

立体繊維材料を用いたコンクリート建物の外壁改修技術の開発

その3 繊維の改良

○栗秋 裕次 *1
長谷川哲也 *2
畑中 重光 *3
谷川 恭雄 *4

1. はじめに

筆者らは、高性能な外壁カバー工法(湿式)を提案・実用化することを目的として、前報¹⁾、²⁾に示したように、「フィラー+立体繊維材料(ネット)+仕上げ材」で構成された複合体の各種耐力について実験を行った。その結果、想定する外力に対し、使用するアンカーピンの本数を最少限度にとどめ、かつ破壊安全性を高める方法のひとつとして、ネットの改良が効果的であることを明らかにした。

本研究では、前報¹⁾、²⁾で提示した外壁カバー工法に用いる新たなネットを選定することを目的として、ネットの破裂強度等の確認試験を行った。本報では、その結果について報告する。

2. ネットの選定方針

ネットの破裂強度を向上させるには、立体繊維のうち面内方向の繊維の耐力を上げる必要がある。その具体的な方法として、以下の事項が考えられる。

- ① 単位断面内の繊維量を増加
- ┌ 編み目を細かく
 - └ 繊維径を太く
- ② 強い材料に変更
- ┌ 別種の材料
 - └ または補強 同種の材料

ここで、編み目を細かくすれば接着阻害の要因になり、複合体としての剛性が低下することも予想されるため、前報¹⁾、²⁾で用いたネット以上に編み目を細かくすることは難しいと判断した。また、繊維径を太くすると、前報¹⁾、²⁾で用いた繊維のように、六角メッシュに織ることは非常に困難になる。

表-1 各種繊維の材料特性^{3)~7)}

項目	単位	炭素繊維 PAN系	アミド繊維 テノール	ガラス繊維	ビニロン	ポリエステル	ポリプロピレン	ナイロン
引張強度	kgf/mm ²	250~720	310	180~350	70~150	50~115	35~75	50~105
弾性係数	kgf/mm ²	23000~ 70000	7700	7000~ 7600	1100~ 3700	1100~ 2000	330~1000	200~510
破断伸度	%	0.5~2.4	4.7	2~3	6~22	7~17	15~25	17~45
湿熱収縮率 100℃×30min	%	0	0	0	1.9~2.9	0	0	1.6~2.8
乾熱収縮率 160℃×30min	%	0	0	0	0.3~0.8	2~8	2.9 130℃×5min	1.0~2.5
熱軟化点	℃	300℃で酸化 開始(酸素中)	不明瞭	800~975	不明瞭	238~240	140~160	180
熱溶解点	℃	2000℃まで 不変(窒素中)	550℃で 分解開始	不明瞭	240以上	255~260	165~173	215~220
耐アルカリ性		◎	◎	△~○	○	△~○	◎	◎
耐酸性		◎	◎	△~○	◎	△~○	◎	○
モルタルの 付着性	親水性(公定水分率)(%)	0.03~0.05	2	0~1	5	0.4	0	4.5
	糸の表面形状	滑らかな状態	滑らかな状態	滑らかな状態	繊維方向に溝掘り	滑らかな状態	滑らかな状態	滑らかな状態
面内方向(2次元)織りが出来るか		×	○	○	○	○	○	○

*1 ㈱INAX

*2 日本診断設計㈱

*3 三重大学工学部建築学科助教授

*4 名古屋大学工学部建築学科教授

強い繊維への変更も考えられるが、ここでは前報^{1)、2)}で使用した三次元編目不織布をベースとし、これを補強することを考えた。

各種の繊維の材料特性を表-1に示す。これによれば、「炭素繊維」は1軸織りしか出来ず、しかも高価なこと、「ガラス」と「ポリエステル」はアルカリに弱いこと、「ポリエステル」と「ナイロン」は単位歪み量に対しての引張り応力が弱いことなどが判る。結果として、『アラミド繊維』と『ビニロン繊維』が最適であると考えた。以下、これら2つの繊維について試験を行う。

