研究速報

UDC 666.981：620.174

網目状の連続繊維によって補強されたセメント系複合板の曲げ載荷試験

Flexural Loading Tests of Cement Composites Reinforced with Continuous Fiber in the Form of Woven Mesh

小林一輔*・松崎　薫*

Kazusuke KOBAYASHI and Kaoru MATSUSAKI

1. まえがき

本文は，網目状の連続繊維によって補強したセメント複合板の曲げ試験結果についてとりまとめたものである．

網目状の連続繊維によって補強したセメント複合板の曲げ性状，すなわち，曲げ強度やひびわれ性状に影響を与える要因としては，網目構造を形成する連続繊維の種類とその体積混入率，網目の寸法，セメントマトリックスの配合および供試体の寸法などがある．

本実験では，網目構造の補強材として，写真-1に示すようなアラミッド繊維を用いたもの(A)と，ワイヤーメッシュ(B)をとりあげた．これらのメッシュサイズはいずれも10 mmである．また，アラミッド繊維の場合には，これを7層に，ワイヤーメッシュの場合には4層に積層成形して，いずれも体積混入率を4.3％とした．アラミッド繊維のメッシュは縦横ともに1500 denier/1000 filament@3本から構成されており，目付は100 g/m² のものである．また，引張強度は25 g/de，弾性率は600 gr/deである．一方，ワイヤーメッシュは素線径が0.6 mmで引張強度は44 kg/mm² のものを用いた．

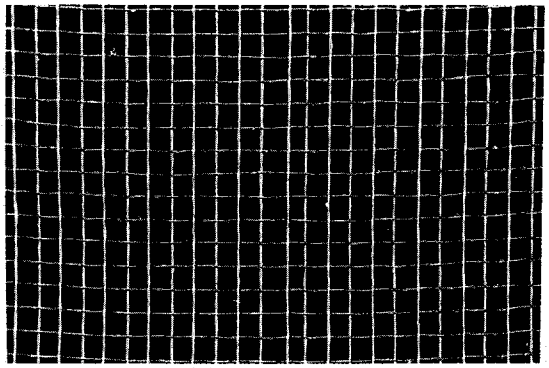

写真-1　メッシュ状のアラミッド繊維

さらに，両者の曲げ性状の位置づけをより明確にするため，比較の対象として以下に示すような2種類の補強材を用いた場合についても曲げ試験を行った．

1)　ϕ0.5×30 mmの鋼繊維を体積混入率で4.3％混入したもの．(C)

2)　異形鉄筋(公称直径6 mm)を2本配置し，鉄筋比を4.7％としたもの．(D)

