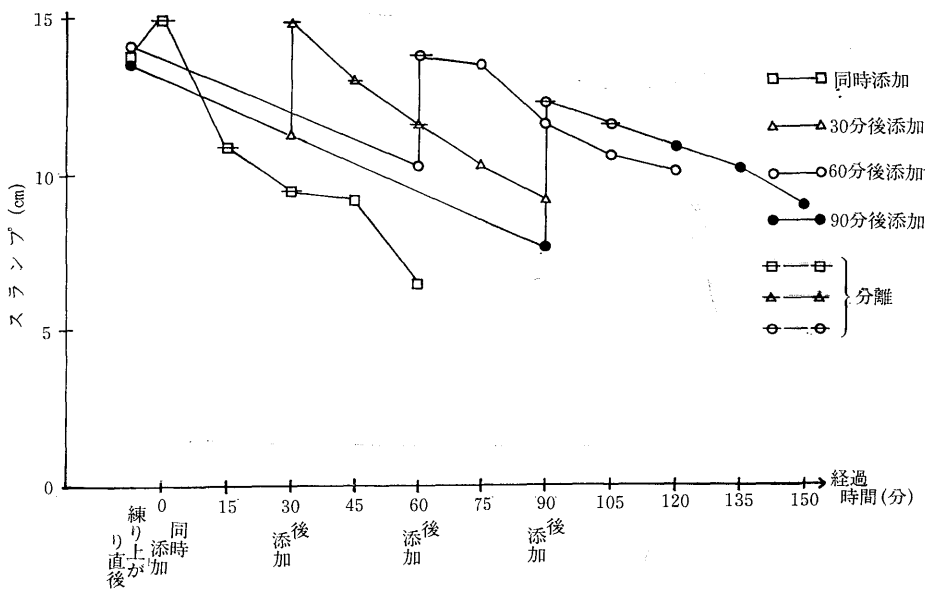


図6 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (N, ベーススランプ $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合)

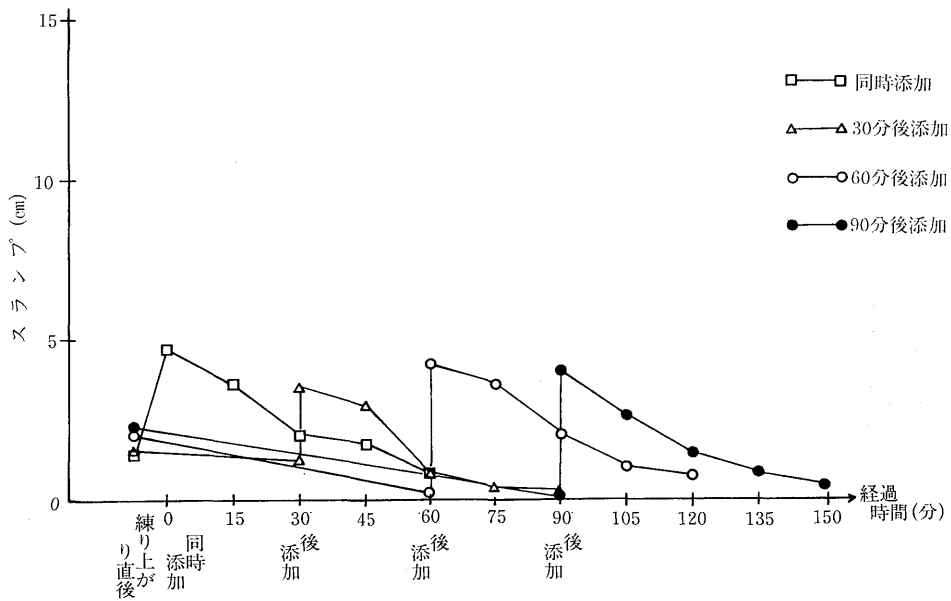


図7 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (H, ベーススランプ 2.5 ± 1 cm の場合)

