

建築工事における各種コンクリート型枠用合板の転用が
コンクリート表面の仕上がり状態に及ぼす影響

材料施工—鉄筋コンクリート工事の施工・管理

準会員 ○ 寺澤 翔^{*1} 正会員 荒巻 卓見^{*2}
正会員 大塚 秀三^{*3} // 中田 善久^{*4}

在来型枠工法 広葉樹合板 針葉樹合板
現場実験 仕上がり状態 表層品質

1. はじめに

コンクリート型枠用合板は、ラワンと総称される広葉樹を用いた合板（以下、広葉樹合板）が広く普及している一方で、環境負荷の低減や国産針葉樹の有効活用の観点から、針葉樹を用いた合板（以下、針葉樹合板）への代替が期待されている。針葉樹合板の普及に向けた開発や実証実験¹⁾は行われているが、その使用は限定的である。

型枠工事では、合理性や経済性の観点から型枠の転用が一般的であり、日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」²⁾において、所定の品質を確保した上で転用回数を増やし、資源の節約を図ることが求められている。針葉樹合板の転用に関する研究として、筆者らの一部は、転用による合板の品質変化とそのコンクリート表面の仕上がり状態への影響について検討³⁾してきた。しかし、既往の研究は、小試験体（W300×H300×D100mm）を対象とした室内実験による検討に留まっており、実際の建築現場とは、コンクリートの側圧や環境要因、脱型作業などが異なることが課題点として残される。

そこで本研究では、広葉樹合板と針葉樹合板を含む各種合板を対象に、現場実験および室内実験を通じて、転用がコンクリート表面の仕上がり状態および表層品質に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。ここでは、評価項目として、光沢度、表面色、色むら、表面気泡面積率、引っかき傷幅、透気係数および吸水量とし、現場実験では転用 7 回、室内実験では転用 8 回までの影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

対象とした合板の概要を表 1 に示す。合板は、合板の日本農林規格（以下、JAS）に適合する厚さ 12mm の表面加工品とし、単板の樹種が異なる針葉樹合板 2 種類および広葉樹合板 1 種類を対象とした。以降、それぞれ A（針）、B（針）および C（広）と呼称する。また、B（針）の合板は、裏面に撥水剤を塗布したもの（以下、B'（針）と呼称）を水準に加えた。転用回数は、現場実験で最大 7 回、室内実験で最大 8 回まで行った。

2.2 現場実験の概要

現場実験で対象とした建物の概要を表 2 に示す。現場実験では、8 階建て鉄筋コンクリート造の集合住宅を対象とした。構造体および部材に使用されたコンクリートは、1～2 階部分が 42-21-20N、3～5 階部分が 33-21-20N、6～8 階部分が 30-18-20N であった。

現場実験における合板の転用および試験体の概要を図 1 に、現場実験における転用回数と試験実施階の関係を図 2 に示す。現場実験は、在来型枠工法で施工された壁部材（内壁）において合板の転用を行った。合板の転用は、7 階の同一壁部材において、転用回数が 1、3、5 および 6 回目となるように、合板の使用開始タイミングを調整した。また、これらの合板を 8 階に転用し、8 階の同一壁部材において、転用回数が 2、4、6 および 8 回目となるようにした。型枠の脱型は、打込みの翌日に実施した。各試験は、定尺合板（W600×L1,800mm）の同一面内における上段、中段および下段でそれぞれ 300×300mm の試験範囲を定め

表 1 対象とした合板の概要

種類	製造地	単板の樹種		撥水剤 ^{*2} の塗布	合板の呼称
表面加工 コンクリート 型枠用合板 ^{*2}	日本	針葉樹	国産ヒノキ	なし	A（針）
			国産カラマと 国産ヒノキの複合	あり	B'（針）
	東南アジア	広葉樹	南洋材	なし	C（広）

