

金属繊維補強コンクリートの基礎的性質について

和歌山工業高等専門学校 正員 オ戸川一夫
徳島大学工学部 正員 荒木謙一

1. まえがき：本報告は金属繊維補強モルタルあるいはコンクリートの強度特性を究明する実験シリーズのうち、とくに金属繊維補強コンクリートの曲げ強度、靱性、衝撃抵抗性、乾燥収縮およびひびわれ抵抗性について考察したものである。

2. 本実験概要：1) 使用材料および配合計画、セメントは早強ポルトランドセメントを使用した。粗骨材は徳島県大麻産砕石（硬質砂岩，比重2.60），細骨材は吉野川産川砂（比重2.60，F.M.2.81）を使用した。使用した金属繊維は当実験室よりモルタルの曲げ強度の改善に最適と認められた径 $\phi 360\mu$ ，長さ3cmの細線に属するステンレススチールファイバー（日本冶金KK製 SUS-27，弾性係数 19000 kg/mm^2 ，切断強度 200 kg/mm^2 ）である。金属繊維補強コンクリートの配合はセメント砂比を1:2（重量比），水セメント比は50%の一定とした。金属繊維補強コンクリートの曲げ強度については実験計画法にもとづいて要因分析を行なった。要因として，金属繊維量，粗骨材量および粗骨材最大寸法をとりあげた。表-1にコンクリートの配合計画を示す。なお，金属繊維量は使用セメント量に対する重量割合，粗骨材量はコンクリートに対する絶対容積割合である。2) 供試体の作製および実験方法，コンクリートの練りまぜは手練りによった。最初に気乾状態の細骨材とセメントを混ぜ合し，水を投入しモルタルを練り終えた後，表乾状態の粗骨材を投入して3分間練りまぜた。つぎに金属繊維をコンクリート表面に繊維がからみ合わないよう少量づつばらまき，均等に分散するまで練りまぜた。各種試験用供試体は $10\times 10\times 40$ の角柱である。なお，ひびわれ抵抗性を実験するための供試体は供試体横断面中心部に長さ方向に収縮拘束用の $\phi 29\text{ mm}$ の異形棒鋼を配置した。同一試験供試体は3個づくり，試験は材令7日で行なった。衝撃抵抗性試験は重さ4kgと13.6kgの鉄製の重錘を高さ15cmの位置から供試体のスパン中央に落下させて供試体が折れるまで練り返し，そのときの落下回数を記録した。靱性試験は荷重とはり中央部引張線の変形の曲線が描く面積を指標として求めた（図-1参照）。乾燥収縮による長さ変化はコンパレータ法によった。基長は材令7日としている。ひびわれ抵抗性はひびわれ測定用顕微鏡で通時クラック発生の有無を観測し，クラックの長さならびに幅を測定して，指標としてひびわれ面積（ひびわれ長さ $\times$ 中の値）をもちいた。

表-1 コンクリートの配合計画

配合種別	粗骨材最大寸法(mm)	全重量(kg)	粗骨材量(kg)
A	15	10	10
B	25	10	20
C	40	10	30
D	15	20	20
E	25	20	30
F	40	20	40
G	15	30	30
H	25	30	40
I	40	30	50
G'	15	0	30

図-1 コンクリートの曲げ靱性

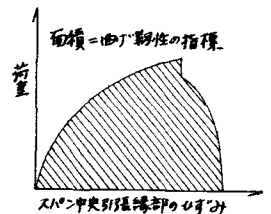


表-2 金属繊維補強コンクリートの各種強度結果と引張強度分散係数結果

(各種強度結果)										
配合	A	B	C	D	E	F	G	H	I	G'
曲げ強度 kg/cm^2	55	46	44	70	63	126	58	90	86	
曲げ靱性	199	302	144	169	181	328	148	465	200	91
衝撃抵抗性 $\text{kg}\cdot\text{cm}$						6784				300
						3222				300

(分散分析結果)

要因	df	SS	MS	F ₀	P(%)
繊維量K	2	2458	1227	1604	41.5
最大寸法S	2	1008	504.5	6.59	7.7
骨材量M	2	1936	966.5	1263	14.7
誤差	2	152	76		3.61

令7日で行なった。衝撃抵抗性試験は重さ4kgと13.6kgの鉄製の重錘を高さ15cmの位置から供試体のスパン中央に落下させて供試体が折れるまで練り返し，そのときの落下回数を記録した。靱性試験は荷重とはり中央部引張線の変形の曲線が描く面積を指標として求めた（図-1参照）。乾燥収縮による長さ変化はコンパレータ法によった。基長は材令7日としている。ひびわれ抵抗性はひびわれ測定用顕微鏡で通時クラック発生の有無を観測し，クラックの長さならびに幅を測定して，指標としてひびわれ面積（ひびわれ長さ $\times$ 中の値）をもちいた。

