# 鍛冶屋の現代版　株式会社 共栄鍛工所 新鍛造工場
KYOEI FORGING WORKS CO.,LTD.　NEW FORGE SHOP

| | | |
|---|---|---|
| 設計 | 建築・監理 | 株式会社 北園空間設計 |
| | 構造 | 株式会社 構造計画プラスワン |
| | 設備 | 知久設備計画研究所 |

建築概要
所在地　新潟県三条市尾崎2781番地
主要用途　工場
構　　造　防音工場：鉄筋コンクリート構造、
　　　　　　一部鉄骨造（屋根部分）
　　　　　圧縮室：　鉄骨造
階　　数　防音工場：地上2階、圧縮室：地上1階
敷地面積　15,972.37㎡
建築面積　1,090.42㎡
延床面積　1,263.71㎡

※写真：石黒 守

## 熱・音・振動 —三重苦の解法

新潟県三条市は鍛冶屋の町である。今でもその音が、町のあちらこちらで鳴り響いている。

この工場は、鍛冶屋の現代版であり、重さ88 tonの鍛造機2台が設置されている。圧縮空気に因って加速された重さ2tonのハンマーが、激しい衝撃音と振動を放ち乍ら製品を造り出す。ビレットヒーターで1200度に熱せられた鐵が、金型と金型の間で鍛造される。ハンマー落下のタイミングは作業員がペダルを踏む呼吸によって決まる。人に因ってリズムは違う。基本的には玄翁で鐵を叩き刀を作る原理と同じものであるが、熱、音、振動、金床、ハンマー、全てが巨大化したものである。作業員は鼓膜をプロテクトし、15分のローテーションで交代しなければならない。過酷な環境に耐え、強靭で精巧な鍛造品を生み出し国内外に出荷している会社の増築として計画された工場である。

新鍛造工場は、既存工場が及ぼす周辺住民への影響を解消したいという願いで依頼された防音工場である。目標は、南側の集落に対し夜間の騒音・振動規制を守りながら24時間稼働可能な工場であった。移設予定の既存工場内ハンマーの騒音測定値は120dB、振動測定値は94dBであった。それは、ジェット機のエンジン並みの鼓膜が破れる寸前の音、震度4の縦揺れ地震に匹敵する振動である。条例規制は夜間の騒音レベル45bB、振動レベル55dBと、かなり厳しいハードルであった。難題の一つは、音は外に出さずに1時間に工場内の空気を20回入れ換えねばならぬこと、もう一つは、エアバネやダンパーを使わずに、振動の伝播を抑えることであった。前者は、熱と粉塵がその理由であり、後者は、衝撃を吸収してしまっては、叩いて鍛えて造る製品の性能が落ちてしまう事が理由である。

計画にあたっては、電気室やコンプレッサー室等、エネルギー源を別棟に設け、鍛造作業室をシンプルで明確な構造に纏めることにした。南北面から自然吸気を行い、東西面から機械排気を行う方針を立てた。南北立面に凹凸プランが林立して立ち上がっているのは全て吸気シャフトとなっている空洞の柱である。この空洞を通して屋外と室内の空気は完全に一体化している。空気は外から中へ、音は中から外へ、その矛盾を解決する為に、鍛造音の周波数特性を分析し、その音の波がこの吸気シャフト内部に張り巡らされたサイレンサーで消音されるようになっている。外気は軒下レベルから侵入して室内床面近くで吹き込んでいる。この吸気シャフト同様、排気設備室の最終経路にも同様のサイレンサーが設置されている。

また、新しい工場には十二分な採光を取り入れるため、遮音硝子ブロックの２重積みで60dBの遮音性能を持たせ、搬出入用ドアは23dB遮音のシャッターと36dB遮音のスライディングドアを併用し、作業員通用口は一枚で53dB遮音のドアを設置し、その他の壁天井の内装は全て吸音材としている。ハンマー基礎の解決策は、緩衝材をサンドイッチした2重構造とした。その他、夏場は井戸水を活用して作業員の為のスポット空調を行う等の工夫を施している。

