

# 木質セメントボードの製造に関する研究(5)

- 養生期間と無機塩添加の影響 -

高橋 利 男 穴 沢 忠  
北 沢 政 幸 波 岡 保 夫

## 1. はじめに

木質・セメント混合系において、木質の条件が一定であればその機械的性質の経時過程は結合剤であるセメントの硬化過程ならびにその結果としての強度発現過程と密接な関連をもつ。従って木質・セメント混合系の機械的性質に関する経時過程を推量するためには、セメント自身の強度発現過程を観察することによりその目的を達しうるはずである。しかし木質・セメント混合系におけるセメントペーストは加圧状態にあり、木質自体が保水性の高い物質であることから、セメントの強度に寄与する水/セメント比を厳密に規定することが難しい。また混合されたことによるセメントのおかれている状態の特殊性を過不足なく選び出すことは非常に困難である。このため木質・セメント混合系の機械的性質については、結局混合系の状態で観察するのがもっとも実際的であろうと思われる。

われわれは木質・セメント混合系の機械的性質の常温における経時過程を観察するに際し、その初期における硬化過程は、加圧された系の厚さ方向の応力緩和過程に反映するものと考え、圧縮期間(クランプ期間)を要因としてとりあげた。またセメントの硬化過程はその水和過程に相応していることから、水分の豊富な状態が必要と考え、高い外囲湿度を与える期間(高湿養生期間)を要因としてとりあげた。製板後12週目までの各段階(養生期間)で材質試験を試み、その経時過程と上にのべた二要因の効果について観察した。

セメントの硬化過程の極めて初期の段階においては、セメントペーストがその粘性を高めてゆく凝結過程を伴う。セメントコンクリートの分野においては、凝結を促進し養生期間を短縮する目的で凝結促進剤と称する無機塩を添加する。この効果は木質・セメント混合系においても期待されるはずである。またこの無

機塩のうちのいくつかは、木質の鉱物化物質として知られている<sup>1)</sup>。われわれはいくつかの塩化物、炭酸塩、けい酸塩をとりあげ、その添加量をかえて製板後4週目までの機械的性質に関する経時過程を観察した。

## 2. 試験方法

### 2.1 供試原料

パルマン木片、日本セメントK.K.製普通ポルトランドセメントと無機塩類を用いた。木片についてカバ廃単板とマツ背板(エゾマツ、トドマツ混合)からそれぞれ既報<sup>2)</sup>でのべた手続きで製造した。セメントは20メッシュの篩を通したものを使用した。無機塩類について、塩化物としてカルシウム、マグネシウム、カリウム塩を、炭酸塩としてナトリウム、カリウム塩をえらび、それぞれ試薬一級を用いた。またけい酸塩としては粉末のけい酸ナトリウムと水ガラス(固形分51.8%)を用いた。なお、水については地下水を使用した。

### 2.2 製板方法

#### (1) 養生期間の影響を調べる試験

カバ木片を用い、セメント/木質配合比1.0、仕上り予定比重1.0、混和水量を木質の90%とし1クランプ4枚ずつ計12クランプ分を既報<sup>2)</sup>の方法により製板した。クランプしたものは20℃、85%R.H.に保持し、製板後1日、2日、3日目(クランプ養生期間)にそれぞれ4クランプずつ脱型し、それぞれの半数をクランプ養生期間も含めて4日間、残りの半数を7日間(高湿養生期間)養生した。そのあとすべての板を20℃、65%R.H.に放置した。

#### (2) 無機塩添加の影響を調べる試験

カバとマツの木片を用い、配合比1.5、仕上り予定比重1.0とし、無機塩をそれぞれ固形分で対セメント比1, 3, 5%となるように秤量し、それぞれ所定の

水(カバ木片, マツ木片各々対木質比110%, 160%)に溶かしておき木片に添加した。同一条件3枚1クランプとし, 20, 85%R.H. に1日保持して脱型, その後20, 65%R.H. に放置した。製板方法の細部については(1)と同様である。

