

アルミ合金システム型枠による 騒音削減量の検証

STUDY ON VERIFICATION OF NOISE REDUCTION AMOUNT BY ALUMINUM ALLOY SYSTEM FORMWORK

友岡輝秀 — * 1 飯田尚樹 — * 2
森田紘輝 — * 3 古賀一八 — * 4

Teruhide TOMOOKA — * 1 Takaki IIDA — * 2
Hiroki MORITA — * 3 Kazuya KOGA — * 4

キーワード：
アルミ型枠, 合板型枠, 騒音, 省人化

Keywords:
Aluminum formwork, Plywood formwork, Noise, Labor saving

In the construction industry, the number of noise complaints is increasing along with the growth in demand, and the aluminum alloy system formwork method (hereinafter referred to as (Aluminum formwork) construction method is also expected to be effective in reducing noise. Therefore, we compared the noise between the aluminum formwork method and the conventional formwork method. Noise measurement results from slab formwork dismantling, which generates the loudest noise during formwork work, showed that the aluminum formwork method was approximately 3.7 dB lower than the conventional formwork method, indicating a noise reduction effect.

1. はじめに

近年、我が国だけでなく世界的にも地球温暖化の影響から年間平均気温や最高気温が観測記録を更新するとともに、大規模地震や自然災害等が発生しており、環境への関心が高まってきている状況である。

一方、建設業においては需要の伸びと相まって周辺環境整備や対策が多岐にわたって必要である。中でも騒音の苦情件数をみると建設業が最も多く、環境省が行っている騒音規制法等施行状況調査結果の令和3年度では全体の苦情件数が19,700件数のうち7,460件と全体の37.9%を占めており、騒音苦情への対策が大きな課題となっている¹⁾。

また、我が国では少子高齢化に伴い熟練技術者の供給を支えてきた団塊世代がリタイアの時期を迎える一方で、後継者が必ずしも育っておらず、恒常的な技術者不足をきたしているという問題がある。

以上のような建設業の騒音対策および人手不足への試みとしてアルミ合金システム型枠（以下、アルミ型枠という。）工法を構築した。本工法はアルミニウム製の型枠を使い、ピンとクサビの連結によって組み立てが可能なシステム工法である。そのため建込み精度が高く、未熟練工でも一定の仕事量を達成でき、当社および同業他社の施工実績より施工効率が従来型枠工法の約1.5倍となる他、型枠材投入数量の低減による省人化が図れる工法である。また、2022年度報告ではCO₂排出原単位及び実建物でのCO₂排出量の検証を行ってきた²⁾。本報では、型枠に使用する資材の重量の軽減化および作

業の効率化により、作業で発生する騒音低減にも有効であることを検証するため、騒音測定を実施したものである。

2. 測定方法の設定

2.1 騒音比較を行う工法の種類

型枠作業の従来型枠工法（型枠合板）とアルミ型枠工法において騒音測定を行い、工法比較を行うものである。

なお、工法ごとの施工状況を写真1および写真2に示す。



写真1 従来型枠工法（型枠合板）

*1 森田建設㈱ 参与
(〒872-0001 大分県宇佐市大字長洲554番地の5)

*2 森田建設㈱生産技術部 部長

*3 森田建設㈱ 常務取締役

*4 森田建設㈱ 顧問

*1 Participation, Morita Kensetsu Corporation

*2 Manager, Production Technology Dept., Morita Kensetsu Corporation

*3 Managing Director, Morita Kensetsu Corporation

*4 Advisor, Morita Kensetsu Corporation



写真2 アルミ型枠工法



写真4 スラブ型枠解体（アルミ型枠工法）の作業状況

2.2 測定対象作業の設定

測定対象作業は型枠作業の中で最も大きな騒音の発生が見込まれるスラブ型枠解体作業とした。

スラブ型枠解体作業とは、型枠に流し込んだコンクリートが固まり、十分に強度が出た時点で、コンクリートの形成に使用したせき板や根太材、大引き材、支保工を取り外し、片付ける作業である。

主な騒音発生源は金槌およびパールの打撃音や根太鋼管、大引き材やせき板として使用した型枠合板等の床への落下衝撃音である。

2.3 諸条件の設定

（1）測定地点（騒音計の設置場所）

スラブ型枠解体の作業状況をみると、従来型枠工法が写真3、アルミ型枠工法が写真4に示すように、床、天井および壁のコンクリート打設に用いられた型枠合板やアルミ型枠を剥がす作業が行われている。また、この作業を行う周辺状況を見ると、窓側や通路側が一部解放されているものの、床、天井と壁がコンクリートで仕切られており、概ね仕上室内と同様な空間となっている。

