高靱性エコバインダー (HTEB) 硬化体の力学的特性および HTEB を適用したパネル・ボード部材の曲げ性能

山口信^{*1} 村上聖^{*1} 武田浩二^{*1} 大木龍太郎^{*2}

^{*1} 熊本大学 大学院自然科学研究科環境共生工学専攻 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2 丁目 39-1)

^{*2} 熊本大学 大学院自然科学研究科建築学専攻 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2 丁目 39-1)

要旨：本研究では、高炉スラグ微粉末、二水石膏および水酸化カルシウムから成る 3 成分系結合材にポリエチレン短繊維を混入した高靱性エコバインダー (HTEB) に関して、その硬化体の靱性確保を目的とした調合の検討ならびに HTEB を適用したパネル・ボード部材の曲げ性能について実験的検討を行った。得られた主な知見は、以下の通りである。① HTEB 硬化体の主に曲げ靱性を確保するための調合として、水酸化カルシウム水溶液濃度 1.0 % かつ繊維体積率 1.0 % を提示した。② HTEB のパネル・ボード部材への適用にあたり、その曲げ強度に及ぼす部材の寸法効果を補償する上で、竹筋による補強が有効であることが実験的に示された。

キーワード：3 成分系結合材、繊維補強、調合、力学的特性、パネル、ボード、曲げ性能、竹筋補強

1. はじめに

セメントの製造過程では、原料である石灰石 (CaCO_3) の焼成において多量の CO_2 が排出されるため、セメント業界では、 CO_2 排出量削減をはじめとして環境負荷低減に資する様々な取組みが行われている。その中で、高炉スラグ、フライアッシュ等の産業副産物・廃棄物を混和材として用いた混合セメントの利用促進が望まれている。

一方、セメントを多量に用いることなく、混和材の潜在水硬性等に期待して固化させる無機複合硬化体の開発も実施されている。その中でも、二水石膏が高炉スラグのアルミナ分に作用する性質を利用し、この二水石膏を高炉スラグの刺激材として用いる研究は古くから行われており、例えば、小林・魚本^{1,2)} は、これを用いたコンクリートの特性について報告している。また、この高炉スラグ-二水石膏系結合材に更にフライアッシュを混合した複合硬化体の特性についても、今本³⁾ により検討がなされている。

高炉スラグ-二水石膏系の結合材にパルプ繊維を混入した硬化体の特性も高橋・重倉⁴⁾ によって報告されているが、これら硬化体の合成繊維混入による高靱性化を目的とした研究事例は現在のところ見られない。繊維補強セメント系複合材料の複数微細ひび割れ発生による高靱性化を図る上で、マトリックス自体の引張強度を出来る限り小さくし、尚且つ繊維-マトリックス界面の付着強度を向上させることの有効性が著者らの既往の研究⁵⁾ において示されており、これらの要件を満足するマトリックスとして、上述の高炉スラグ-二水石膏系の結合

材が有効となる可能性が考えられる。

著者らは、既報⁶⁾ において、高炉スラグ微粉末、二水石膏および水酸化カルシウム (将来的には、高炉スラグ粗粉、廃石膏ボードおよび回収水等の利用を想定している) から成る 3 成分系エコバインダーの調合がそのフレッシュ性状および硬化時の圧縮特性に及ぼす影響について報告した。引き続き本報では、ポリエチレン短繊維混入により靱性を向上させた高靱性エコバインダー (以下、HTEB と略記) の開発およびそのパネル・ボード部材への適用を目的に、①実験 1：水酸化カルシウム水溶液濃度および繊維体積率が HTEB 硬化体の力学的特性に及ぼす影響、②実験 2：HTEB を適用したパネル・ボード部材の曲げ性能について実験的検討を行った。

2. 実験 1：HTEB の調合の検討

本章では、HTEB 硬化体の靱性を確保する上で適切な調合を選定することを目的に、水酸化カルシウム水溶液濃度がマトリックスの圧縮強度に及ぼす影響 (実験 1-1) ならびに繊維体積率が HTEB 硬化体の各種力学的特性に及ぼす影響 (実験 1-2) について検討した。

