

建築物の断熱材兼用型枠「トップワーク」工法の開発

原 田 忠 則*¹ 河 合 伸 治*¹
久 郷 賢 志*² 岩 永 憲 明*²
蒔 田 嘉一朗*¹

要 旨

鉄筋コンクリート造等の建築物には、結露防止、省エネルギー対策等のために、一般に外部に面したコンクリート躯体の内部側に断熱材が設けられている。この断熱材に型枠の機能をもたせ、工事現場における施工性の向上、建設副産物の発生の抑制など、施工の合理化・効率化及び環境保護に資する打込型枠の開発を進めた。

本報では、開発にあたり断熱材兼用型枠（トップワーク）の性能評価を行い、在来工法と比べ遜色のないことを確認し結果をまとめたものである。

キーワード 打込型枠／断熱（材）／南洋材低減／施工合理化・効率化／建設副産物抑制／建築材料・施工

目 次

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. はじめに | 4. 施工性の検証 |
| 2. トップワーク | 5. まとめ |
| 3. 性能評価 | |

DEVELOPMENT OF FORM WORK SYSTEM WITH THE THERMAL INSULATING MATERIAL (TOPWORK SYSTEM)

Tadanori HARADA
Kenji KUGO
Kaichiro MAKITA

Sinji KAWAI
Noriaki IWANAGA

Synopsis:

It is common system to install thermal insulating material onto the inside external concrete wall of reinforced concrete structured buildings in Japan to protect condensation, energy saving purpose and etc.

The development of this consolidated thermal insulating function into the form work shuttering bring up possibility of reducing construction debris, elimination of form work process and part of contributive environmental protection.

This report include the results of functional analysis and comparison of the equal work efficiency against traditional work system regarding the TOPWORK which is newly developed form work shuttering with thermal insulation as our activity.

* 1 本店 建築本部 建築部 * 2 横浜支店 建築部

1. はじめに

鉄筋コンクリート造等の建築物には、結露防止、省エネルギー対策等のために、一般に外部に面したコンクリート躯体の内部側に断熱材が設けられている。断熱方法としては、従来のコンクリート下地に現場発泡もしくは断熱材打込みの上、主にGL仕上げとなっている。しかし、在来工法では仕上げまでに躯体工事から多工種を要し、手間がかかっていた。作業の省力化を図る目的で断熱材に型枠としての機能をもたせ、工事現場での施工性の向上、建設副産物の発生抑制など、施工性の合理化・効率化及び環境保護に資する打込型枠工法の開発を当社とダウ化工機と共同で行い、同時期の平成8年度建設技術評価制度『建築物の断熱材兼用型枠工法の開発』に応募し、建設技術評価の取得を目指し開発を進めた。ここでは、断熱材兼用型枠（以下トップワーク）の技術評価で求められた性能評価項目に対する試験結果及び仕上下地としての性能評価項目に対する試験結果の概要を報告する。

2. トップワーク

2.1 技術の概要

トップワークは、図2.1のようにJIS A 9511 押出法ポリスチレンフォーム保温板3種bに該当する断熱材（商品名：スタイロフォームEK）の片面に補強材兼内装下地材の機能を有する厚み12mmの火山性ガラス質複層板（以下ダイライトMS）を積層した複合パネルである。

トップワークを一般の鉄筋コンクリート造等の建築物の壁、柱、梁及びスラブ（屋根または天井、床）の打込み断熱型枠パネルとして使用することによって、型枠合板が不要となるとともに、支保工解体後は、直接壁紙貼り等の最終仕上げを行うことが可能となる。

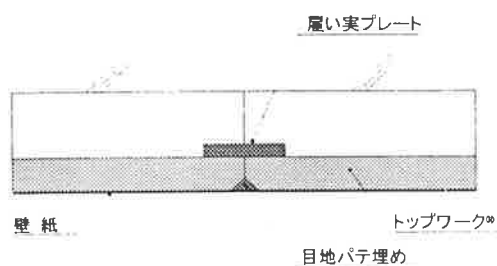


図-2.1 技術の概要

2.2 技術のイメージ

トップワークを使用する場合の型枠組立て及び仕上げ方法を図-2.2及び図-2.3に示し、在来工法（断熱材打込み）との工程の比較を図-2.4に示す。在来工法（断熱材打込み）に比べて、断熱材施工、型枠合板の解体及び内装下地工事（石膏ボード貼）の工程を省略できるため、工期の短縮及び省力化が見込まれる。

