論　文

[1211]　鉄道防音壁に用いるビニロン繊維補強コンクリートの強度特性

正会員○斎藤啓一（財．鉄道総合技術研究所）
正会員　宮本征夫（財．鉄道総合技術研究所）
正会員　松本信之（財．鉄道総合技術研究所）
近藤義春（小沢コンクリート工業）

１．まえがき

駅付近や住宅密集地などに建設される鉄道高架橋等には，騒音低減のために鉄筋コンクリート造の高欄等の防音壁が取付けられている．

この防音壁の軽量化や耐久性の向上を目的として，これまでに各種の繊維補強コンクリートを用いたプレキャストパネル構造の防音壁の実験的研究を行い，その力学的特性について報告を行ってきた[1]．また，これらの中からビニロン繊維を用いたプレキャストパネル構造の防音壁に着目し，繊維混入率や基礎取り付け部の厚さや補強方法の違いが，これらの構造とした場合の防音壁の耐力や変形性能に及ぼす影響についても実験を行い，その結果を報告した[2]．

これら一連の研究は，実防音壁の模型試験体を用いた載荷試験の結果をもとにしたものであったが，今回，さらにビニロン繊維補強コンクリートの力学的な基礎特性を明らかにすることを目的として，圧縮・曲げ・引張強度に関する試験を実施したので，以下にその結果を報告する．

２．試験概要

（１）使用材料および配合

a.セメント：普通ポルトランドセメント，比重3.16を使用した．

細骨材：渡良瀬川産川砂比重2.58吸水率3.19粗粒率2.74，最大寸法2.5mm 以下を使用した．

b.ビニロン繊維：使用したビニロン繊維の性質を表－１に示す．

c.配合：ビニロン繊維の混入率とモルタルマトリックスの配合を表－２に示す．

（２）練り混ぜと養生方法

練り混ぜには，強制練りミキサーを用い，テーブル型振動機により締固めを行った．

試験体の養生条件を表－３に示す．

（３）試験体の形状・寸法と試験方法

a.圧縮試験：試験体はφ10X20cm の円柱試験体ならびに曲げ試験後の切断片を用いて作成した4X4X4cm の試験体の２種類を使用した．載荷は万能試験機により行った．

b.曲げ試験：試験体の形状・寸法は，幅Ｘ厚さＸ長さが，4X4X16,4X4X40,10X(1,4,10)X40cmとした．載荷は，4X4X16cmでは中央集中載荷方式（曲げスパン10cm），他は３等分点載荷方式（曲げスパン30cm）とした．

c.引張試験：試験体の形状・寸法は，幅Ｘ厚さＸ長さが4X1.5X38cmとした．載荷は，試験体の両端5cmに合板製の引張試験体用治具をエポキシ系接着剤を用いて接着し，これを介して行った．

（４）試験の要因と着目点

a.材令シリーズ：試験体の材令が圧縮強度ならびに曲げ強度に及ぼす影響について着目した試験である．材令は，短期（３０日程度）と長期（約１年）の２シリーズについて行った．

試験体数は，圧縮強度について７体，曲げ強度については５体である．

b.配合シリーズ：試験体の配合条件〔繊維混入率(Vf:容積比)，水セメント比(W/C)〕が圧縮強度（１２体），曲げ強度（２４体）ならびに引張強度（１２体）に及ぼす影響について着目した試験である．

c.寸法シリーズ：試験体の厚さ（1,4,10cm）が曲げ強度に及ぼす影響に着目した試験（１２体）である．

表－１　ビニロン繊維の性質

繊維			比重	引張強度 kgf/cm²	弾性係数 kgf/cm²	伸度 (%)
直径（d）（μm）	長さ（l）（mm）	アスペクト比 l／d				
２００	２４	１２０	１．２６	９３００	31×10^4	７．２

