雇い実工法によるカーテンウォール外壁材料の取り付け金具 に関する考察

THINKING ON HARDWARE OF FIXING CURTAIN WALL WITH SPLINE JOINT

鈴木 要*

Kaname SUZUKI

Spline joint has been usually fixed with nailing on the frame of structure. So it is impossible to release from the deformation of the structural frame. In this report, wall panel with a spline joint mechanism has become to have a curtain wall mechanism with introducing peculiar hardware. Especially that has discussed from the structural and the extent of accomplishment point of view.

Keywords: curtain wall, hardened cement paste, fixed point, slide point, spline joint

カーテンウォール, セメント硬化体, 固定点, スライド固定点, 雇い実

1. はじめに

材料の取り付け工法としての雇い実工法は、雇を造り出す本実工法と異なり、接合する双方の部材に溝をしゃくり、溝に他の部品を実として埋め込み、双方の部材を接ぎ合わせる工法であり、建造物の各所に使用される工法である。その特徴としては、小さな部材を組み合わせにより大きな部材として構成可能とする点にある。しかし、固定方法は、特に木質系においては、釘により確実に下地に固定することに主眼が置かれ、現況の固定方法では、下地の変形（構造体の層間変位など）を吸収することは困難といえる。

一方、高層建築の外壁に使用されることの多い、カーテンウォール工法は¹⁾、金属系、プラスチック系、コンクリート系などの材料により構成されることが多く、構造的には、躯体部分の柱、梁と外壁パネルは一体化されておらず、スライド、ロッキング、面内撓みなどにより躯体の変形を吸収する構造がとられている。

ところで、建設現場の至る所で建築材料として使用されることの多いコンパネは、製造方法の技術的進歩により大量生産が可能となったが、同時に、供給過剰による、コンパネの価格低迷現象を生じた。そこで、コンパネをセメントモルタルと複合化し、木質下地の外壁材として工場生産できたならば、木造下地への取り付けが容易で

ある、施工工程が簡略化される、工場生産であるため、現場施工と異なり、外壁材として確実な強度のセメントモルタルが得られるなどの有用性が期待できる。また、コンパネの価格相場に関係なく、外壁材を構成する部材の一部としての需要が生じるため、コンパネに付加価値を付けるなどの経済的効果の生じることも期待される。このような期待を含めて、本報告は、木質下地のセメント系カーテンウォールで、雇い実工法でもある、外壁材の躯体への固定方法に関する考察を行うものである。具体的には、雇い実工法による、外壁材料の、取り付けに使用する金具の考案が、カーテンウォール工法として完成していく経過において重要なポイントであることを、構造的視点と工法的完成度の視点から考察するものである。

2. 対象外壁材の概要と問題提起

外壁材料の構成概要を図-1に模式図により示す²⁾。表面はセメントモルタル、木質骨格を持ち、防水兼断熱層をメタルラスにより包み、構造用合板（コンパネ）にステーブル打ちをすることにより固定されている。製品の寸法のモジュールは、300mm、450mm、600mm、900mmが用意され、製品厚さは50mm、重量は約40Kg/m²であり、取り付けは、コンパネで構成される骨格部分を、

* 東京工科大学建築科 常勤講師・博士(工学)

Lecturer, Tokyo Technical College, Dept. of Architecture, Dr. Eng.

木質の間柱に釘で固定し、雇い実をしゃくり部分に詰め込み、次の部材を接ぎ合わせ、固定する雇い実工法が用いられている。一個の部材の寸法が、構造的に下地の変形の影響を受けないほど小さい場合、或いは、取り付け下地の変形が無視できるほど小さい場合、釘による下地への固定でも問題は生じないが、外壁面で、外力による下地の変形（層間変位）の大きい場合や材料の寸法が大きい場合、長期にわたる繰り返し変形による、固定箇所の破損など、構造的な問題を生じかねない。従って、構造的な問題点の解決という視点で、また、取り付け工法の完成度という視点においても、取り付け工法の考案が待たれる状況にあった。

図-1 考察対象材料構成

3. 取り付け工法の変遷

3.1 釘による取り付け点の固定

図-2 取り付け方法1（断面）

①工法概要

図-2に示すように、下地は木質の間柱、雇の材質はパンチングメタル、目地は防水モルタルを詰めることにより防火構造とすることが可能である。材料モジュールは300mmとし、外壁面に300mm×90