以上のようなコンクリートで仕切られた作業空間であるため、測定地点（騒音計の設置場所）は以下の点に配慮し、写真5に示すような作業範囲近傍の室内または外部足場（窓側）とした。

- ・騒音計を設置する際には、解体作業の担当者と協議し、作業への支障が少なく、かつ、作業で発生する騒音をできるだけ把握しやすい場所を選定した。
- ・解体に伴う落下物や釘の飛散等の影響による騒音計の損傷の可能性が少ない場所に設置した。
- ・作業範囲から測定地点までに作業音を遮る壁等の構造物の影響が少ない場所とした。



写真3 スラブ型枠解体（従来型枠工法）の作業状況



写真5 スラブ型枠解体作業の騒音測定状況

（2）測定時間

工場騒音等の測定では測定時間を10分間として評価が行われている。しかしながら、本作業では、発生する音源の数および位置等が刻々と変化するとともに不規則かつ不連続な衝撃音が発生している。さらに、本作業の1スパンの作業時間は1時間程度を要している。以上の作業状況における測定のパラツキが少なくなるように、作業に伴って発生する衝撃音の特性および1スパンの作業時間等を考慮して測定時間を1時間とした。

（3）騒音計の仕様

- ・騒音計の型式：NL-42（リオン株式会社：写真6参照）



写真6 騒音計の形状（NL-42）

- ・周波数重み付け特性：A特性
- ・時間重み付け特性：FAST
- ・騒音時間率：Leq、L5、Lmax

騒音計のストア機能（演算機能）を「Manual」に設定し、測定をスタートさせ、1時間後に測定が自動的に終了する。

測定終了後に、内部演算機能による騒音時間率（Leq、L5およびLmax）を内部メモリに保存するとともに画面表示された騒音時間率を読み取った。

なお、時間率のLeq、L5およびLmaxの説明を以下に示す。

- ・Leq：測定時間内の等価騒音レベル（dB）

騒音レベルが時間とともに不規則かつ大幅に変化している場

合（非定常音、変動騒音）に、ある時間内で変動する騒音レベルのエネルギーに着目した時間平均値である。

- ・ L5：測定時間内に発生する騒音の90%レンジの上端値（dB）
- ・ Lmax：測定時間内の最大値（dB）

（4）型枠解体作業範囲および作業中心の設定

計画床面を基図として測定地点図を作成し、図1に示すように測定時間内の作業範囲および作業中心を表記した。

作業範囲は1時間当たりの主要な作業範囲とし、その作業範囲の幾何的中心に当たる地点を作業中心とした。

なお、主要な作業とはスラブ型枠作業である。

（5）作業中心から騒音計までの距離

「作業中心から騒音計までの距離」とは図1の測定地点図に示す作業中心から測定地点までの距離を表している。なお、本距離は現場による巻き尺等を用いた計測ではなく、測定地点図に作業中心と測定地点を記入し、図面の縮尺から算定したものである。

（6）暗騒音の影響

測定対象以外の作業音の影響がある場合は、騒音測定を一時停止または中断させる等の措置を取った（暗騒音の影響を排除）。

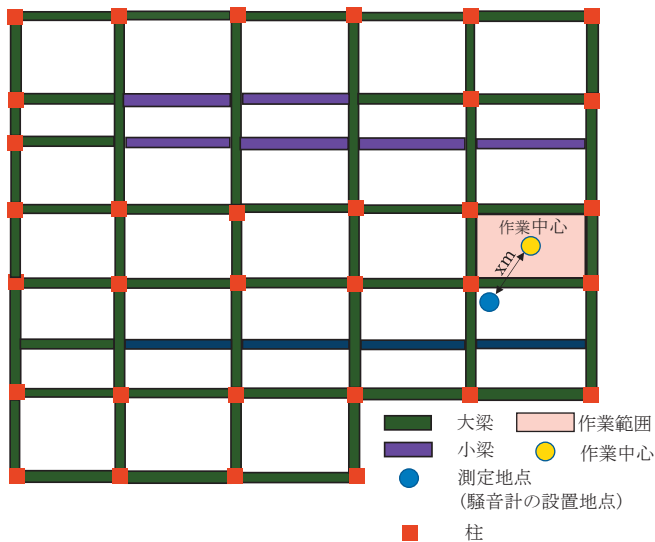


図1 測定地点図

3. 騒音の換算

型枠解体作業等の騒音測定における「作業中心から騒音計までの距離」は現場および工程等により常に変化している。

この距離が変化することで作業に伴って発生する騒音も変化することになる。

しかしながら、発生する騒音の工程比較を行うためには、距離を一定にさせた条件での測定が必要であるが、型枠解体作業では、作業に伴って発生する音源が刻々と変化することや施工移動時間が短いこと等の要因から距離を一定にさせた測定は困難である。

