

タイル付きコンクリート外壁の資源環境負荷低減に資する解体事前処理方法

DB13068 小野芳樹

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建てられた建築構造物が経過年数によって、また、老朽化によって解体、改修を行う件数が増えてきている。特にコンクリートを使用している建築構造物が多く再生骨材として、再利用できることが重要になってきている。というのも、近年、スクラップ&ビルドと呼ばれていた時代から維持管理・保全が注目される時代へと変わってきており、資源を有効活用し、環境負荷低減を促すことが重要になってくる。その中でもコンクリートは使用されている骨材を再利用し、新たに再生コンクリートとして使用することで、環境負荷を低減させている。これは、実際の建築構造物を解体、改修を行った際に生じた廃棄物を処理することで得られている。しかし、コンクリート外壁には、高度経済成長期に意匠性・施工性からタイルを外壁に貼り付けられているとが、多く見受けられる。

今日、タイル付きコンクリート外壁も通常のコンクリート外壁と同じ解体方法で行っている。しかし、現代に置いて、不純物の少ない高品質の再生骨材として利用できることが求められている。また、タイルとコンクリートがらに、破損タイルが混ざること、建築用の再生骨材として利用できなくなる可能性があるとともに、廃棄物処理費が高くなり、環境負荷低減に繋がらない損失が生じている。

以上の事から本研究では、図1に示した研究の流れを表1に示した使用材料により作成した試験体、及び旧4号館解体の際に、生じたコンクリート外壁も含め、解体前に貼付界面のみに外部圧力を与え、事前の剥離を可能にする解体事前処理方法を開発する。表2に実験要因と水準を示す。研究1でタイル付きコンクリートの解体方法、工法の調査を行い、研究2で、解体を想定した破壊、剥離評価を行う。

2. 研究概要

2.1 コンクリート解体方法に関する文献調査

(研究1：調査1)

写真 a、写真 b に参考文献2の株式会社アイテック HP より一般的に解体を行う際に使用する重機、写真 c に八王子校舎旧4号館解体時に使用していた重機、写真 d に旧4号館解体時の様子を示す。コンクリートを解体する際、重機による機械解体が主に使用されており、安価で効率が良い解体工法となっている。重機に取り付けるアタッチメントによって工法が変わり、油圧によってコンクリートをかみ砕く「圧砕工法」、鉄ノミによってコンクリートを破碎させる「ブレーカ工法」が代表的だ。しかし、コンクリート外壁からタイルを剥がして解体を行うという前例がなく、工学院大学八王子キャンパスの旧4号館を解体する際も圧砕工法によって、タイ

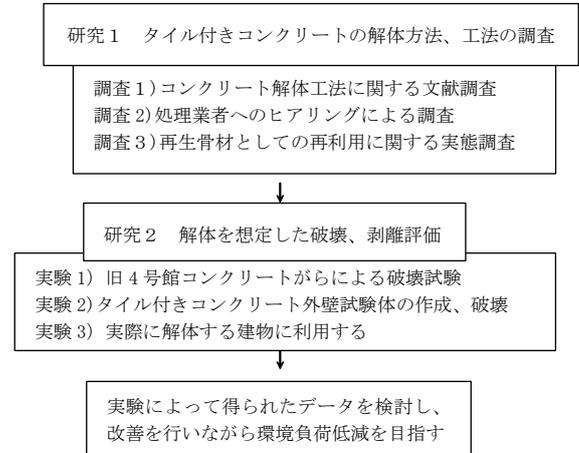


図1 研究の流れ



写真1 コンクリート解体時の様子

表1 使用材料 (研究2)

| | 項目 | 記号 | 厚さ(mm) |
|--------|------------|--------|----------|
| 構造材 | 普通コンクリート | c | 100 |
| 下地材 | 下地モルタル | um | 1, 2, 5 |
| 下地/仕上材 | タイル、目地モルタル | T, j m | 5, 7, 10 |
| 仕上材 | タイル | T | 5, 7, 10 |

ルが張り付いているコンクリート外壁を解体していた。タイルのみを事前に界面で破壊するには、タイル貼り付けに使用されているモルタルのみを破壊することが望ましく、物を壊す方法から考えると、超高周波、レーザー、音波、温度差、含水率、振動などが挙げられるが、超高周波、レーザー、音

波についてはそれぞれ非破壊による論文については見つけ出せたが破壊に関する論文を探したが、見つけ出せなかった。研究を進めていくにあたって、事前処理方法考えられるのは、温度差、含水率、振動を新たな事前処理方法として研究を進めていく。