3. 本実験結果の考察：1) 金属繊維補強コンクリートの曲げ強度，金属繊維補強コンクリ

ートの曲げ強度ならびに分散分析結果を表-2に示す。金属繊維補強コンクリートの曲げ強度に影響する要因は寄与率41.5%で繊維量が最大となり、寄与率14.7%で粗骨材量がつき、粗骨材の最大寸法の効果はほとんどないと認められた。したがって、曲げ強度の増大には繊維量20%程度で粗骨材量の少ないものがよいと思われる。金属繊維補強コンクリートの曲げ強度を、繊維とモルタルとの付着強度、コンクリート中の繊維の比表面積、繊維長さおよびモルタルのフロー値の低下率(フロー比)を要因とした指標で示すと図-2のようになり、モルタルの場合と同様¹⁾、コンクリートの場合も、上記指標によって曲げ強度をある程度算定することができると考えられる。2) 金属繊維補強コンクリートの靱性および

図-2. 金属繊維補強コンクリートの曲げ強度

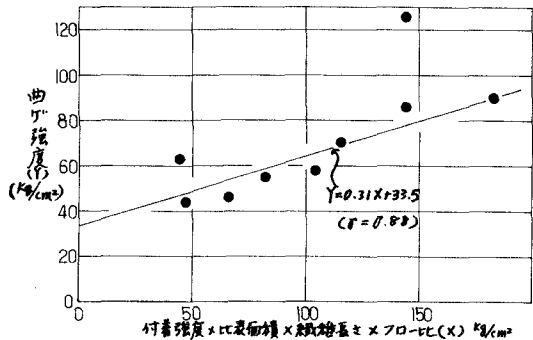


図-3 乾燥収縮実験結果

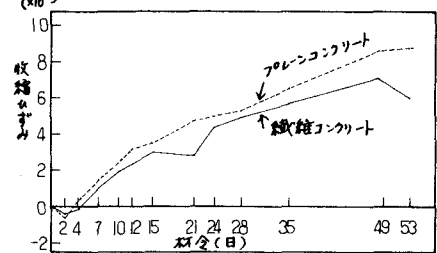
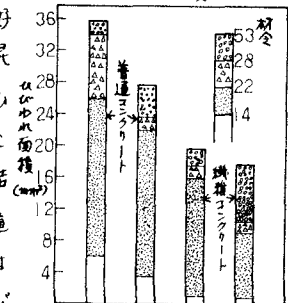


図-4 ひびわれ面積



衝撃抵抗性、最も靱性の大きかったのは配合Hであり、ついで配合Fであった(表-2参照)。この結果から靱性の増大に関しては繊維量の多いほどかつ粗骨材量が少ないことが好結果をもたらす。金属繊維補強コンクリートの靱性は金属繊維無混入のコンクリートGにくらべて最高5倍程度増加し、この結果はひずみゲージの追従性をもっとあがればこの数値はより大きくなることが予測される。衝撃抵抗性に関して配合Fを用いた場合の実験結果を表-2に示すが、金属繊維補強コンクリートの衝撃抵抗は普通コンクリートにくらべて絶大な抵抗性を示し、破壊時の衝撃抵抗は22倍にも達していることがわかった。また普通コンクリートはひびわれが生じた時点でとたんに破壊したが、繊維補強コンクリートはひびわれが生じてから破壊に到るまでかなりの抵抗力をのこし、ひびわれが生じた時点の2倍以上の衝撃を加えて破壊に到っている。3) 金属繊維補強コンクリートの乾燥収縮とひびわれ抵抗性、配合Fと配合G(普通コンクリート)とを用いた乾燥収縮ならびにひびわれ抵抗性の実験結果を図-3、図-4に示す。金属繊維補強コンクリートの乾燥収縮量は普通コンクリートの約80%であった。ひびわれ抵抗性については、初期ひびわれの発生は普通コンクリートでは気中養生後4日で、繊維補強コンクリートでは7日でみとめられた。普通コンクリートのひびわれ発生状況は24日頃までその発生数が急激に増し、それ以後の発生はいちじるしく減少し、ひびわれの長さや幅の拡大が初令とともに増した。繊維補強コンクリートはひびわれ発生は長期間にわたって徐々に増え、供試体全域にわたって分布し、発生数は普通コンクリートより多いが、その長さおよび幅の拡大は小さかった。

参考文献 1) 戸川, 佐藤, 荒木; 土木学会第28回年次学術講演会講演要集V, S. 48年10月。