敷地の北側は田圃と信濃川で将来も人家の予定がありえない土地である為、南側の国道に沿った集落に対しての配慮がクライアントからの要望であった。敷地内駐車場に騒音評価点を定め、騒音レベルは45dB以下の性能保証の設計とした。振動に関しては、エアバネやダンパーの使用が禁じられた為、国道沿いの集落で規制値をクリアーできる理論的予測計算によりクライアントの承認を得て設計が進められた。竣工後の騒音測定では、騒音評価点において45dBの性能保証値に対し33dBと十分にクリアーし、振動測定では集落最短距離において、規制値55dBに対して51.2dBという結果を得る事が出来た。

現在の「社団法人 日本鍛造協会」のホームページでは「鍛造業の地位向上と関連する大きな課題が、鍛造工場と地域住民との共存である。とりわけ自由鍛造、ハンマー鍛造は騒音や振動の発生は避け難く、多くの鍛造工場が早朝・夜間の停止を余儀なくされている。また都市部では、騒音・振動に対する規制が強化されつつあり、事業の継続すら難しく成っている鍛造工場も少なく無い。さらに、地方に移転したものの、移転先でも宅地化が進んだ結果、大型ハンマーの操業が難しく成ってしまった鍛造工場も見られる。業界としては、まずは騒音・振動の低減に向けた努力を行う必要がある」と記されている。

昭和の時代には、多くの鍛造工場がその騒音と激震により山間部に追いやられた歴史があるが、常に最強の製品を造り続ける信念と周辺環境に配慮し乍ら共存を願ったクライアントの想いが結実した新鍛造工場である。

次の春には、工場前の中庭をクローバーが埋め尽くす予定である。

古の鍛冶屋

ハンマー重量　88ton
ハンマー直近騒音レベル　120dB
ハンマー直近振動レベル　94dB

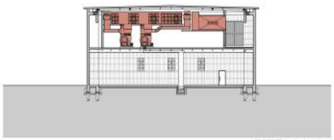
現在の鍛冶屋

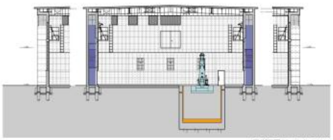
電気炉から次々に生み出される1200度に加熱された素材達は、室温をかなりの温度に上昇させる。その為、大量の外気を導入し換気をしなければならない。ハンマー音を吸収し、周辺住民への騒音対策を担っているのは、換気ダクトに組み込まれた高性能な消音装置である。

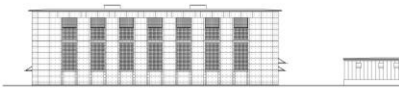
ハンマー　直近では騒音レベル120dB、振動レベル94dB。作業員は鼓膜をプロテクトし、20分のローテーションで交代しなければならない。

1200度に熱せられた鉄が、金型と金型の間で鍛造される。基本的には玄翁で鐵を叩き刀を作る原理と同じものであるが、熱、音、振動、金床、玄翁、全てが巨大化したものである。

夜明け前の鍛造工場。新潟県生活環境の保全等に関する条例施工規則を遵守し24時間稼働を可能としている。

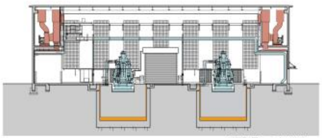

■ 断面図 A　Scale=1/400


■ 断面図 A'　Scale=1/400


遮音性の高い鉄筋コンクリート造
構造体は遮音性の高い鉄筋コンクリート造として、工場建屋の耐久性と防音性能を高めている。

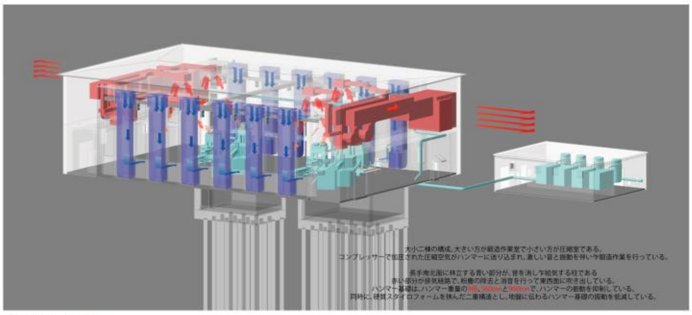
柱の無い壁式構造
構造方式は鉄筋コンクリート壁で屋根や床を支えて、地震にも耐える壁式構造としている。
柱の無い壁式構造が、室内の有効面積を増やしている。

