

ホテル客室の音響環境について

真藤 利孝
加藤 幸雄
平野 滋

概要

44年末までに関西地方に相次いで当社の設計施工、あるいは施工によるホテルが完成した。ホテルにおいては利用者が限られた短い期間だけ異なる環境で休息するため客室間の遮音、バスユニットからの給排水音、屋外からの騒音等、音に関する苦情がやすい。そこでこのたび完成した7つのホテルについて音響環境を調査測定し、これまでまとめた資料がなかったものについてはその資料を整理し、高級ホテルとして望ましい音響環境を示し、今後ホテルの設計、あるいは施工時の資料としてまとめたものである。

1. 序

高級ホテル客室の音響環境として、寝室としての安静さ、個室としてのプライバシーなどが、不可欠な条件として要求される。具体的にあげれば、屋外からの騒音、空調、エレベーターなど、ホテル内設備からの騒音、隣接室からの話声、テレビ、ラジオ等の音、バス、トイレ使用時の発生騒音などに対する音響的対策である。

一般に無意騒音（比較的連続したスペクトルを有し変動が少ないもので定常的な街路騒音、空調騒音等）は慣れによるうるささの低下が認められるが、ホテルの利用者は休息を目的に限られた短い期間だけ異なる環境におかれるため、有意騒音（話声、バス、トイレ使用による断続的発生音、クラクションなど）についてはもちろん、無意騒音に対しても検討対策する必要がある。

2. 客室内騒音目標レベル

客室内の騒音目標レベルは一般に次のような値が推奨されている。

NC曲線で NC-25~30
NR数曲線で N-30
(一般には騒音レベルで30~40ホン)

これはあらゆる騒音源からの騒音をこのレベル以下にすることを意味しており、音源別に客室内でこのレベル以下にするのに必要な対策を個々に検討しなければならない。すべての騒音がN-30以下におさまっていれば音に関するクレームは全く生じない。許容値としてはN-35であり、高級ホテルとしては少なくとも

N-35は満足してほしいものである。

3. 当社施工ホテルの試験項目および測定方法

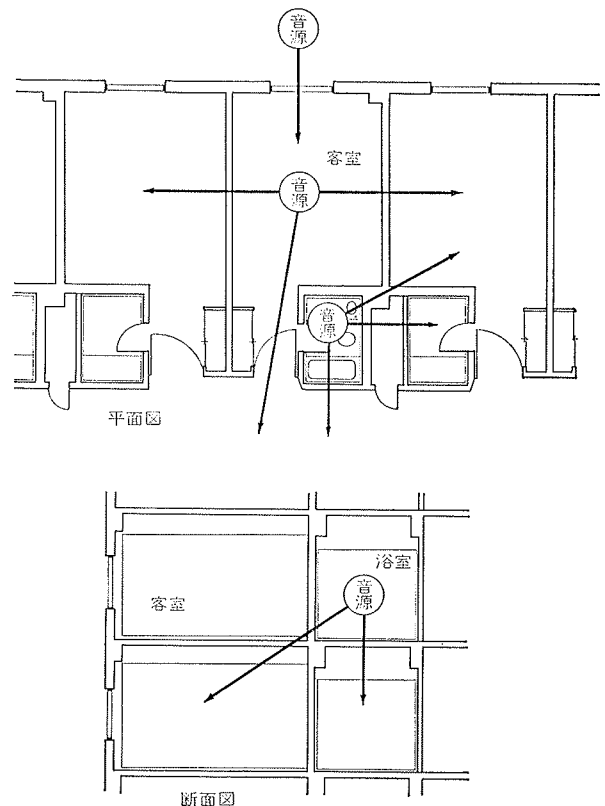


図-1 遮音測定部位

測定はホテル客室が完成してから実際に使用する状態において（Dホテル以外は営業中）図-1に示すような部位の遮音性能を測定した。測定はスピーカーでバンドノイズを出し、発音側の室のレベルと受音側の

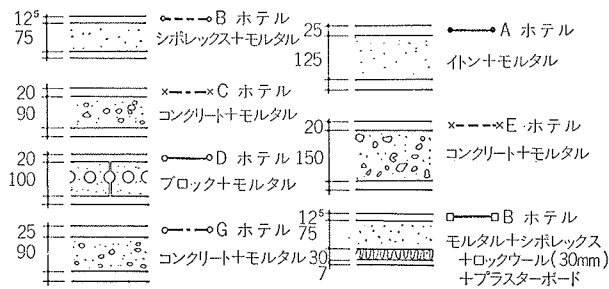
室のレベルをレベルメーターと分析器で直接読みとり、その差をもって実効遮音度とした。窓については屋外にスピーカーをセット（窓の正面）し内外のレベル差を測定した。

次に固体伝播音の影響を調べるため、実際にバス給水、排水時、便器使用時のバスユニット内発生音と、隣接客室および下階客室のレベルを測定した。このレベル差とスピーカーによる実効遮音度を比較することにより固体伝播量を求めた。

空調吹出騒音については暗騒音の影響が少ない午前零時に行なった。

4. 客室間仕切壁の遮音

ホテル客室は比較的小さなスペースに壁を介して、ベッド、テレビ等が壁に近接して配置されているので隣接する客室において、一方が就寝し、一方がテレビを見たり会話をする場合に遮音が十分でない問題となる。