2.3 材質試験方法

(1) 養生期間の影響を調べる試験

クランプ期間, 高湿養生期間各々の組み合わせについて, それぞれ製板後1, 2, 4, 7, 12週(養生期間)目に取り出して試験に供した。この際7週目までの4段階については同一条件下における2枚の板から10本の曲げ試片を得, うち4本をランダムに抜きとり20, 65%R.H. に放置した。6本の試片はまず曲げ試験に供され, その破断片からはく離試片8ヶ, 含水率測定試片5ヶ, 衝撃試片6ヶを採取した。12週目の

測定試片は, あらかじめ木取られ放置された曲げ試片の中から6本を抜きとった。曲げ試験については500kgオルゼン型万能試験機で荷重速度1mm/分で行い, 試片中央の焼き量を1/100mm精度のダイヤルゲージで読みとった。その他の試験方法および試験片の大きさは既報<sup>2)</sup>と全く同様である。

(2) 無機塩添加の影響を調べる試験

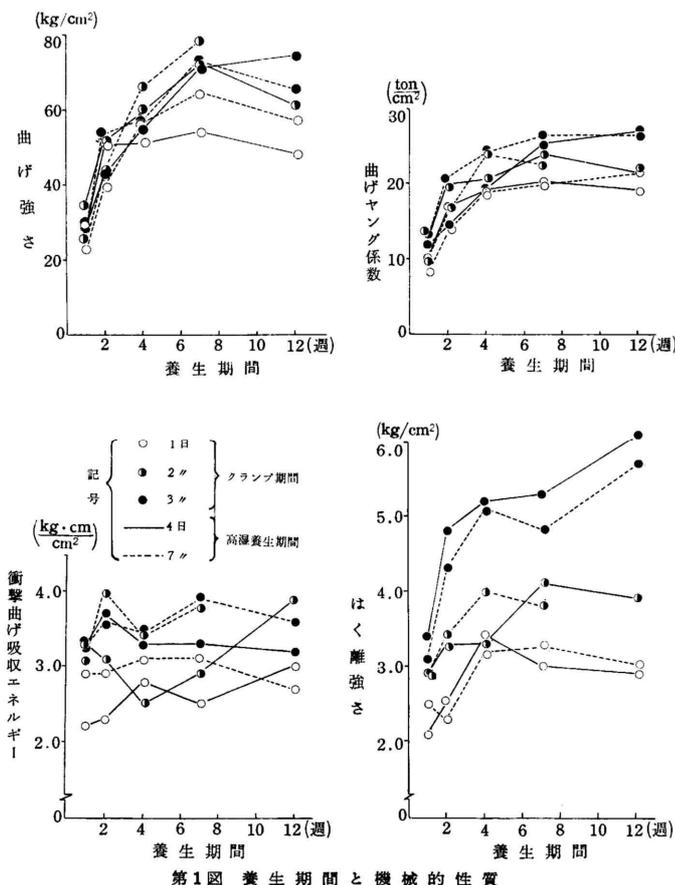
木片樹種, 添加無機塩の種類, その添加量のちがいの組み合わせについて, それぞれ製板後3日, 7日, 28日目1枚宛とり出して5本の曲げ試片を得, 曲げ試験に供したのちその破断片からはく離試片5ヶ, 含水率測定試片5ヶを採取した。曲げ試験については荷重速度10mm/分とし挟み量をとらなかった。試験方法, 試験片の大きさは(1)と同様である。

尚試験にあたって, (1)(2)とも試片表面の研削は行わなかった。

3. 試験結果と考察

3.1 養生期間の影響

第1図にクランプ養生期間と高湿養生期間をパラメーターとし, 機械的性質と養生期間の関係を測定値の平均値で表示した。クランプ期間2日で高湿養生期間7日の12週データは試験片採取の不備により欠落している。曲げ強さ, 曲げヤング係数に関して, 養生期間の短いところでは急激に増加し, 7週目でほぼ最大値に到達し, 12週目では横ばいか若干の低下傾向がみられる。しかし7週目強度と12週目強度を比べ, 総体的には測定値のバラツキから考慮して差があるとは認めがたい。従って前述した諸条件で製造され且つ養生された木片セメント板の曲げ強さ, 曲げヤング係数は7週目前後までは急激に増加するが, その後における強度の増加についてあまり期待しえないと判断するのが