そこで、様々な距離から得られた騒音値を一定な距離の騒音値に換算することにより、距離を一定にした条件での騒音値が得られるものと考え、騒音の実測値を換算することとした。

騒音の換算方法は、騒音の距離減衰式である式(1)を用いた³⁾。

なお、補正距離は現場の測定距離を代表して10mとした。

$$N_2 = N_1 - 20 \times \log_{10} (D_2 / D_1) \quad (1)$$

ただし、 N_2 ：作業中心から騒音計までの距離を10mとした場合の換算値(dB)

N_1 ：実測値(dB)

D_2 ：10(m)

D_1 ：作業中心から騒音計までの実距離(m)

4. 測定結果

4.1 対象工事およびデータ数

スラブ型枠解体に伴う騒音測定は表1に示すように、3つの工事現場において行い、得られた測定データは従来型枠工法が19データ、アルミ型枠工法が23データであり、ほぼ同程度のデータ数が得られた。

表1 工法ごとの測定データ数

区分	工事名	データ数
従来型枠工法	K0工事	4
	AD工事	15
	計	19
アルミ型枠工法	KA工事	19
	AD工事	4
	計	23

4.2 測定結果および換算値（10m）

スラブ型枠解体の騒音測定の実測値および換算値（10m）の Leq は表2に、L5は表3に、Lmaxは表4に示すとおりである。なお、表中に示したレベル平均値は式(2)により算出した値である⁴⁾。

$$Ln = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{(Li/10)} \right\} \quad (2)$$

ただし、 Ln ：n個のレベル平均値(dB)

Li ：各々の騒音レベル値(dB)

（1）騒音時間率（ Leq ）

換算値（10m）の Leq の範囲をみると、従来型枠工法では79.4dB～94.9dBと最大で15.5dBの差異を生じており、現場による作業状況等の違いにより、発生する騒音レベルが大きく変化していることがみられる。なお、この要因については「4.3 スラブ型枠解体における主な発生源」において記述した。

一方、アルミ型枠工法の Leq の範囲をみると、77.0dB～87.9dBであり、最大で10.9dBの差異を生じているものの従来型枠工法の差異よりも小さかった。

（2）騒音時間率（L5）

換算値（10m）のL5の範囲をみると、 Leq と同様に従来型枠工法で81.5dB～96.6dBと最大で15.1dBの差異を生じている。

一方、アルミ型枠工法のL5の範囲をみると、83.1dB～94.4dBであり、最大で11.3dBの差異を生じているものの従来型枠工法の差異よりも小さかった。

(3) 騒音時間率 (Lmax)

換算値 (10m) の Lmax の範囲をみると、Leq と同様に従来型枠工法で 100.9dB～123.4dB と最大で 22.5dB と大きな差異が生じている。一方、アルミ型枠工法の Lmax の範囲をみると、102.7dB～112.9dB であり、最大で 10.2dB の差異を生じているものの従来工法の差異よりもかなり小さかった。

表 2 スラブ型枠解体における騒音測定結果および換算値 (Leq)

区分	工事名	データ数	実測値 (Leq) (dB)		作業中心から騒音計までの距離 (m)		換算値 (10m) (dB)	
			範囲	レベル 平均値	範囲	平均値	範囲	レベル 平均値
従来型枠工法	K0工事	4	80.5～97.7	93.3	5.9～13.7	10.1	83.2～94.9	91.6
	AD工事	15	82.4～92.5	88.8	3.8～8.0	5.7	79.4～87.9	83.7
	合計	19	80.5～97.7	90.2	3.8～13.7	6.7	79.4～94.9	86.9
アルミ型枠工法	KA工事	19	86.7～94.0	91.2	2.3～8.3	4.0	79.4～87.9	83.4
	AD工事	4	86.9～93.1	90.5	2.8～5.2	3.5	77.0～85.0	82.0
	合計	23	86.7～94.0	91.1	2.3～8.3	3.9	77.0～87.9	83.2

