

木質セメント板の製造に関する研究(7)

- 道産材による木片セメント板の機械的性質 -

高橋利男 穴沢 忠
波岡保夫

1. はじめに

木質セメント板製造上の最大の難点は、木材中のある種の抽出成分がセメントの硬化を阻害するため、原料選択の面から、適性樹種を判定し、不適性樹種に関してはその対策を講じなければならないという点にある。適性樹種の判定に関しては水和温度¹⁾、水和熱²⁾³⁾の測定によるもの、木材型枠による硬化不良深さの測定⁴⁾、また硬化セメントペーストからの試験片の引き抜き抵抗により判定⁵⁾する方法などいくつか報告されている。これらの判定結果を木質セメント板の原料適性に関する資料として役立てるためには、実際に板を製造しその強度試験結果とのつきあわせをする¹⁾³⁾ことが必要であり、実用上の面からまだ問題が残されている⁶⁾。

また同一樹種でも辺材と心材とでは異なり¹⁾²⁾有害成分の含有量が季節によって異なることから伐採時期を考慮する必要がある⁷⁾。さらに光照射、腐朽、加熱などの影響も無視できない⁴⁾。一方硬化体の強度に対しては製造混練時に添加する混和水量の効果も観察され⁸⁾、この混和水の添加率(水/セメント比)が抽出成分の抽出量に影響を与えることも予想される。

しかるに道産材樹種が木質セメント板原料としてどの程度適合するのかその技術データはすくない。本実験においては頭記課題の予備実験として、配合比(セメント/木質)と水/セメント比のみを因子としてとりあげ、機械的性質に対する樹種特性の挙動を把握することを目的とした。

なお、本報告におけるデータの一部は第23回日本木材学会において発表した⁹⁾。

2. 実験

2.1 供試原料

道産材11樹種(シラカバ、ダケカバ、イタヤカエデ、ミズナラ、シナノキ、ヤチダモ、ハルニレ、カツラ、セン、ハンノキ、カラマツ)の小径木をそれぞれ剥皮後当场パルプチッパーで粗砕したのちパールマンチッパー(ナイフ刃出量0.5mm)にかけて木片をえた。従ってこの11樹種については辺、心材混合である。また当场製材工場よりえたマツ(エゾマツ・トドマツ混合)背板から同様の手続きで木片をえた。なお各樹種について、その伐採地、伐採時期、樹令等の詳細は不明である。また木片は加熱の影響を除くため、日陰に放置し自然乾燥した。

セメントは日本セメントKK製普通ポルトランドセメントであり、20メッシュの篩を通して使用した。水は脱イオン水を用い、凝結促進剤等の薬品を添加していない。

2.2 混和水量

それぞれの樹種について所定の配合比、予定比重に相応する木片・セメント混合系が最大限含みうる水添加率(最大抱水量)を予備実験で求めておき、これを下まわる任意の4水準を設定した。なお、添加に際して、気乾状態の木片に含まれる水分量を差し引いた。

2.3 製板方法

配合比を1.5、2.0、2.5の3水準とし、仕上り予定比重を1.0に統一した。予定比重の設定に際して仕上りボード含水率を15%、セメントの結合水量を対セメント比20%とした。

木片にあらかじめ所定の混和水を攪拌添加し、その後セメントをまぶすように添加混合した。その後の手続きは既報¹⁰⁾と同様である。同一樹種、同一配合比のくみあわせで混和水量のちがい4水準(各1枚)を1

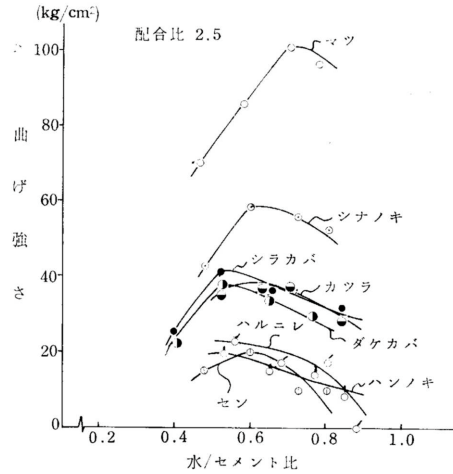
組のクランプとし24時間, 20℃, 85%R.H. に放置した。脱型後20℃, 65%R.H. に27日間放置養生した。