*1 表面はウレタン塗装

*2 合板裏面にパラフィン系撥水剤を120g/cm²塗布

表 2 現場実験で対象とした建物概要

項目		概要
建築物の所在地		東京都
建築物の用途		集合住宅
建築物の構造形式		鉄筋コンクリート造
建築物の階数		地上8階建て
構造体に使用された コンクリート	1～2階	普通 42-21-20N（調合①）
	3～5階	普通 33-21-20N（調合②）
	6～8階	普通 30-18-20N（調合③）
実験および測定時期		2024年2月上旬～7月上旬

て実施した。試験材齢は、7 階が材齢 23 日、8 階が材齢 18 日である。

2.3 室内実験の概要

室内実験では、前述の現場実験で使用した転用 1～7 回目の合板および転用 0 回目（未使用）の合板を対象に、この定尺合板（W600mm×L1800 mm）の上段、中段および下段の 3 箇所から切り出した小試験片（W300×L300×T12 mm）を用いて実験を行った。コンクリート試験体の寸法は、W300×H300×D100mm とし、合板表面のノロをケレン作業により落としてから型枠を組み立てた。コンクリートの打込みは 2 層打ちとし、パイププレートおよび木槌で締固めを行った。室内実験における型枠の脱型は、打込みの翌日とし、脱型後は温度 20℃の室内で静置した。室内実験の各試験は、材齢 28 日に実施した。

2.4 コンクリートの調査

コンクリートの調査を表 3 に示す。室内実験の調査④は、現場実験との比較を行うために、現場実験の試験実施階で使用された調査③のコンクリートにできる限り近づくように

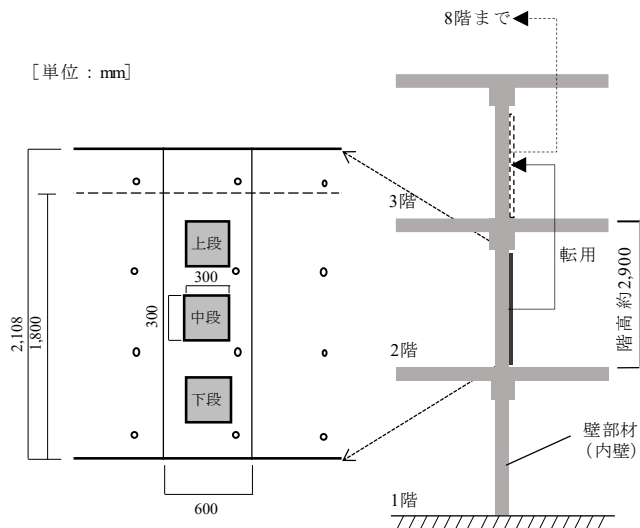


図 1 現場実験における合板の転用および試験体の概要

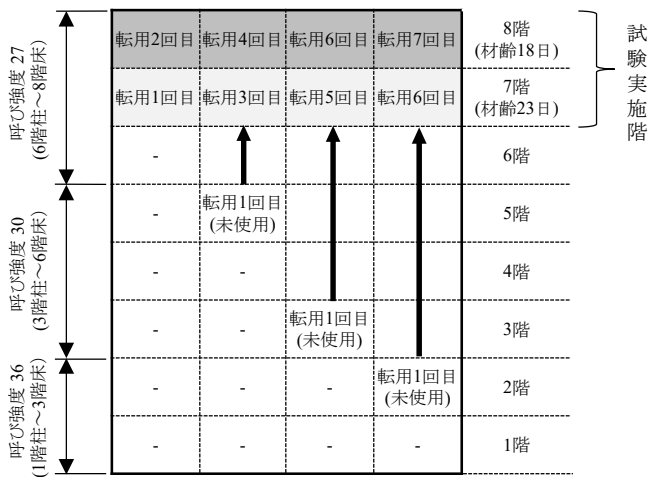


図 2 現場実験における転用回数と試験実施階の関係

使用材料および調査を定めた。

2.5 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表 4 に示す。

(1) 光沢度

光沢度は、測定角 60° の光沢度計により測定した。測定位置は、1 面あたり 9 箇所とし、その平均値により評価した。

(2) 表面色（明度）

明度は、分光測色計を用いて L*値を測定した。測定位置は 1 面あたり 25 箇所とし、その平均値により評価した。

(3) 色むら（明度の標準偏差）

色むらは、既往の画像解析手法⁴⁾を用いてコンクリート表面の試験範囲（300×300mm）の画像を 300×300 ピクセルに縮小し、全ピクセルの明度（L*）の標準偏差により評価した。