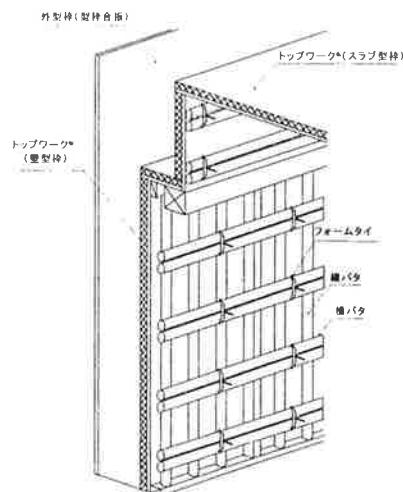


図-2.2 型枠工事イメージ図

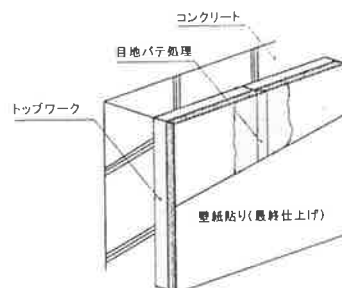


図-2.3 仕上げイメージ図



⋯⋯：省略される工程を示す。

■：断熱材に関する工程を示す。

図-2.4 従来工法との比較

3. 性能評価

建設省の技術評価制度としては最後となるもので『建築物断熱材兼用型枠工法の開発』をテーマとして公募があった。今回は、建設省の公募課題を満たす評価項目に対する検証を行うとともに、仕上下地としての性能評価項目の検証を行った。

3.1 面材の決定

打込型枠工法を開発する上で技術評価で要求されている下記の①の項目と省力化を目的とした独自の課題である②の項目の2項目を目標とした。

①打込みの断熱材兼用型枠であること

②内装下地として型枠材がそのまま使えること

この目標を達成するために断熱材に面材を貼り合わせることにした。

面材には下記の特長に優れているダイライト MS を採用した。

①断熱材と貼り合わせたものの曲げ特性が型枠用合板 12mm とほぼ同等

②局部圧縮強度及び木ネジ保持力が優れている

③現場での丸鋸カット等、加工性が木材並である

④ダイライト MS の線膨張係数及び湿潤時寸法変化が小さいため、パネルの反りが生じにくく、内装下地材として優れた性能を有している

⑤パネル長さは、最大で 3000mm まで対応可能

⑥内装下地材として採用可能（準不燃材）

3.2 性能評価項目

技術評価の取得にあたり断熱材兼用型枠としての基本性能評価（3.3 に示す）の他に施工性の評価が求められた。また、仕上下地の性能評価（3.4 に示す）の確認を行った。

3.3 技術評価に関する性能評価確認試験

(1) 曲げ強度

図 3.1 のように 3 等分点载荷とし、曲げスパンは 450mm とした。試験体の幅は 150mm とし、試験体数は製品厚み 37mm、42mm、47mm の 3 種類に対し各 3 個とした。オートグラフ（島津製作所㈱）によって試験速度を 10mm/min に制御し、スパン中央たわみ、最大強度を測定した。

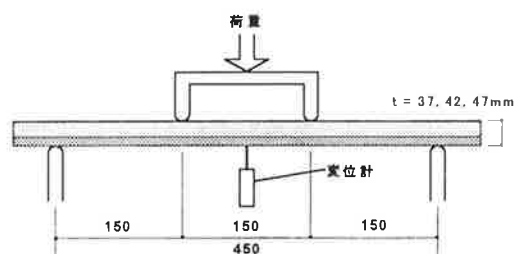


図-3.1 曲げ試験

(2) コンクリート接着強度

図 3.2 のような直方体型枠（150mmX150mmX530mm）の底面に厚み 37mm のトップワークを取り付けた後、コンクリートを打込み、試験体を 3 本作製した。試験に供したコンクリートは、W/C=60%、スランプ 18cm 程度の調合とし、また型枠は材齢 2 日で脱型し、気中養生の後に、材齢 14 日で接着試験を行った。接着試験は建研式引張試験機を用い、試験体 1 本につき 2 箇所、計 6 箇所で行い、試験片の大きさは 100mm φ とした。試験片は断熱材側からコンクリートの表面 2mm 以上の深さまで切込みを入れ、試験用治具は速硬化型エポキシ系接着剤を用いて各試験体に接着した。測定項目は最大引張強度とした。

