様式Ｃ－１９

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成２５年　５月２７日現在

機関番号：８２１０５
研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：2010～2012
課題番号：２２７８０１６７
研究課題名（和文）　木質接合部および耐力壁の耐久性評価技術の開発

研究課題名（英文）　Experimental study of durability evaluation technics of joints and shear wall for timber construction.

研究代表者
青木　謙治（AOKI KENJI）
独立行政法人森林総合研究所・構造利用研究領域・主任研究員
研究者番号：９０３１３０７２

研究成果の概要（和文）：
木質構造物が長期にわたって使用される中で、様々な環境下での劣化の進行による耐力低下や変形性能の低下が起こる可能性がある。本研究では、面材張り耐力壁とその釘接合部に着目し、水分の進入による劣化を焦点に実験的検討を行った。その結果、木質系面材料の種類により耐力残存率が異なること、促進劣化手法と試験方法によりその大小が変化すること、耐力壁の評価には接合部試験結果のみでは不十分であり、より正確な評価法の提案が必要であること等が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：
There is a possibility that the decrease of structural performance by the progress of the deterioration happen while the timber structure's being used in a long time. In this research, an experimental research concerning the deterioration by moisture was conducted for the panel sheathed shear wall and its nailed joint. The result is as follows. The performance persistence ratio is different depending on the kind of the wood-based structural panels. The performance persistence ratio changes depending on the deterioration and the test method. It is necessary to propose a more accurate test and evaluation method, because of insufficiency of present evaluation method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２０１０年度	1,500,000	450,000	1,950,000
２０１１年度	1,000,000	300,000	1,300,000
２０１２年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総　計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学
科研費の分科・細目：森林学・木質科学
キーワード：構造用合板、釘接合部、耐力壁、耐久性評価、促進劣化、事故的水掛かり、耐力残存率

１．研究開始当初の背景

1995 年の阪神大震災を契機に木質構造の研究は急速に進み、建築基準法改正や各種技術書の発行などによって木質構造の耐震性は十分高まった。また様々な設計式・理論式によって木質構造物の耐力や変形性能の予

測手法も提案されている。これまでの木質構造研究は、施工直後の耐震性を確保することに注力してきており、その成果は十分世の中に反映されていると言えよう（図 1)。

図 1　新築木造住宅の耐震実験

一方、木質構造物が長期にわたり使用されるなかで、その耐力や変形性能が必ずしも施工直後と同一とはならないことは経験的に知られている（図 2)。省エネルギー対策により木造住宅は高断熱・高気密化されたが、逆に一度進入した水分は滞留しやすく、白アリ・木材腐朽菌などによる腐朽や、壁内結露の原因となる。また、施工途中の雨による水濡れ、洪水による短期的な水濡れ等の事故的な水掛かりも存在する。これらの劣化要因が木質構造物の耐力や変形性能を著しく低下させる危険性が指摘されている一方で、木質材料および木質構造物の耐久性評価は非常に難しく、これまでにも幾つかの実験的検討がなされているものの、未だに定量的な評価には結びついていないのが現状である。

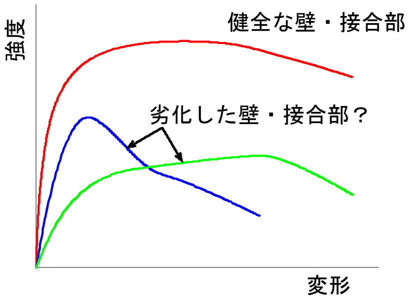

図 2　劣化による性能の低下

２．研究の目的

そこで本研究では、木質面材料単体の耐久性評価に用いられている手法を参考に、水分が進入することによる劣化に焦点を絞った実験を行い、釘接合部および面材張り耐力壁の耐久性評価に向けた基礎研究、即ち、釘接合部および面材張り耐力壁の“長期耐久性”に関わる検討、および“事故的な水掛かり”に対する検討を行う。

(1)“長期耐久性”に対する検討

木質面材料を用いた耐力壁の主要な接合部である釘接合部および実大耐力壁を対象とする。木質系面材料としては、樹種や構成、ボード種類など変えて複数種用意する。長期使用下において壁内結露等の高湿度状態と乾燥状態が繰り返されることを想定し、現在の実大耐力壁の耐久性に係る耐力低減係数導出に用いられている促進劣化手法を釘接合部に施し、耐力残存率を実験的に求めてその材料ごとの傾向を把握する。