3. ネットの織り方

上記で選定された素材によるフィラメントを面内方向に配置した繊維（補強立体不織布）の織り方の概念図を図-1に示す。

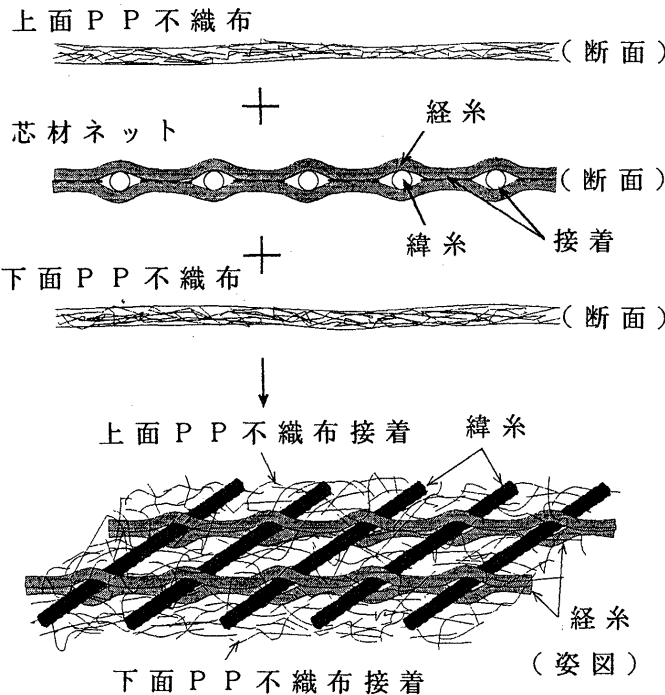


図-1 補強立体不織布概念図

4. 破裂強度試験

4.1 試験概要

ネットの構成を決定するために、φ35のワッシャーを用いて、表-2の試験NO.1~6のネットの破裂試験を行った（図-2参照）。

また、ワッシャーの接触状態が悪い場合も考慮して、φ25またはφ35を半分にかットしたワッシャーでの試験(NO.7~10)も行った。

表-2 ネット構成およびワッシャー種類

試験No.	タテ糸 (径×本)	ヨコ糸 (径×本)	糸間隔 (mm)	ワッシャー 種類
1	ビニロン 1000d×2	アラミド 1500d×1	10×10	φ35
2	アラミド 1500d×1	ビニロン 1800d×1	10×10	φ35
3	アラミド 1500d×1	アラミド 1500d×1	10×10	φ35
4	アラミド 1500d×1	アラミド 1500d×1	10×10 3軸	φ35
5	ビニロン 1000d×2	ビニロン 1800d×1	10×10	φ35
6	ビニロン 1000d×2	ビニロン 1800d×1	14×14	φ35
7	ビニロン 1000d×2	アラミド 1500d×1	10×10	φ25
8	ビニロン 1000d×2	アラミド 1500d×1	10×10	φ35 の1/2
9	ビニロン 1000d×2	ビニロン 1800d×1	10×10	φ25
10	ビニロン 1000d×2	ビニロン 1800d×1	10×10	φ35 の1/2

4.2 試験方法

ネット単体の破裂強度測定試験JIS L 1018. 6.17.2 B法(定速伸長形法)を改良し、図-2に示すような試験片の上にワッシャーを載せて、押し棒で加圧する試験方法を採用した。

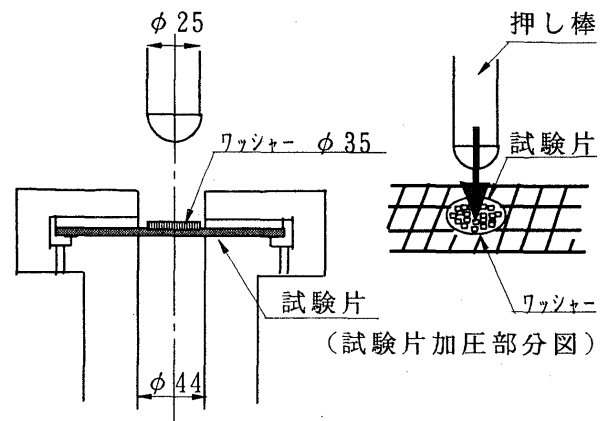


図-2 定速伸長形試験

4.3 試験結果

試験結果を表-3に示す。

表-3 ネットの破裂試験結果

試験No.	平均値 (kgf)	σ_{n-1} (kgf)	試験No.	平均値 (kgf)	σ_{n-1} (kgf)
1	103.8	10.3	6	58.5	10.4
2	77.8	1.0	7	54.6	6.0
3	91.1	2.0	8	57.1	6.1
4	91.7	5.2	9	65.1	7.7
5	88.8	10.4	10	79.7	8.7

注) σ_{n-1} : 標準偏差

試験結果により考察される事項を以下に記す。

【ネットの構成】

- ① 糸間隔10×10のネット(NO.5)は、14×14の場合(NO.6)の1.5倍の破裂強度を示す。
- ② 糸間隔10×10のネット(NO.3)と3軸ネット(NO.4)との破裂強度の差はほとんどない。