■ 立面図　Scale=1/400

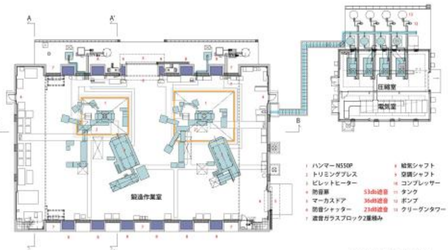

■ 断面図 B　Scale=1/400

振動を低減する大きな機械基礎
ハンマーは重さ約560tonと960tonのコンクリート基礎の上に乗っている。ハンマー重量のほぼ9倍の重さの基礎が、ハンマーの振動を抑制している。

ハンマー振動の地盤への伝播を防ぐ硬質スタイロフォーム
ハンマーの基礎と地盤とを絶縁するため、ハンマー基礎の周りにコンクリートの壁と床をつくっている。その床と基礎との間に硬質スタイロフォームを挟み、絶縁効果を高め、地盤に伝わるハンマー基礎の振動を低減している。

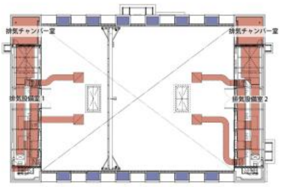

大小二棟の構成。大きい方が鍛造作業室で小さい方が圧縮室である。
コンプレッサーで加圧された圧縮空気がハンマーに送り込まれ、激しい音と振動を伴い乍鍛造作業を行っている。

長手南北面に林立する青い部分が、音を消し乍給気する柱である
赤い部分が排気経路で、粉塵の除去と消音を行って東西面に吹き出している。
ハンマー基礎は、ハンマー重量の9倍、560tonと960tonで、ハンマーの振動を抑制している。
同時に、硬質スタイロフォームを挟んだ二重構造とし、地盤に伝わるハンマー基礎の振動を低減している。



1 ハンマー N550P
2 トリミングプレス
3 ビレットヒーター
4 防音扉　53dB遮音
5 マーカスドア　36dB遮音
6 防音シャッター　23dB遮音
7 遮音ガラスブロック2重積み
8 給気シャフト
9 空調シャフト
10 コンプレッサー
11 タンク
12 ポンプ
13 クリーゲンタワー

■ 1F平面図　Scale=1/400



■ 2F平面図　Scale=1/400

## ■ 測定結果　—音—

### ■ 目的
新鍛造工場の鍛造機2台稼動時にハンマー音を測定し、騒音評価点（敷地内駐車場）で設定された性能保証値および規制基準との対応を確認する

### ■ 測定レベルの性能保証値と規制基準

| | | |
|---|---|---|
| 性能保証値 | 45dB（騒音評価点、鍛造機2台稼動時） | |
| 規制基準* | 昼間（午前8時から午後7時まで） | 55dB |
| | 朝夕（午前6時から午前8時まで、午後7時から午後10時まで） | 50dB |
| | 夜間（午後10時から翌日の午前6時まで） | 45dB |
| | *新潟県生活環境の保全等に関する条例施行規則（第2種区域） | |

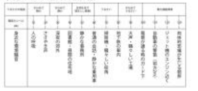
### ■ 測定概要

| | |
|---|---|
| 日時 | 平成21年4月18日（土）8:00～11:00、天候：晴れ、微風 |
| 対象 | 新鍛造工場内の鍛造機2台稼動時（既存工場内の鍛造機は停止） |
| | 精密騒音計 NA-28（1/3オクターブ分析機能付） |
| 測定器 | 騒音評価点および新鍛造工場内外を中心に地上約1.2mの高さとする。 |
| 測定点 | 各測定点にて10秒間の測定から最大値を求め、2～3回の平均値とする。 |
| 測定値 | また先述30秒間の時刻歴データを測定する。 |