(2)“事故的な水掛かり”に対する検討

木質面材料を用いた耐力壁の主要な接合部である釘接合部および実大耐力壁を対象とする。木質系面材料としては、樹種や構成、ボード種類など変えて複数種用意する。釘接合部を対象に各種面材料の浸漬処理を行い、促進劣化処理と接合部耐力の関係を実験的に求める。実大サイズの耐力壁に対し促進劣化処理を実施した後に水平せん断試験を行い、耐力壁としての耐力低下の割合を求めると共に、接合部試験結果と比較・検証する。

３．研究の方法

(1)まず始めに、国内外で木質構造物の耐久性評価、あるいは耐力壁や接合部などの耐久性評価に使われている手法を調査し、試験法、評価法を分類する。

(2)木質構造物の耐力壁に最も一般的に使用されている面材料である構造用合板を対象に、実大耐力壁の倍率評価の際に用いられる耐力低減係数導出の試験法を適用し、実際の耐力残存率がどの程度であるのか、同一材料内でのバラツキがどの程度あるのか、接合方法などによる差異が生じるのか等について検証する。試験は、合板－釘接合部試験体を用いた側面抵抗試験（図 3)、釘頭貫通試験（図 4）とし、無処理の試験体と、2 種類の促進劣化手法（図 5,6）を適用した試験体の加力試験結果から、耐力残存率を求める。

(3)次に、(2)の結果をふまえて、構造用合板以外の材料を含めた全 12 種類の木質系面材料を対象に、上記(2)と同様の試験、評価を実施し、これまでデータ整備が遅れている各種木質系面材料の基礎データを網羅的に取得する。

図 3　側面抵抗試験

図 4　釘頭貫通試験

図 5　試験片の水中浸漬処理

図 6　促進劣化処理した試験片

(4)釘接合部による耐久性評価試験結果と、実際の耐力壁での耐久性評価との関連性を調べるために、面材張り耐力壁に対し釘接合部と同様の促進劣化処理を施し（図 7)、耐力壁のとしての耐力残存率を実験的に把握すると共に（図 8)、現行評価法の有効性を検証した。

図 7　耐力壁の水中浸漬処理の様子

図 8　劣化処理した耐力壁の面内せん断試験

４．研究成果

まず、国内外で木質材料や接合部等の耐久性評価に用いられている試験・評価法を整理した。次に、単板構成の異なる構造用合板と 2 種類の釘を用いて釘接合部試験体を作成し、乾湿繰り返し処理（耐久性評価）及び水中浸漬処理（事故的水掛かり評価）を施し、無処理の試験体と共に接合部の加力試験（側面抵抗試験、釘頭貫通試験）を行った。得られた試験結果より耐力の残存率を実験的に求めた結果、合板の単板構成や釘種類の違いにより多少の変動はあるものの、乾湿繰り返し処理で平均 0.98、水中浸漬処理で平均 0.99 と高い残存率を示した（図 9、表 1)。

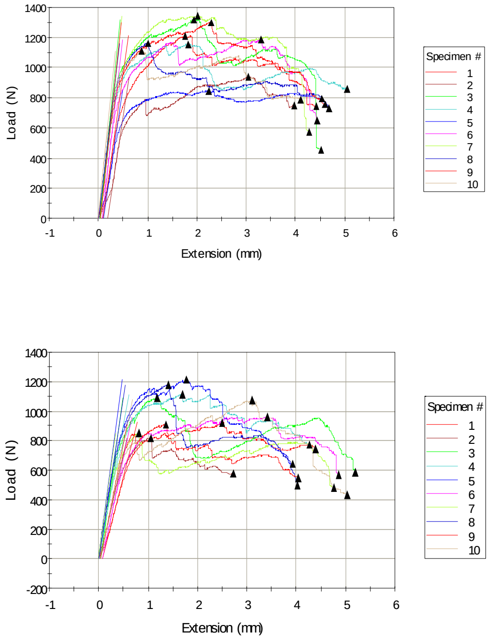

図 9　試験結果の一例

（側面抵抗試験、上図：無処理試験体、

下図：乾湿繰り返し処理試験体）

表 1　最大荷重と耐力残存率

4ply		CN50			CN65		
		無処理	事故水	乾湿	無処理	事故水	乾湿
側面抵抗	平行	1.157	1.033	1.013	1.103	1.079	1.055
			0.89	***0.88***		***0.98***	***0.96***
	直交	1.197	0.980	1.035	1.153	1.114	1.094
			0.82	***0.87***		***0.97***	***0.95***
釘頭貫通		1.217	1.217	1.175	1.207	1.301	1.292
			1.01	***0.97***		***1.08***	***1.07***