表－２　ビニロン繊維の混入率とモルタルマトリックスの配合

繊維混入率 Vf(%)	モルタルマトリックスの配合			記事
	W/C (%)	C：S	混和剤	
０	３０	１：１	１．０％×C	配合シリーズ
１．０				
２．０				
３．０				
０	４０	１：１．２	——	配合シリーズ 材令シリーズ（短期）* 寸法シリーズ*
１．０				
２．０				
３．０				
０	５０	１：１．５	——	配合シリーズ
１．０				
２．０				
３．０				
２．５	３５	１：１	——	材令シリーズ（長期）

注　＊　Ｖｆ＝１．０％のみ

表－３　養生条件

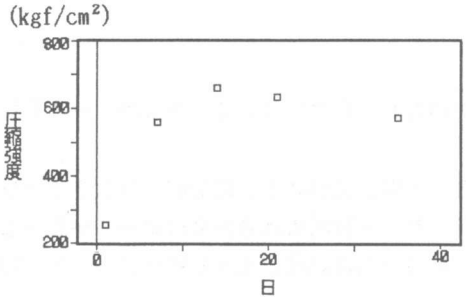
前置	昇温	最高温度および持続時間	蒸気養生後	記事
20°Ｃで4h	20°Ｃ／h	60°Ｃで４時間	屋内養生	配合シリーズ
			屋外養生	材令シリーズ（長期）
			20°Ｃ 80RH% 気中養生	材令シリーズ（短期） 寸法シリーズ

３．試験結果と考察

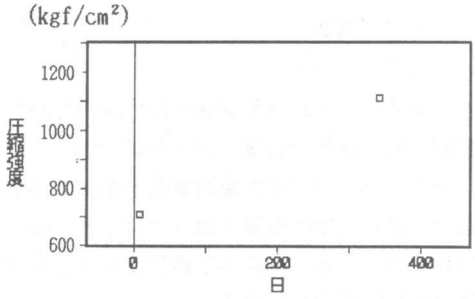
（１）圧縮試験

a.材令について

試験体の形状が4X4X4cmでW/C=40,Vf=1%の場合について，材令が１～３５日における圧縮試験結果を図－１に示す．また同一形状でW/C=35,Vf=2.5%の場合について材令が７日と３４２日における圧縮試験結果を図－２に示す．ここで，圧縮強度は最大荷重を試験体の断面積で除して求めた（以下同様）．これより，配合等が異なるので同じ水準で論ぜられないが，表－３に示す養生を行った場合には，１週程度までは強度の増大は著しいが，その後の強度の伸びは緩やかなようである．



図－１　材令（短期）と圧縮強度



図－２　材令（長期）と圧縮強度

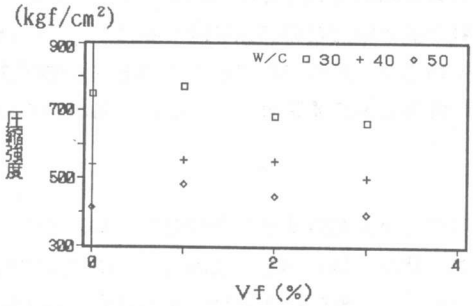
b.配合条件について

配合シリーズについて，得られた結果を以下に述べる．なお，試験時の材令は１４日を目標としたが最大２９日となったものもある．しかし，「a.材令について」の試験結果から，材令は１４日以上１ヵ月程度では，ほとんど圧縮強度の増加は小さいので，材令の違いについては特に補正はおこなっていない．

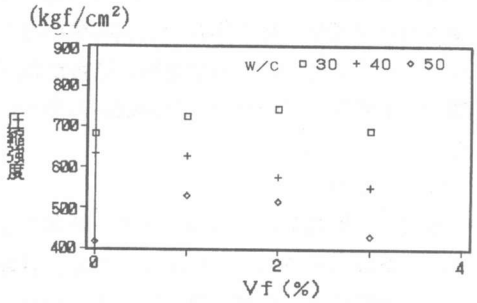
ア 試験体の形状がφ10X20cm の円柱試験体によるW/C,Vfの変化と圧縮強度との関係を図－３に示す．これより，W/C の変化にかかわらず，Vf=1% の場合に圧縮強度が最大値を示し，Vfが増大するに従い圧縮強度は逆に低下している．