2.1 実験方法

Table 1 に使用材料を示す。補強用の短繊維には、長さ 18mm のポリエチレン繊維 (原糸カットタイプ、Photo. 1) を用いた。なお、本繊維は強度と伸度 (破断伸び：5 %) のバランスの良さからエネルギー吸収性に優れ、高靱性セメント複合材料の補強用繊維としての有効性が確認されているものである⁷⁾。

Table 2 に使用調合を示す。実験 1-1 では、既報⁶⁾

の結果を参考に、水結合材比 $W/B=40$ %および高炉スラグと二水石膏との混合比率 $Sg:Gy=8:2$ をそれぞれ一定とし、水酸化カルシウム水溶液濃度を $CH/(W+CH)=0, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0$ %の5水準で変化させた。実験1-2では、 $CH/(W+CH)$ を実験1-1で選定した値(1.0%)で一定とし、繊維体積率を混練が可能な範囲で $V_f=0, 1.0, 1.5, 2.0$ %の4水準で変化させた。

混練方法に関して、実験1-1では容量2Lのモルタルミキサーを使用し、最初に粉体を30秒間空練りした後、水を加えて90秒間練り混ぜた。実験1-2では、容量10Lのオムニミキサーを使用し、最初に粉体を30秒間空練りした後、水を加えて90秒間混練し、最後に短繊維を投入して3分間練り混ぜた。

試験方法に関して、実験1-1では、 $\phi 50 \times 100$ mm円柱供試体を各3体作製し、28日間標準養生後、7日間の気中養生を経て圧縮試験に供した。実験1-2では、

圧縮試験用に $\phi 50 \times 100$ mm円柱供試体、曲げ試験用に $40 \times 40 \times 160$ mm角柱供試体を各3体作製し、上記と同様の養生を経て各種試験に供した。なお、実験1-2では、圧縮試験で圧縮応力-ひずみ曲線、曲げ試験でスパン長100mmの中央3点曲げ荷重による荷重-載荷点変位曲線をそれぞれ計測した。また、曲げタフネスは、載荷点変位が4.0mmに至るまでの荷重-載荷点変位曲線下の面積として求めた。

2.2 実験結果および考察

(1) 実験1-1

Fig. 1に $CH/(W+CH)$ がフロー値および圧縮強度に及ぼす影響を示す。フロー値は $CH/(W+CH)$ の増加に伴い若干低下する傾向にあるが、 $CH/(W+CH)=1.0$ %とした場合においてもフロー値200程度の良好な流動性が得られることが判る。水酸化カルシウム混入により圧縮強度の増大が認められるが、 $CH/(W+CH)=0.1 \sim 1.0$ %では圧縮強度に大きな変化は認められない結果となった。ここで、最初に添加されたアルカリ性物質は単に高炉スラグの初期水和を促す作用を行うのみで、化学

Table 1 Materials used (Experiment 1)

Blast furnace slag	Density : 2.89g/cm ³ Specific surface area : 6,140cm ² /g Magnesium content : 5.0 % Sulphur trioxide content : 2.0 % Chloride content : 0.003 % Basicity (= (CaO + MgO + Al ₂ O ₃)/SiO ₂) : 1.85
Gypsum dihydrate	Single component (CaSO ₄ · 2H ₂ O) Density : 2.23g/cm ³
Calcium hydroxide	Density : 2.20g/cm ³ CaO content : ≥72.5 % CO ₂ content : ≤1.5 %
Polyethylene fiber	Filament type Density : 0.97g/cm ³ Size : $\phi 12 \mu\text{m} \times 18\text{mm}$ Tensile strength : 2,580N/mm ² Young's modulus : 73kN/mm ²

Note : Blast furnace slag, gypsum dihydrate, and calcium hydroxide used in this experiment were the commercial products

Photo. 1 Appearance of polyethylene fibers used (Experiments 1 and 2)

Table 2 Mix proportions used (Experiment 1)

a) Experiment 1-1

V_f [%]	$CH/(W+CH)$ [%]	W/B [%]	Unit weight [kg/m ³]				Flow
			Sg	Gy	W	CH	
0	0	40	1,044	261	521	0	214
0	0.1	40	1,044	261	521	0.5	213
0	0.3	40	1,044	261	521	1.6	200
0	0.5	40	1,044	261	521	2.6	201
0	1.0	40	1,044	261	521	5.3	197

b) Experiment 1-2

V_f [%]	$CH/(W+CH)$ [%]	W/B [%]	Unit weight [kg/m ³]				Flow
			Sg	Gy	W	CH	
0	1.0	40	1,044	261	521	5.3	205
1.0	1.0	40	1,044	261	521	5.3	156
1.5	1.0	40	1,044	261	521	5.3	148
2.0	1.0	40	1,044	261	521	5.3	146