### ■ 測定結果
騒音評価点における騒音レベル…37～39dB < 性能保証値45dB

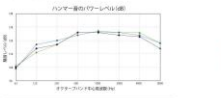
性能保証値および条例による夜間の規制基準 45dBをクリアすることが判明した。また騒音評価点における騒音レベルの測定波形を見ると、鍛造機騒音の波形は現れていなかった（低周波成分である 31.5Hzの波形では、鍛造機音の特徴が表れている）。

### ■ 騒音レベルの大きさと影響


身近な音楽騒音
人の呼吸
ささやき声
深夜の郊外
図書館・昼間の住宅地
静かな事務所
普通の会話・静かな乗用車
掃除機・騒々しい街頭
地下鉄の車内
大声・騒々しい工場
電車の通る時のガード下
自動車の警笛（前方2m）
ジェット機のエンジン近く
肉体的苦痛を感じる限界

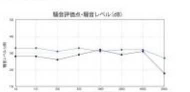
### ■ 予測計算との比較

・ハンマー音のパワーレベル
ハンマー音のパワーレベルに関して、測定結果と予測計算を比較して下記の表に示す。測定結果は予測計算とよく対応しており、パワーレベルとしてはほぼ同じレベルであるといえる。

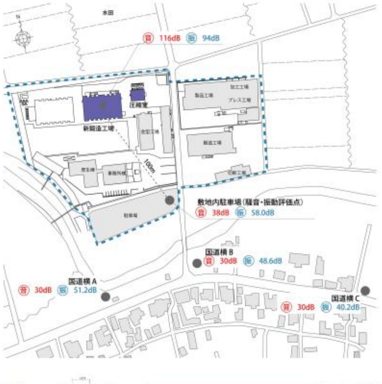

ハンマー音のパワーレベル(dB)

| | | オクターブバンド中心周波数(Hz) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AP | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| ● 鍛造機A | 131 | 100 | 114 | 117 | 126 | 126 | 124 | 123 | 114 |
| ● 鍛造機B | 132 | 99 | 117 | 120 | 124 | 127 | 126 | 124 | 116 |
| ● 予測計算 | 132 | 101 | 111 | 117 | 126 | 126 | 126 | 126 | 116 |

・騒音評価点
騒音評価点における騒音レベルに関して、測定結果と予測計算を比較して下記の表に示す。測定結果は、予測計算と周波数特性が若干異なるが、約 3dB低い値となった。


騒音評価点・騒音レベル(dB)

| | | オクターブバンド中心周波数(Hz) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | AP | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| ● 測定結果 | 38 | 28 | 28 | 26 | 29 | 32 | 33 | 31 | 18 |
| ● 予測計算 | 41 | 33 | 33 | 31 | 33 | 31 | 32 | 32 | 27 |



## ■ 測定結果　—振動—

### ■ 目的
株式会社 共栄鍛工所・新鍛造工場の鍛造機2台稼動時にハンマー使用時の振動を測定し、振動評価点（敷地内駐車場）および国道403号線沿い等において規制基準との対応を確認する。

### ■ 振動レベルの規制基準・「新潟県生活環境の保全等に関する条例施行規則」（第1種区域、第2種区域）

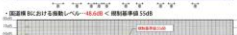
| | |
|---|---|
| 昼間（午前8時から午後7時まで） | 60dB |
| 夜間（午後7時から翌日の午前8時まで） | 55dB |