【ワッシャーの接触条件】

- ③ φ35mmワッシャーの円周に対し、φ25mmとφ35mm半分のワッシャーの円周は、各々約78.5%と81.8%である。ビニロン繊維を用いた試験結果(NO.5, NO.9, NO.10)によれば、破裂強度は円周比の約1割以内のバラツキの範囲で比例している(φ25…約73%、φ35×1/2…約89.7%)。
- ④ ビニロンとアラミド繊維を併用した試験片では、③でみられる円周比に比例するような傾向はみられない。すなわち、ネットの破裂強度はワッシャーの接触条件にあまり左右されない可能性がある。

5. ネットの(仮)選定

上記の試験結果に基づき、以降の試験を行うために仮選定したネットの構成を表-4に示す。

表-4 試験を行うネットの構成

ネット略称	タテ糸 (径×本)	ヨコ糸 (径×本)	糸間隔 (mm)
BA	ビニロン 1000d×2	アラミド 1500d×1	10×10
BB	ビニロン 1000d×2	ビニロン 1800d×1	10×10

6. ネットの環境条件による強度変化

6.1 試験概要

表-4のネット(以下、BAネット、BBネットと呼ぶ)について、環境条件が異なる場合(大気温が0℃、20℃および50℃の場合および20℃水中に浸漬させた場合)での引張強度を測定する。

表-5に試験の要因と水準を示す。

表-5 試験の要因と水準

ネット略称	温度(℃)			水濡れ (20℃)
	0	20	50	
BA	タテ糸: ビニロン1000d×2本			
	ヨコ糸: アラミド1500d×1本			
BB	タテ糸: ビニロン1000d×2本			
	ヨコ糸: ビニロン1800d×1本			

ここで温度とは試験体および試験雰囲気との

方の温度を示す。

6.2 測定方法

JIS L 1085.5.4(引張強さ及び伸び率試験法)に準拠する。

6.3 試験結果

試験結果を図-3に示す。

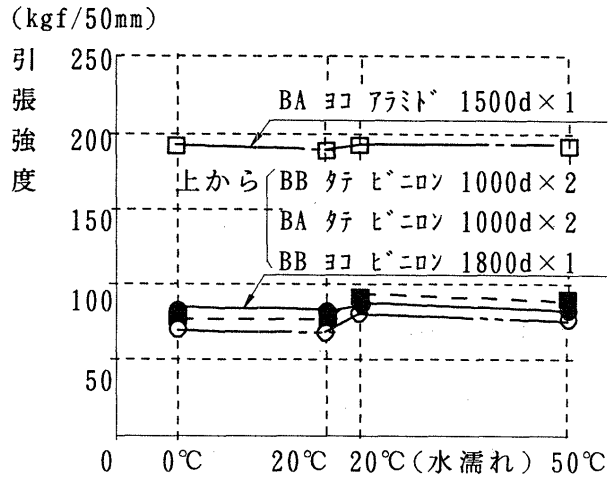


図-3 温度・水濡れ試験結果

試験結果から、双方のネットとも、0~50℃の温度条件や水濡れに対して、引張強度は安定していることが確認できる。また、ビニロンの1000d×2本と1500d×1本のネット強さは殆ど等しく、BBネットの場合、タテ糸とヨコ糸の強度的なバランスは良い。