第1図 養生期間と機械的性質

妥当と思われる。

衝撃曲げ吸収エネルギーに関して、総体的に養生期間に対する明確な傾向は把握がたい。衝撃試験においては衝撃部分での局部的応力集中がみられ、従って局部的材質欠陥が直接に反映しやすい。特に木片セメント板のごときポーラス度が高く局部的材質のバラツキが大きいものについては、その影響がとくに大きいと考えられる。また衝撃曲げ吸収エネルギーは試片の含水率とセメントの木片結合力に依存するものと考えられ、これらの相乗効果が養生期間に対する明確な傾向を把握難しくしているものと思われる。

はく離強さに関して、クランプ期間1日、2日のものについては養生期間に対して曲げ試験における挙動と似た傾向を示しているが、クランプ期間3日のものについては12週目でもなお増加する傾向を示している。なお図示をしていないが66週目のデータによれば、それぞれの条件について第1図でみられるはく離強さの最大値とほぼ等しい。従って養生期間に対して、第1図に示された範囲で強度的には平衡に達しているものと想定される。

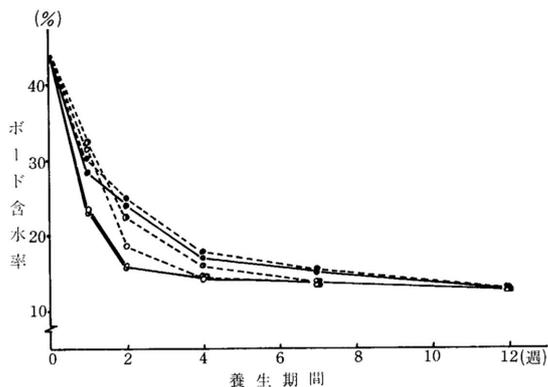
第2図に養生期間に対応するボード含水率の変化を

掲げる。養生期間0における45%一定値は、木片・セメント双方の乾物重量基準に対する混和水量の割合を示している。

これによれば、養生期間12週目ではほぼ12~13%に収れんしている。66週目のデータによってもこの値とほとんど同じであり、20, 65%R.H.における配合比1.0のボードの平衡含水率はこの値に近いものと判断される。

3.2 クランプ期間および高湿養生期間の影響

クランプ期間(因子A), 高湿養生期間(因子B)を二因子, 7週目までの各特性値を養生期間ごとに実



第2図 養生期間と機械的性質

第1表 機械的性質の分散分析

特性値	要因	養生期間 に対応する 分散分析	1週目		2週目		4週目		7週目	
			F検定	寄与率 (%)	F検定	寄与率 (%)	F検定	寄与率 (%)	F検定	寄与率 (%)
曲げ 強さ	A		5.4*	11.3	1.2	0.6	3.8*	13.1	11.4**	39.3
	B		24.9**	31.1	2.0	1.6	3.0	4.7	4.6	6.8
	A×B		5.6**	12.0	15.32**	44.0	0.2	—	0.8	—
	e			45.6		53.8		82.2		53.9
曲げ ヤング 係数	A		19.3**	39.9	7.1**	12.5	5.0*	15.6	12.2**	40.6
	B		8.7**	8.4	0.2	—	7.6**	12.9	0.2	—
	A×B		6.9**	12.8	26.5**	52.3	2.0	4.0	0.4	—
	e			38.9		35.2		67.5		59.4
衝撃 曲げ 吸収 エネルギー	A		4.2*	15.6	7.8**	25.8	0.8	—	5.5**	16.5
	B		0.4	—	3.9*	5.6	3.0	5.5	13.3**	22.2
	A×B		1.4	2.1	1.6	2.3	0.9	—	0.3	—
	e			82.3		66.3		94.5		61.3
はく離 強さ	A		19.6**	42.4	110.2**	80.2	33.7**	57.8	30.0**	55.6
	B		0.2	—	5.4*	1.6	0.9	—	0.4	—
	A×B		1.8	1.5	2.4	1.0	1.4	1.0	0.8	—
	e			55.6		17.2		41.2		44.4