### ■ 測定概要

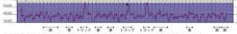
| | 日時 | | 対象 |
|---|---|---|---|
| 平成21年 | 4月16日（木）13:00～19:30 | （既存工場内など） | 既存工場（鍛造機）＋新鍛造工場（鍛造機）稼動時 |
| | 4月17日（金）8:00～14:00 | （既存工場内など） | 既存工場（鍛造機）稼動時（新鍛造工場の鍛造機は停止） |
| | 4月18日（土）8:00～14:30 | （新鍛造工場内など） | 新鍛造工場（鍛造機）稼動時（既存工場の鍛造機は停止） |
| 測定器 | 振動レベル計VM-53（ピックアップPV-83）、レベルレコーダー（LR-20）、データレコーダー（DA-20） | | |
| 測定値 | [illegible] | | |

### ■ 測定結果（新鍛造工場鍛造機2台稼動時）

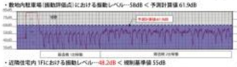
・国道横 Aにおける振動レベル…51.2dB < 規制基準値 55dB



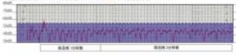
・国道横 Bにおける振動レベル…48.6dB < 規制基準値 55dB



・敷地内駐車場（振動評価点）における振動レベル…58dB < 予測計算値 61.9dB



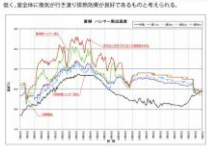
・近隣住宅内 1Fにおける振動レベル…48.2dB < 規制基準値 55dB

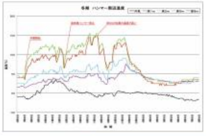


## ■ 測定結果　—熱—

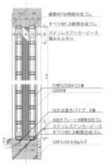
### ■ 目的
外気温度及び床面から 1 m、2 m、5 m、8 mの位置の温度を測定することにより、垂直温度分布の状態を調べることにより換気による排熱効果を検証した。

### ■ 測定結果
夏期及び冬期にハンマー近傍にてそれぞれ計測を実施した。
温度変化はハンマーの稼働状態により大きく変動が見られ、発熱が大きいことが分かる。
休憩時間にハンマーが停止すると上下の温度差が小さくなることからハンマーからの排熱は効率よく上部排気口に導かれていると考えられる。
夏期の計測データより床面付近と天井付近と比べると８℃近くの温度差が見られる。
給気を居住域の高さにて行っているため床面より２mまではほぼ外気温度に近い。
冬期の計測データで高い温度を示している床５mはちょうどハンマーの高さと同じ位置にあり、ハンマーからの排熱の影響が大きいものとみられる。８mの高さのほうが温度が低く、室全体に換気が行き渡り排熱効果が良好であるものと考えられる。

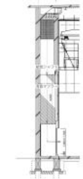

夏期　ハンマー周辺温度


冬期　ハンマー周辺温度

給気口を見る。ガラスが立ち上がっているのは吹雪対策。


ガラスブロック断面詳細図
遮音ガラスブロック２重積み　60dB遮音

給気シャフトと採光面が交互に立つ壁。足元のガラリより新鮮な空気が流入する


給気シャフト断面図

給気シャフト内部を見上げる。この空洞を通して、屋外と室内の空気は完全に一体化している。空気は外から中へ、音は中から外へ、この柱はその矛盾を解決してくれる空洞である。鍛造音の周波数特性を分析し、その音の波が、この給気シャフト内部に張り巡らされた消音器に当たり乍ら消えている。

換気回数20回/hr（185,600m³/hr）の換気量を4台の排気ファン（Φ46.0×46,400m³/hr×18.5kw×4台）で処理。
東西両ファンルームにそれぞれ2台の排気ファンを設置。
2台の内1台をインバーター制御方式を採用し、動力の削減をしている。

ファンルーム上部に設置した排気用チャンバールーム。
天井吸い込み、壁面吸い込み、床吸い込みの各ダクトをこのチャンバーにて纏め、排気ファンに接続させている。

排気ガラリ面。排気ファンからのダクトに大型消音器を通して消音させ、雨水の入りにくい特殊縦型ルーバーを設け外部に排気している。

開口率75%で雨水が入りにくい特殊縦型ルーバーの外観。