築後25～51年経過した建物における 集成材柱の耐久性調査

新藤 健太^{*1}, 平松 靖^{*1}, 宮武 敦^{*1}, 中島 正夫^{*2}

1. はじめに

我が国で1950年代に製造され始めた構造用集成材は、住宅など木造建築物の構造用軸材料として広く普及するに至ったものの、築後30年か、それ以上経過した集成材建物が続々と取り壊されているのが現状である。筆者らは2007～2009年にかけ、日本国内に現存する、築後25～51年経過し、かつ実使用環境下にある建物における集成材の劣化状況について、計13棟の実態調査を行う機会を得た。なお、同調査では集成材接着層の耐久性以外にも、部材の生物劣化の状況¹⁾や、アメリカ合衆国に現存する築後74年の建物に使われている集成材^{2,3)}なども現地調査を行っているが、誌面の都合もあり今回は割愛する。

2. 日本に現存する建物の集成材劣化調査

2.1 調査建物の概要および調査方法

日本国内にて、2007年10月～2009年10月の間に現地調査を実施した建物の概要を表1に示す。建物の選定にあたっては、築後25年以上経過した建物の中から北海道から九州までの全国をカバーし、なるべく地域が偏らないよう配慮した。高耐久住宅の実現に向けて、超長期の耐久性を検証できる基礎情報取得が念頭にあるため、できるだけ常時使用されている建物を選び、体育館は原則として対象外とした。

接着剤の種類については、集成材の日本農林規

格(JAS)が制定された1966年を境に、ユリア(尿素)樹脂接着剤(以下、ユリアまたはUFと略す)からレゾルシノール系樹脂接着剤(以下、レゾルシノールまたはRFと略す)へと切り替わってきた。このため、ユリアで製造した1966年以前の建物と、レゾルシノールで製造した1966年以降の建物をそれぞれ一群とし、できるだけ同数程度になるよう心掛けて選定した。設計図書等の資料が現存しているかといったこともあわせて考慮しつつ選定した。日本地図上の位置関係を図1に示す。

調査はその多くが実用に供している建物であるため、原則として非破壊とした。また調査の安全性を考慮し、梯子・脚立で観察できる範囲を対象を限定した。建物所有者や調査者の時間的制約を考え、調査を1日で終えられる5～6時間を目安に調査項目を絞り込んだ。調査項目は以下の通りである。

- ・建物使用者等へのきき取り(建物の用途・使用状況・空調および機械換気の有無と稼働状況・補修歴・メンテナンスの実施状況と頻度・気象条件(夏冬の最高最低気温・積雪状況)・被災経験(地震・台風・津波・浸水)・異音・その他気になる点)
- ・建物の立地環境(土地条件・傾斜・地盤・土質・日照・排水・通風・交通振動など)
- ・調査時の温湿度環境(温湿度を屋内・屋外で2カ所以上)
- ・構造形式(架構形式(ラーメン・アーチ・ドー

*1 (独)森林総合研究所

*2 関東学院大学

Corresponding author: Kenta. Shindo (shindok@ffpri.affrc.go.jp)

表 1 調査対象建物の概要

建物名称	調査実施	建築年	経年数*	場 所	現用途	規模	面積** (m ²)	構造形式	樹種	接着剤***
A	2007.12	1959	48	北海道砂川市	倉庫	平屋	700	3 ヒンジアーチ	エゾマツ	UF
B	2007.12	1960	47	北海道砂川市	倉庫	平屋	265	3 ヒンジアーチ	エゾマツ	UF
C	2008. 9	1958	50	北海道砂川市	倉庫	平屋	1,629	3 ヒンジアーチ	エゾマツ	UF
D	2008. 9	1968	39	茨城県つくば市	展示室・倉庫	平屋	266	3 ヒンジアーチ	エゾマツ	UF・RF
E	2007.10	1966	41	埼玉県ふじみ野市	事務所	平屋	185(建)	ラーメン	エゾマツ	UF・RF
F	2009.10	1958	51	新潟県新発田市	体育館	平屋	588 (331)	3 ヒンジアーチ	エゾマツ	UF
G	2007.12	1972	35	静岡県浜松市	住宅	平屋	466(建)	在来軸組	ベイツガ	RF
H	2007.11	1962	45	奈良県高取町	展示室・倉庫	平屋	159	3 ヒンジアーチ	モミ	UF
I	2008. 1	1982	25	広島県廿日市市	事務所	2階建	372	ラーメン	スギ	RF
J	2008. 1	1982	25	広島県廿日市市	展示室	平屋	202	3 ヒンジアーチ	アカマツ	RF
K	2008. 2	1966	41	宮崎県都城市	児童館	平屋	215 (116)	3 ヒンジアーチ + ラーメン	モミ	RF
L	2008. 2	1962	45	宮崎県都城市	ボイラー室	平屋	91	3 ヒンジアーチ	スギ	UF
M	2008. 2	1982	25	宮崎県日南市	事務所	平屋	768(建)	3 ヒンジアーチ + ラーメン	スギ	RF