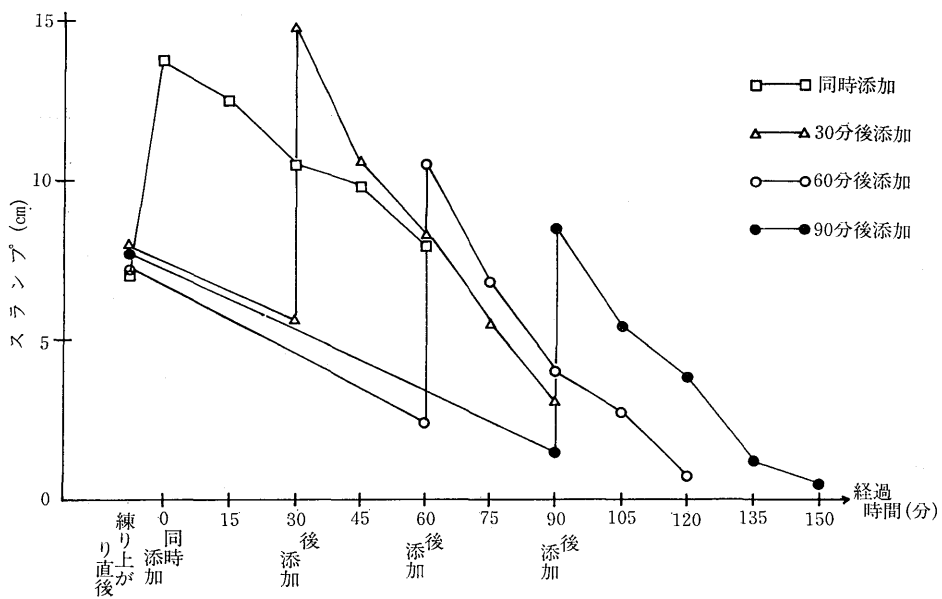


図8 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (H, ベーススランプ 8.0 ± 1 cm の場合)

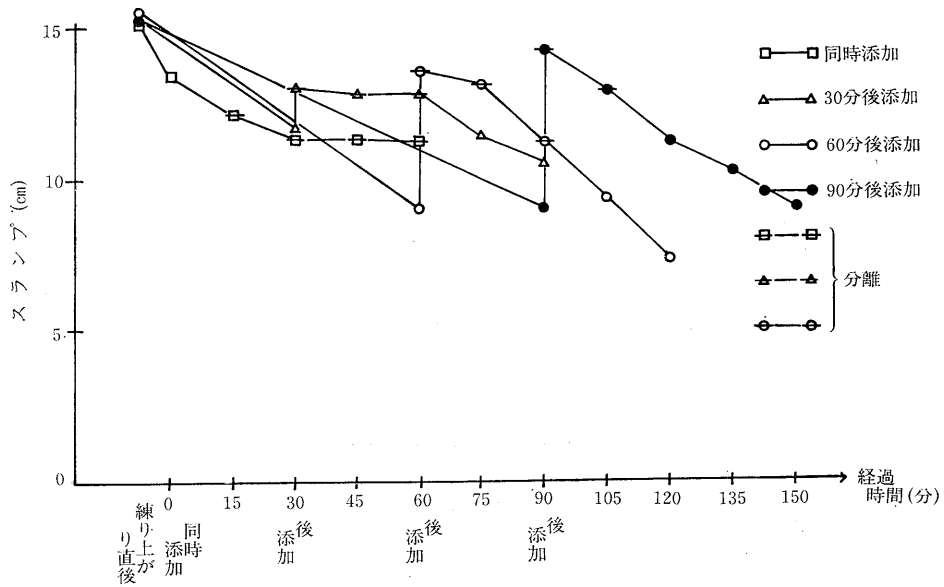


図9 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (H, ベーススランプ 15.0±1cm の場合)