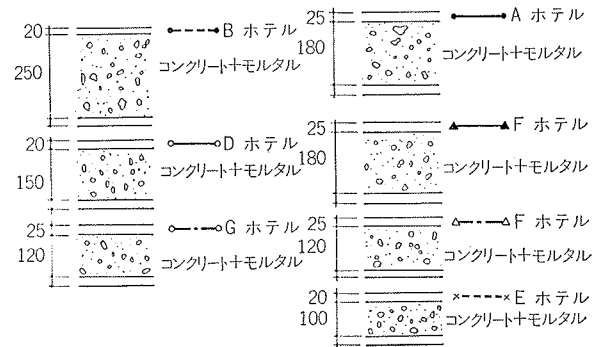
図一2 客室—客室 壁レベル差

4.1. 騒音源

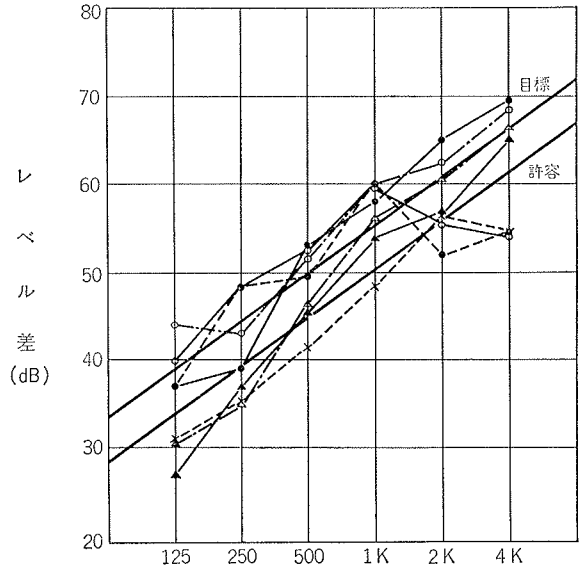
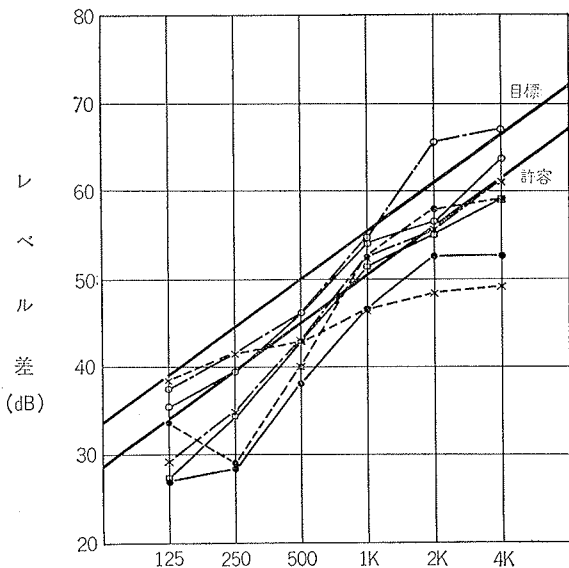
客室内の音源としては話声、電話のベル、テレビ、ラジオなどの音声がある。これらの発生音はいずれも有意騒音であり、気になるものであるから少なくとも許容レベルは満足しないと、ホテルとして快適な状態とはいえない。理論的にはこうした音に対して人間の感覚以下に遮音すれば全く問題ないが、これは経済的に不可能であり、その必要もないので無意騒音（空調吹出音）によってマスクされる限界を目標とする、空調騒音はレベルが高すぎると、それ自身騒音源となり、逆にあまり静かな場合は有意騒音もこれと同等以上に遮音しなければ有意騒音が顕著になってくるので、空調吹出音はN-30ちょうどに収まることが望ましい。

4.2. 必要透過損失

音源が有意騒音であるため、発生音の絶対レベルは一定でないが、従来一般的に、許容されるレベルにす



図一3 客室—客室 壁レベル差



るには透過損失で 500Hz, 45dB (他の周波数域では質量則を下まわらないこと) あればよいといわれている。今回の測定時にホテルに寄せられている苦情をきくと、45dB では十分でなく、苦情をもち込む宿泊者もいるようである。こうした実情を考えると、高級ホテルの間仕切壁としては500Hz, 50dB を目標としたい。

4.3. 当社施工ホテルの実情

測定結果を図一2, 3に示す。これは実効遮音度であるが、これを見ると、理想レベルである500Hz, 50dB 以上のものもいくつかあるが、45dB 以下のものもあり、すべてが満足な状態とはなっていない。

構造的に見るとイトン、シポレックスといった軽量でプレファブ的なものの性能がよくないことがわかる。こうした材料を使用するときは、単にモルタル塗りだけでは容易には45dB以上の透過損失は得られないので他材料と組み合わせるべきである。Bホテルの複合壁はシポレックスの両面をモルタル塗りすることによりかなり改善されるであろう。

コンクリート壁について見ると、壁厚の厚いものが必ずしもよい結果となっていない。これはなんらかの音響的欠陥部分からの透過音が影響していることを示している。Cホテルのコンクリート壁が高音域で落ちているがこれは空調がファンコイルユニットでなく、メインダクトから各室に分配しているためこのダクトを回ってきているためである。

4.4. 客室間仕切壁の問題点

測定結果から客室間仕切壁の遮音は、むろん壁自体の選定が第一であるが、これだけでは十分でなく音響的弱点が生じないような設計施工を行わないと、壁自身の遮音性能が生かされないことがわかる。