2. 実験の概要

供試体は10×1.2×40 cmのものを用い，マトリックスとしては，水セメント比が40％のセメントペーストを用いた．

図-1に，A，B，C，D 4種類の補強材の配置を示す．

なお，A，BおよびDの供試体は，あらかじめ補強材をこのように配置しておき，これにセメントペーストを

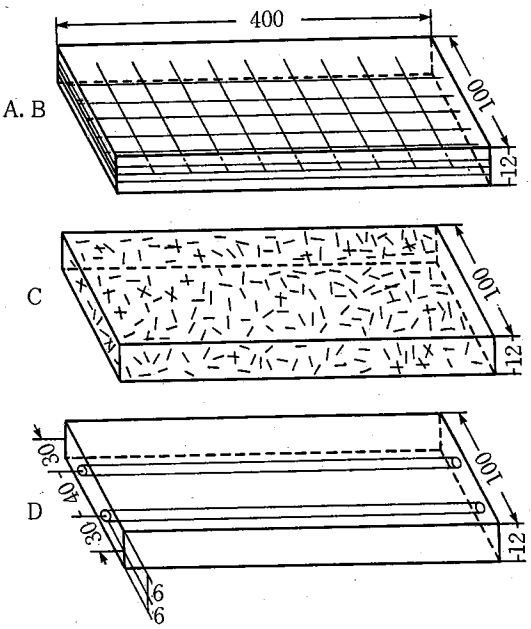

図1　供試体中における各補強材の配置

* 東京大学生産技術研究所　第5部

流し込んで成形した．曲げ載荷は，スパン30 cm，3等分点2点載荷により最大荷重まで加力したのち，除荷する方法により行った．

3. 網目状連続繊維によって補強されたセメント複合板の曲げ強度

図-2～5は，曲げ荷重-中央点たわみの関係を示したものである．

これらの図から，網目状連続繊維によって補強したセメント複合板の特徴をまとめると次のとおりである．

1) 鋼繊維を混入したものに比べて曲げ強度が著しく改善される．

2) 鉄筋を配置したものと比較すると，変形能が格段にすぐれている．

3) 網目状連続繊維によって補強された2種を比較すると，曲げ強度に関しては，アラミッド繊維を用いたものの方がすぐれており，また，曲げ荷重-たわみ曲線において，ひびわれ発生前の剛性に関しては両者の間に差異が認められないが，ひびわれ発生後においては，ワイヤーメッシュを用いたものは徐々に剛性が低下しているのに対し，アラミッド繊維を用いたものは一定の剛性を破壊まで保持する．網目状連続繊維によって補強した複合

