

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

長谷川哲也 (株)リノテックエンジニアリング) ○中杉 慎一 中島 和幸 (株) INAX) 畑中 重光 (三重大学) 谷川 恭雄 (名古屋大学)

1. はじめに

前報 (その1) では、外壁仕上げの種類にかかわらず施工可能な汎用型湿式カバー工法に関する開発研究の位置付けと工法の概要について述べた。本報 (その2) では、試験の実施結果および風荷重に対する安全率の検討結果について報告する。

2 ネットの決定試験

2.1 版のせん断耐力 (試験①)

(1) 試験方法

フィラー+ネット+タイル張付けモルタルで構成された30cm×30cmの版体 (前報 (その1) 図-5参照) を作製して、旧仕上げ層既存との界面剝離状態を想定した10cm×10cmの穴がくり抜いてある治具を下面に接着させた。さらに図-1のような治具を、くり抜いてある穴の直上に取り付け、万能試験機を用いて面外に引張り、版自体のせん断耐力を測定するとともに、破壊状況を観察した。

(2) 試験結果

いずれのネットを用いた場合でも概ね図-2のような結果となった。すなわち、まずモルタルの破壊がおこるが、その後ネットの効果があらわれ、中央変位が約40mm程度まではネットの破断を生じない。モルタル破壊時の最大荷重からせん断強度 (斜め引張強度) を求めると、以下の関係が得られた。

(ネット種類) 2次元 3次元不織布 3次元片側 3次元両側

(せん断強度) $6.5 < 7.6 < 7.9 < 8.3$

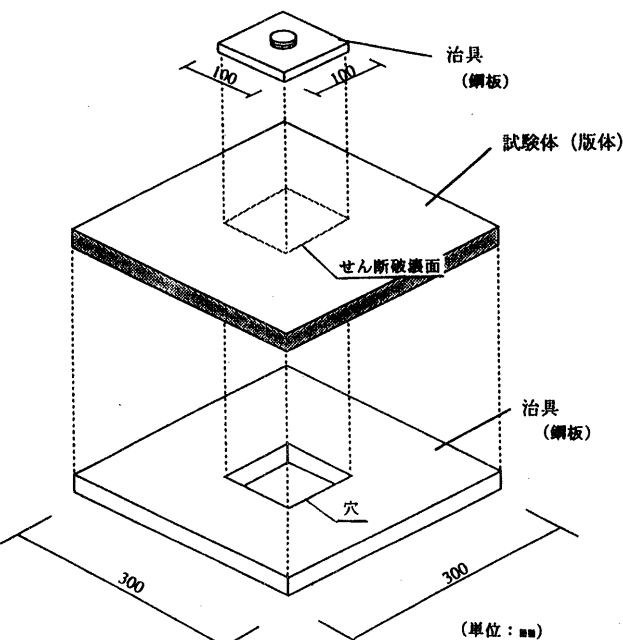


図-1 せん断試験方法

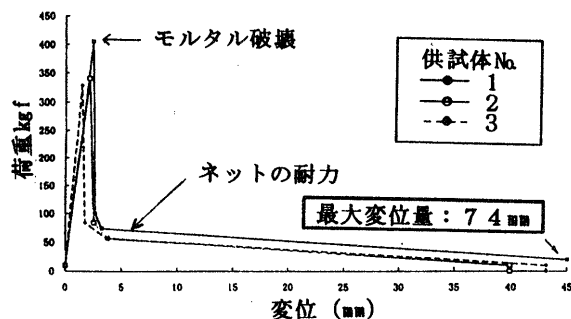


図-2 せん断試験結果 (3次元片側ネット)

(単位: kgf/cm^2)

以上のように、どのネットを使ってもモルタル層のせん断強度に大きな違いは見られない。

2.2 版構成材の層間接着耐力 (試験②) について

(1) 試験方法

フィラー+ネット+タイル張付けモルタルで構成された10cm×10cmの版体を作製した。試験体は図-3のように治具を両側からエポキシ樹脂で接着し、万能試験機を用いて版の面外方向へ引張り、版の面内の層間接着力を測定するとともに、破壊状況を観察した。

(2) 試験結果

図-4に破壊位置凡例を示す。3次元不織布を用いた場合にはネット層の凝集破壊が、その他のネットではフィラー~ネットの界面破壊、またはフィラー層の凝集破壊が見られた。

3次元ネットを用いた場合、必ずZ軸方向に繊維が生えていない側で界面破壊が生じる。破壊耐力が特に小さい値ではないが、3次元ネットのZ軸方向の両側に繊維が出ていたとすれば、強度はさらに上がるものと思われる。繊維についての今後の課題と言えよう。

2.3 版とピンの接合耐力 (試験③)