2.4 材質試験方法

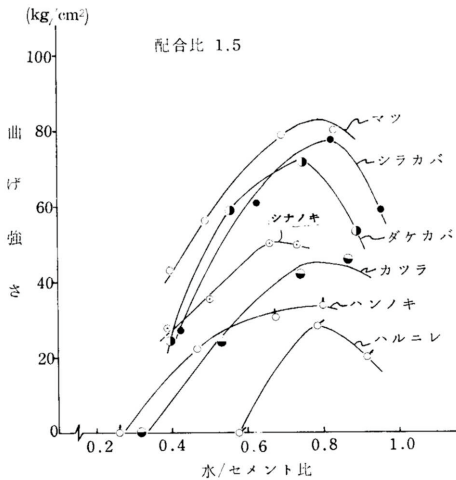
測定項目は曲げ強さ, 曲げヤング係数, はくり強さの28日強度である。試験方法の詳細については既報⁽¹⁰⁾のとおりである。

3. 実験結果と考察

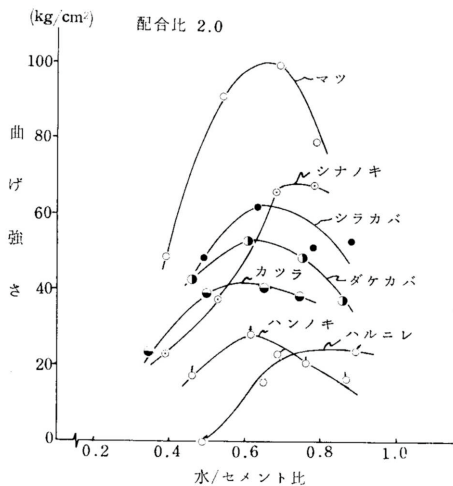
第1図から第3図にそれぞれ配合比別に水/セメント比と曲げ強さの関係を各樹種ごとに示す。図示にあ



第3図 水/セメント比と曲げ強さ



第1図 水/セメント比と曲げ強さ



第2図 水/セメント比と曲げ強さ

たり型枠を脱型する際に, あるいは養生後ボード表面を研削した時に破壊したものについてはその曲げ強さを0と評価した。

これによれば樹種別, 配合比別にかかわらず, 水/セメント比の増加に対して, ある水/セメント比(臨界点)までは曲げ強さは増加し, その臨界点を越えたところでは減少する挙動が観察される。既報⁽³⁾においてはこの挙動の増加傾向部分だけが観察されているが, そこで設定されている水/セメント比の範囲を考えれば本実験結果と必ずしも矛盾するものではない。一方木毛セメント板においても本実験結果と同様の挙動を示すことが報告されている⁽¹¹⁾。

セメントモルタルの場合, 水/セメント比の増加に対して曲げ強度, 圧縮強度が単調に減少すると報告されている⁽¹²⁾。またセメントコンクリートにおいても一般にセメントモルタルと同様の挙動を示すことが知られている⁽¹³⁾。

セメント - 水あるいはセメント - 骨材 - 水系とセメント - 木質 - 水系とのあいだにおける挙動のちがいは次のように考えられる。前者においては添加した水の全てがセメントを溶解しその結果凝結, 硬化, 強度発現に寄与できるのに対し, 後者においては木質自体が吸水性をもつためセメントの溶解に寄与できるのは一部分にすぎない。且つまた前者において水/セメント

比の少ない領域ではセメントペーストの流動性が乏しく実際に混練、成型することが不可能なため、この部分のデータが観測されていない。この部分の水/セメント比は0~0.4の範囲にあり、これは未水和セメントの残存する領域に相当する¹⁴⁾。従ってこの両者のあいだにおける挙動のちがいは本質的なものではなく、セメント-木質-水系において未水和セメントの残存する領域の強度を相対的に観測することができたことによるものと考えられる。

曲げ強さの最大値を与える水/セメント比の臨界点の存在位置について、配合比別にみれば、配合比の増加につれてその臨界点の水/セメント比の小さい方へずれる傾向がみうけられる。これは配合比が高くなるにつれ同じ水/セメント比でも木質に対する水の割合が多くなるがセメントの水吸着力が大きいいため、配合比の低いものに比べセメント側に存在する水の割合が多くなることによるものと思われる。