- ホテル間仕切は数が多いので設計時に施工が容易で、かつ施工むらの生じにくい構造のものを選定する。
- 空調がファンコイルユニットでなくメインダクトから分岐して各室につながっている場合は、ダクトの消音設計を十分行なわねばならない。(ホテルにおいてはファンコイルユニットを使用したい)
- 電気、電話等のコンセントを設けると壁の欠損や配管のため遮音の弱点となるのでコンセント類は床や浴室の壁に設ける。
- ボード類やプレファブパネルを使用する場合は、そのパネルの透過損失を得るには隙間を完全にふさがねばならない。(プレファブパネルの透過損失は隙間によってきまるといっても過言でない) そとで施工に当たってパテやモルタル目地づめが

十分行なえるような構造、目地間隔をとる。

- 音源が必要以上に大きな音を発生しないように、電話のベルの音の調整、テレビ、ラジオのボリュームの制限も必要である。

今回の測定結果にははいていないが、Hホテルの例で、高層ホテルであるため床にデッキプレート、壁には石膏ボードを使用した軽量乾式壁が採用された。間仕切壁のみで遮音を行なうと、石膏ボードをデッキプレートの“くし形”に加工する必要があるので、施工の容易さとむらを考え、天井裏からの回折音の遮音を間仕切壁のみで考えず天井を二重張りとして防いだ。

このように間仕切壁は総合的に検討し、施工の容易なものを選定しないと、数が多いので工事費にも影響する。

4.5. 客室内の吸音力

各ホテルの客室(ツイン)内の吸音力を求めるために、客室内の残響時間を測定した。これを見るとホテルによるばらつきは小さい。これは一般に客室の仕上げ、搬入される家具がきまっているためであろう。

各ホテルの測定結果の平均的な値をとって客室内の吸音力を算出してみると表一のようなになる。

周波数	125	250	500	1000	2000	4000	
平均的残響時間	0.65	0.55	0.35	0.35	0.35	0.35	(秒)
$V/s \approx 0.5 \bar{\alpha}$	0.117	0.136	0.205	0.205	0.205	0.205	
$S \approx 90 A = S \bar{\alpha}$	10.5	12.2	18.5	18.5	18.5	18.5	
$-10 \log_{10} \frac{S}{A}$	0	+1	+2.5	+2.5	+2.5	+2.5	(dB)

表一 客室内(ツイン)吸音力

遮音設計に当たって、壁の実効遮音度は客室内の吸音力(A)と、透過してくる壁の面積(S)とに関係し次のような関係がある。

$$\text{実効遮音度(レベル差)} = \text{透過損失} - 10 \log_{10} \frac{S}{A}$$

客室の間仕切壁の面積は約 10m² 程度であるから上式で $-10 \log_{10} S/A$ を求めると、125Hz で、0 dB、250Hz で+1dB、500~4000Hz で+2.5dB なる。透過損失にこの値を加えたものがホテルの間仕切として壁をとりつけたときの実効遮音度となるがこの補正値はそう大きくないので、間仕切壁の設計、検討時には安全係数として考え、透過損失の値が実効遮音度となると考えたほうがよいであろう。

客室内の吸音力は特に吸音を意図しなくともある程度の吸音力は得られるが、遮音がやや不足するような場合には天井も吸音仕上げとすることが望ましい。

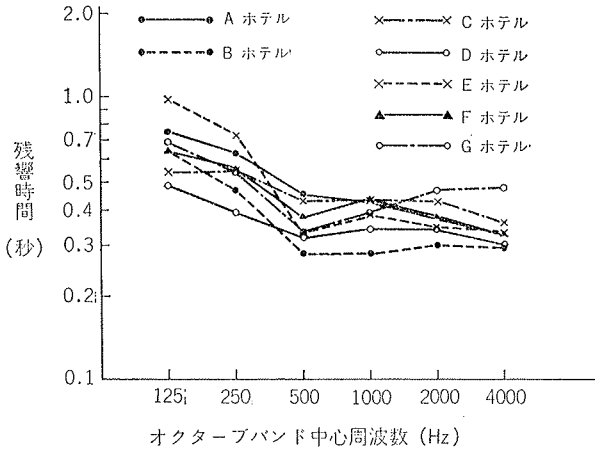


図-4 客室内(ツイン)残響時間

5. 浴室-隣接客室, 浴室階下客室間遮音

5.1. バスユニット内設備発生音

バスユニット内設備で騒音を発するものは、バスの給排水時、便器使用時の水による給排水音である。これはいずれも給排水管により、上下および左右の室につながっているため、空気音による伝播より固体伝播音の対策にむずかしさがある。