(1) 試験方法

試験要因としてワッシャーの径

(φ25mm、φ35mm) および枚数 (1枚、2枚重ね使用) を取り上げ、合計4種類の試験体について比較試験を行った。図-5に示すように版体は躯体から完全に浮いており、ピンのみ (埋め込み深さ20mm) で固定されている。

(2) 試験結果

引張り荷重を増加させていくと、まず始めにモルタル (フィラー) が、ワッシャー周囲でせん断破壊を起こす (図-6のA点)。次に同じ部分でネットのせん断破壊が序々に進行してゆく (図-6のB点)。A点とB点の耐力を比較した図-7によれば一般にモルタル (フィラー) の押抜きせん断耐力 (A点の荷重) は、ワッシャーの枚数が2枚になると上がっている。しかし、ワッシャーの径が大きくなることによる耐力の差は、あまり明確には見られない。一方、ネットの耐力 (B点の荷重) には、ワッシャーの枚数による差が余り見られないが、径が大きくなることでは耐力が上がっている。

2.4 版の曲げ耐力 (試験④)

(1) 試験方法

20cm×6cmの版体を用いて曲げ試験を行った。図-8のように版の中央の上下端には、ワイヤーストレインゲージを貼り付けてひずみを、また下方より中央の変位を測定し、曲げ剛性と曲げ変形能力を測定した。ここで荷重は負の風圧力に対応させるために、載荷方向は一般に繊維の効果が得られない方向になっている。

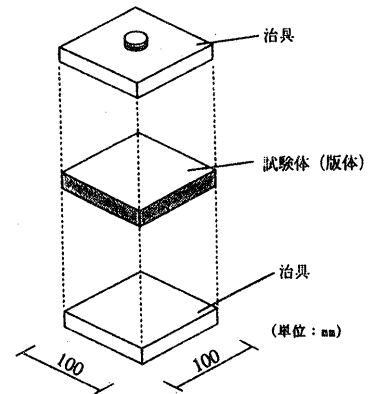


図-3 層間接着耐力試験

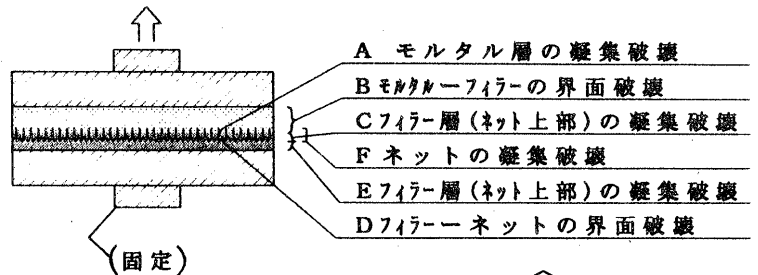


図-4 破壊位置凡例

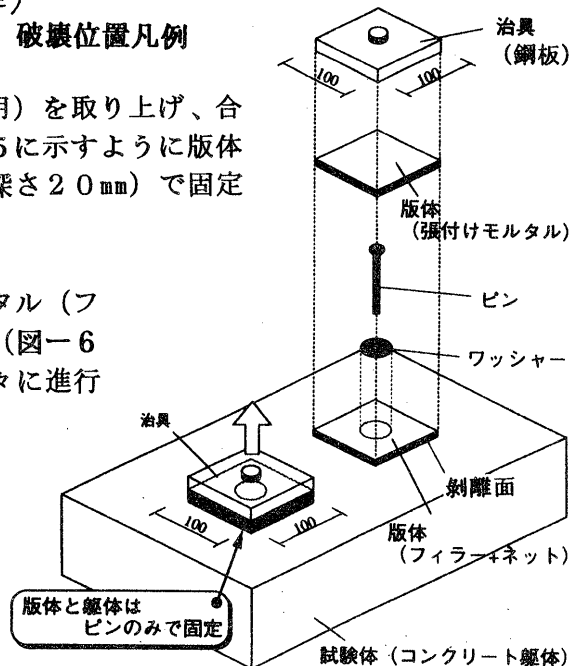


図-5 版とピンの接合耐力試験方法

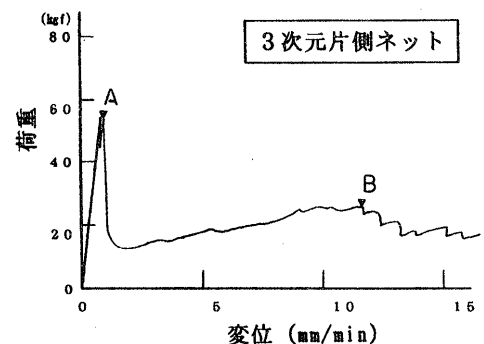


図-6 版とピンの接合耐力試験結果の例

(2) 試験結果

曲げ試験結果を表一に示す。曲げ強度の値を比較すると、3次元片側と2次元ネットを用いた場合に曲げ強度が高く、3次元両側ネットを用いた場合では、フィラーを厚く塗ったものが特に低い値を示した。これは張付けモルタルよりフィラーの強度が弱いためと考えられる。また断面あたりの繊維の量が多いものの方が弱くなっている。すなわち繊維は曲げ耐力に寄与しておらず、かえってモルタルの断面欠損を招いている可能性がある。