0mmのグリッドの目地を入れ、同時に、15mmの目地による壁面デザインを配慮した。取り付け前、下地に墨線を入れ、墨線に合わせて、図-3に示すように、4点、或いは6点を斜め釘打ちにより固定した。次に、決り部分に、雇を詰め込み、図-2に示すように、目地幅に等しい寸法の角材を小口部分に配置した後、次の材料を固定箇所に設定、同様に釘の斜め打ちにより固定し、さらに釘締により内部に深く打ち込んだ。

図-3 取り付け方法1（固定方法）

写真-1 横長による施工例（田丸邸, 建築知識1978.3）

（吉田研介東海大学教授設計及び撮影）³⁾

②構造的な問題点

この、固定方法の場合、固定箇所の4点或いは6点が固定され、

壁面の層間変位の吸収は不可能であり、従来の雇い実工法と何等変わり無いことになる。即ち、製品寸法が比較的小さく、壁面の層間変位の小さい場合にのみ長期の変形に耐えるにすぎない。従って、図-3, 写真-1のように、製品を縦長ではなく横長に取り付けなければならない制限が生じる。

③工法完成度

釘斜め打ち、釘締めによる締め付け、噛み合わせの木片を使用するなど、取り付け工法は、従来の雇い実取り付け工法の域を脱していないものといえる。

図-5 L形の取付金具

図-6 L金具による取り付け工程

図-7 L形金具を使用しての工法

3.2 L形金具による取り付け

①工法概要

図-5に示す形状の、平面に3カ所の釘穴をあけたL形亜鉛処理鉄板の金具を作成、図-6に示すように、製品下端の墨線に沿って、釘により下地の間柱に固定、金具にコンクリートパネル部分の下端を乗せ、上端2点あるいは6点を釘により固定する工法とした。

②構造的問題

この手法による固定の場合、図-7に示すように、下端の2あるいは3点は、変形に対してスライドすることにより層間変位を吸収することになり、上端2あるいは3点が下地に釘で固定され、カーテンウォールのシステムが構成される。しかし、釘の斜め打ちで固定する場合、強度に関する不安が残る、適当な金具による固定が望まれる。

③工法完成度

上端を釘で固定する釘の斜め打ち工法は、L形金具の使用により、添え木を用いる必要は無いにしても、製品の完成度の視点からすると、高い評価のできるものとはいえない。専用金具による取り付けシステムの完成が待たれる状況といえる。

3.3 L形金具と複数の金具の組み合わせによる取付

①工法概要

釘止めを、金具に変えて取り付けるため、下端は図-7のL形金

図-8 上端固定組合せ金物

図-9 3種類の金具によるカーテンウォール

具を用い、上端固定部を図-8のような金具で取り付け、組み合わせ工法を試みた。

②構造的問題

図-9に示すように、専用金具による上端固定、下端スライドのカーテンウォール工法が完成する。しかし、水平方向の変位である層間変位には対応できるが、上下動に対しては、下地に固定されていないことになり、地震時落下するなどの構造的問題を残す。

③工法完成度

上端固定金具は2種類の組み合わせによる取り付けとなり、L形金具が下端に取り付けられ、合計3種類の金具を必要とすることになり、製品完成度としてはいまひとつの感が拭えない。1種類の金具により上端固定、下端スライドのカーテンウォール工法の完成が望まれる。

3.4 特殊金具の開発

①工法概要

一個の金具によるカーテンウォール材の取り付けは、製品の完成度の視点からも、また、市場性の視点からしても求められるものである。取り付け順序を図-11に示す。下端金具は下地に先付けし、上端金具は、外壁材の雇いの決りの部分に釘の裏打ちにより予め取り付け。次に、下端の金具に雇い実の決り部分を乗せ、上端金具を表から下地に取り付ける。

図-10 特殊金具

図-11 取り付け

②構造的問題

水平方向の層間変位にも上下動にも対応可能な取り付け工法が完成したものと見える。また、1種類の金具により、全ての固定が可能となる。しかし、理論的考察にすぎず、カーテンウォール工法のシステムとしての作動状況に関する実験的検討及び施工例での検証が待たれる。

③工法完成度

図-10に示す金具を取り付け金具として採用した場合、1種類の金具により、上端固定、下端スライドのカーテンウォール工法が完成する。構造的問題が解決し、部品数が最少の視点からすると完成度が高いと判断される。