(4) 表面気泡面積率

表面気泡面積率は、画像編集ソフトを用いて表面気泡面積率を算出した。具体的には、撮影したコンクリート表面の画像を 300×300mm の試験範囲で切り取り、300×300 ピクセルに変更した後、表面気泡部分を黒、その他を白で二値化処理し、表面気泡が全体に占める面積率を算出した。

(5) 透気係数

透気係数は、NDIS 3436-2:2020 に準拠して測定した。測定位置は、1 面あたり粗大な表面気泡を避けたほぼ中心部 1 箇所とした。

(6) 吸水量

吸水量は、簡易型表面吸水量試験機を用いて試験を行い、10 分後の吸水量を測定した。測定位置は、1 面あたり粗大な表面気泡を避けたほぼ中心部 1 箇所とした。

3. 結果および考察

3.1 コンクリート表面の仕上がり状態に及ぼす影響

表 3 コンクリートの調査

	調査No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				Ad (C×%)
				W	C	S	G	
現場実験 ^{*1}	調査①	40.0	47.6	175	438	802	917	4.82
	調査②	46.7	49.2	175	375	855	917	4.13
	調査③	49.5	47.6	170	343	847	966	3.43
室内実験 ^{*2}	調査④	49.5	49.3	170	344	869	926	3.10

*1 W：上水道水，C：普通ポルトランドセメント，S：混合砂（石灰石砕砂（千葉県君津市留里産）：山砂（高知県吾川郡仁淀川）＝50：50），G：石灰岩砕石（栃木県佐野市仙波町産），Ad：高性能AE減水剤

*2 W：地下水，C：普通ポルトランドセメント，S：山砂（栃木県栃木市尻内町産），G：石灰岩砕石（栃木県佐野市会沢町産），Ad：高性能AE減水剤

表 4 試験項目および試験方法

試験対象	試験項目	試験方法
表面仕上がり状態	光沢度	光沢計（測定角60°）で測定
	表面色（明度）	分光測色計で明度（L*）を測定
	色むら	既往の画像解析手法により明度の標準偏差を算出
	表面気泡面積率	撮影した画像を二値化処理し気泡面積を算出
表層品質	透気係数	NDIS 3436-2:2020（ダブルチャンバー法）
	吸水量	簡易型表面吸水試験機で測定（水頭 350 mm）

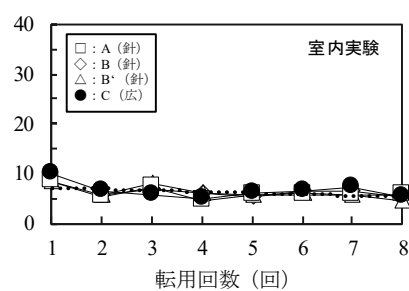
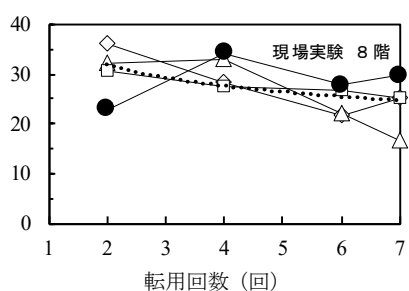
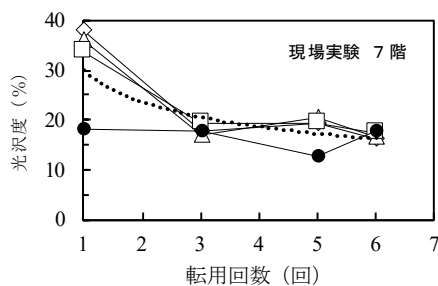