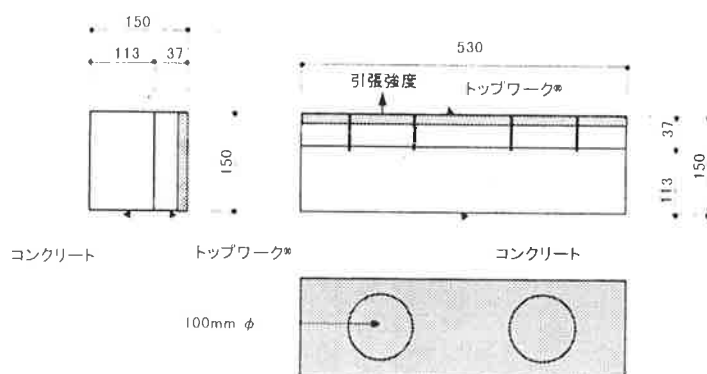


図-3.2 コンクリート接着試験体

(3) 熱伝導率、熱抵抗

トップワークの表面材に使用されているダイライト MS は、補強材及び内装下地材として機能するものであり、トップワークの断熱性能は、断熱材であるスタイロフォーム EK の断熱性能によって決定される。

スタイロフォーム EK の熱伝導率、熱抵抗値は、JIS A 1412「熱絶縁材の熱伝導率及び熱抵抗の測定方法（平板熱流計法）」に準じ試験を行った。試験片（厚み 25mmX200mmX200mm）は、3 体とした。

また、吸湿等による断熱性能への影響を把握するため、ASTM C272 吸水率測定方法に準じ、試験片を 23℃ の水中に浸漬後、表面の水分を十分に拭き取り、重量を測定、吸水率 (vol%) を算出するとともに、上記と同様の試験を行った。

3.4 仕上下地としての性能評価確認試験

(1) 塩ビクロス接着強度

面材に使用したダイライト MS を内装下地として利用するにあたり通常使用される石膏ボード+塩ビクロスと比較して接着強度を確認した。

①試験材料

被着体	ダイライト MS@9mm	石膏ボード@9.5mm
塩ビクロス	(株)サンテ「JIS A6921 壁紙」適合品	
接着剤	「JIS A6922 壁紙施工用でん粉系接着剤」適合品 (商品名:ペンダイン、製造元:ヤチ化学(株))	
プライマー	無し	
	アイカ工業(株) JS100 (エポキシ系溶剤 2 液型)	無し
	アイカ工業(株) JS200 (エポキシ系水性 2 液型)	
	コニシ(株) KU662 (ポリウレタン系 1 液 湿気硬化型)	
	コニシ(株) シールプライマー-#25 (ウレタン系溶剤型)	

②試験方法

試験片 : 200mmX300mm にカットした被着体に、プライマーを塗布後 24 時間以上養生した後、塩ビクロスを接着し、試験体を作製した。この後さらに、2 日間常温下で養生した後、試験体を 50mm 幅にカットし、カッターにより塩ビクロスに 25mm 幅の切れ目を入れ試験片を作製した。試験片数は 5 個とした。

引張試験 : 万能試験機を使用し、JIS A 6922 に準じ、図 3.3 に示す 180°ピール試験により接着強度を測定した。試験速度は、200 mm/min とした。