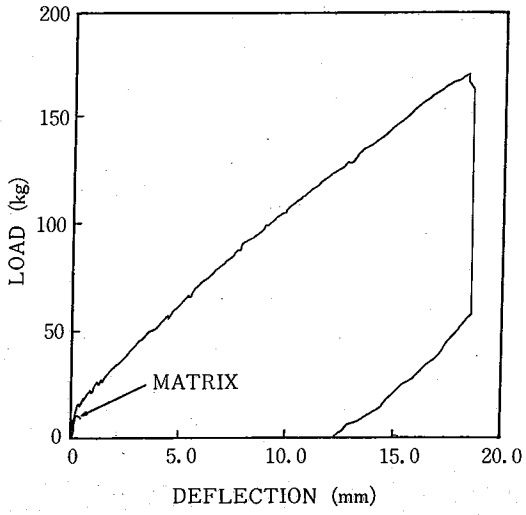

図2　網目状のアラミッド繊維によって補強された供試体の曲げ荷重-たわみ曲線

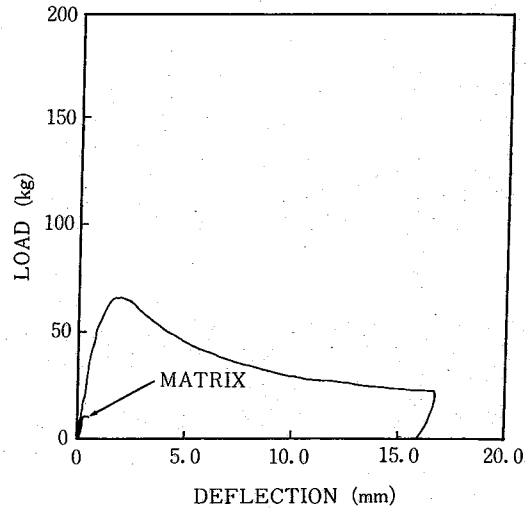

図4　鋼繊維（ϕ0.5×30 mm）によって補強された供試体の曲げ荷重-たわみ曲線

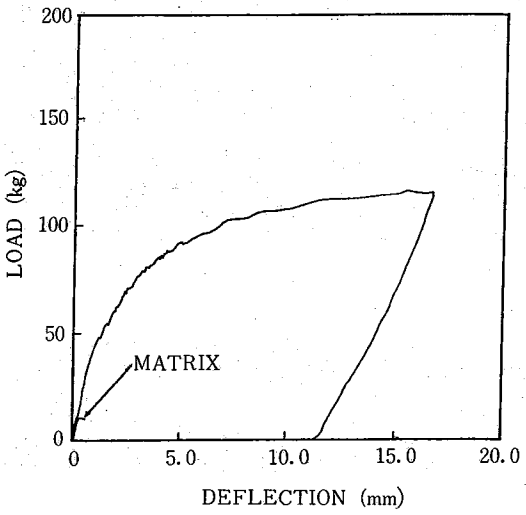

図3　ワイヤーメッシュによって補強された供試体の曲げ荷重-たわみ曲線

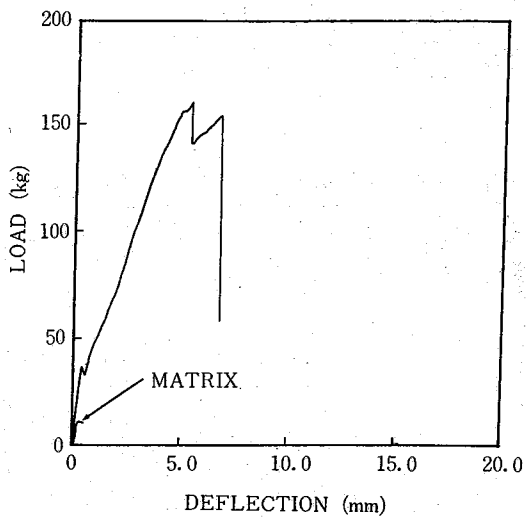

図5　異形鉄筋（D6）によって一方向に補強された供試体の曲げ荷重-たわみ曲線

体の場合に鋼繊維を混入したものに比べて，すぐれた曲げ強度が得られる理由については，網目状構造がセメントマトリックスによって効果的に定着されるためと考えられる．

4. 網目状連続繊維によって補強したセメント複合板のひびわれ性状

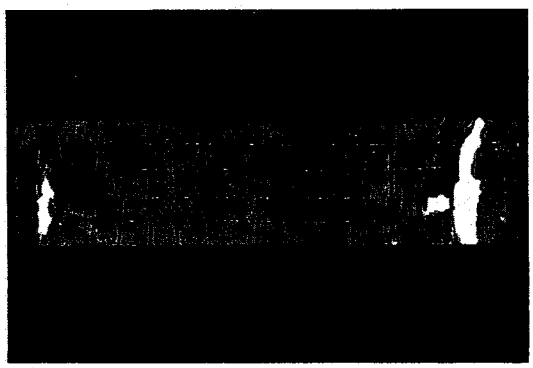

写真-2　網目状のアラミッド繊維によって補強された供試体のひびわれ性状（引張側）

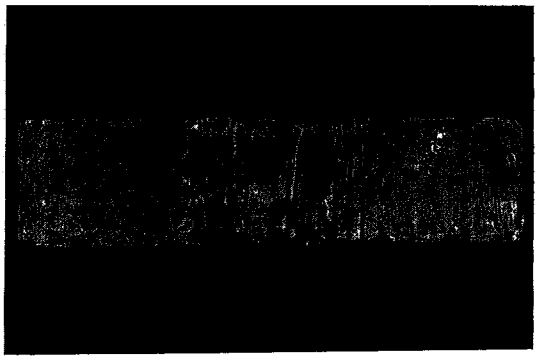

写真-3　ワイヤーメッシュによって補強された供試体のひびわれ性状（引張側）

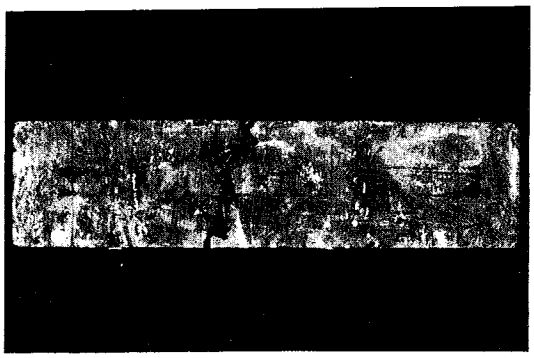

写真-4　鋼繊維によって補強された供試体のひびわれ性状（引張側）

写真-2～6は，実験終了後の各供試体のひびわれの状況を示したものである．このうち，写真-2～5は，引張側である底面のひびわれ状況を示し，写真-6は，上からA，CおよびBの供試体の側面のひびわれ状況を示したものである．