4. 各種の問題点の解決

カーテンウォール工法の外壁材として完成させるためには、金具の開発以外のクリアしなければならない各種の問題点が存在した。以下にそのポイントを示す。

①セメントモルタルのひび割れ破壊問題^{4)~6)}

材料構成の視点からすると、骨格のコンクリートパネルと表面のモルタルの乾燥収縮による長さ変化の差は、材料寸法が小さい場合、殆ど無視しても問題は生じない。しかし、材料寸法が大型化した場合、或いは、モルタルの強度が小さい場合、拘束されたセメント硬化物のひび割れ破壊が生じ、現場によっては、ひび割れによる汚れ

図-12 破壊解析用供試体と複合建築材料の比喩

が目立つことが多かった。しかしひび割れ破壊の因果関係に関する基礎的、理論的解析は、図-12に示す一連の熱力学解析に使用された供試体の解析により解答を得るとともに、製品1個の部材の最大寸法を900mm×900mmとして問題を解決した。

②その他の層間変位問題

摩擦によるロッキングを防止するため縦長に施工することは禁じ横長の施工にして、パネル一個の層間変位を小さくし、金具の鋼板厚さは1.6mmとして、層間変位を吸収し、予想外の荷重による金具の変形を防いだ。

③施工例による検証

日本海中部地震を受けた秋田県角館の施工例、阪神・淡路大震災を受けた神戸地区での施工例、いずれにおいても、損傷が生じていないことから、これらの寸法の選択及び工法に大きな問題が無かったことが予測できる。

5. まとめ

雇い実工法の外壁材の取付工法を対象に、取付工法の完成度とカーテンウォールとしての構造的課題点を検討した結果以下のような知見を得ることができた。

(1) 取り付け手法のシステム化の必要性の発生経過

釘により各ポイントを固定した場合、カーテンウォールのシステムとはいえない、しかし、小規模の建築物、製品が小型の場合、製品を横長に取り付けた場合には、層間変位の認識の必要性は見られず、一個の製品の寸法が大きく、職人1人による運搬が困難になり始めた時点で、釘による取り付けに対する不安感と一定取り付けシステムの必要性を持つ意見が出始めた。

(2) 構造的課題

1) 取り付け部材の材料に関しては、あくまで、木造下地に、容易に入手できる釘と取り付け金物による取り付けを維持し、構法的には、雇い実工法をカーテンウォール工法に変換させる点に焦点を絞っている。また、金具による層間変位の吸収は、材料間の目地コーキングによる変位吸収に連携している。

2) 金具の開発と適用により、外壁材を、同一の強度条件で、確実に、一定の信頼性を持って、下地に固定することが可能となった。

(3) 工法の完成度

工法の完成度の視点からして、規定の金具により取り付けることは、取り付け条件が一定となり、完成度が上昇したといえる。また、釘で直接下地に取り付けることを避け、取り付け金具を使用することとし、しかも、その部材数が少なくなるよう工夫し、最後に1個の金具で固定、スライド双方を実現できたことは、製品の完成度が上がったことを意味すると考えられる。

謝辞

本研究を発表するに当たり、建築知識に掲載された作品とほぼ同じアングルからの、先生ご自身が撮影されたスライドを、東海大学の吉田研介教授より拝借させていただき掲載させて頂きました。施工後20年経過したにも関わらず、完成直後の状態を、本論に掲載できたことに深く感謝致します。

参考文献

- 1) 内田祥哉:建築構法,市ヶ谷出版,pp.152~169,1991.4
- 2) 鈴木要:セメント系外壁材に関する工法的課題点,東京プライウッド中央研究所研究報告,1974~1980
- 3) 吉田研介:デザインドキュメント/住宅編,建築知識,第233号,pp.19~78,1978.3
- 4) 鈴木要:エネルギー変換による表面自由エネルギー測定(基本概念と理論)ーその1ーセメント硬化物の破断応力に関する基礎的物性測定,日本建築学会構造系論文報告集,第347号,pp.9~17,1985.1
- 5) 鈴木要:拘束されたセメント硬化物の破壊に関する熱力学的研究ーその1ー熱力学の2大法則を使用しての解析,日本建築学会構造系論文報告集,第400号,pp.11~19,1989.6
- 6) 鈴木要:拘束されたセメント硬化物の破壊に関する熱力学的研究ーその2ー熱力学解析結果から導かれる力の挙動,日本建築学会構造系論文報告集,第421号,pp.11~19,1991.3

(1997年7月10日原稿受理,1998年2月20日採用決定)