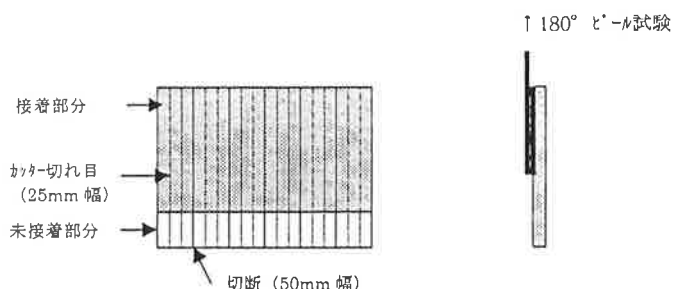


図-3.3 塩ビクロス接着試験方法

(2) 補修材接着強度

打込型枠が目違い等を起こした場合を想定して、フレキシブル板+補修材と比較して接着強度を確認した。

①試験材料

被着体	ダイライト MS@12mm	フレキシブル板 @4mm
補修材	ペンダインカラーパテ 仕上げ用 (株)サンテ、 石膏系パテ ハイモルスパ - #30,#10 (昭和電工(株)「JIS A6916 セメント下地調整 塗材」適合品)	
プライマー	ハイモルエマルジョン(ハイモルスパ - 用接着増強剤) (昭和電工(株)「JIS A620 セメント混和用 プライマー-デイスパ - ジョン」適合品)	

②試験方法

試験片 : 75mmX75mm にカットした被着体上に、厚み 5mmX40mmX40mm の補修材を塗布し、常温下で 14 日間養生し、試験片を作製した。試験片数は 5 体とした。

引張試験 : JIS A 6916 に準じ、図 3.4 に示すように試験片に引張試験用の治具をエポキシ系接着剤で接着した後、万能試験機を使用して引張試験を行った。試験速度は、1mm/min とした。

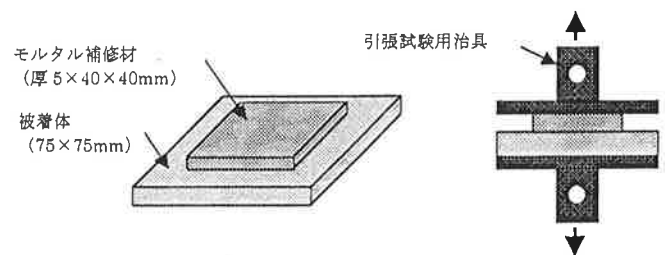


図-3.4 補修材接着試験方法

(3) 表面材の吸水率

現場で仕上げを始める前に下地表面の水分を計測するが、ダイライト MS 表面を計測できないため、簡易の水分量で確認できる方法について検証した。

①試験材料

試料 : ダイライト MS@12mm
含水率計 : 高周波容量式含水率計 HI - 500
(株)ケット化学研究所製

②試験方法

200mmX200mm にカットしたダイライトを 72hr 水中に浸漬した後、表面に付着した水分をふき取り、重量及び水分率計指示値を測定した。以後、50℃オープンに試験片を投入し、一定時間毎(10～15分毎)に試験片を取り出し、重量及び水分率計指示値を測定し、絶乾状態になった時点で試験を終了した。吸水率は、重量経時測定値と絶乾時重量との差より算出し、水分率計指示値との関係性を求めた。

3.5 試験結果

(1) 曲げ強度

結果を表3.1に示す。型枠用合板12mmの横使いと同等の耐力を確認した。

表 3.1 曲げ試験結果

ハ° 初厚み		37mm	42mm	47mm
最大荷重 P	kgf	85.5	86.3	91.0
最大曲げモーメント M (1cm 幅)	kgf·cm			
曲げ強さ σ	kgf/cm ²	42.7	42.9	45.3
曲げ剛性 EI (1cm 幅)	kgf·cm ²	18.1	14.3	12.4
曲げ弾性率 E	kgf/cm ²	4670	5120	5610
規定たわみ応力 (20mm)	kgf/cm ²	1050	809	653
備考	初期のひび割れ及び降伏点は観察されなかった			