注) A: クランプ養生期間, B: 高湿養生期間,  
A×B: 因子A, Bの交互作用, e: 誤差  
\*危険率5%で有意 \*\*危険率1%で有意

測値の個数を繰り返し数(はく離強さで8, それ以外は6)とし, 二元配置法により分散分析した結果を第1表に示す。また養生期間をパラメーターとした各特性値に対するクランプ養生期間および高湿養生期間の効果図については, 紙数の関係で割愛する。

第1表によれば, クランプ期間に関して, すべての特性値について一部の養生期間を除いて有意であり, 特にこの因子の寄与が全変動に対し曲げの7週目強度で4割を, またはく離強さのすべての養生期間で過半を占めている。効果図によればクランプ養生期間を長くすると効果について, 2日と3日の比較においてはその特性値の増加の割合が, はく離強さを除いて横ばいか微増であるにすぎない。しかしはく離強さにおいてはクランプ養生期間とともにほぼ直線的に増加している。

はく離強さはセメントの硬化による木質 - セメントゲル間接着力ならびにセメントゲル相互間接着力の総体としてあらわれる。一般に結合材と被結合材とが混合された圧縮系においては, 結合材の接着力の生成とともにその系を一定の厚さに保持するための圧縮応力が緩和してゆく。従って生成された接着力を損わずかつ最大の接着力を得るためには, 圧縮応力が無限に緩和した状態になるまで外圧を加えておくのが望ましい。この点から考えると本試験におけるクランプ養生期間3日でもまだ不足しているといえる。一方木質・セメント・水混合系が圧縮をうけることは圧縮をうけない状態に比べ, 木質の側では自由水の保持量を減少させており, 従ってセメント側に寄る水量が増加することになる。このことが混合系の強度発現に寄与することは既報<sup>3)</sup>のデータから考えても無視しえないものと思われる。

また第1表によれば全ての特性値について, 一部の養生期間を除いて高湿養生期間の効果は有意でない。有意とあらわれたものについても効果図によれば, 4週目の曲げヤング係数と衝撃曲げ吸収エネルギーを除いて, 高湿養生期間を長くした場合, 特性値の改善に対しマイナスの効果を与えている。高湿養生期間とはセメントの水和にとって水分の豊富な状態が好まし

いと考え板の水分蒸散速度を遅くするため20, 65% R.H. よりも20%高い関係湿度の状態に保持したものであるが, この要因効果は機械的性質に対して意味がないと判断してよいと思われる。

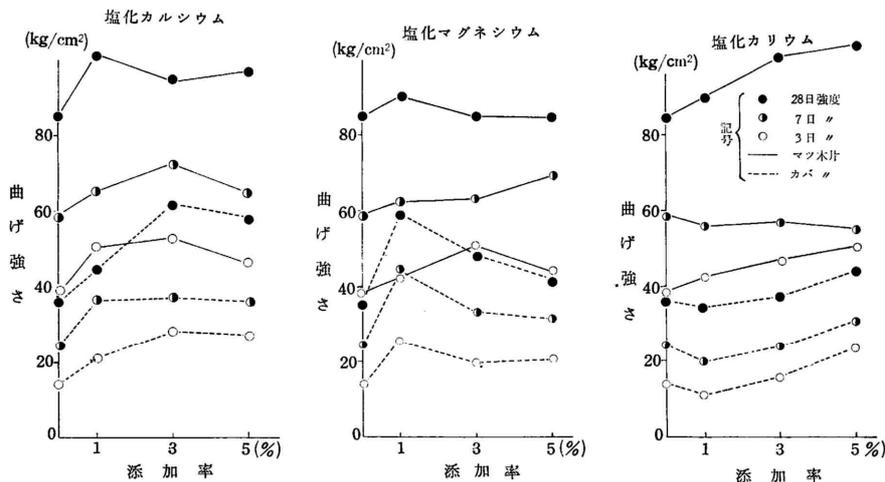
交互作用A×Bに関し, 第1表によれば曲げ強さ, 曲げヤング係数において養生期間2週目までは有意となっている。これは現象的には要因Aの水準に対する増加傾向と, 要因Bの水準に対する減少傾向の結果であるが, 本質的に如何なるメカニズムを反映したのかさだかでない。しかし前述したように要因Bそのものの意味がないとすればA×Bの意味もなくなる。