バスユニット内設備の発生音のまとまった資料がないので、まず今回の測定結果を示す。

バス給水時、発生音レベルを図-5

バス排水時、発生音レベルを図-6

便器使用時、発生音レベルを図-7に示す。

5.2. 必要透過損失

測定結果を資料としてバスユニット内設備の発生音

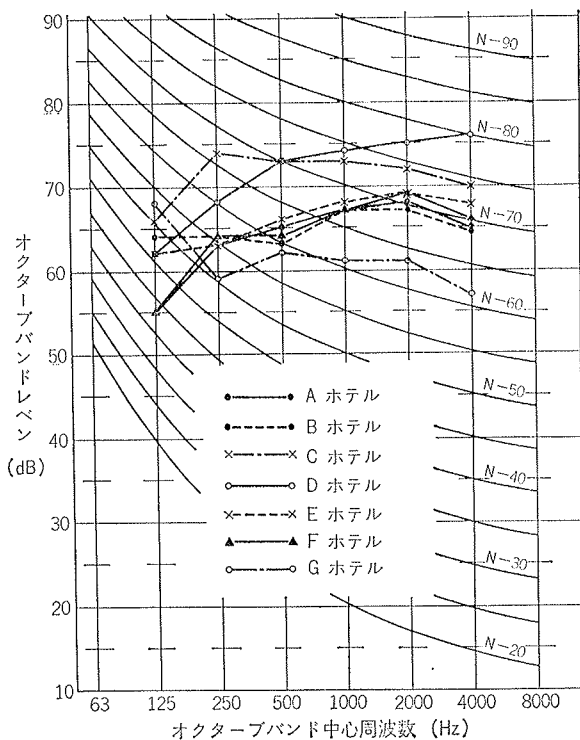


図-5 バス給水時発生音レベル (1m点)

の最大レベルから、隣接あるいは階下客室のレベルをN-30以下にするのに必要な透過損失を計算すると、500Hzで40dBあればよいことになる。ここで人の話し声、歌声まで考えて、目標は45dBとしたい。

測定結果および検討は省略するが、浴室-浴室間の遮音についても同様に、目標45dB、許容40dBとしたい。

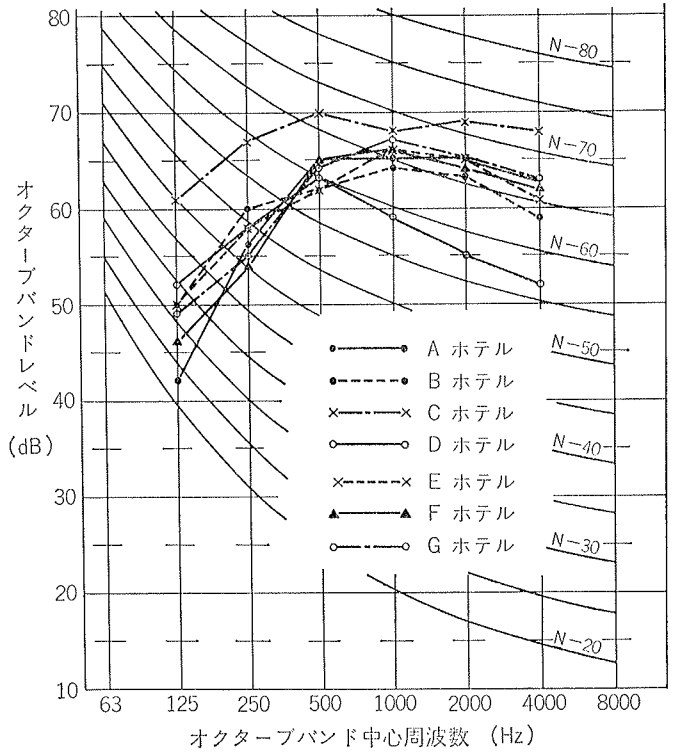


図-7 便器排水時発生音レベル (1m点)

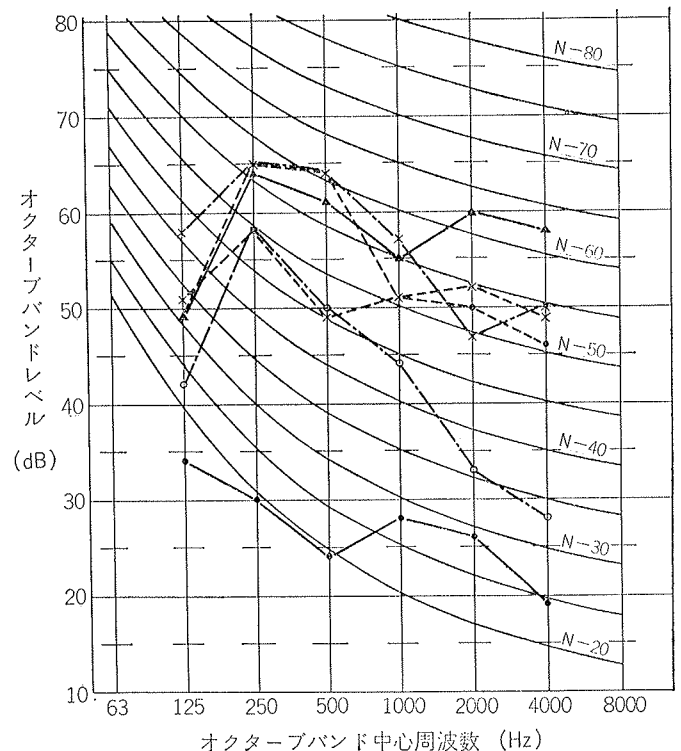


図-6 バス排水時発生音レベル (1m点)

5.3. 当社施工ホテルの実情

浴室一隣接客室，浴室一階下客室間の空気音（スピーカーによる）の実効遮音度を図一8，9に示す。これを見ると発生音から算出した必要透過損失500Hz，40dB はすべてのホテルで満足しており，目標透過損失である45dBもほとんどが満足している。一方実際にバスユニット内設備を使用したときの隣接および階下客室でのレベルを図一10～13に示す。