曲げ強さの最大値について、シナノキを除けば、樹種による優劣の順序が配合比のちがいににかかわらずほぼ対応している。しかしこの順序が樹種適性を判断する一応の目安を与えるとしても、原料樹種の抽出成分の影響がこの順序で直接あらわれていると判断するわけにはいかない。原料樹種のちがいは素材比重のちがいを意味しており、同じ予定比重で成型、圧縮した場合これが木質の圧縮性に差異を生じさせ仕上りボードの材質に影響を及ぼす¹⁵⁾からである。カバ類よりも比重の小さなカツラ、ハンノキ、ハルニレがカバ類と比べて相対的に低い強度としてあらわれているのは、これらの樹種の抽出成分がカバ類のそれに比べて、セメントの接着剤としての接着力低下すなわちセメントの硬化阻害に大きく関与していると判断してよいであろう。シナノキの挙動について、本実験範囲で議論することは難しい。

曲げ強さの最大値を与える水/セメント比の臨界点について樹種別のちがいでみると、特に明確な挙動を把えることはできず、素材比重あるいは抽出成分の影響の度合を示すデータとはなっていない。同一条件における水/セメント比の変化に対応する観測値が4ヶ

しかないことから、曲線の描き方に任意性があらわれバラツキの中に含まれた結果であると思われる。

水/セメント比がセメント凝結の始発、終結に顕著に寄与し、これが木質からセメントへの抽出成分の移動に関係する¹⁶⁾ことを想定すれば、硬化阻害成分の多い樹種ほどそうでないものに比べて、水/セメント比に対する材質の立ち上がり傾斜が緩く、極大を越えた領域における材質低下の傾斜が急激な挙動を予想することができる。しかし第1図から第3図を概察しても、この予想を裏づける挙動を示してはいない。寧ろ傾斜については上昇過程であれ、減少過程であれ、樹種にかかわらずそれぞれ一定の値となることを予想させる傾向がみうけられる。このことについては更に実験的に検討したい。

第1表に型枠脱型に際して板をもちあげようとした時破壊した事例、かろうじて板にはなったものの、28日養生後に表面をプレーナー研削しようとした際、プレーナーの回転力に堪えられず破壊した事例とともに樹種別の曲げヤング係数、はくり強さを表示した。樹種ごとの相対的強さの順序はほぼ曲げ強さのそれに対応している。しかし各強度の最大値に対応する水/セメント比の臨界点は同一樹種、同一配合比であっても同じ位置にはない。これは先にも述べたように曲線の描き方の任意性からくるバラツキによるものと考えべきである。また曲線の傾斜についてもそれぞれ曲げ強さで観察された挙動が対応している。

ここで屋代らによる樹種別の硬化判定結果²⁾と本実験結果とを比較してみる。前者において辺、心材とも完全に硬化したと判定されたイタヤカエデ、ミズナラについて本実験結果では破壊している。また全然硬化しないものと判定されているシナノキが寧ろ材質的に高い値を示している。辺材は完全に硬化し、心材は全然硬化しないと判定されたシラカベ、ハンノキでは、シラカベがハンノキよりも高い材質を示している。このように同じ樹種間においても硬化性に一致をみないことは注目する必要がある。これは両者における観察方法のちがいというより寧ろ、同一樹種においても伐採地、伐採時期⁷⁾、伐採後試験に供するまでの放置期

木質セメント板の製造に関する研究(7)