注) 実測値および換算値はレベル平均値であり、距離は算術平均値である。
換算値は作業中心から騒音計までの距離を10mに換算した値である。

表 3 スラブ型枠解体における騒音測定結果および換算値 (L5)

区分	工事名	データ数	実測値 (L5) (dB)		作業中心から騒音計までの距離 (m)		換算値 (10m) (dB)	
			範囲	レベル 平均値	範囲	平均値	範囲	レベル 平均値
従来型枠工法	K0工事	4	86.0～98.9	93.2	5.9～13.7	10.1	88.7～96.6	93.7
	AD工事	15	88.4～98.7	94.0	3.8～8.0	5.7	81.5～94.6	90.1
	合計	19	86.0～98.9	93.8	3.8～13.7	6.7	81.5～96.6	91.2
アルミ型枠工法	KA工事	19	92.9～100.8	97.5	2.3～8.3	4.0	85.7～94.4	89.7
	AD工事	4	93.0～98.5	96.0	2.8～5.2	3.5	83.1～90.2	87.3
	合計	23	86.7～94.0	97.2	2.3～8.3	3.9	83.1～94.4	89.4

注) 実測値および換算値はレベル平均値であり、距離は算術平均値である。
換算値は作業中心から騒音計までの距離を10mに換算した値である。

表 4 スラブ型枠解体における騒音測定結果および換算値 (Lmax)

区分	工事名	データ数	実測値 (Lmax) (dB)		作業中心から騒音計までの距離 (m)		換算値 (10m) (dB)	
			範囲	レベル 平均値	範囲	平均値	範囲	レベル 平均値
従来型枠工法	K0工事	4	105.4～124.7	120.6	5.9～13.7	10.1	108.1～123.4	119.3
	AD工事	15	107.2～122.5	112.5	3.8～8.0	5.7	100.9～115.2	109.3
	合計	19	105.4～124.7	116.9	3.8～13.7	6.7	100.9～123.4	113.9
アルミ型枠工法	KA工事	19	109.1～120.5	115.7	2.3～8.3	4.0	102.7～111.4	108.1
	AD工事	4	113.9～121.9	119.0	2.8～5.2	3.5	104.0～112.9	110.6
	合計	23	109.1～121.9	117.4	2.3～8.3	3.9	102.7～112.9	108.7

注) 実測値および換算値はレベル平均値であり、距離は算術平均値である。
換算値は作業中心から騒音計までの距離を10mに換算した値である。

4.3 スラブ型枠解体における主な発生源

(1) 従来型枠工法 (型枠合板)

従来型枠工法 (型枠合板) のスラブ型枠解体では、金槌およびバールを用いて、支保工や根太鋼管・大引き材をせき板から外し、床に落下させた後に、せき板を天井のコンクリートから剥がす。この作業の中で根太鋼管・大引き材を床に落下させる際の衝撃音が最も大きな騒音を発生させている。

なお、根太鋼管や大引き材を剥がし、床に落下させる場合では、現場により騒音の発生が大きく変化している状況がみられる。

- ・ 1 人の作業員が行う場合、根太鋼管や大引き材を剥ぎ、そのまま床に落下させており、落下した衝撃音が大きくなる。
- ・ 2 人の作業員で行う場合、1 人の作業員が根太鋼管や大引き材を剥ぎ、剥がした根太鋼管や大引き材をもう一人の作業員に手渡しし、床に置いており、上記の衝撃音がかなり低下する。

(2) アルミ型枠工法

アルミ型枠工法は、写真 7 に示すようにスラブパネル、ミドルビーム、プロップヘッド、ジョイントバー、棧木受け、連結ビンの部材で構成されており、この作業の中では、金槌の打撃音とプロップヘッドの落下音が主な発生源となっている。現場により、スラブパネルやプロップヘッドをコンクリートから剥がし、他の作業員に手渡しし、床に置く場合と、そのまま床に落下させる場合があり、従来工法と同様に作業手順の違いによって、発生する騒音レベルの大きな変化が生じているものと推察される。