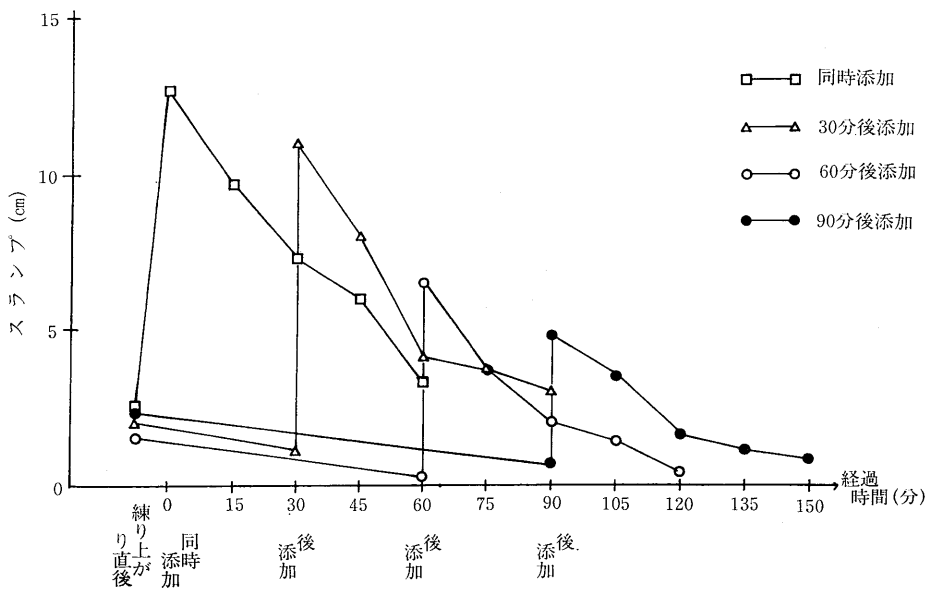


図10 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (M, ベーススランプ 2.5±1cm の場合)

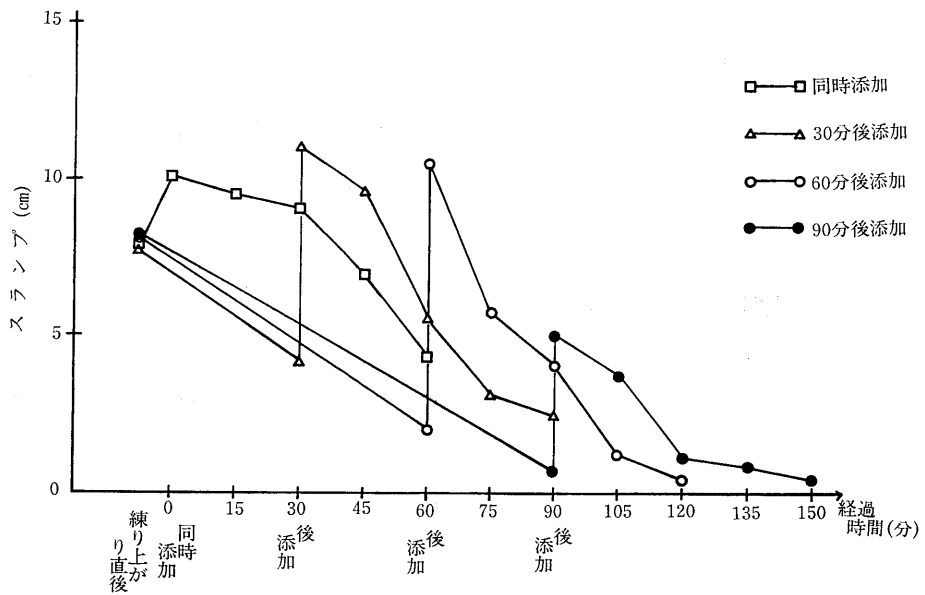


図11 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (M, ベーススランプ $8.0 \pm 1 \text{ cm}$ の場合)