2.2 処理業者へのヒアリング調査（研究1：調査2）

ヒアリング調査結果より調査1で得られた結果と同じ答えを得た。タイル付きのまま処理することでの時間短縮による環境負荷低減よりも、タイルとコンクリートを事前に処理することでの再生骨材としてコンクリートを再利用し、環境負荷低減を目指すことに関しても前向きだったことから、需要があることが明確になった。

2.3 再生骨材としての再利用に関する実態調査

（研究1：調査3）

解体の際にかかる基本的なコストについてまとめた。表4に参考文献1の「環境に配慮した解体工事の設計と概算, 2008」より得た数値から、解体工事の設計と概算を示す。コンクリートがらの歩掛については、地上コンクリートRC、地上コンクリートSRCについては重量、ふくれ、普通作業員、特殊運転手ともに、同じだが、モルタル・タイル類を見ると重量は2となり軽くなっている。しかし、普通作業員、特殊運転手ともに記載がないため、歩掛は明確になっていないのが分かる。

2.4 旧4号館コンクリートがらによる破壊試験

（研究2：実験1）

旧4号館のタイル付きコンクリート外壁を写真6に示す。旧4号館のタイルは湿式工法によって張付けられていたもので、本研究における振動による破壊実験の実験体として使用する。旧4号館の設計基準強度は軸組部で210 kg/c㎡で割合は1:3:6であった。

機械インピーダンスによる反発力測定の実験用具を写真7に、躯体Aでの実験結果を図3に示す。機械インピーダンスにより数値が低いと劣化しておりタイルが剥離しやすい状態にある。全体の平均として反発力は高く、一体化している躯体が多く見られた。しかし中には、目測でわかる程度にタイルが剥離しかかっているものだけでなく、タイルがしっかりと付着しているが躯体の方にひび割れが生じていることによる読み取った数値が、低くなるという結果も見受けられた。

旧4号館のタイル付きコンクリートがらの実験結果より、躯体のコンクリートと一体になっていると界面の固有振動数が同じになる。よって、振動による破壊は難しいと考えられる。タイル、モルタル、コンクリートのモルタル部のみに振動を与えるために振動数を固定し継続して振動を与えることで界面(モルタル部分、タイルとモルタルの間、コンクリートとモルタルの間いずれか)のみを破壊する。

2.5 タイル付きコンクリート外壁試験体の作成、破壊

（研究2：実験2①）

表2 実験要因と水準(研究1, 2)

| | | 実験要因 | 水準 |
|-------------|---|--|--------------------------|
| 研究1 | 調査1 | 文献調査 | 計画系論文、構造系論文(10本) |
| | 調査2 | 対象者 | 処理業者 2016年7月28日 |
| | | 関心のある材 | 外壁材、内壁材 |
| | 調査3 | 比較対象 | 国内規格(JIS規格)、その他(梗概・メーカー) |
| 要求区分 | | 耐久性、生産性、安全性 | |
| 研究2 | 模擬外壁コンクリート品質評価 | 圧縮強度、表面凹凸、表面強度、界面強度、水分量(表層部)水分量(表面から40mmまで) | |
| | 測定内容 | 加速度(m/s ²)、変位(mm) | |
| | 加速度測定位置 | at: 材上部(top) aa: 接着部(attachment) ab: 材下部(bottom) | |
| | 算出内容 | 衝撃力(N)、振動数(Hz) | |
| | 衝撃荷重区分 | - | |
| | 測定場所 | 接着部、タイル、普通コンクリート | |
| | 衝撃区分 | 接着界面、タイル、タイル目地、コンクリート | |
| 測定壁材(材料・枚数) | c1, cum1, cumt1, cumt2, cjm, cjmt1, cjmt2 | | |

表3 実験項目と方法(研究1.2)

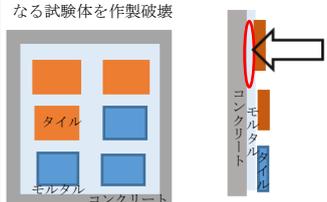
| | | 項目 | 方法. 名称 |
|-----|---------------|-----------------|--|
| 研究1 | 調査1 | 文献調査 | コンクリートとタイルに関する既往の研究分析、分類 |
| | 調査2 | アンケート調査 | 処理業者への処理の実態、再生骨材への再利用率調査、分析 |
| | 調査3 | 規格調査 | 従来のタイル付きコンクリート外壁に対する国内規格、梗概の分析 |
| 研究2 | 模擬外壁コンクリート試験体 | 試験体作成 | 普通コンクリートにて壁を模擬した土台となる試験体を作製破壊  |
| | | 振動による試験 | アムスラー式圧縮試験機にて割裂引張強度を測定 |
| | | 振動数 | 振動数評価 |
| | | コンクリート、試験体による実験 | 使用材料 |