これを見ると実効遮音度の結果からは当然 N-30におさまるはずのものが，N-30をこえているものが半数近くに達しており，空気音以外の伝播経路で伝播していることがわかる。個々の伝播経路は不明であるがこれは固体伝播音によるものである。

5.4. バスユニット内設備発生音に対する問題点

測定結果の検討より，バスユニット内設備の騒音の問題点は固体伝播音の対策であるといえよう。

固体伝播音は次のような伝播経路が考えられる。

- 水による衝撃が，バスタブ，便器等から直接スラブへ伝播するもの。
- 発生音がパイプおよび水を伝播するもの。
- 設備を使用することによりパイプ中を流れる水が，バルブ部分において乱流を生じ，パイプを振動させ音を発するもの。

これらの対策として

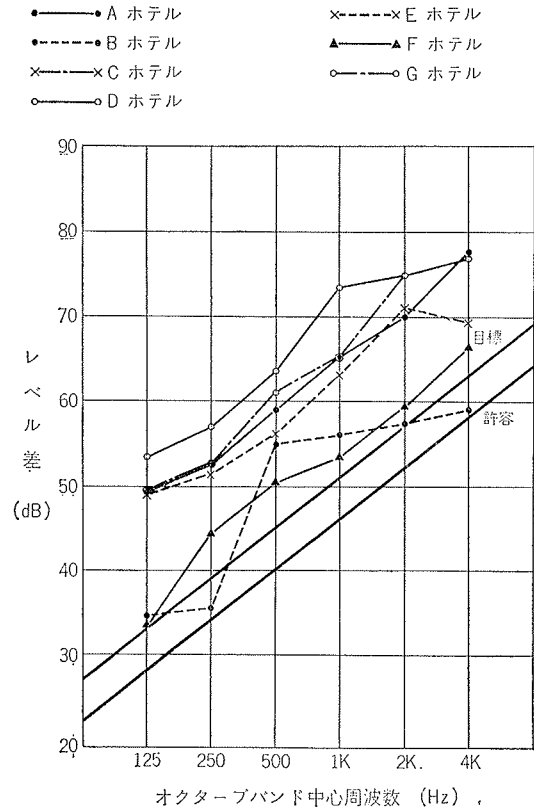
○バスタブ（バスユニット）はスラブに直接のせず，防振設置する。

○発生音は水圧と，給水口，排水口の構造によりきまるので発生音の小さい構造のものを選定する。（パイプ内の水圧を適当にし，バルブの改良を行なう）

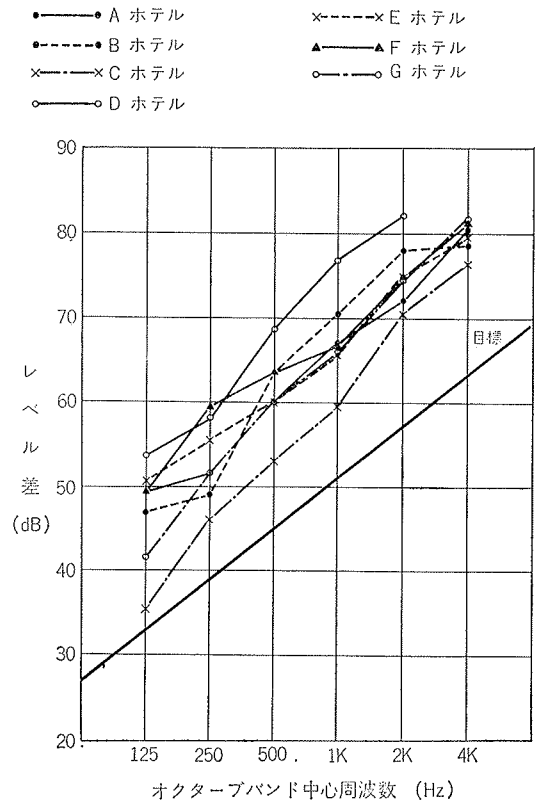
○パイプシャフト内のパイプは堅固な壁に防振支持して固定する。

パイプが壁，床を貫通する場合は固体伝播防止と，隙間による遮音の低下に注意が必要である。（パイプとスリーブの隙間にモルタルをつめると固体伝播の原因となるので，グラスウールまたはロックウールを密に充填する。これで遮音が不十分な場合はコーキング材でシールする）

設備音の固体伝播量の一例として，バス給水時と便器使用時の固体伝播量として，スピーカーによる空気音のレベル差から，実際に設備を使用したときのレベル差を引いた値を図一14，15に示す。これを見ると空気音の実効遮音度に比べて，各ホテルによるばらつきが大きい。また発生音の大きいものが必ずしも大きくない。こうしたことからその原因は複雑で伝播経路をみいだすには，振動測定も含めて詳細な測定が必要であり今回の測定のみでは個々の対策を示すことはできないが，設備配管については図一16に示すような処置は常識としたい。



図一8 浴室一隣接客室 レベル差



図一9 浴室一階下客室 レベル差

また一般には発生音が小さいものは固体伝播音も小さくなるので、発生音の小さい器具を使用することが第一の対策である。測定結果よりバスユニット内設備の発生音はホテル間のばらつきが 10~15dB にわたっ

ており、選択の有用性を裏づけている。発生音の低い器具は設計時に調査測定を行なうことにより（既設の同一器具を測定）容易に選定できるのでぜひとも予備調査を行ないたい。