イ 試験体の形状が4X4X4cmの試験体によるW/C,Vfの変化と圧縮強度との関係を図－４に示す．

これより，4X4X4cmの試験体についても，φ10X20cm の円柱試験体と同様の傾向が認められた．

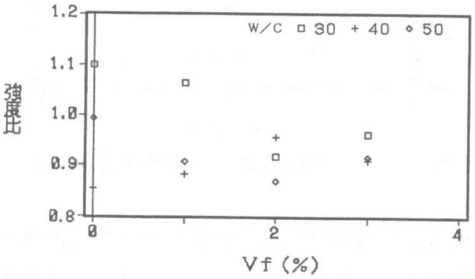


図－３　配合と圧縮強度

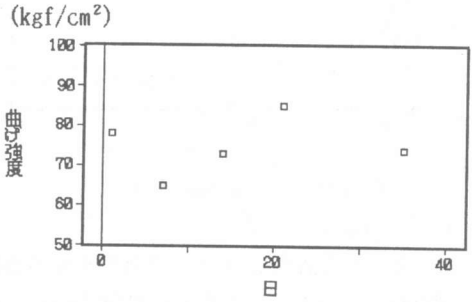


図－４　立方体試験体の圧縮強度

ウ 試験体の形状がφ10X20cm の圧縮強度と4X4X4cmの圧縮強度との比とW/C,Vfとの関係を図－５に示す．これより，形状が圧縮強度に及ぼす影響については，Vf=0 %の時には圧縮強度の比は0.85～1.1 とかなりばらつようである．しかし，Vfが大きくなるにしたがってその値は収束し，Vf=2～3%では0.9 程度となるようである．



図－５　形状が圧縮強度に及ぼす影響



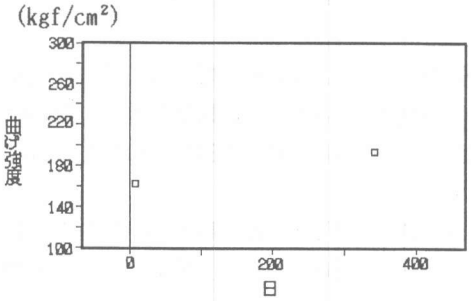
図－６　材令（短期）と曲げ強度

（２）曲げ試験

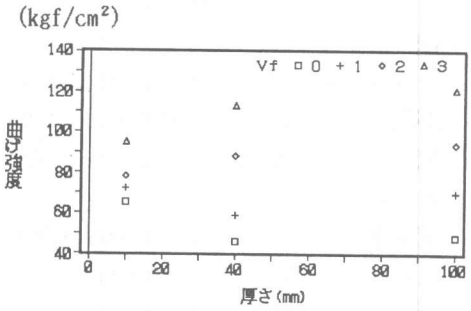
a.材令について

試験体の形状が4X4X16cmで配合条件をW/C=40,Vf=1%とした場合について，材令が１～３２日における曲げ試験の結果を図－６に示す．

また，同一の形状で配合条件をW/C=35,Vf=2.5%とした場合について，材令が７日と３４２日における曲げ試験の結果を図－７に示す．図－６，７より，試験結果は各材令においてかなりばらつきがあり，表－３に示す養生を行った場合には，材令が曲げ強度に及ぼす影響について，特に明確な傾向が認められなかった．