5ply		CN50			CN65		
		無処理	事故水	乾湿	無処理	事故水	乾湿
側面抵抗	平行	1.148	1.105	1.186	1.200	1.095	1.238
			0.96	***1.03***		***0.91***	***1.03***
	直交	1.208	1.116	1.155	1.193	1.169	1.252
			0.92	***0.96***		***0.98***	***1.05***
釘頭貫通		1.041	1.060	1.023	1.153	1.259	1.116
			1.02	***0.98***		***1.09***	***0.97***

注:上段･･･最大耐力(kN)、下段･･･無処理に対する耐力残存率

次に、木質構造物の耐力壁に一般的に使用されている面材料 4 つ（合板、OSB、PB、MDF。樹種や層構成、規格の違いにより、合計 12 種類の面材料を使用。表 2）を対象に研究を行った。12 種類の面材料と釘（CN50）を用いて釘接合部試験体を作成し、2 種類の促進劣化処理（事故的な水掛かりに対する評価、耐久性に対する評価）を施し、無処理の試験体と共に接合部の加力試験を行った。得られた試験結果より耐力の残存率を実験的に求めた結果、単板構成の違いにより多少の変動はあるものの合板では 0.9～0.95 程度、OSB、PB、MDF といった木質材料で 0.8～0.9 程度と、原材料の違いや製造方法の違いにより残存率の傾向が異なった（図 10、表 3）。また、加力方向による明確な傾向の違いは現れなかった。

表 2　検討した木質面材料一覧

記号	面材種類	規格・単板構成等	公称厚さ (mm)	平均密度 (kg/m^3)
PW-S	構造用合板	JAS特類2級、全層スギ(SSSSS)	12.0	433
PW-SK		JAS特類2級、カラマツ－スギ複合(KSSSK)	12.0	481
PW-KS		JAS特類2級、カラマツ－スギ複合(KSKSK)	12.0	534
PW-K		JAS特類2級、全層カラマツ(KKKKK)	12.0	605
PW-SL		JAS特類2級、ラーチ－スギ複合(LSSSL)	12.0	493
PW-LS		JAS特類2級、ラーチ－スギ複合(LSLSL)	12.0	548
PW-L		JAS特類2級、全層ラーチ(LLLLL)	12.0	649
OSB-N	構造用パネル	JAS3級、北米産	11.1	637
OSB-U		JAS3級、欧州産	11.1	683
OSB-Q		JAS4級、欧州産	9.5	701
MDF	中密度繊維板	JIS A 5905, 25M	12.0	749
PB	パーティクルボード	JIS A 5908, 18M	12.0	747

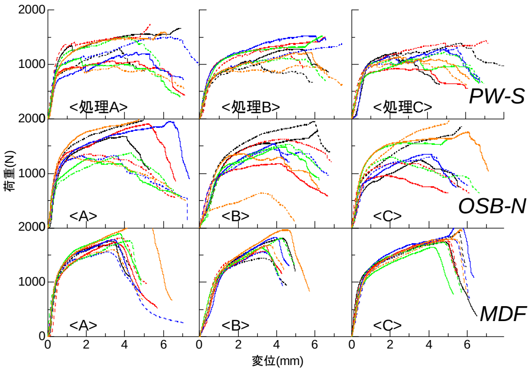

図 10　荷重－すべり関係の例（側面抵抗）

表 3　耐力残存率の一覧

記号	残存率(側面抵抗･H)		残存率(側面抵抗･V)		残存率(釘頭貫通)	
	72h/常態	乾湿/常態	72h/常態	乾湿/常態	72h/常態	乾湿/常態
PW-S	0.949	0.912	0.959	0.763	1.046	1.103
PW-SK	0.858	0.806	0.983	1.008	0.953	0.998
PW-KS	0.865	0.834	0.951	0.906	0.929	1.024
PW-K	0.900	0.931	0.833	0.840	0.982	1.014
PW-SL	0.919	0.884	0.919	0.922	0.942	0.949
PW-LS	0.937	0.876	0.953	0.913	0.999	0.958
PW-L	0.923	0.918	0.951	0.904	0.987	0.939
OSB-N	0.894	0.885	0.888	0.856	0.986	0.968
OSB-U	0.794	0.779	1.029	0.897	1.017	1.097
OSB-Q	0.859	0.917	0.938	0.752	0.894	0.805
MDF	0.959	1.005	0.824	0.847	0.911	0.925
PB	0.881	0.917	0.850	0.946	0.888	0.927