第1表 各樹種による木片セメント板の機械的性質

樹種	水/セメント比 機械的性質	配 合 比 (セメント/木質)											
		1.5				2.0				2.5			
マ ツ	水/セメント比	0.40	0.49	0.69	0.83	0.39	0.54	0.69	0.79	0.46	0.58	0.70	0.78
	曲げヤング係数	9.8	15.4	20.0	19.3	16.3	27.1	26.9	21.3	23.7	26.9	30.4	29.1
	はくり強さ	1.8	2.3	3.1	2.9	2.5	3.5	4.6	3.4	4.0	4.9	5.9	5.5
シラカバ	水/セメント比	0.42	0.62	0.82	0.95	0.48	0.63	0.78	0.88	0.40	0.52	0.64	0.84
	曲げヤング係数	9.0	21.0	22.9	18.5	16.6	21.7	20.9	20.7	9.1	15.5	18.0	17.2
	はくり強さ	1.8	3.6	6.1	5.8	3.2	5.2	6.1	6.6	2.2	3.5	5.1	4.9
ダケカバ	水/セメント比	0.40	0.55	0.75	0.89	0.46	0.61	0.76	0.86	0.40	0.52	0.64	0.76
	曲げヤング係数	9.2	19.4	23.0	19.1	15.9	20.9	22.0	18.1	10.0	16.8	16.9	15.9
	はくり強さ	2.3	3.7	6.4	6.2	3.2	6.0	6.4	5.6	2.0	4.5	5.4	3.8
シナノキ	水/セメント比	0.40	0.50	0.66	0.73	0.38	0.53	0.68	0.78	0.40	0.50	0.66	0.73
	曲げヤング係数	9.0	12.0	15.5	14.3	7.4	13.9	19.2	17.8	15.5	19.1	19.9	18.9
	はくり強さ	0.8	1.5	2.2	2.4	0.8	1.4	3.8	4.9	2.1	4.2	6.1	6.0
カツラ	水/セメント比	0.33	0.53	0.73	0.87	0.35	0.50	0.65	0.75	0.52	0.64	0.76	0.84
	曲げヤング係数	破壊	9.0	12.2	11.5	7.9	12.3	13.2	12.5	13.9	14.9	14.5	10.5
	はくり強さ	破壊	0.9	1.5	2.1	1.3	1.8	2.1	2.9	2.4	3.2	3.2	2.8
ハンノキ	水/セメント比	0.27	0.47	0.67	0.80	0.46	0.61	0.76	0.86	0.53	0.65	0.77	0.85
	曲げヤング係数	破壊	7.1	9.6	10.1	6.7	11.1	6.2	6.4	8.1	6.9	5.6	2.2
	はくり強さ	破壊	0.9	1.1	1.5	0.8	1.1	1.1	0.6	0.7	0.5	1.0	0.7
ハルニレ	水/セメント比	0.38	0.58	0.78	0.92	0.49	0.64	0.79	0.89	0.56	0.68	0.80	0.88
	曲げヤング係数	破壊	破壊	6.3	4.3	破壊	5.4	6.2	6.4	8.0	6.4	6.2	破壊
	はくり強さ	破壊	破壊	1.0	0.9	破壊	0.5	1.4	1.5	1.3	1.7	2.1	破壊
セ ン	水/セメント比	0.33	0.52	0.72	0.85	0.42	0.57	0.72	0.82	0.48	0.60	0.72	0.80
	曲げヤング係数	破壊				破壊				5.9	9.9	4.1	3.2
	はくり強さ	破壊				破壊				0.3	0.8	0.2	0.2
ヤチダモ	水/セメント比	0.29	0.49	0.69	0.82	0.41	0.56	0.71	0.81	0.48	0.60	0.72	0.80
	曲げヤング係数	破壊				破壊				破壊			
	はくり強さ	破壊				破壊				破壊			
ミズナラ	水/セメント比	0.40	0.60	0.80	0.93	0.47	0.62	0.77	0.87	0.51	0.63	0.75	0.83
	曲げヤング係数	破壊				破壊				破壊			
	はくり強さ	破壊				破壊				破壊			
カラマツ	水/セメント比	0.29	0.49	0.69	0.83	0.36	0.42	0.67	0.76	0.40	0.52	0.64	0.72
	曲げヤング係数	破壊				破壊				破壊			
	はくり強さ	破壊				破壊				破壊			
イタヤカ エデ	水/セメント比	0.37	0.57	0.77	0.91	0.47	0.62	0.77	0.87	0.52	0.64	0.76	0.84
	曲げヤング係数	破壊				破壊				破壊			
	はくり強さ	破壊				破壊				破壊			

註) 曲げヤング係数, はくり強さの単位はそれぞれ ton/cm^2 , kg/cm^2 である。

“破壊”と記されたものは脱型の際あるいはプレーナー研削の際に破壊し, 供試片をうるることができなかったものである。

間あるいは放置条件などがその抽出成分に影響を与え、セメントの硬化に異なって作用すると考えるのが妥当と思われる。

つぎに各樹種の木質セメント板原料としての適合性の評価について考えてみる。実用上の面からは得られた製品の強度試験結果による判定が必要となることははじめにも述べた。J I S A 5417では木片セメント板について種類別、厚さ別に合格水準の曲げ破壊荷重とたわみを規定している。これによって曲げ強さの合格水準を計算すると比重0.8以上の硬質木片セメント板の場合、厚さ12, 18mmについてそれぞれ62.5, 50.9 kg/cm²の値がえられる。本実験ではプレーナー研削によりほぼ13mmの厚さに規制している。従って曲げ強さについて60 kg/cm²前後であれば、この規格に照らして最低限の合格水準に含まれるものと思われる。またこの規格に定められているセメント使用量500 kg/m³以上の事例について、ボード比重1.0、仕上りボード含水率15%、セメントの結合水量をセメント比20%と仮定し既報¹⁰⁾の式にもつづいて配合比を求めると1.9以上となる。故に、この規格に従えば、本実験の範囲においては曲げ強さに関して配合比2.0の場合マツ、シナノキ、シラカバが、配合比2.5の場合マツとシナノキだけがそれぞれ水/セメント比を適正にえらぶ限りにおいて木片セメント板原料として適合すると判断できる。しかし曲げ強さに関しては凝結促進剤や養生条件¹⁷⁾によって、かつまた木片の形状をかえる^{8), 18), 19), 20)}ことなどによってその材質を向上させることが可能である。これらのことを考慮すれば木片セメント板の原料に適合する樹種の範囲はさらに広がるものと考えられ、樹種適性の判断には慎重を期する必要がある。ただ本実験の範囲で破壊したヤチダモ、ミズナラ、カラマツ、イタヤカエデなどは特別の前処理方法が開発されない限り、木質セメント板の原料として利用することは非常に困難であろうと思われる。