Notes : V_f : fiber volume fraction, $CH/(W+CH)$: aqueous solution concentration of calcium hydroxide, W/B : water-binder ratio
Sg : blast furnace slag, Gy : gypsum dihydrate, W : water, and CH : calcium hydroxide
The colored cells mean parameters

Fig. 1 Influences of CH/(W+CH) on flow value and compressive strength (Experiment 1-1)

Fig. 2 Load-displacement at loading point curves measured (Experiment 1-2)

Photo. 2 An example of fracture behavior of HTEB specimen ($V_f=1.0\%$, Experiment 1-2)

量論的に必要なものではないとされている。従って、高炉スラグの潜在水硬性を発揮させる上で必要な水酸化カルシウム水溶液濃度には閾値が存在すると考えられるが、本実験結果によれば、その閾値は $CH/(W+CH)=0.1 \sim 1.0\%$ 程度の範囲内に存在していることが予想される。

本実験では、 $CH/(W+CH)$ が増加するほど Absanden 現象(空気中の CO_2 によりスラグ-石膏系結合材の表層が分解される現象)²⁾に起因する表層の脆弱化が低減される傾向にあったことや、産業廃棄物としてのアルカリ性物質の積極活用の観点から、 $CH/(W+CH)=1.0\%$ を以降の実験において適用することとした。

(2) 実験 1-2

Fig. 2 に曲げ試験における荷重-載荷点変位曲線の測定値、Fig. 3 に繊維体積率が HTEB のフロー値および各種力学的特性に及ぼす影響をそれぞれ示す。

曲げタフネスは、短繊維補強により最も顕著に改善される力学的特性であるが、繊維体積率 $V_f=1.0\%$ では繊維無混入の場合に比して顕著に曲げタフネスが増大しているものの、それ以上の繊維体積率において曲げタフネスの増大に頭打ちの傾向が見られた。繊維体積率の増加に伴う曲げ強度の変化の傾向も概ねそれと類似しており、こうした現象が生じる理由として、繊維体積率が必要以上に大きくなると繊維間隔の過小による繊維-マトリックス界面の剥離を生じ、繊維引抜けが生じ易くなる

Note:
Since flexural toughness of $V_f=0\%$ could not be measured due to its brittleness, it is assumed to be zero in this figure.

Fig. 3 Influences of V_f on flow value and various mechanical characteristics (Experiment 1-2)

ためであることが予想される^{8,9)}。なお、 $V_f=1.0\%$ 以上では、Photo. 2 に示す通り、複数微細ひび割れの発生

に伴う顕著な引張硬化挙動が観察された。

ここで、部材寸法が大きい場合においても十分な曲げ強度を確保するためには、高靱性を有していることが必要となる¹⁰⁾。ここでは、 $V_f=1.0\%$ 以上で曲げタフネスが頭打ちとなったことから、パネル・ボード部材製造時における施工性や経済性も併せて考慮し、 $V_f=1.0\%$ をパネル・ボード部材に適用する HTEB の繊維体積率として選定した。

3. 実験 2：HTEB を適用したパネル・ボード部材の曲げ性能

実験 2 では、実験 1 で調合を選定した HTEB を用いて建築用ボードおよび竹筋補強パネルを作製し、これらの曲げ性能について実験的検討を行った。ここで、本研究で竹筋を用いた意図は、①天然の連続繊維補強材とみなせる竹材の有効利用を図ること、②竹材の表面にポリマーセメントモルタルを吹付けることによって竹筋-コンクリート間の付着強度を確保し、竹の引張性能を十分に発揮させることが可能となったこと¹¹⁾、の 2 点である。

3.1 実験方法

Table 3 に使用材料を示す。HTEB に使用した材料は実験 1 の場合と同様である。竹筋としては、孟宗竹を竹割り器により円周方向に 8 等分割し、自動かな仕上げにより断面寸法が $30 \times 5\text{mm}$ となるように切削加工したものをを用いた。また、竹筋-HTEB 間の付着強度確保および竹筋の吸水による劣化防止を目的に、竹筋表面への吹付け材としてポリマーセメントモルタルを用いた。