図3 転用回数と光沢度の関係

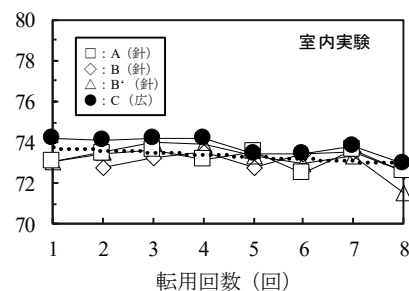
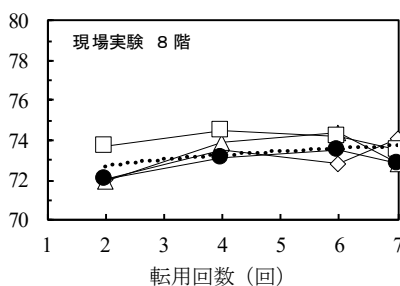
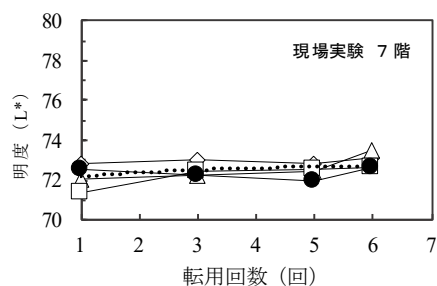


図4 転用回数と明度の関係

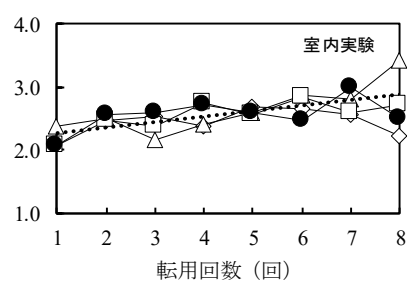
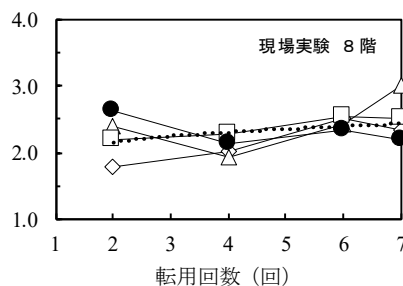
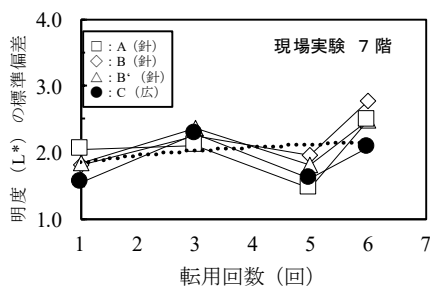


図5 転用回数と明度の標準偏差の関係

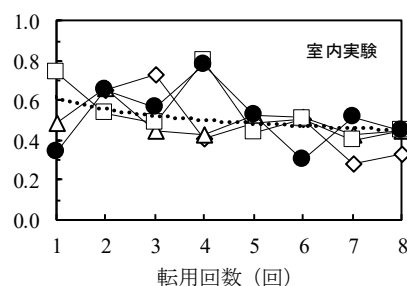
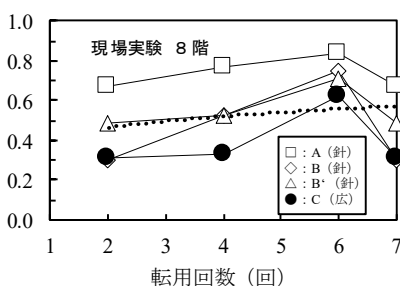
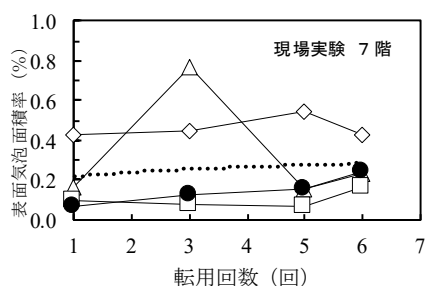