図－７　材令（長期）と曲げ強度



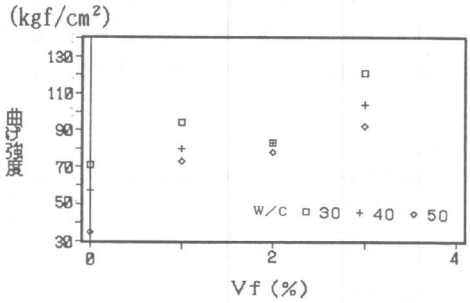
図－８　試験体の厚さと曲げ強度

b.試験体の厚さならびにVfについて

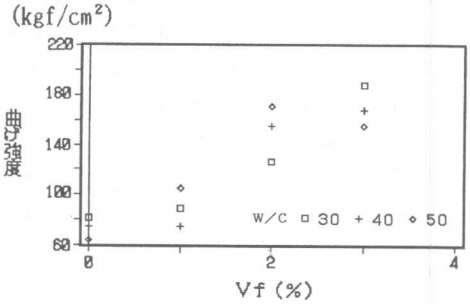
配合条件をW/C=40,Vf=0 ～3%，載荷方法を３等分点載荷方式（曲げスパン一定）とし，単純に厚さのみを変化させた場合の，試験体の厚さとVfと曲げ強度との関係を図－８に示す．これよりVf=1% 以下では厚さが増すと曲げ強度が低下しているが，Vf=2,3% では厚さが増すと曲げ強度も増大しており，Vfの値により試験体の厚さが曲げ強度に及ぼす影響についは，傾向が異なっている．

c.W/C について

試験体の形状が4X4X40cm一定で，載荷方法を３等分点載荷方式とした場合の，W/C とVfと曲げ強度の試験結果を図－９に示す．また，試験体の形状が4X4X16cmで，載荷方法を中央集中載荷方式とした場合の，試験結果を図－１０に示す．これより，W/C の変化にかかわらず，いずれもVfが増すとともに曲げ強度も増大した．



図－９　配合と曲げ強度



図－１０　曲げ強度（中央集中載荷方式）

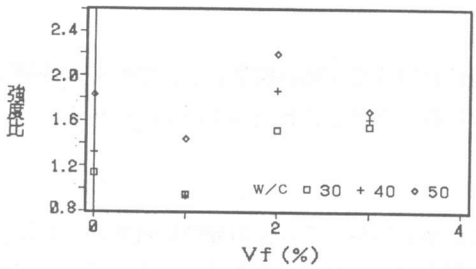
d.載荷方法について

同一形状の試験体により，載荷方法を中央集中載荷方式あるいは３等分点載荷方式とした場合の試験結果をもとに，それぞれの強度の比とVfとの関係を図－１１に示す．これより，強度の比

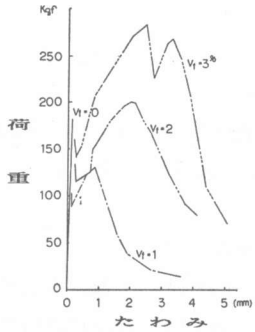
はVfにより変化し，Vf=3% の場合では1.6 倍程度となっている．

e.荷重とたわみの関係について

ア 試験体の形状を4X4X40cm一定とし，載荷方法を３等分点載荷方式で，配合条件をW/C=30%とし,Vf のみを0 ～3%と変化させた場合の載荷荷重と試験体の中央点たわみについて，試験により得られた結果の一例を図－１２に示す．これより，Vf=0% の場合では，載荷荷重の増加とともにたわみは直線的に増大し，最大荷重に達すると同時に破壊に至っている．これに対して，Vf=1～3%の場合には，初期の荷重段階ではVf=0%の場合とほぼ同様な性状を示し，ひびわれが発生し載荷荷重が一度低下する．しかし，ただちに破壊には至らずその後は載荷荷重とたわみが共に増加してゆき，さらにたわみが増大するとともにこんどは載荷荷重が大きく低下する．これより，ビニロン繊維を混入すると，比較的靭性に富んだ破壊性状を示すようになることが，載荷荷重とたわみの試験結果からも伺える．



図－１１　載荷方法と曲げ強度



図－１２　載荷荷重とたわみ

イ 試験により得られた荷重たわみ曲線を用いて曲げタフネス（Tb）を，(1)式により求めることとした．

$$Tb = \frac{\delta_1 \times Pcr}{2} + Pcr \times (\delta_2 - \delta_1) \quad (kgf \cdot cm) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