※測定値は n=3 の平均値

(2) コンクリート接着強度

結果を表3.2に示す。コンクリートとの付着力は従来の後施工による断熱材との付着力2.0kgf/cm²と比較して同等であった。

表 3.2 コンクリート接着試験結果

荷重 (kgf)	130
試験片直径 (mm)	92.8
接着面積 (cm ²)	67.7
接着強度 (kgf/cm ²)	1.9

※測定値は n=6 の平均値

(3) 熱伝導率、熱抵抗

結果を表3.3に示す。トップワークの断熱材は使用しているスタイロフォームEK保温板3種bに該当する断熱性能を有しており、従来から打込み用断熱材として使用されている。また、吸湿等による断熱性能への影響を表3.4に示す。吸湿等による断熱性能への影響は小さい。

表 3.3 熱伝導率、熱抵抗測定試験結果

パネル厚み (mm)	37	42	47	備考
断熱材厚み (mm)	25	30	35	
断熱材熱伝導率 (kcal/mh °C) {w/mK}	0.0224 {0.0260}			
断熱材熱抵抗値 (m ² h °C/kcal) {m ² K/W}	1.12 {0.96}	1.34 {1.15}	1.56 {1.34}	R=d/λ d=断熱材厚さ (m)

※測定値は n=3 の平均値

表 3.4 吸水率及び熱伝導率測定結果

経過日数 (日)	0	10	20	30
重量変化 (g)	0	1.2	2.1	2.9
吸水率 (vol%)	0	0.12	0.21	0.29
熱伝導率 (kcal/mh °C) {w/mK}	0.0224 {0.0260}	0.0225 {0.0262}	0.0227 {0.0264}	0.0227 {0.0264}

※測定値は n=3 の平均値

(4) 塩ビクロス接着強度

結果を表3.5に示す。石膏ボードと同様にクロスの裏紙材破となったのは、KU662とJS100をプライマーとして使用した場合で、プライマー処理を行わなかった場合は、完全なクロスの裏紙材破とならなかった。しかし、プライマー処理を行わなかった場合も、接着強度は高い値を示しており、実用上は問題ないといえる。

表 3.5 塩ビクロス接着強度試験結果

被着体	プライマー	接着強度 (g/25mm)	剥離状況
ダイト MS	無し	410	接着面剥離、及び、クロス裏紙材破
	KU662	196	クロス裏紙材破
	シールプライマー-# 25	408	接着面剥離
	JS100	146	クロス裏紙材破
	JS200	264	接着面剥離、又は、クロス裏紙材破
石膏ボード	無し	184	接着面剥離、又は、石膏板表装紙材破

※測定値は n=5 の平均値

(5) 補修材接着強度

結果を表3.6に示す。ダイト MS はフレキシブル板に比べて、相対的に接着強度が低い傾向にあったが、接着強度の値としては 4kgf/cm² 程度有り、実用上は問題ないといえる。

表 3.6 補修材接着強度試験結果

被着体	補修材	プライマー	接着強度 (kgf/cm ²)	剥離状況
ダイト MS	ハイモス-ハ°	無し	3.9	モルタル補修材表層材破
	# 10	ハイモスエマルジョン	5.6	モルタル補修材表層材破
	ハイモス-ハ°	無し	4.0	モルタル補修材表層材破
	# 30	ハイモスエマルジョン	5.4	モルタル補修材表層材破
	ペンリダインカラパテ	無し	3.5	ハ°接着面剥離
フレキシブル板	ハイモス-ハ°	無し	8.1	モルタル補修材表層材破
	# 10	ハイモスエマルジョン	12.4	モルタル補修材表層材破
	ハイモス-ハ°	無し	10.7	モルタル補修材表層材破
	# 30	ハイモスエマルジョン	9.3	モルタル補修材表層材破

※測定値は n=5 の平均値

(6) 表面材の吸水率

ダイト MS の吸水率と水分計指示値 (D.MODE 値)

の関係を図 3.5 に示す。グラフより、ダイライト MS の吸水率と水分計指示値(D.MODE 値)の間には高い相関が認められ、水分計指示値(D.MODE 値)より表面材の吸水率を測定することが可能であると考ええる。