図6 転用回数と表面気泡率の関係

(1) 光沢度

転用回数と光沢度の関係を図3に示す。光沢度は、いずれの水準も、現場実験では転用1回目が大きく、2回目から7回目は概ね一定かわずかに小さくなる傾向を示した。これは、コンクリート表面に付着したセメントペーストの影響で、コンクリートの表面粗さが増大し鏡面反射成分が減少したためであり、既往の研究³⁾と同様の傾向であった。

(2) 表面色 (明度)

転用回数と明度の関係を図4に示す。明度は、転用に伴う変化が、現場実験と室内実験で異なる傾向を示したが、いずれの場合も、本実験の範囲内では、転用回数の違いによるL*値の差が最大でも2.0程度とわずかであった。これより、合板の転用がコンクリートの表面色(明度)に及ぼす影響は小さいことが示唆される。

(3) 色むら (明度の標準偏差)

転用回数と明度の標準偏差の関係を図5に示す。明度の標準偏差は、現場実験、室内実験ともにばらつきが大きいものの、転用回数に伴い、概ね大きくなる傾向を示した。これは、合板表面のノロの増大などにより、コンクリート表面の均一性が低下したため、色むらが大きくなったと考えられる。

(4) 表面気泡面積率

転用回数と表面気泡面積率の関係を図6に示す。表面気泡面積率は、現場実験の場合、転用7回目で減少したものの、転用6回目まではわずかに増加する傾向を示した。これは、合板表面にノロが付着して表面粗さが増大しているため、表面に気泡が残存しやすくなったものと考えられる。また、実構造物では打込み・締固めなどの施工条件の影響の方が大きいと考えられる。一方、室内実験では概ね一定かわずかに低

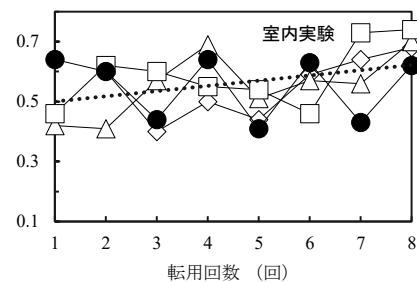
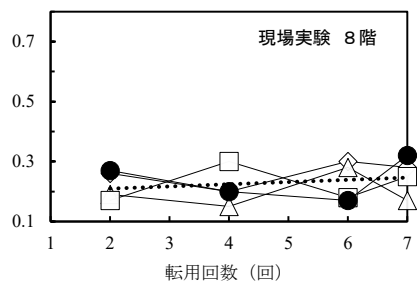
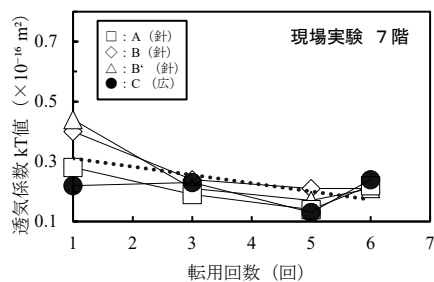


図7 転用回数と透気係数の関係

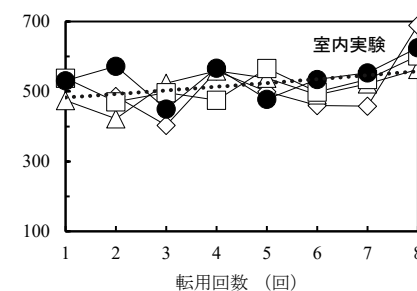
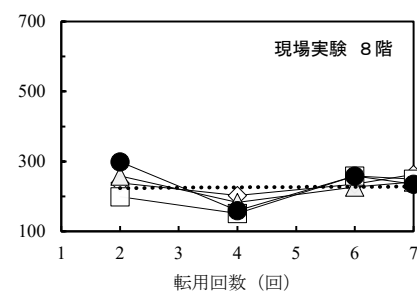
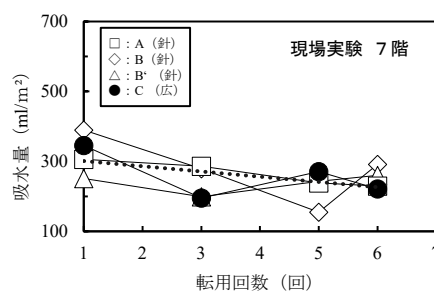