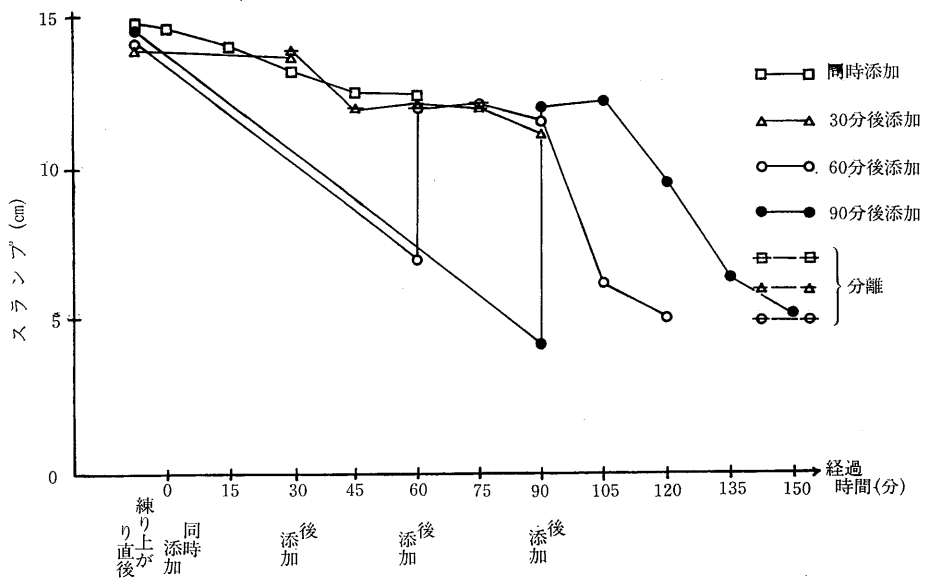


図12 流動化剤の添加時刻とスランプの関係 (M, ベーススランプ $15.0 \pm 1 \text{ cm}$ の場合)

流動化剤Hについては、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合では、60分後添加と90分後添加でスランブが 4.0cm 程度回復しており、その効果が認められる。ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合では、30分後添加と60分後添加、および90分後添加のいずれにおいてもスランブが $8.0\text{cm} \sim 10.0\text{cm}$ 程度回復しており、その効果は顕著である。ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合も、60分後添加と90分後添加でスランブが $4.5\text{cm} \sim 5.0\text{cm}$ 程度回復しており、その効果が認められる。このようにHは、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ 、および $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、60分後添加と90分後添加でスランブの回復効果が認められ、ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、どの添加時期においても、比較的大きくスランブを回復させることができる。

流動化剤Nについては、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合では、30分後添加と60分後添加、および90分後添加のいずれにおいてもスランブが $4.0\text{cm} \sim 5.5\text{cm}$ 程度回復しており、その効果が認められる。ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合では、同時添加と30分後添加、および60分後添加におけるスランブ回復効果は、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ 、および $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合より大きい。90分後添加におけるその回復効果は、他の二つの場合より小さい。ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合では、30分後添加と60分後添加、および90分後添加のいずれにおいてもスランブが $3.0\text{cm} \sim 5.0\text{cm}$ 程度回復しており、その効果は大きい。このようにNは、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、30分後添加、60分後添加、および90分後添加のいずれにおいても、比較的一定にスランブを回復させることができ、ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、同時添加、30分後添加、および60分後添加のように比較的経過時間の少ない時期のスランブの回復効果に優れている。ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、60分後添加、90分後添加でスランブの回復効果に優れている。

流動化剤Mについては、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、同時添加と30分後添加で 10.0cm 程度、60分後添加で 6.0cm 程度、90分後添加で 4.0cm 程度スランブが回復しているが、その中でも同時添加と30分後添加でのスランブ回復効果が顕著である。ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合では、30分後添加で 7.0cm 程度、60分後添加で 8.5cm 程度、90分後添加で 4.0cm 程度スランブが回復しているが、その中でも、

30分後添加と60分後添加でのスランブ回復効果が大きい。ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、60分後添加で 5.0cm 程度、90分後添加で 8.0cm 程度スランブが回復しており、中でも90分後添加でのスランブ回復効果が顕著である。このようにMは、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、同時添加や30分後添加のような初期添加でのスランブ回復効果に優れ、ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、30分後添加や60分後添加のような、ある程度時間が経過した時のスランブ回復効果に優れている。また、ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合には、60分後添加と90分後添加でのスランブ回復効果に優れている。

これらの結果より、ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ 程度の硬練りのコンクリートに対して、同時添加あるいは30分後添加で流動化剤を添加するならば、Mを使用するのが最も効果的であるが、60分後あるいは90分後添加で流動化剤を添加するならば、H、N、Mのいずれを使用しても、それほど大きな差はない。

ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ 程度の中練りコンクリートに対して、同時添加あるいは30分後添加で流動化剤を添加するならば、Hを使用するのが最も効果的であり、60分後添加では、H、Mのいずれを使用しても、それほど大きな差はない。さらに90分後添加では、Hを使用するのが最も効果的である。ベースコンクリートのスランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ 程度の軟練りコンクリートに対して、30分後添加で流動化剤を添加するならば、Nを使用するのが最も効果的であるが、60分後あるいは90分後添加で流動化剤を添加するならば、Mを使用するのが最も効果的である。