表4 解体工事の設計と概算

| 分別解体発生資材、人工 | 重量 | 膨れ | 作業員 | 運転手 |
|--------------|--------|-----|----------|----------|
| 地上コンクリート RC | 2.3 kg | 1.5 | 0.0054 人 | 0.0054 人 |
| 地上コンクリート SRC | 2.3 kg | 1.5 | 0.07 人 | 0.07 人 |
| モルタル、タイル類 | 2 kg | 1.5 | 記載なし | 同左 |

振動数による試験を行う際に、式1の数式を元に実験を行った。単位であるHzは1/sとして計算した。

$$F=1/T \quad [\text{Hz}] \quad \text{—1)}$$

本研究では振動数F(Hz)、周期T(s)から数式が成り立ち、こ

それが振動の波の数であり、波長λである波の往復Tが行われvである波の速度を求める際に使われている。λは式2の式で表される。

$$\lambda = v/F \quad -2)$$

以上の計算式を元に、計算を行うことで、界面の固有振動数を求め振動によるタイルとコンクリートに分別できるかを実験、検討する。

2.6 コンクリート試験体による実験結果(研究2:実験2②)

コンクリート試験体による、実験について使用材料と実験における測定点、実験結果、実験の様子を表3、図5)6)7)、写真2c)d)、に示す。JIS A 5371に従い、コンクリート平板の中心に、一定の高さから重りを落とす。それにより、コンクリートへの加速度、変位が距離によって変わるのか又変わらないかを調べる。式3を利用する。

$$f = ma \quad -3)$$

f:衝撃力(N/mm²), m:質量(kg), a:加速度(m/s²)とする。

又、この結果からL:振動レベル(dB)を式4の式により算出することができる。

$$L = 20\log(a/10^{-5}) \quad -4)$$

実験結果より、変位での差はほとんど見受けられなかった。モルタルでタイルを接着したコンクリート試験体が、接着剤でタイルを接着した試験体よりも、変位の値は大きくなった。また、内装タイルのコンクリート試験体よりも、外装タイルのコンクリート試験体の変位の値の変化が大きく、中心から最端の測定点まで、変位していることが分かった。

加速度試験結果より振動数を求めた。振動数はコンクリートのみでの測定時よりも、タイルを接着したコンクリート試験体の振動数は低くなった。外装タイルの試験体ではコンクリートのみでの試験体と同様な振動変化をしたが、内装タイルのコンクリート試験体では、ばらつきがある結果となった。