ここに　Pcr：ひびわれ発生荷重（kgf）　δ_1：ひびわれ発生時のたわみ(cm)

δ_2：荷重が再びPcrに落ちたときのたわみ(cm)

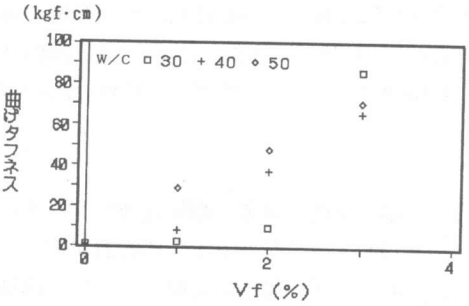
Vf=0 ～3%,W/C=30,40,50の場合の曲げタフネス（Tb）を求めた結果を図－１３に示す．

これより，以下の傾向が認められた．

ア 各W/C ともVfが増加するに従いTbは増加している．

イ W/C が増大するにしたがいVfが小さい値からTbが増加する傾向にある．

ウ W/C=30,40,50%,Vf=0 ～3%の配合条件ではW/C=30%,Vf=3%の場合に，Tbの値は最大を示している．



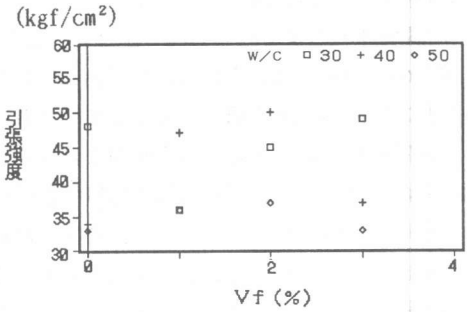
図－１３　曲げタフネス

（３）引張試験

試験体の形状が4X1.5X38cmで，W/C とVfをそれぞれ変化させた場合の試験結果を図－１４に示す．これより，以下のことがらが認められた．

a W/Cが30%の場合には，Vfが 1,2% では 0% よりも引張強度は逆に低下している． W/Cが40，50%の場合にはVfが1,2%では 0% よりも引張強度は増加する．しかし，いずれもVfが3%では0%とほぼ引張強度は同程度の値となる．

b W/Cが40%の場合で，Vfが1,2%の時に引張強度が増大し，ビニロン繊維の補強効果が顕著になる．



図－１４　配合と引張強度

４．まとめ

ビニロン繊維補強コンクリートの力学的な基礎特性に関する試験の結果，これを鉄道防音壁に用いるための基礎データとして，本試験から明らかになった主なことがらを以下に述べる．

（１）圧縮強度について

a 材令については，１週程度まで圧縮強度の増大が著しいが，その後の伸びは緩やかである．

b 配合については，Vfが1%の時に圧縮強度が最大値を示し，以下，Vfが増大するに従って圧縮強度は逆に低下する．

c 試験体の形状については，Vfが2～3%では円柱試験体による強度は立方体試験体による強度の0.9倍程度となる．

（２）曲げ強度について

a 材令については，明確な傾向が認められない．

b 厚さについては，Vfの値により傾向が異なる．

c 載荷方法によって曲げ強度が異なる．

（３）引張強度について

a Vfが1,2%の場合におけるビニロン繊維の補強効果は，W/Cの値によって傾向が異なる．また各W/CともVfが3%では，Vfが0%と同程度の値となる．

b W/Cが40%の場合で，Vfが1,2%の時に引張強度の増大が顕著となる．

参考文献

[1] 松本，斎藤，宮本：繊維補強コンクリートを用いた軽量防音壁の破壊性状に関する研究，第10回コンクリート工学年次論文報告集，pp.135-138,1988

[2] 斎藤，宮本，松本，近藤：ビニロン繊維補強コンクリートを用いた軽量防音壁の力学的性状，土木学会第44回年次学術講演会，pp.302-303,1989