図8 転用回数と吸水量の関係

下する傾向が見られた。現場実験では、合板表面のケレン作業を行っておらず、室内実験では、ケレン作業で合板表面のノロを除去しており、このケレン作業の有無が結果に差異を生じさせるものと考えられる。このことから室内実験では、転用回数によらず合板表面の平滑さに大きな差異がなく、表面気泡面積率の増加が生じなかったと考えられる。

3.2 コンクリートの表層品質に及ぼす影響

転用回数と透気係数の関係を図7に、転用回数と吸水量の関係を図8に示す。透気係数および透水量は、現場実験では、いずれの水準も、転用1回目の値が大きく、転用1回目を除くと概ね一定かわずかに大きくなる傾向を示した。転用1回目の値が大きくなる要因は定かではないが、転用に伴い合板表面へのノロの付着や塗膜の劣化などが生じるため、転用の有無によって、これらの差異がコンクリートのごく表層部の見掛けの水セメント比を変化させた可能性が考えられる。ただし、実構造物では、前述したように、打込み・締固めおよび養生などの施工条件などでコンクリート表面の品質が左右されるため、ばらつきの範囲内である可能性も高い。なお、透気係数および吸水量ともに、現場実験の値よりも室内実験の値の方が大きいのは、コンクリートの側圧の違いによる影響が大きいと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 光沢度は、合板の転用に伴いコンクリートの表面粗さが増大し、鏡面反射成分が減少するため、転用1回目から転用2回目にかけて大きく低下し、その後は概ね一定か

わずかに低下する。

- (2) 合板の転用がコンクリートの表面色（明度）に及ぼす影響は小さいが、転用に伴う合板表面へのノロの付着などにより、コンクリート表面の均一性が低下し、色むらが生じやすくなる。
- (3) 合板表面にノロが付着している場合、コンクリート表面に気泡が残存しやすくなることから、転用回数が多いほど表面気泡面積率は、わずかに増加する。
- (4) 透気係数および吸水量は、現場実験の範囲内では、転用に伴う変化が小さく、わずかに大きくなる程度であった。実構造物において、コンクリートの表面品質は、施工条件の影響が支配的となり、転用による影響が顕著に生じる可能性は低い。

謝辞

実験の実施にあたっては、建設会社の方々、ものづくり大学技能工芸学部建設学科建築構造材料研究室の学生より多大なご協力を頂きました。ここに記して深謝致します。

参考文献

- 1) 地域材コンクリート型枠用合板普及推進検討委員会：地域材を使用したコンクリート型枠用合板の開発・普及について、日本合板工業組合連合会，2018.1
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 筋コンクリート工事，2018
- 3) 亀井雪帆，中田善久，大塚秀三，荒巻卓見：各種コンクリート型枠用合板の転用がコンクリートおよび合板の品質変化に及ぼす影響に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.45，No.1，pp.376-381，2023
- 4) 岡本修，大塚秀三，中田善久，藤井和俊，穴澤雅明，末永孝昭，清水五郎，毛見虎雄：画像解析手法による打放しコンクリートの色むらの評価（その1 画像解析による色むら評価方法の検討），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.189-190，2006.9

*1 ものづくり大学技能工芸学部建設学科 学部生

*2 ものづくり大学技能工芸学部建設学科 講師・博士（工学）

*3 ものづくり大学技能工芸学部建設学科 教授・博士（工学）

*4 日本大学理工学部建築学科 教授・博士（工学）

Undergraduate Student, Dept. of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists^{*1}

Associate Prof., Dept. of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists, Dr. Eng.^{*2}

Prof., Dept. of Building Technologists, Monotsukuri Institute of Technologists, Dr. Eng.^{*3}

Prof., Dept. of Architecture, College of Science and Technology, Nihon Univ., Dr. Eng.^{*4}