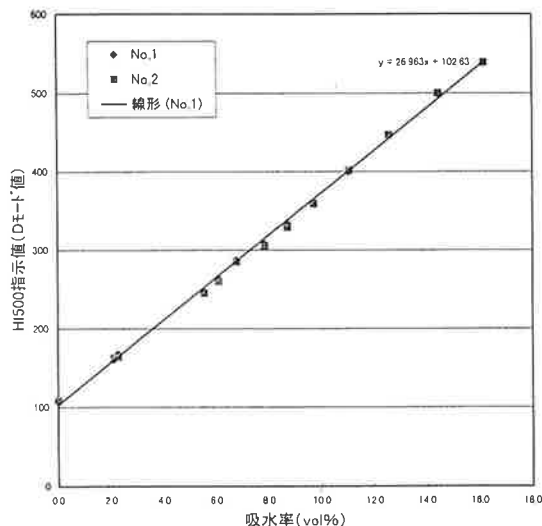


図-3.5 ダイライトの吸水率と水分計の指示値の関係

4. 施工性の検証

4.1 検証試験

施工性について確認するため、ダウ化工(株)鹿沼研究所敷地内で実大施工試験を行った(平成9年7月)。トップワークを壁、柱、梁の内型枠、及び屋根スラブの型枠として使用した。施工状況を写真-4.1,4.2に示す。

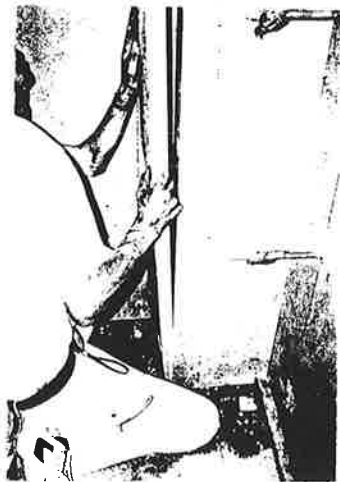


写真-4.1 施工状況(柱型枠建て込み)

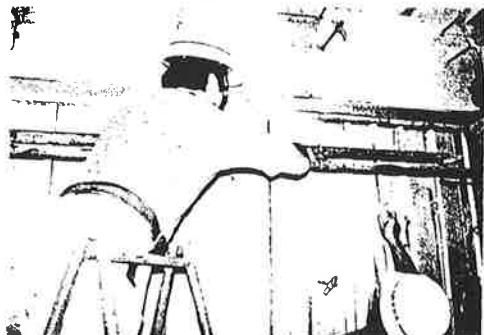


写真-4.2 施工状況(壁、柱、梁バタ材取り付け)

4.2 標準納まりの確認

東関東支店ウインベル柏新築工事の集会室の内壁(60m2)の実施工にあたり、同敷地内の地下駐車場ピットの外周の2面で標準納まりを確認し、実施工した(平成11年6月～12月)。図4.1に標準納まりの一部を示す。集会室の内壁の状況を写真4.3に示す。この実施工から標準納まりの確認ができ、また仕上下地として打設し、仕様と同程度の精度が確保できることも確認できた。

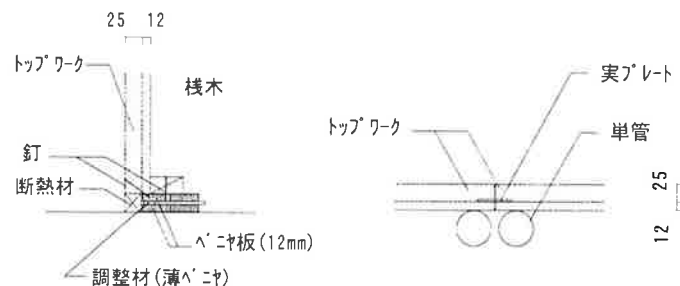


図-4.1 標準納まり



写真-4.3 内装仕上げ

5. まとめ

5.1 トップワークの性能評価

各種の性能評価試験の結果より在来工法と比べ遜色のないことが確認できた。

5.2 建設技術評価の取得

平成10年6月、以上の内容が認められ建設省より建設技術評価『建築物の断熱材兼用型枠工法の開発』において技術評価を取得した。

5.3 残された課題

本工法は平成12年6月現在 11,000m2 の施工実績となっているが、まだ壁への適用が少ない。開口部周りの納まりやジョイント部の精度を上げるための工夫が必要である。

また、最近注目をあびている外断熱工法への本工法の考え方を展開して汎用性を拡げることを検討したい。