誤差eに関してすべての特性値について, その寄与が過半に近いかそれを越えている。これは測定個数を繰り返し数としたため, 製板成型時における木片配向, 圧縮状態における締め具合の不均一性などによる板内の位置におけるバラツキが反映したものとされる。

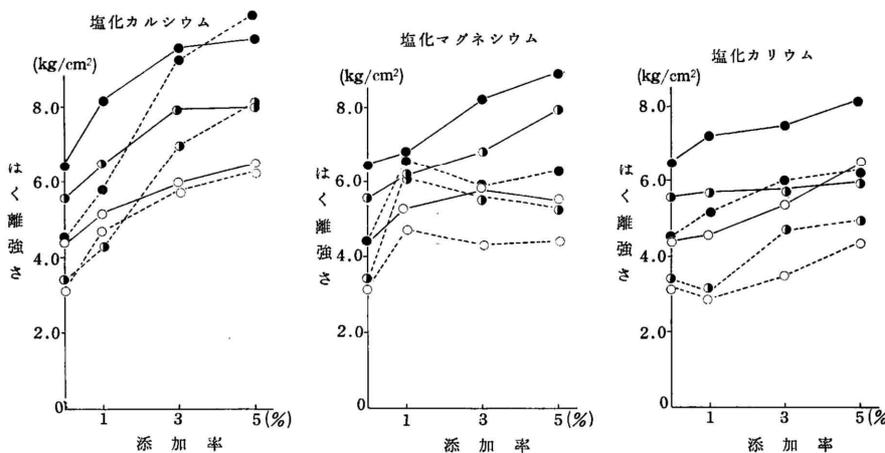
### 3.3 無機塩添加の影響

第3, 4図に養生期間と樹種のちがいをパラメーターとし3種の塩化物の添加率と曲げ強さ, はく離強さの関係を示した。また第5図に2種のけい酸塩の添加率と曲げ強さの関係を示したが, はく離強さとの関係については曲げ強さとの関係であられた挙動と傾向的に大差を認めえなかったので図示を省略する。炭酸塩(ナトリウム, カリウム塩)の効果についてはともに添加率の増加に対し強度は減少しており, 添加の意味が認められなかったので図示していない。これら無機塩のうち塩化カルシウム, 塩化マグネシウム, 炭酸ナトリウム, 水ガラスはセメントの分野において一般に凝結促進剤と称されており<sup>4)5)</sup>, さらに塩化カルシウム, 水ガラスなどは古い概念ではあるが木質の鉱物化物質として知られている<sup>1)</sup>。

塩化カルシウムについて第3図によれば, 添加率3%附近に曲げ強さ増加の限界がみられるが, はく離強さ(第4図)では5%でもなお増加する傾向がみられ, とくにカバの場合その他の塩ではマツよりも相対的に低い強度を示しているにもかかわらず, 添加率の大きいところでマツと大差ない値を示している。塩化

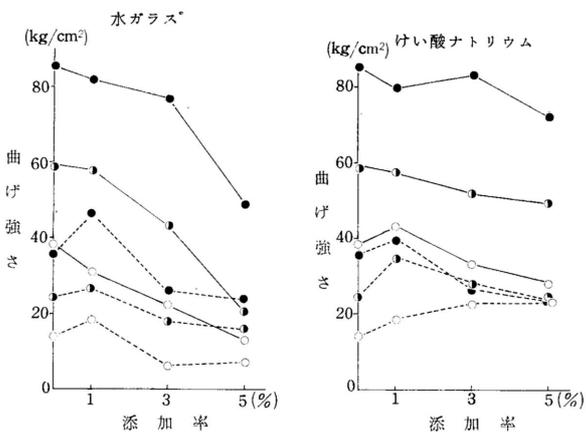


第3図 塩化物の添加率と曲げ強さ



記号は第3図に同じ

第4図 塩化物の添加率とはく離強さ



記号は第3図に同じ

第5図 けい酸塩の添加率と曲げ強さ

マグネシウムについて第3, 4図によれば、マツとカバとでは前者で塩の添加率に対し横ばいが増加傾向をみせているが、後者においては添加率1%でピークを示す挙動としてあらわれている。塩化カリウムについて、傾向的には養