* 経年数は、調査実施時における経年数を指す（複数年にわたり実施）。

** (建)は建築面積を、表記なしは延床面積を示す。

建物 F は、() 内が集成材による 3 ヒンジアーチ部の面積（それ以外は鉄骨造による増築部分）。

また建物 K は、() 内が集成材による 3 ヒンジアーチ部の面積（それ以外は製材+ラーメン構造）。

*** 接着剤種類 RF：レゾルシノール系樹脂接着剤、UF：ユリア（尿素）樹脂接着剤

ム)・主要構造部材の寸法・スパン・接合方法・金物形状)

- ・集成材の製造条件（接着剤種類・ラミナ厚・たて継ぎ形状(フィンガー・スカーフ・バット)・樹種（きき取り・鑑定も含む））
- ・集成材接着面のはく離状況（長さ・深さ・幅・頻度）
- ・ラミナ部の割れ（長さ・深さ・幅・頻度）
- ・集成材の含水率（原則は高周波式・一部電気抵抗式）
- ・集成材の生物劣化（腐朽・蟻害・虫害・変色）
- ・写真記録（外観・内観・主要構造部材・異状部・敷地状況・周囲の環境・その他）

対象とする部材は主要構造材とし、できるだけ露出している全ての積層面を観察することとした。

2.2 劣化等級の判定

劣化等級区分を行うためには、実地調査で得られたデータから判定する必要がある。判定基準は1980年に藤井^{4,5)}が提案したものをベースに、今回、一部を改めた。用いた判定基準を表2に示す。判定に用いる要素は、長さ、深さ、頻度とし、最

図 1 調査対象建物の分布

も高く（厳しく）判定された等級を、その部材の劣化等級とした。その際、ラミナの割れについては判定から除外した。また3 ヒンジアーチを構成するわん曲集成材の全長については文献⁷⁾に示す方法で補正した。

2.3 調査結果

調査結果の例として、建物 C の外観および内観を写真1、柱材の劣化等級図を図2に、建物 D

表2 集成材の接着面はく離に関する劣化等級判定基準

集成材の劣化等級	従来の判定基準（藤井式）			本報告で用いた判定基準		
	長さ	深さ	頻度	長さ* ¹	深さ* ¹	頻度
I	10cm以下	5mm以下	2－3カ所	全長の5%以下 または10cm以下	材幅の5%以下 または5mm以下	接着層の10%以下
II	30cm以下	20mm以下	数カ所	10%以下または 30cm以下	10%以下または 20mm以下	25%以下
III	100cm以下	材幅の1/3以下	局部的	25%以下または 100cm以下	材幅の25%以下	50%以下
IV	全長の1/3以下	材幅の1/3以上	多数	50%以下	材幅の25%を超え、貫通なし	75%以下
V	全長の1/3以上	貫通	全面的	50%を超える	貫通	75%を超える

* 1：長さ・深さとも、2つの基準によって判定した上、いずれか小さい等級を採用

写真1 建物C（左：外観（写真：中島）、右：内観（写真：新藤）
（以下、特記以外の写真：新藤）

図2 建物C一柱部材の劣化等級

の外観および内観を写真2、柱材の劣化等級図を図3に、建物Mの外観および内観を写真3、柱材の劣化等級図を図4に、建物Hの外観を写真4、アーチおよび床ばりの劣化等級を図5にそれぞれ示す⁶⁻¹⁰⁾。（築年数は調査時、以下同じ）（図4については宮崎県南部森林管理署提供の図面に加筆し

た）

建物Mは、築年数が25年と比較的浅く、かつ接着剤もレゾルシノールが使われていることもあり、概して集成材接着層の劣化は認められなかった。劣化等級区分もほとんどが0，I，IIだった。

建物Cは、今回調査した中でも古い築50年の建

写真2 建物D（左：外観，右：内観）

図3 建物D—柱部材の劣化等級

物であり、接着剤もユリアが使われているが、劣化等級区分はⅢ以下が約8割を占めるなど、接着層は比較的良好であると判断された。劣化等級区分判定においては深さで決まっている場合が比較的多かったが、これは旧用途が集成材工場であり、室内にボイラーが置かれていた影響などが考えられる。聞き取り調査によれば、台風（時期は不明）によって過去に2日間床上浸水したとのことだったが特にその影響は認められなかった。立地が北海道であることもあり、集成材が外装材で覆われていて外部に露出しない建築計画であることが、集成材の劣化に好影響しているものと判断された。

建物Dは、図3のように中央部3構面にレゾルシノールが、両端部3構面ずつにユリアが使われている。これは当時、接着剤の違いによる耐久性を確認したいとの思惑があったようだが、本建物の使用環境にあつては、両者に劣化度の明確な差は認められなかった。また劣化度Ⅳが1/3を占め、接着層が相応に劣化していることが確認された。