これらの写真から各供試体のひびわれ特性をまとめると次のとおりである．

1)　鉄筋を配置したものは，曲げひびわれのある段階から，鉄筋に沿った縦ひびわれを発生してマトリックスが分解し破壊している．

2)　鋼繊維を混入したものは，ほぼスパン中央部に曲げひびわれが発生し，これが成長して曲げ破壊を生じている．

3)　網目状連続繊維によって補強したものは，複数のひびわれが発生しており，ひびわれの分散効果が認められる．ただし，ワイヤーメッシュによって補強したものは，スパン中央部付近にひびわれが集中する傾向があるのに対し，アラミッド繊維によって補強したものでは，支点間のほぼ全域にわたってひびわれが一様に分散している．

以上のひびわれ性状は図-2～4に示した3種の複合板の曲げ荷重-たわみ特性とよい対応を示している．すなわち鋼繊維のような不連続繊維によって補強され，しかも最大荷重以降の破壊が繊維の引抜けによって進行する場合には，ひびわれは一般に1ヵ所に集中して発生し，

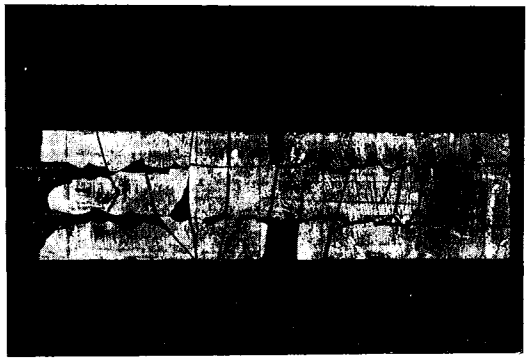

写真-5　異形鉄筋（D6）によって一方向に補強された供試体のひびわれ性状（引張側）

写真-6　網目状アラミッド繊維(上)，鋼繊維(中)およびワイヤーメッシュ(下)によって補強された供試体のひびわれ状態(側面)および残留変形

この部分が塑性ヒンジとなって破壊に至るので最大荷重時の変形は比較的に小さい．一方，網目状の連続繊維によって補強された複合板では，マトリックスの1部にひびわれを生じても繊維によって引張力が伝達されるので耐力は増大を続け，複合体の破壊は繊維の破断もしくはマトリックスの割裂によっておこる．この間，マトリックスには最小ひびわれ間隔が，次式で与えられる繊維のマトリックスに対する応力伝達長さ（x'）に等しく，最大ひびわれ間隔が$2x'$となるようなひびわれを発生し，マトリックスには，多数のひびわれが分散して生ずることになる．[1)]

$$x'=\frac{V_m}{V_f}\cdot\frac{\sigma_{mn}\cdot\gamma}{2\tau} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに　V_m：マトリックスの容積

V_f：繊維の容積

σ_{mn}：マトリックスの破壊時ひずみ

τ：x'間における繊維-マトリックス界面の最大せん断応力度

（1）式より明らかなように，多数のひびわれを発生させるためには，繊維量（V_f）を増すとともに，マトリックスとの付着特性のすぐれた補強材を用いる必要がある．

網目状の繊維を用いた場合，横方向の繊維は（1）式のV_fには寄与しないが，τを著しく増大させる効果があると考えられる．

アラミッド繊維を用いた複合板ではひびわれがスパン全域にわたり一様に分散して発生しているのに対し，ワイヤーメッシュを用いた場合には，ほぼ同数のひびわれがスパン中央部寄りに偏って発生しているのは，アラミッド繊維と比べてマトリックスに対する付着面積が著しく小さいことによるものと考えられる．このために，その曲げ荷重-変形特性（図-3）は，アラミッド繊維の場合（図-2）と鋼繊維の場合（図-4）のほぼ中間の特性を示している．

あとがき

本実験の実施に当たっては第5部魚本助教授より種々助言をいただいた．また，本実験に用いたアラミッド繊維は帝人株式会社より提供されたものである．ここに記して謝意を表する．

（1982年11月8日受理）

参考文献

1）Aveston, J. etal : The Mechanism of Fiber Reinforcement of Cement and Concrete, NPL Report, No. SI, No. 90/11/98, Part I, Jan. 1975