HTEB の使用調合は、Table 4 に示す通り、実験 1 において選定した調合で一定とした。混練には容量 30L のオムニミキサーを使用し、上述の実験 1-2 と同様の手順で練り混ぜた。

Table 5 に試験方法、Photo. 3 に試験体製造状況をそれぞれ示す。なお、以下に示す供試体(或いは試験体)は、いずれも 28 日間現場湿布養生後、7 日間の気中養生を経て各種試験に供した。

素材試験として、実験 1-2 で実施した圧縮および曲げ試験に加えて、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 円柱供試体 3 体を用いた割裂引張試験を実施した。建築用ボードの曲げ載荷試験は、JIS A 1408(建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験方法)に規定される 3 号試験体($500 \times 400 \times 50\text{mm}$ 平板、補強筋なし)2 体を用いて実施し、スパン長 400mm の中央 3 点曲げ載荷による荷重-載荷点変位曲線を計測した。竹筋補強パネルの曲げ載荷試験は、Fig. 4 に示す $1,600 \times 400 \times 100\text{mm}$ パネル試験体を対象に、曲げ引張側の竹筋の間隔を 100、150mm の 2 水準で変化させて実施した。なお、同試験では、スパン長を 1,400mm と

Table 3 Materials used (Experiment 2)

Blast furnace slag	Density : 2.89g/cm^3 Specific surface area : $6,140\text{cm}^2/\text{g}$ Magnesium content : 5.0% Sulphur trioxide content : 2.0% Chloride content : 0.003% Basicity(= $(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3)/\text{SiO}_2$) : 1.85	
Gypsum dihydrate	Single component($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Density : 2.23g/cm^3	
Calcium hydroxide	Density : 2.20g/cm^3 CaO content : $\geq 72.5\%$ CO ₂ content : $\leq 1.5\%$	
Polyethylene fiber	Filament type Density : 0.97g/cm^3 Size : $\phi 12\mu\text{m} \times 18\text{mm}$ Tensile strength : $2,580\text{N/mm}^2$ Young's modulus : 73kN/mm^2	
Bamboo rebar	Moso bamboo Width $\times$ thickness : $30 \times 5\text{mm}$ Tensile strength : 142N/mm^2 Young's modulus : 95kN/mm^2	
Sprayed-on material (PCM)	Emulsion	Poly-acrylic ester
	Compound	Cement : Silica sand = 40 : 60(mass ratio)
	Mix proportion	Emulsion : Compound = 1.0 : 3.5(mass ratio)

Note : Blast furnace slag, gypsum dihydrate, and calcium hydroxide used in this experiment were the commercial products.

Table 4 Mix proportion of HTEB (Experiment 2)

V_f [%]	CH/(W + CH) [%]	W/B [%]	Unit weight [kg/m^3]				Flow
			Sg	Gy	W	CH	
1.0	1.0	40	1,044	261	521	5.3	165

Table 5 Testing method (Experiment 2)

		Specimen configuration	Quantity	Measurement item
Material tests	Compressive test	$\phi 50 \times 100\text{mm}$ cylinder	3	Compressive strength
	Splitting tensile test	$\phi 50 \times 100\text{mm}$ cylinder	3	Splitting tensile strength
	Flexural test	$40 \times 40 \times 160\text{mm}$ prism (span length : 100mm)	3	Load-displacement at loading point curve (three-point bending)
Flexural loading test of building boards		$500 \times 400 \times 50\text{mm}$ board (span length : 400mm)	2	Load-displacement at loading point curve (three-point bending)
Flexural loading test of bamboo-reinforced panels		$1,600 \times 400 \times 100\text{mm}$ panel (spacing of bamboo-rebars : 100 and 150 mm, span length : 1,400mm)	1	Load-displacement at loading point curve (three-point bending)

Photo. 3 Scenes of manufacturing specimens (Experiment 2)

Fig. 4 Configuration, bar arrangement, and loading method of bamboo-reinforced panels (Experiment 2)