従って、暫定的に選定した2種のネットを経済性も考慮して更に絞り込み、以降は「BBネット」のみで試験を行うこととした。

7. 複合体とピンの接合強度試験

7.1 試験概要

試験方法は前報その2²⁾にほぼ準拠するが、本研究ではモルタル接合強度を向上させるため、2mmの下地層を設けた。

また、試験要因としては、試験片サイズと引張速度の2水準を取り上げた(引張速度は、破裂試験加圧速度と同じ速度とした)。

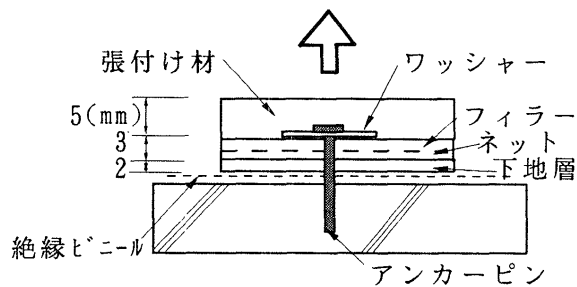


図-4 複合体の構成

7.2 試験結果

試験結果を図-5、6に示す。

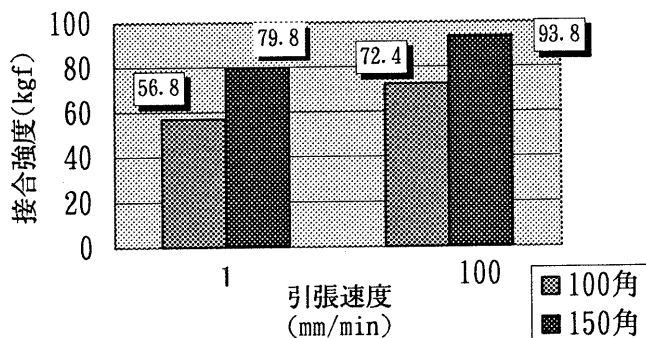


図-5 ネットの接合強度 (平均値)

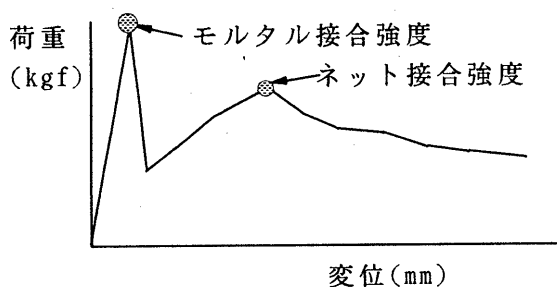


図-6 接合部の荷重-変位曲線

試験結果から、以下の考察ができる。

- ① 引張速度が大きくなることにより、接合強度が向上する。また、破裂強度試験と同じ100mm/minの速度の場合、接合強度(93.8kgf)と破裂強度(88.8kgf)はほぼ一致する。すなわち、ネット単体の接合力を求める場合には、破裂試験で代用可能である。
- ② 試験片のサイズにより接合強度に差がみられる。これは、試験片の小さいものでは、モルタル破壊が試験体端部まで及ぶことに

<参考文献>

- 1) 長谷川哲也他：立体繊維材料を用いたコンクリート建物の外壁改修技術の開発（その1 開発研究の位置付けと概要）、日本建築仕上げ学会学術講演会研究発表論文集、pp. 39~42、1995
- 2) 長谷川哲也他：立体繊維材料を用いたコンクリート建物の外壁改修技術の開発（その2 試験および設計）、日本建築仕上げ学会学術講演会研究発表論文集、pp. 43~46、1995
- 3) 宮坂啓象他：第一部門 繊維材料とその製法-繊維基礎編、繊維便覧（繊維学会編）、pp. 1~231
- 4) 繊維の分類・性能・製造工程・原単位等、繊維ハンドブック（日本化学繊維協会編）、pp. 319~337、1996
- 5) 高橋正夫他：素材編 4. 合成繊維 5. 無機繊維 6. 高性能・高機能繊維、産業用繊維材料ハンドブック（（社）繊維学会編）、pp. 43~175
- 6) 藪田為三他：化学繊維・フィラメント糸の物理化学的性質、化繊便覧（繊維学会編）、pp. 93~131
- 7) 宮本武明・本宮達也著：第3章 合成繊維の製造法と用途、第4章 スーパー繊維（高強度・高弾性率繊維）新繊維素材入門、pp. 43~101

よって、ネットの保持が不安定になりやすいためと推察される。

- ③ 前報²⁾と比較して、同一条件でのネット接合強度は約1.3倍となっている。試験片を大きくしたものと比較すると約1.6倍となる。
- ④ また、モルタル接合強度については、約1.5倍の強化となっている。これは、下地層を設けたことが大きく寄与していると思われる。

8. むすび

本研究で行った3シリーズの試験により、筆者らの提案する外壁カバー工法に用いるネットを改良することができた。また、下地層を設けることで、複合体とアンカーピンの接合強度を向上させ得ることも確認できた。しかしながら、工業製品であるネットと比較して、モルタル接合強度はやや不安定であるため、下地層厚を一定以上に確保するなどの下地材料の改良も必要と考える。

最後に、本研究の一部は平成8年度文部省科学研究費補助金・一般研究(C)（代表研究者：谷川恭雄）によった。付記して謝意を表す。

【謝辞】本研究にあたり、ご協力を頂いた㈱I N A X建材技術研究所施工技術研究室室長山崎健一氏、㈱リノテック特販部 佐々木順加氏、日本スタッコ㈱技術部部长 野沢清志氏、倉敷繊維加工㈱研究開発次長 江口正彦氏、および研究開発部 徳広敏弥氏に深謝いたします。