レゾルシノールにも相応の劣化が認められた点については、レゾルシノールが使われ始めた初期の集成材であることから、製造時に何らかの問題があった可能性や、当該建物を東京から移築した際に数年間集成材を屋外で保管していたとのことで、その間に劣化が進行した可能性などが考えられるが、詳細は不明である。

建物Gは築45年で、図4のようにU字型わん曲集成材と通直集成材を床下で接続したアーチ構造で、接着剤はユリアを使用している。U字型柱一天井ばりアーチ材および床ばり通直材とも、端部は東面外壁を貫通し屋外に露出している建築計画であるため、この屋外部分では集成材が直接風雨・日射に晒されており、接着層の劣化も進行していた。ただ室内の天井ばりは、劣化等級区分Ⅱ～Ⅳが各2本ずつであり、接着層の劣化が進行している状況ではなかった。

なお筆者らは、一条件下ではあるものの、接着層の劣化（はく離）が強度に与える影響について、ASTM D3737-07による2点荷重式曲げせん断試

写真3 建物M（左：外観，右：内観）

図4 建物M一柱部材の劣化等級

験を実施し、検証している¹¹⁾。その結果、劣化度Ⅲに相当する深さ（材幅に対し）25%の未接着部（人為的なはく離）を設けた試験体ではほとんど強度低下が認められなかったが、劣化度Ⅳに相当する深さ50%の未接着部を設けた試験体では明らかな強度低下が認められた。これらの成果については、

別の機会にご報告させていただくこととしたい。

3. まとめ

1. 風雨や日射に直接晒される環境下では、耐久性が高いとされるレゾルシノール系樹脂接着剤であっても、集成材の接着層には劣化が進行す

写真4 建物H（外観）

る傾向が認められ、集成材の耐久性向上には建築計画上の配慮が重要であることがわかった。

2. ユリア樹脂接着剤はその接着耐久性が低いいため、現在では構造用集成材の接着剤としては使用されていないが、温湿度条件などが限られた条件下ではあるものの、この接着剤で接着された集成材でも50年間、建物の構造部材として使用されている実績があることがわかった。
3. 今回の調査を通じ、正しく製造された集成材を使用したならば、少なくとも50年といった期間において、建物の廃棄・取り壊しの主たる要因となるような集成材の接着性能の低下が発生することはないと推察された。

本調査は、国土交通省「超長期住宅実現のための技術基盤整備事業」の一環として行われた。

なお本報告は、既報⁶⁻¹⁰⁾に加筆・再構成したものである。

文献

- 1) 中島正夫, 宮武敦, 新藤健太, 桃原郁夫, 大村和香子: 同 その3. 含水率と生物劣化, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 281-282 (2008).
- 2) 新藤健太, 中島正夫, 宮武敦, 宮林正幸, 黒木亮: 実使用環境下における集成材の耐久性 その2. アメリカ合衆国に現存する建物の調査, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 27-28 (2009).
- 3) 宮武敦, 新藤健太, 中島正夫, 黒木亮: 築後25~74年経過した建物における集成材の劣化実態調査その2. アメリカ合衆国に現存する建物の調査, 第59回日本木材学会大会研究発表要旨

図5 建物H—アーチ・床ばり部材の劣化等級

集, 124 (2009).

- 4) 藤井毅: 集成材建築の耐久性調査 (I) — 既存集成材建築の劣化状況, 木材工業, **35**, 443-449 (1980).
- 5) 藤井毅: 集成材建築の耐久性調査 (II) — 耐久性能評価方法, 木材工業, **35**, 495-501 (1980).
- 6) 軽部正彦, 中島正夫, 宮林正幸, 宮武敦, 新藤健太, 平松靖: 築後25年以上経過した集成材建築物の劣化実態調査 その1. 調査の概要, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 277-278 (2008).
- 7) 新藤健太, 中島正夫, 宮武敦, 長尾博文, 杉本健一: 同 その2. 集成材の接着耐久性, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 279-280 (2008. 9).
- 8) 軽部正彦, 中島正夫, 新藤健太, 宮武敦: 実使用環境下における集成材の耐久性 その1. 日本国内に現存する建物の追加調査, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 25-26 (2009).
- 9) 新藤健太, 宮武敦, 軽部正彦, 平松靖, 中島正夫: 築後25~74年経過した建物における集成材の劣化実態調査 その1. 日本に現存する建物の調査, 第59回日本木材学会大会研究発表要旨集, 123 (2009).
- 10) 新藤健太, 宮武敦: 日本および米国に現存する建物の集成材調査, 住宅と木材, 386, 19-28 (2010).
- 11) 平松靖, 清水庸介, 中島正夫, 宮林正幸, 宮武敦, 新藤健太, 黒木亮: 実使用環境下における集成材の耐久性 その4. 未接着部を設けた集成材試験体のせん断性能, 日本建築学会学術講演梗概集, C-1 構造Ⅲ, 31-32 (2009).

(2010. 5. 21受付)