し、スパン中央短辺方向に集中荷重を加えて荷重－載荷点変位曲線を計測した。

3.2 実験結果および考察

(1) 素材試験結果

硬化した HTEB の圧縮強度、割裂引張強度および曲げ強度は、それぞれ 50.2N/mm^2 、 6.53N/mm^2 および 11.5N/mm^2 であった。

(2) 建築用ボードの曲げ載荷試験結果

Fig. 5 に建築用ボードの曲げ試験における荷重－載荷点変位曲線の測定値を示す。

曲げ強度は、 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ 角柱供試体で 11.5N/mm^2 であったのに対し、 $500 \times 400 \times 50\text{mm}$ ボード試験体では平均で 9.41N/mm^2 となっており、部材の寸法効果により約 18 % の曲げ強度の低下が認められる。従って、HTEB のパネル・ボード部材への適用にあたっては、部材寸法の増加による曲げ強度の低下が問題であり、その対策が重要な課題となるものと考えられる。

なお、ボード試験体の破壊性状に関しては、角柱供試

Fig. 5 Load-displacement at loading point curves of building boards (Experiment 2)

Photo. 4 An example of cracking behavior on tension-side surface of bamboo-reinforced panel (bamboo-rebars@150, Experiment 2)

体の場合と同様に、複数微細ひび割れの発生を伴う延性に富んだ破壊性状が確認されている。

(3) 竹筋補強パネルの曲げ載荷試験結果

Photo. 4 に竹筋補強パネルにおける引張側表面のひび

Fig. 6 Load-displacement at loading point curves of bamboo-reinforced panels (Experiment 2)

割れ発生状況例を示す。いずれの試験体においても、載荷点近傍の引張側表面に複数微細ひび割れが分散的に発生した後、載荷点直下の1本のひび割れが進展・拡大し、これをまたぐ竹筋が破断することで終局状態に至った。但し、内部の竹筋が破断した後もパネルは完全に耐力を喪失することなく、短繊維の架橋作用により一定量の曲げ耐力を保持した状態にあった。

Fig. 6に荷重-載荷点変位曲線の測定値を示す。両試験体ともに、初期ひび割れ発生後、巨視的には竹筋破断に至るまでほぼ直線的に荷重が増大しており、これは、竹筋が引張強度時まで線形弾性的挙動を呈するためである⁸⁾。但し、より詳細に見ると、HTEBの複数微細ひび割れ発生に伴い荷重が僅かに増減を繰り返している様相が観察される。なお、Fig. 6中の曲げ強度については、竹筋の影響を無視した公称値で表示しているが、竹筋間隔を100mmとした場合、150mmの場合と比較して、公称曲げ強度で約15%、終局時点の吸収エネルギーで約39%の増加が認められた。

Fig. 7に、角柱供試体(40×40×160mm)、建築用ボード(500×400×50mm)および竹筋補強パネル(1,600×400×100mm)の公称曲げ強度の比較を示す。上述した通り、建築用ボードの曲げ強度は角柱供試体のそれよりも約18%低下しているが、竹筋補強パネルでは、角柱供試体と同等以上の曲げ強度が得られていることが判る。このことから、HTEBのパネル・ボード部材への適用にあたり、その曲げ強度に及ぼす部材の寸法効果を補償する上で、竹筋による補強が有効な手法の1つとなるものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、HTEB硬化体の靱性確保を目的とした調合の検討ならびにHTEBを適用したパネル・ボード部材の曲げ性能について実験的検討を行った。本研究の範囲内で得られた知見を要約すると、以下ようになる。

- 1) ポリエチレン短繊維を繊維体積率1.0~2.0%で混

Fig. 7 Comparison of nominal flexural strength between various HTEB specimens (Experiment 2)

入することにより、複数微細ひび割れの発生を伴う顕著な曲げ靱性の向上が認められた。また、パネル・ボード部材に適用するHTEBの調合として、主に曲げ靱性確保の観点から、水酸化カルシウム水溶液濃度1.0%かつ繊維体積率1.0%を提示した。

- 2) HTEBの曲げ強度に及ぼす部材の寸法効果が確認され、HTEBのパネル・ボード部材への適用にあたっては、その改善が重要な課題であると考えられた。また、それを補償する上で、竹筋による補強が有効であることを実験的に示した。