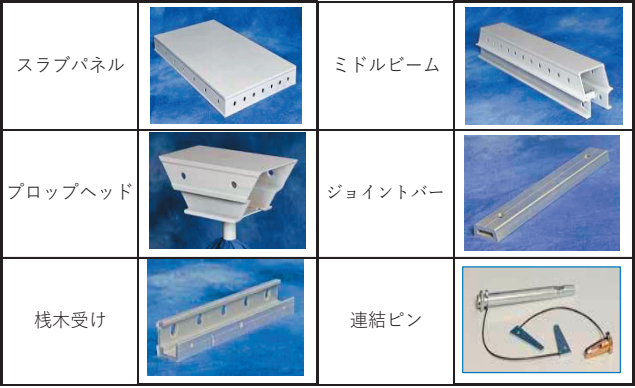


写真 7 アルミ型枠工法の部材

4.4 スラブ型枠解体の工法比較

騒音のスラブ型枠解体に伴う工法を比較するためには、「3. 騒音の換算」で記述したように様々な距離から得られた騒音値を距離換算することによって得られる換算値を用いることとした。

そこで、表 2～表 4 に示した測定結果および換算値の中から工法ごとの換算値 (10m) の合計のレベル平均値を抜粋し、表 5 および図 2 に示す。

騒音時間率の Leq をみると、従来型枠工法が 86.9dB に対し、アルミ型枠工法が 83.2dB となり、アルミ型枠工法が 3.7dB 削減した。

次に、L5 をみると、従来型枠工法が 91.2dB に対し、アルミ型枠工法が 89.4dB となり、アルミ型枠工法が 1.8dB 削減した。

さらに、Lmax をみると、従来型枠工法が 113.9dB に対し、アルミ型枠工法が 108.7dB となり、アルミ型枠工法が 5.2dB と大きく削減した。

以上のようにスラブ型枠解体に伴って発生する騒音は騒音時間率の Leq、L5 および Lmax とともにアルミ型枠工法で削減効果が確認された。

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jriet1972/6/2/6_2_79/_article/-char/ja/
4) 小野測器 - 技術レポート 騒音計（サウンドレベルメータ）とは：
https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/noise/souon_index.htm

表 5 スラブ型枠解体に伴う騒音換算値（10m）の工法比較

工法	スラブ型枠解体に伴う騒音換算値（dB）		
	Leq	L5	Lmax
従来型枠工法	86.9	91.2	113.9
アルミ型枠工法	83.2	89.4	108.7
差異（dB）	3.7	1.8	5.2

[2024 年 2 月 6 日原稿受理 2024 年 5 月 21 日採用決定]

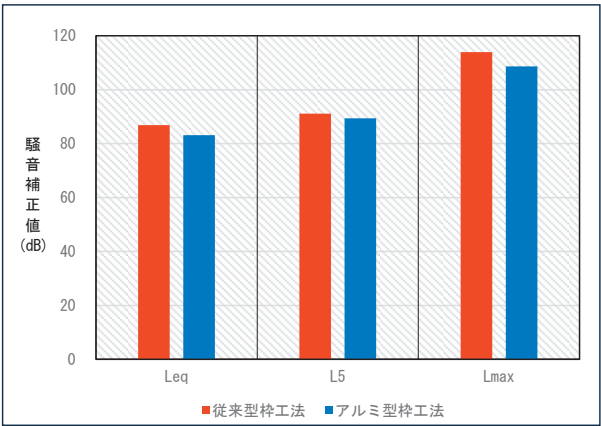


図 2 スラブ型枠解体に伴う騒音換算値（10m）の工法比較

5. まとめ

建設業の躯体工事における型枠作業の省人化と歩掛り向上を目指してアルミ型枠工法を構築した。さらに、重量の軽減化および作業性の向上等により従来型枠工法で発生していた騒音も軽減できる効果があるものとして、型枠作業の中で最も大きな騒音が発生するスラブ型枠解体において検証を行った。

検証の結果、アルミ型枠工法が平均的な騒音レベルである Leq で 3.7dB、最大値である Lmax で 5.2dB と大きな削減効果を確認した。

なお、一般的に騒音の苦情発生は瞬間的な打撃音（衝撃音）が大きくなるほど増加する傾向がみられるものと言われており、スラブ型枠解体における大きな衝撃音を低減させられたことは、建築現場における苦情騒音対策に貢献できるものと推察される。

今後とも測定方法の検証および測定データの積み上げを行い、測定精度の向上を目指すとともに騒音対策の邁進に努める予定である。

参考文献

1) 令和 3 年度騒音規制法等施行状況調査結果：
https://www.env.go.jp/press/press_01198.html
2) 森田紘輝, 古賀一八, 本田悟: アルミ型枠システムによる CO2 削減量の検証, 日本コンクリート工学会コンクリート工学年次論文集, Vol. 44, No. 1, pp. 1228-1233, 2022 年 7 月
3) 山本 剛夫: J-STAGE トップ / 環境技術 / 6 巻 (1977) 2 号,