生期間、樹種のちがいにかわらず、添加率に対し強度は微増している。3種の塩化物の比較において、樹種のちがいに、添加率のちがいによりにかならずしも一致した傾向を示してはいないので、どの塩がとくにすぐれているという

判断はできないように思われる。養生期間のちがいにに対する効果として、カバの場合ほぼ似た傾向を示し、短期強度の傾向が長期強度の傾向に反映しているが、マツの場合乱れがみられ、3日強度の傾向がかならずしも7日、28日強度にそのまま同調してはいない。塩化カルシウムの場合、その添加によって短期強度は増加するが、長期強度は低下するといわれており<sup>5)</sup>、むしろマツにみられる挙動が一般的であるといえるかも知れない。

けい酸塩について第5図によれば、カバ木片を用いた場合両者とも添加率1%で若干の

強度増加はみられるが、それ以外では低下している。一般に凝結促進剤の種類によっては、その添加により硬化後の強度はかならずしも増加するものではない<sup>5)</sup>といわれているが炭酸ナトリウム、水ガラスなどはこの事例にあたるものと思われる。

以上7種の塩の添加の効果をみてきたが、その添加率、養生期間、樹種のちがい、さらには曲げ強さとはく離強さのちがいで、かならずしも一致した挙動をみせてはいないので、添加する無機塩の選択に際しては、それぞれについてあらかじめ実験的に確認した上で使用するのが安全であると判断される。またこれら無機塩の添加によって、養生期間を大巾に短縮するという期待を持つことはできない。

#### 4. おわりに

木質・セメント混合系の強度発現過程を観察することを目的とし、セメント/木質配合比1.0、予定比重1.0のカバ木片セメント板を製造した。この際クランプ養生期間を1, 2, 3日の3水準、高温養生(20°C, 85% R.H. 放置)期間を4, 7日の2水準をとり、その後20°C, 65% R.H. に放置した。製造後1, 2, 4, 7, 12週目の機械的性質を観察した。

さらにいわゆるセメントの凝結促進剤と称される無機塩を含む7種の塩を選択し、その添加率をかえてカバ、マツ木片セメント板を製造し3, 7, 28日目の機械的性質を観察し養生期間短縮に関する示唆をえようとした。結果の概要は次のとおりである。

(1) すべての機械的性質に関してクランプ養生期間、高温養生期間の差異を問わず製造後7週目で最大値を示し、強度的な平衡状態に到達したものと推察される。ただはく離強さに関して、クランプ期間3日のもの

については12週目で最大値を示した。

(2) 20°C, 65% R.H. 放置における平衡含水率は、初期養生条件の差異に関係なく12~13%程度であり、12週目で平衡に到達した。

(3) クランプ養生期間の効果に関して、すべての機械的性質について有意であり、その水準についてはく離強さでは3日でなお増加傾向がみられるが、その他では2日目で最大となっている。

(4) 高温養生期間の効果に関し総体的には有意でないかと判定された。有意と判定された場合についてもその寄与は小さかった。

(5) 無機塩添加の効果について、塩化物では強度増加に寄与するが、炭酸塩、けい酸塩では一部の事例を除きその効果はマイナスに作用した。強度増加に寄与する塩を用いても養生期間を大巾に短縮することは期待できない。

(6) それぞれの無機塩の効果について、塩の添加率、養生期間、樹種のちがい、曲げ強さとはく離強さのちがいなどでかならずしも一致した傾向をみせてはいないので、無機塩の選択に際しては実験的に確認しておく必要がある。

#### 文 献

- 1) Kossats G. ; Die Wirkung von Holzinhaltstoffen und Abbindereglern bei der Herstellung zementgebundener Holzwoleleichtbauplatten, Baustoffindustrie 7 (8) 250-252(1964)
- 2) 高橋利男ら ; 木質セメントボードの製造に関する研究(3), 本誌 6月号(1972)
- 3) 波岡保夫ら ; 同上(2), 同上 2月号(1972)
- 4) 建築技術, No.43, p-48, (1954,12)
- 5) 永井彰一郎 ; セメント概論, p-311, p-321(丸善)

—木材部 改良木材科—  
(原稿受理 47. 10. 21)