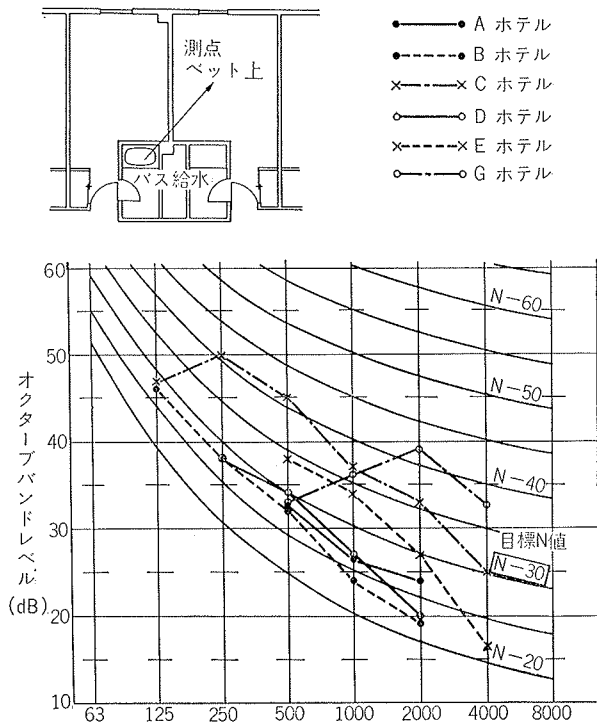


図-10 隣接浴室バス給水時、客室のレベル

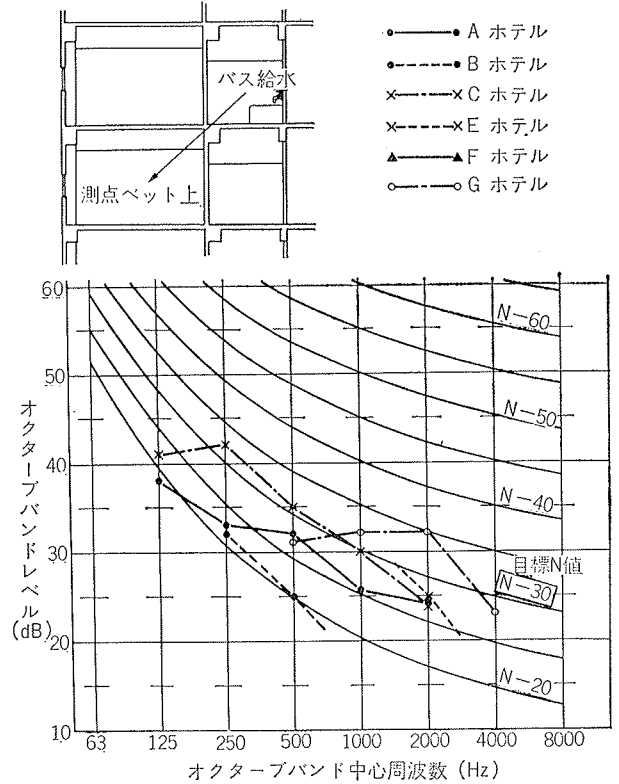


図-12 上階浴室バス給水時、客室レベル

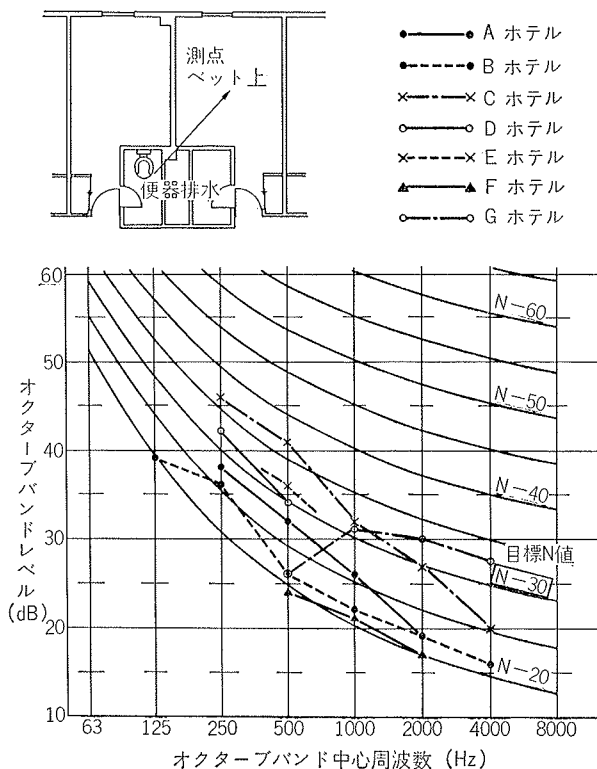


図-11 隣接浴室便器排水時、客室のレベル

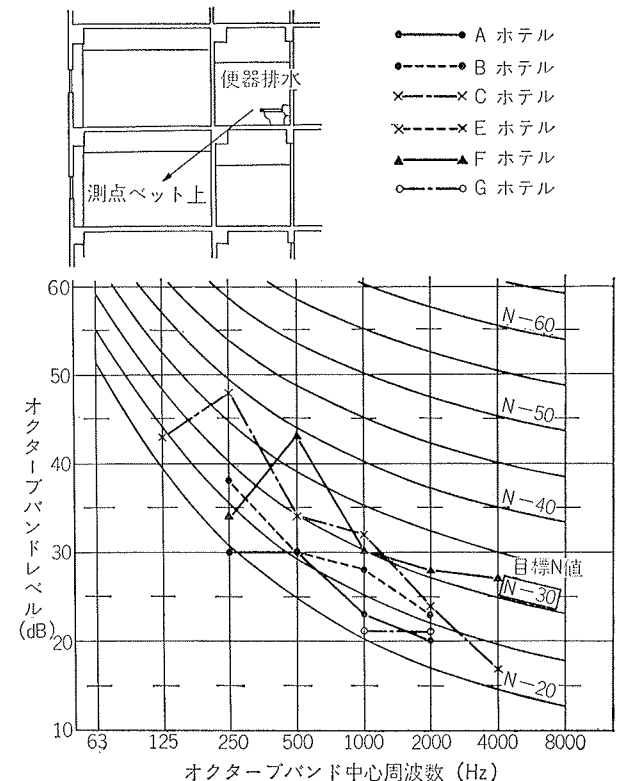
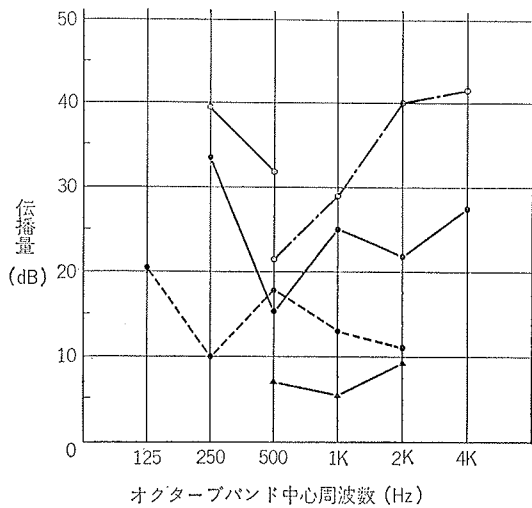
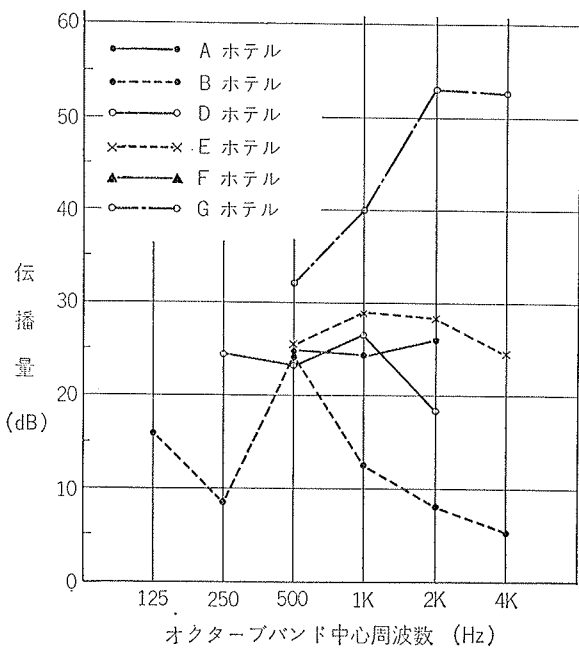


図-13 上階浴室便器排水時、客室レベル



図一14 浴室一隣接客室便器排水音固体伝播音の伝播量



図一15 浴室一隣接客室バス給水音固体伝播音の伝播量

6. 窓の遮音

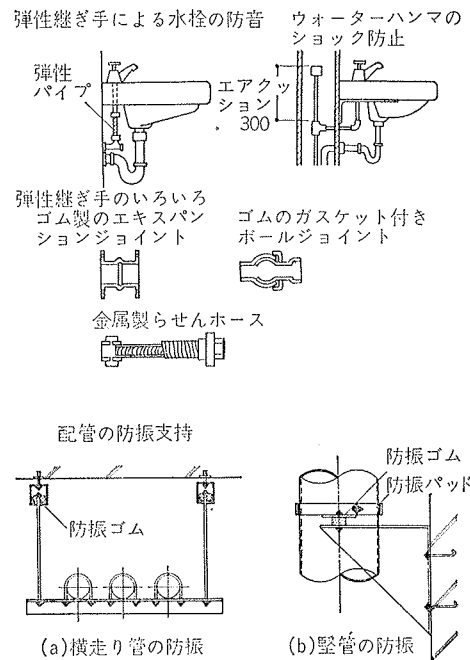
これまでホテル内の騒音源の対策であるが、外部からの騒音に対しては窓が一番の弱点となる。

6.1. 騒音源および必要透過損失

屋外の騒音はホテルの建つ周囲の環境によって全く異なるので、窓および壁の必要透過損失を決定するには、周囲の騒音の実態を十分調査し、かつ将来の予想（交通量の増加、道路等の建設予定等）も的確に行なわねばならない。

このように窓の透過損失については騒音源が一定でないので基準はなく、客室内がN-30におさまるような、ガラス厚、サッシを選定すればよい。

今回測定したホテルの外壁はすべてコンクリートであるので問題はないが、今後高層ホテルにおいて金属



図一16 設備配管の固体伝播音防止

パネルなどが使用されるケースがでるであろうが、カーテンウォールについては遮音の検討も必要である。

6.2. 当社施工ホテルの実態

測定結果を図一17に示す。これを見るとそれぞれのホテルのおかれている環境を示しており、そのばらつきは大きい。(Fホテルは観光ホテルであり、周囲に騒音源がないため、遮音性能は測定ホテルのうちで最も低い、これで十分である)