3・アンカーピンの配置とワッシャー径の決定試験(試験⑤、⑥)

ピンの引抜き耐力(試験⑤)およびピンのせん断耐力(試験⑥)について、以下に一括して示す。

(1) 試験方法

30cm×30cm×10cmのコンクリート躯体内に、ピンを打ち込み(深さ10mm、20mm、30mm)、打ち込み引張試験については版体をジャッキで面外方向へ(図一5参照)、せん断試験については治具を介して版体を面内方向へ引張った。

(2) 試験結果

引抜き・せん断ともピンの破断は無く、ほぼ全てコンクリートが破壊した。したがってコンクリート内への埋込み長さが長い方が強度が高くなっている(表一)。

4. 負圧に対する設計

4.1 外力の想定

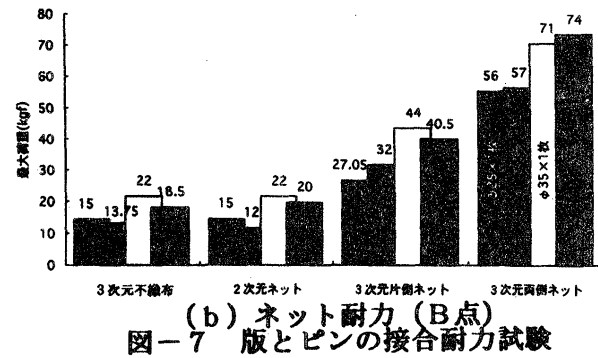
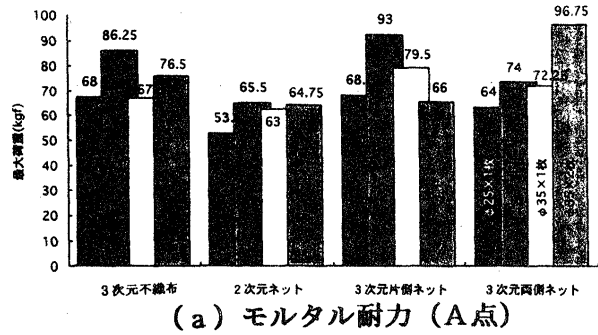
本工法では、まず高さ31m以下の建物に施工できるように開発を進めるものとする。壁面にかかる水平方向の外力については負圧(風圧力)が考えられる。建築基準法施行令第87条、建設省告示第86号によれば、高さ31m以下の建物について、外壁の受ける速度圧は図一9に示すように16mを境として上と下では違ってくる。風力係数はどちらの領域も0.4となっている。A領域は31m、B領域は16mとしてそれぞれの部分の負圧を計算する。

A領域: $0.4 \times 120 \cdot 4\sqrt{h} \approx 113 \text{ kgf/m}^2$

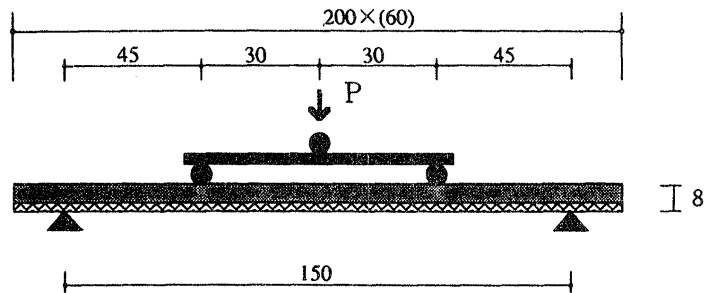
B領域: $0.4 \times 60 \cdot \sqrt{h} = 96 \text{ kgf/m}^2$

4.2 最終破壊モード

一連の試験結果より、新規仕上げ層の版体(試験①、図一2)、(試験②)、版とピンの接合部(試験③、図一6)、そしてピンの



図一7 版とピンの接合耐力試験



表一 版の曲げ破壊試験結果

試験体	曲げ強度 kgf/cm ²	Pmax時の中央変位 (mm)
立体編目不織布	48.4	0.86
2次元ネット	56.1	0.79
3次元片側ネット	59.6	0.82
3次元両側ネット フィラー層 3mm	44.5	0.56
3次元両側ネット フィラー層 6mm※	26.1	0.94