なお、本材料の実用化を想定した各種基礎物性の評価は、今後の重要な課題となるものと思われる。

謝辞：

実験にあたり、熊本大学技術職員の甲斐定夫氏、戸田善統氏ならびに太田智之氏、安藤奨氏、永田仁志氏をはじめとする建築材料・施工研究室の大学院生・卒研生諸氏より多大なご協力をいただきました。また、ポリエチレン繊維は東洋紡績(株)、ポリマーセメントモルタルは(株)フジコンケミカルよりそれぞれご提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 小林一輔ほか：高炉水砕スラゲーセッコウ系結合材を用いたコンクリートに関する基礎的研究(1)－水結合材比と圧縮強度特性について－、生産研究、第30巻、第6号、pp. 241-243 (1978)
- 2) 小林一輔ほか：高炉水砕スラゲーセッコウ系結合材を用いたコンクリートに関する基礎的研究(8)－空中養生を行った場合の圧縮強度と中性化深さ－、生産研究、第32巻、第2号、pp. 43-46 (1980)
- 3) 今本啓一ほか：廃せっこうボード微粉末とフライアッシュ・高炉スラグを用いた無機複合硬化体の開発、日本建築工学会論文報告集、第13巻、第1号、pp. 1-6 (2006)

- 4) 高橋和雄、重倉祐光：高炉スラグ・石膏混合体を硬化体とし繊維補強した新材料の開発に関する研究－特に石膏ボード廃材の活用を目的とした実験的研究－、日本建築学会構造系論文集、第 480 号、pp. 11-19 (1996)
- 5) 村上聖ほか：生コンスラッジ硬化体の建築用ボードへの有効利用、セメント・コンクリート論文集、No. 57、pp. 607-612 (2003)
- 6) 太田智之ほか：各種リサイクル資材の建築利用技術の開発研究、日本建築学会九州支部研究報告、第 50 号・1、pp. 97-100 (2011)
- 7) 日本コンクリート工学会：高靱性セメント複合材料を知る・作る・使う－高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書－ (2002)
- 8) RILEM : High Performance Fiber Reinforced Cement Composites 2 (HPFRCC2), Proceedings of the Second International RILEM Workshop, Edited by Naaman, A. E. et al. (1996)
- 9) 山口信ほか：高分子量ポリエチレン繊維を用いた繊維補強コンクリートの靱性確保を目的とした調合とその基礎物性に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第 73 巻、第 634 号、pp. 2091-2100 (2008)
- 10) 村上聖ほか：繊維補強コンクリートの曲げ強度の寸法効果と破壊靱性、セメント・コンクリート論文集、No. 49、pp. 802-807 (1996)
- 11) 山口信ほか：主筋およびあばら筋として竹筋を用いた竹筋コンクリート梁の曲げ性能、日本建築学会九州支部研究報告、第 51 号・1、pp. 217-220 (2012)

MECHANICAL CHARACTERISTICS OF HARDENED HIGH-TOUGHNESS ECO-BINDER (HTEB) AND FLEXURAL PERFORMANCE OF PANEL/BOARD MEMBERS WITH HTEB

Makoto YAMAGUCHI^{*1}, Kiyoshi MURAKAMI^{*1}, Koji TAKEDA^{*1} and Ryutaro OHKI^{*2}

^{*1} KUMAMOTO UNIVERSITY, Graduate School of Science and Technology, Environmental Science (2-39-1, Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto-shi, Kumamoto 860-8555, Japan)

^{*2} KUMAMOTO UNIVERSITY, Graduate School of Science and Technology, Architecture (2-39-1, Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto-shi, Kumamoto 860-8555, Japan)

ABSTRACT : This study aimed at developing high-toughness eco-binder (HTEB), in which polyethylene short fibers are mixed into binder composed of three components (blast furnace slag, gypsum dihydrate, and calcium hydroxide), and its application to panel/board members. Experimental investigations were conducted regarding mix proportion for high toughness of HTEB and flexural performance of panel/board members with the HTEB. The main results obtained are as follows : 1) as a mix proportion for obtaining high toughness of HTEB, aqueous solution concentration of calcium hydroxide $CH/(W + CH) = 1.0 \%$ and fiber volume fraction $V_f = 1.0 \%$ was proposed ; and 2) it was shown that bamboo-reinforcement was effective in compensating for size effect of members on flexural strength of the HTEB.

KEY WORDS : Three-component-blended binder, Fiber-reinforcement, Mix proportion, Mechanical characteristics, Panels, Boards, Flexural performance, Bamboo-reinforcement