図2 コンクリート解体処理費

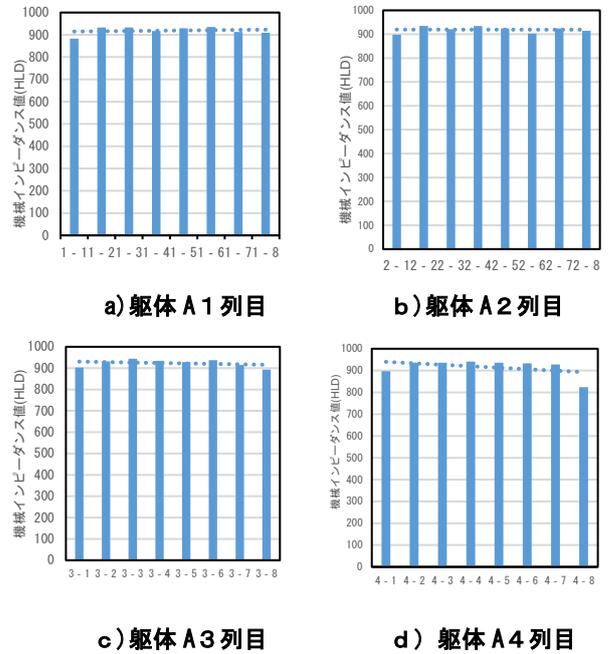


図3 機械インピーダンスの躯体 A での実験結果

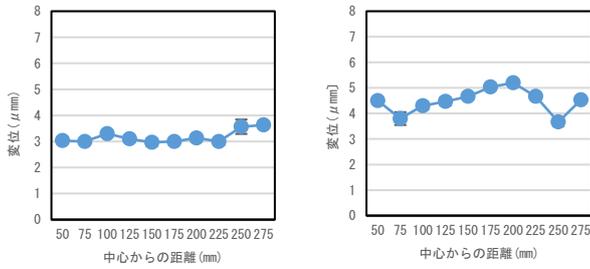


縦 600 mm
横 450 mm
高さ 60 mm
密度 0.9 g/cm³
測定箇所 38箇所
測定方法 デジタル振動計
測定回数 各点3回ずつ

図4 コンクリート平板実験における測定点

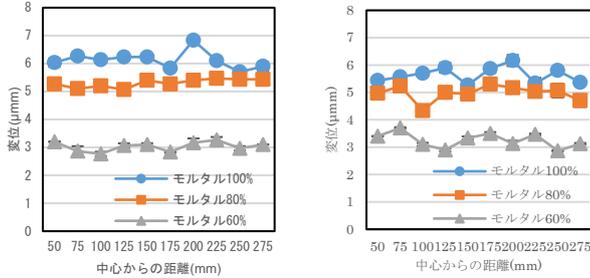


写真2 コンクリートによる実験



a) 内装タイル 接着剤

b) 外装タイル 接着剤



c) 内装タイル モルタル d) 外装タイル モルタル

図5 コンクリート試験体 変位実験結果

3. まとめ

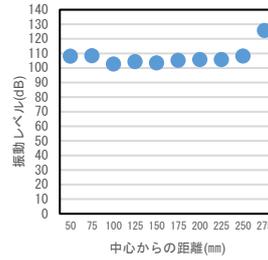
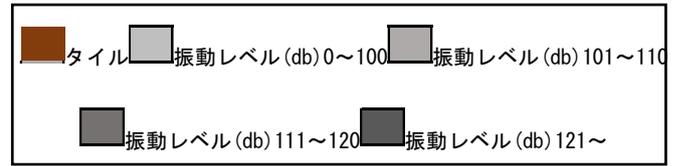
- 1) コンクリート外壁はタイルが付いたままの解体では値段が大きく変わるのが調査によってわかった。
- 2) 機械インピーダンスの実験結果から、剥離が起こり始めているタイルを見つけることができた。
- 3) コンクリート試験体による実験からどう変位しているかが分かり、加速度測定より計算で、振動数を求めることができた。振動数測定の結果、内装タイルには、少しばらつきがあるものの、振動数での差があまり生じていなかった。
- 4) タイルに振動を自ら起こし、振動を与えようと試みたが、モルタルまで振動によっては直接モルタルに対しても、剥離は確認できなかった。また、タイルを通して振動を与えようとした際、振動を与える面が一部に対してのみだった。

参考文献

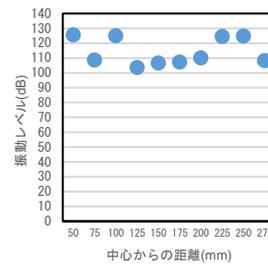
- 1) 青山健一・菊池雅史・山口義弘 環境に配慮した解体工事の設計と概算, 2008
- 2) 解体重機 | 製品情報 | アイテック株式会社 HP
<http://www.ai-t.jp/archives/category/dismantle>
 (2017/02/09 アクセス)

謝辞

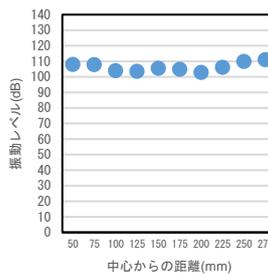
本研究実施に当たり、株式会社フジタ様、工学院大学八王子キャンパス旧4号館解体関係者方、工学院大学事務の鳥塚氏各位より多大な助力を賜り感謝致します



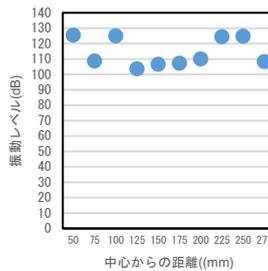
a) コンクリートのみ



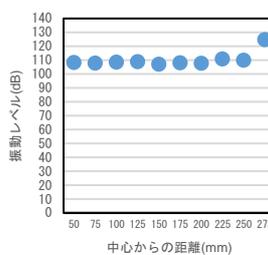
b) 内装タイル 接着剤



c) 外装タイル 接着剤



d) 内装タイル モルタル



e) 外装タイル モルタル

図6 試験体振動数結果 振動数二次元マッピング