4. おわりに

道産材樹種の木質セメント板原料としての適合性を検討するため、手初めに重要な因子である水/セメント比と配合比をとりあげ、それぞれ4, 3水準設定しそれぞれの樹種について製板、材質試験を試みた。とりあげた樹種はマツ(エゾマツ、トドマツ混合)、シ

ラカバ、ダケカバ、イタヤカエデ、シナノキ、カツラ、ハンノキ、ハルニレ、セン、ヤチダモ、ミズナラ、カラマツの12樹種で、辺、心材混合である。結果の概要はつぎのとおりである。

1) 材質特性値の水/セメント比に対する挙動は、ある水/セメント比に臨界点をもつ上に凸のカーブとして得られる。これはセメント—木質—水系においてはセメント—水系と異なり未水和セメントの残存する水/セメント比の領域における強度を相対的に観測することができた結果であると考えられる。

2) 材質的臨界点を示す水/セメント比の存在位置は、配合比の増加に対して、その小さい方にずれる傾向がみうけられるが、樹種、材質特性値に対し特に明確な傾向を見出すことはできなかった。

3) 各樹種の材質特性の最大値に関する相対的位置は、シナノキを除けば配合比にかかわらずマツ、シラカバ、ダケカバ、カツラの順で低下し、ハンノキ、ハルニレはほぼ同じ値でそれ以下に位置した。ヤチダモ、ミズナラ、カラマツ、イタヤカエデは破壊し供試板を得ることができなかった。

4) セメントの硬化性に対する各樹種の適性判断は既往の文献の知見とかならずしも全面的には一致していない。従って、原料選択に際してはあらかじめ実験的に確認の上使用するのが安全であろう。

文 献

- 1) W. Sandermann et al: Holzforschung, **18**, p.p. 53~59(1964)
- 2) 屋代 真ら: 木材工業, **23**, p.p. 25~29(1968.11)
- 3) 川村恵洋ら: 第23回木材学会, 要旨, p.124(1973)
- 4) 南 亨二ら: 建築技術, No.179, p.p.135~157(1966.6)など
- 5) 継田視明: 建築技術, No.253, p.p. 157~164(1972.9)
- 6) 中島康三: 木材工業, **26**, p.p. 13~16(1971.9)
- 7) W. Sandermann et al: Holzforschung, **14**, p.p. 70~77(1960)
- 8) 波岡保夫ら: 本誌, p.p. 13~17(1972.3)
- 9) 高橋利男ら: 第23回木材学会, 要旨, p.99(1973)
- 10) 同上: 本誌, p.p. 8~12(1972.6)
- 11) 茅原正毅ら: 木材と技術, No.4, p.p.8~10(1970.11)
- 12) 関 慎吾ら: セメントコンクリート, No. 161, p.p. 10~14(1960.7)
- 13) 建築技術, No. 43, p. 72(1954.12)など
- 14) W. Czernin: 建設技術者のためのセメント・コンクリート化学, p.p. 59~67.(技報堂)など
- 15) 斉藤藤市ら: 本誌, p.p. 11~14(1968.1)
- 16) 善本知孝: 木材工業, **28**, p.p. 6~11(1973.7)
- 17) 高橋利男ら: 本誌, p.p. 7~12(1972.12)
- 18) P. W. Post: F.P.J., **8**, p.p. 317~322(1958.10)
- 19) J. Brumbaugh, F.P.J., **10**, p.p. 243~246(1960.5)
- 20) 高野了一ら: 木材と技術, No. 13, p.p. 10~13(1973.4)

— 木材部 改良木材科 —
(原稿受理 48. 7. 3)