流動化の効果（スランブの伸び）は、ベーススランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の時はMが優れ、ベーススランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$ の時はHとNが優れている。ベーススランブが $15.0 \pm 1\text{cm}$ の時はMが優れている。また、流動化の持続効果は、3種類の流動化剤の間に大きな差はない。

(3) 圧縮強度について

図13～図21に圧縮強度試験の結果を示した。図中の実線はM、破線はNを混入したコンクリートの、また、一点鎖線はベースコンクリートの3本の供試体の平均値を示したものである。ベースコンクリート（流動化剤を添加していないもの）の圧縮強度は、鋼繊維混入率1.5%で最大となり、鋼繊維混入率2.0%では逆に低下する傾向を示す。これは、繊維分散が不完全で、局部的な弱点を形成したためと思われる。流動化剤を適用した場合には、つぎのようなことがいえる。

① 流動化剤の添加率にかかわらず、鋼繊維混入率の増加にともなって、圧縮強度も増加する傾向を示す。

② ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、Mは添加率0.4%で圧縮強度が最大となり、それ以降低下する傾向を示し、Nは添加率0.4%あるいは0.6%で一度強度低下を示し、添加率0.8%で圧縮強度が最大となる傾向を示した。

③ ベースコンクリートのスランブが $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合には、鋼繊維混入率が低い時は、ベースコンクリートの圧縮強度より15%~20%低い。

④ ベースコンクリートのスランブが $8.0 \pm 1\text{cm}$, $15.0 \pm 1\text{cm}$ の場合にも、圧縮強度はベースコンクリートよりも10%程度低い。

(4) 実験における問題点

本実験における主な問題点をあげておく。

1) 本実験では、鋼繊維補強コンクリートに各種の流動化剤を添加して、その流動化の効果を調べたが、その効果を評価するのにスランブ試験によっているため、コンクリートの材料分離の程度が明らかにできなかった。

2) 流動化剤の添加方法は、すべてふりかけ添加によ

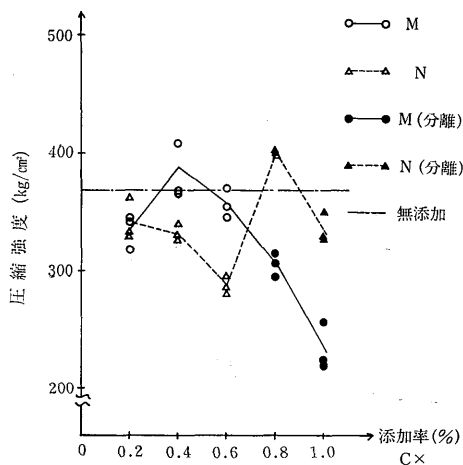


図13 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係 ($V_f = 1.0\%$, ベーススランブ $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合)

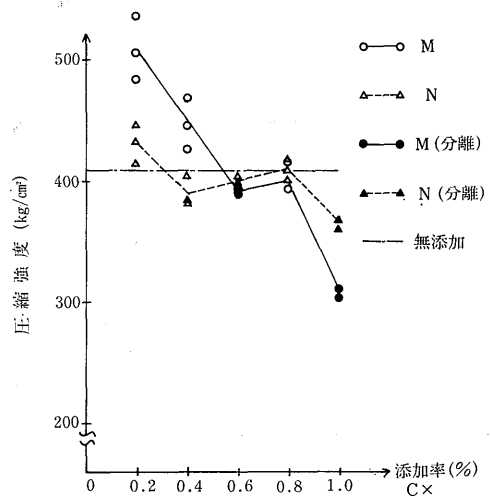


図15 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係 ($V_f = 2.0\%$, ベーススランブ $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合)

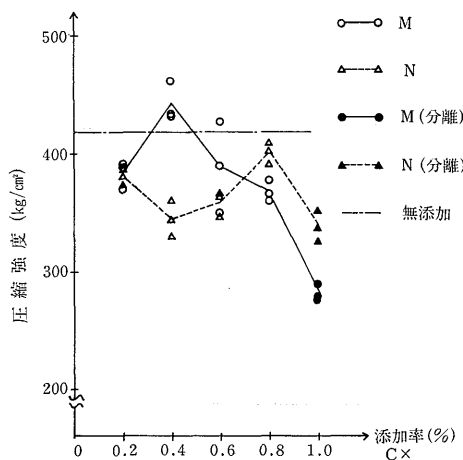


図14 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係 ($V_f = 1.5\%$, ベーススランブ $2.5 \pm 1\text{cm}$ の場合)