表二 ピンの引張りおよびせん断試験結果

試験体	引張荷重(kgf)	せん断荷重(kgf)
穿孔深さ15mm	570	873
穿孔深さ20mm	693	1150
穿孔深さ30mm	860	1453

耐力（試験⑤⑥、表-2）を比較すると、版とピンの接合部（試験③）の耐力が圧倒的に小さい。よって一定の外力を想定すると、まず破壊が起こるのは版とピンの接合部であると考えられる。

4.3 負圧に対する安全率と必要ピン本数

最も低い耐力が得られた版とピンの接合耐力試験（試験③）を中心に、負圧に対する安全率と必要ピン本数を算定してみる（表-3参照）。施工性を考慮すると、1 m²あたりに打つピンは4本としたい。この場合外力に対する1本当たりの必要耐力は

領域A：113/4 = 28.3 kgf/本

領域B：96/4 = 24 kgf/本

となる。試験③の結果から、3次元の2つのネットを用いた場合の接合耐力のおよその最低値は、φ35mmのワッシャーを用いた場合、

モルタル：60 kgf/本

ネット：40 kgf/本

である。上記の試験結果と比較すると、領域Aについては、モルタル強度が安全率約2、ネットの強度が安全率約1.4となっている。各種条件下では外力が各ピンに均等にかかるとは断言できず、この安全率はより小さく見積もっておく必要がある。

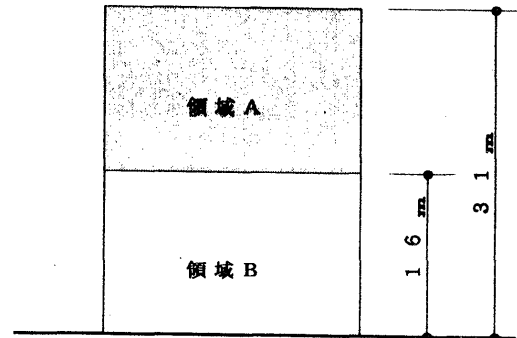


図-9 負圧を受ける帳壁の範囲（風力係数算定用）

表-3 水平方向の安全率と必要本数

面外への負圧 (風圧力)	試験項目 (部位)	ピン1本分の耐力 (試験結果より)	1 m ² 当たり4本打設時の ピン1本が受ける負圧	1 m ² 当たり4本打設時に おける安全率	1 m ² 当たり 必要ピン本数
A: 113 kgf/m ²	ピン穿孔深 さ 20mm	660 kgf	A: 113/4 = 28.3 kgf B: 96/4 = 24 kgf	A: 660/28.3 = 23.3 B: 660/24 = 27.5	4本で十分
B: 96 kgf/m ²	版とピン の接合	モルタル耐力 60 kgf		A: 60/28.3 = 2.12 B: 60/24 = 2.5	安全率を2倍以上 とすれば4本以上 安全率を4倍以上 とすれば8本必要
	(ワッシャー 径φ35)	ネット耐力 40 kgf		A: 40/28.3 = 1.41 B: 40/24 = 1.67	安全率を1倍以上 とすれば4本以上 安全率を2倍以上 とすれば8本必要

5. 結論

(1) ネット：モルタル破壊後に、はじめてネットの強度が効いてくる。ネットは変形に対しては有効に働いているが、強度への寄与は小さい。

(2) ネットを含む版体：水平方向に負圧を受ける版体の最大耐力は、ネット張付け材(ワイヤ)を含むモルタルの強度に依存する。

(3) 版体とピンの接合部：版体が負圧を受ける場合には、この接合部が版体の強度を支配する。

(4) ピン：本工法で使用したピン(アンカーピン)は、十分な引張りおよびせん断耐力を有する。

6. 今後の課題

今後、ピンの本数を最小限にとどめ、かつ破壊安全率を高めるために以下の事項について検討を続けたい。

(1) 版体：負圧に対する版体の剛性、強度、および靱性をさらに向上させる。ここで、負圧に対してはピン頭部(ワッシャー部分)で破壊すると推定されることから、版体の内側(ネット張付け材より内側の層)に新たな下地層を設け、ワッシャー下のモルタル層の厚みを増して耐力を向上させることも考えられる。

(2) ネット：版のモルタルにひび割れなどを起こした後でも版体を剥落させないといった、安全面での効果を向上させる。そのため繊維を太くするなどして繊維自体の強度を上げ、亀甲状の編み目部分の面積を大きくし、施工上でも有利で、かつモルタルとの付着力を向上させることができるネットを新たに作製する。

本研究費の一部は、文部省科学研究費補助金・一般研究(C) (研究代表者：谷川恭雄) によったことを付記する。