さらに、面材張り耐力壁についても促進劣化処理（事故的な水掛かりに対する評価）を施し、面内せん断性能に及ぼす促進劣化処理の影響を検討した結果、ほとんどの面材料で耐力が上昇し、剛性が低下する傾向を示した。これは、劣化処理後に 3 ヶ月ほど試験体を乾燥させる期間を確保した間に、釘接合部において釘がわずかに錆びることによって投錨効果が発揮され、初期の面圧抵抗性能としては低下して剛性が下がるものの、釘の引き抜けが起きにくくなるためにせん断耐力としては上昇したためと考えられた。しかし、長期間の使用による錆の進行によっては耐力が低下してくる可能性も十分考えられるため、正確な評価を行うためには更なる検討が必要である。また、接合部単体での促進劣化処理と実際の耐力壁での劣化の進行状況には差異が見られたことから、現行の試験・評価方法についても再度検討し直す必要があると結論づけられた。

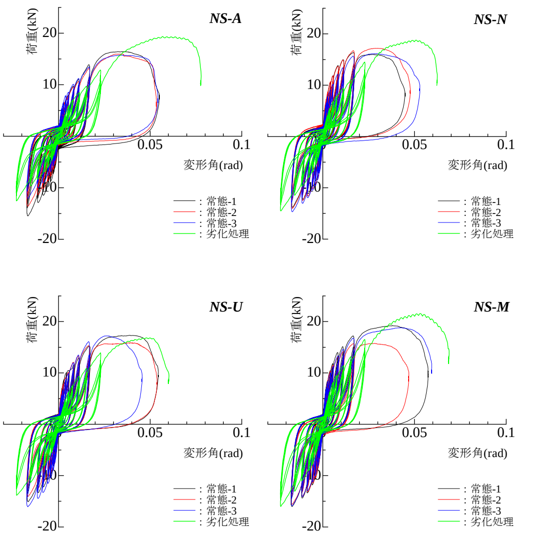

図 11　荷重－変形角曲線の比較例

表 4　耐力壁試験結果から求めた試験特性値の残存率（劣化処理／無処理）

	Pmax	Py	Pu	K	Energy	μ	Ds	D(Pmax)	δy	δu	δv
PW-S	1.20	1.18	1.21	0.41	1.64	0.50	1.47	1.69	2.83	1.49	2.90
PW-SK	1.15	1.08	1.15	0.31	1.72	0.45	1.55	2.14	3.47	1.66	3.71
PW-KS	1.35	1.43	1.37	0.38	2.16	0.48	1.51	2.10	3.73	1.75	3.58
PW-K	1.25	1.16	1.22	0.40	1.96	0.56	1.36	2.24	2.85	1.74	2.99
PW-SL	1.19	1.10	1.19	0.36	1.91	0.53	1.43	2.08	3.03	1.75	3.26
PW-LS	1.15	1.11	1.13	0.40	1.54	0.52	1.43	2.15	2.76	1.48	2.81
PW-L	1.45	1.49	1.44	0.37	2.46	0.50	1.47	2.92	3.74	1.89	3.63
OSB-N	1.13	1.06	1.11	0.30	1.38	0.38	1.72	2.04	3.58	1.40	3.73
OSB-U	1.00	1.02	0.99	0.34	1.06	0.39	1.65	1.38	3.01	1.18	2.92
OSB-Q	0.95	0.88	0.94	0.46	1.05	0.60	1.34	1.28	1.88	1.21	2.02
MDF	1.20	1.12	1.16	0.40	1.40	0.46	1.54	1.48	2.79	1.33	2.87
PB	1.30	1.14	1.27	0.28	2.12	0.41	1.63	2.27	4.00	1.85	4.44

５．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計　3　件）

①青木謙治、渋沢龍也、12 種類の構造用面材料を用いた釘接合部の耐久性評価、第 63 回日本木材学会大会、2013 年 03 月 28 日、岩手大学（岩手県盛岡市）

② Kenji Aoki, Tatsuya Shibusawa, Evaluating in-plane shear modulus of wood-based structural panels by racking test of small nailed wall, World Conference on Timber Engineering 2012, 2012 年 7 月 16 日、Sky City Convention Centre (New Zealand, Oakland)

③青木謙治、渋沢龍也、谷川信江、水分作用処理を施した 12mm 厚構造用合板－釘接合部の耐久性能評価、第 29 回日本木材加工技術協会年次大会、2011 年 10 月 13 日、公立学校共済組合岡山宿泊所ピュアリティまきび（岡山県岡山市）

６．研究組織

(1)研究代表者

青木　謙治（AOKI　KENJI）
独立行政法人森林総合研究所・構造利用研究領域・主任研究員
研究者番号：９０３１３０７２