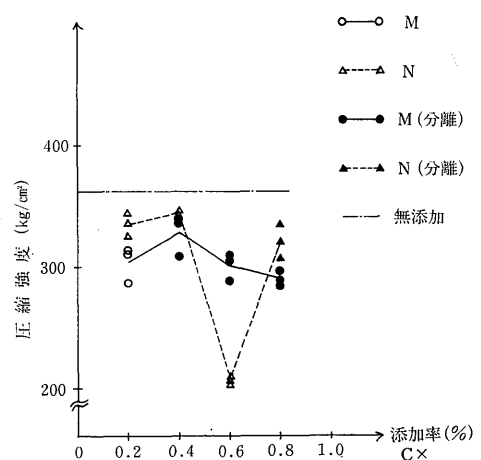


図16 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係 ($V_f = 1.0\%$, ベーススランブ $8.0 \pm 1\text{cm}$ の場合)

っているが、スプレーにより添加する方法も考えられる。

3) 練り混ぜ方法として、手練りによっているが、機械練りによる方法で、しかも、ミキサーの回転速度が可変のものを使用した方が適当であった。

4) 練り混ぜ時のコンクリート温度が、打設時期により、 10°C 近く異なった場合もあった。

以上の 1)~4) により、スランブの測定値が変動するものと考えられる。実験①では、スランブの測定を2回行ない、その平均値をとったが、実験②の経時変化を調べるものでは、15分間隔でのスランブ測定の必要性か

ら、同一コンクリートでは、一回に一度のスランブ測定しか行っていない。図4~12の結果からは、極端な変動は見られない。しかし、同一シリーズの実験の繰返しを行っていないので、上記の変動要因のうち、とくに温度の影響をうけていることは否定できない。

圧縮強度試験は、供試体3本の結果によったが、材料分離を示したものは、供試体作製に問題があり、強度のばらつきを示した。

5. ま と め

本研究は、鋼繊維補強コンクリートの施工性改善を目的とし、市販の流動化剤を適用した実験結果について述

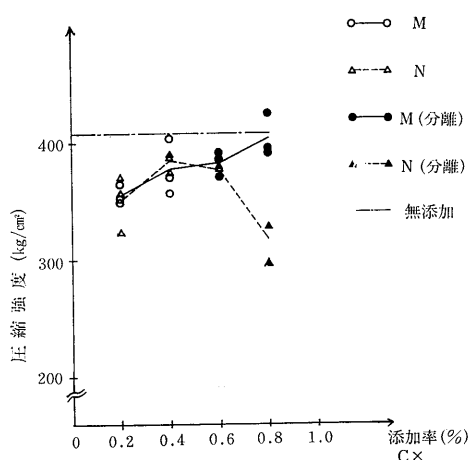


図17 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係
($V_f=1.5\%$, ベーススランブ $8.0\pm 1\text{cm}$ の場合)

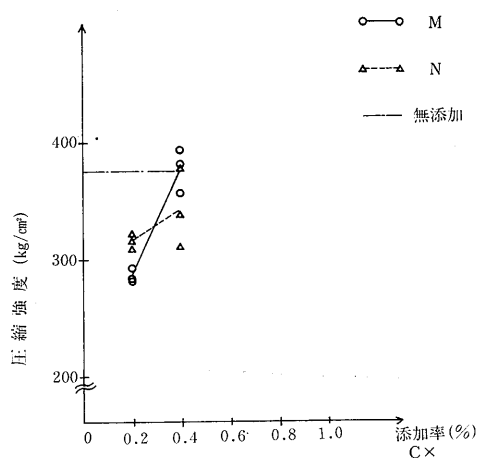


図19 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係
($V_f=1.0\%$, ベーススランブ $15.0\pm 1\text{cm}$ の場合)

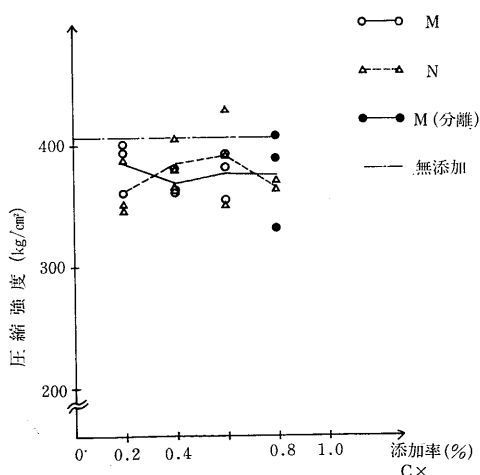


図18 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係
($V_f=2.0\%$, ベーススランブ $8.0\pm 1\text{cm}$ の場合)

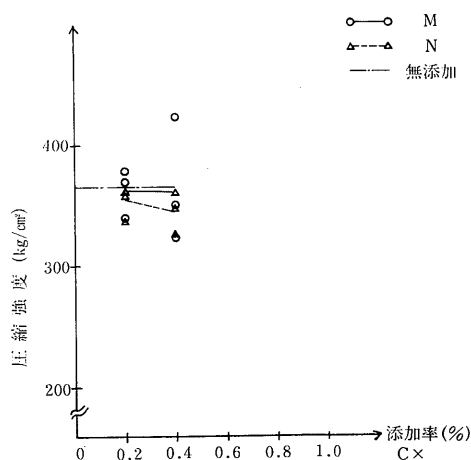


図20 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係
($V_f=1.5\%$, ベーススランブ $15.0\pm 1\text{cm}$ の場合)

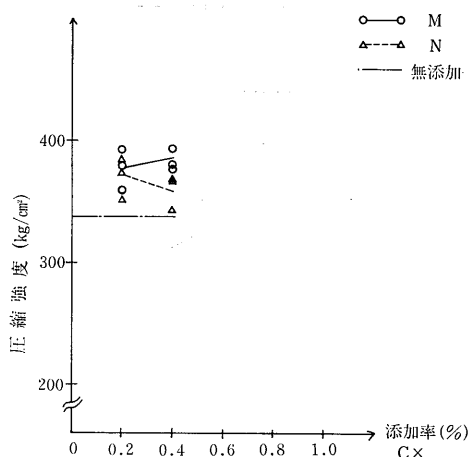


図21 流動化剤の添加量と圧縮強度の関係
($V_f=2.0\%$, ベーススランブ $15.0\pm 1\text{cm}$ の場合)

べた。以上をまとめると、つぎのようになる。

(1) ベースコンクリートのスランブが $2.5\pm 1\text{cm}$, および $8.0\pm 1\text{cm}$ の場合には, 材料分離などの悪影響を考えれば, 添加できる流動化剤の量は, それぞれセメント量の 0.8% , および 0.6% 程度までである。

(2) 流動化の効果 (スランブの伸び) は, ベースコン

クリートのスランブが $2.5\pm 1\text{cm}$ の場合は, Mが優れ, ベースコンクリートのスランブが $8.0\pm 1\text{cm}$ の場合は, HとNが優れている。また, ベースコンクリートのスランブが $15.0\pm 1\text{cm}$ の場合には, Mが優れている。

(3) 流動化の持続効果は, 3種類の流動化剤の間に大きな差はない。

(4) 流動化剤を加えたコンクリートの圧縮強度は, ベースコンクリートのスランブが $2.5\pm 1\text{cm}$ の場合にはMは添加率 0.4% で圧縮強度が最大となり, Nは添加率 0.4% あるいは 0.6% で一度強度低下を示し, 添加率 0.8% で圧縮強度が最大となる。また, 鋼繊維混入率が低いときには, ベースコンクリートの圧縮強度より, $15\%\sim 20\%$ 程度低い。

6. あとがき

本研究は, 昭和56年度文部省科学研究費分担研究の一環として行なったものである。研究代表者の京都大学岡田清教授をはじめ, 中部工業大学愛知五男講師, 林克己技師, 渋谷徹, 杉山尚克, 高井義信, 丹羽育宏, 三宅耕司の諸氏に深謝致します。

参 考 文 献

- 1) 魚本健人, 峰松敏和: コンクリートのせん断強度試験方法に関する基礎的研究, コンクリート工学, 19, 4, 1981.4.