窓の遮音について必要な性能は技術的には十分得られるので、設計時に騒音調査をし、必要な予算を当初から見込むことが唯一の必要条件である。

一重窓の遮音性能はガラス厚が一定であれば、サッシによってきまる。これは隙間による影響で、設計時に窓の遮音を検討する場合は、そのサッシにガラスを入れたものの透過損失を知る必要がある。ホテルの窓は、可能であればFixとしたいが可動とする場合は精度のよいエアタイトのアルミサッシを使用するのが望ましい。精度のよいエアタイトサッシはガラスFixと同程度の遮音が得られる。

今回測定した窓のうち、二重窓はBホテルとGホテルに採用されている。Bホテルは外側窓はエアタイトであるが、内側の窓がエアタイトとなっておらず、わくとサッシがモヘヤで接触している簡易二重窓である。

そのため二重窓の効果が十分にはでていない。(ただし屋外騒音に対しては十分な遮音性能であった)

Gホテルの窓は内外ともエアタイトでガラスとガラスの間の四周を吸音仕上げとしてあるためいっそう遮音効果を高めている。このホテルは敷地が国鉄幹線

に面しているため、現地における騒音調査から窓の遮音設計、サッシの透過損失の測定まで当研究所で行なったが期待どおりの結果が得られた。

襖については 10dB 程度の遮音効果がみられるものもあり、補助的方法として有効である。ただし遮音を意図する場合は隙間が生じないように襖のそりには注意する必要がある。

7. 空調吹出騒音

さきにも述べたように他室や屋外からの有意騒音を完全に遮音することは不可能であるから、許容されるレベル、N-30 で無意騒音によりマスクする必要がある。ホテル客室における無意騒音は空調吹出による騒音であるから空調吹出騒音をちょうど N-30 におさめるよう、すなわち吹出音が大きからず小さからず N-30 におさめることが理想である。

7.1. 当社施工ホテルの実情

空調調節スイッチ OFF 時 (暗騒音)、LOW 時、Hi 時の測定結果 (ベット上でのレベル) を図-18~20 に示す。これを見ると深夜調節スイッチ LOW 時でも N-35 をこえているものもある。

ホテルの空調騒音はファンコイルユニットのファンの騒音であるから、ファンコイルユニットの選定に当たって、あらかじめその発生騒音の小さいものを選定することにより解決される。低騒音のファンコイルユニットを選定したならば、取付け時に壁、天井等に振動が伝播しないよう防振支持すれば対策として十分である。

8. 扉の透過損失

廊下のおもな騒音は歩行者の足音と話声である。一般にホテルの廊下はじゅうたんが敷かれるので問題はない。話声については、1m 点レベル 60dB (C) 程度—普通の話声—を考えると、125Hz で 15dB、250Hz で 20dB、500Hz 以上の周波数域では 30dB 程度の透過損失があればよい。

設計に当たっては扉自身の透過損失とともに隙間の影響が大きいため (高音域で影響大)、扉開閉時の衝撃音の防止をかねて、戸当たりには弾力性のあるパッキングを取り付けることが望ましい。

扉の開閉時に生ずる扉と枠との衝撃音、クローク用扉の開閉音は固体伝播による影響があり、隣室、階下室で大きな音を発するものがある。この対策として扉については手当たり部にスポンジ、ゴムなどの戸当たりをつけ、クローク扉は開戸とする。スペースの関係でクローク扉を引違いとする場合は、敷居や戸の吊り

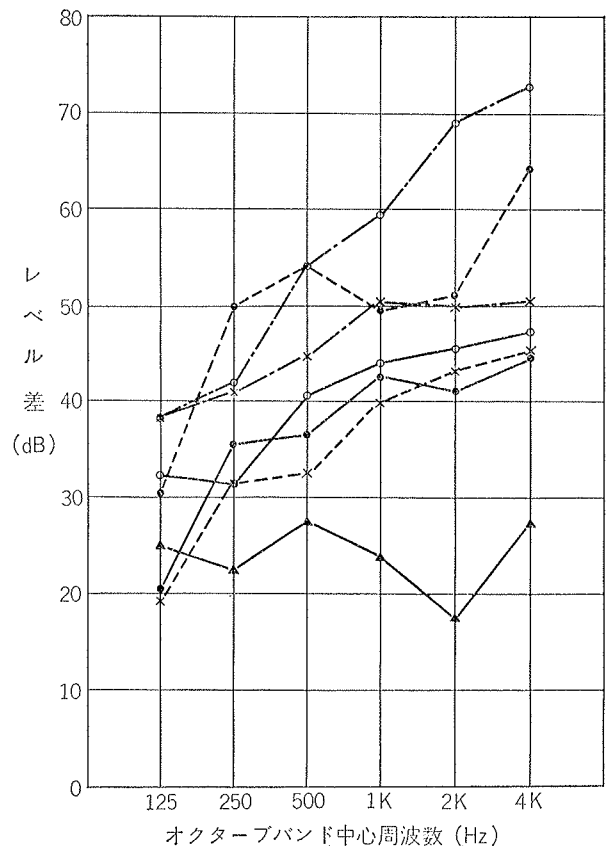
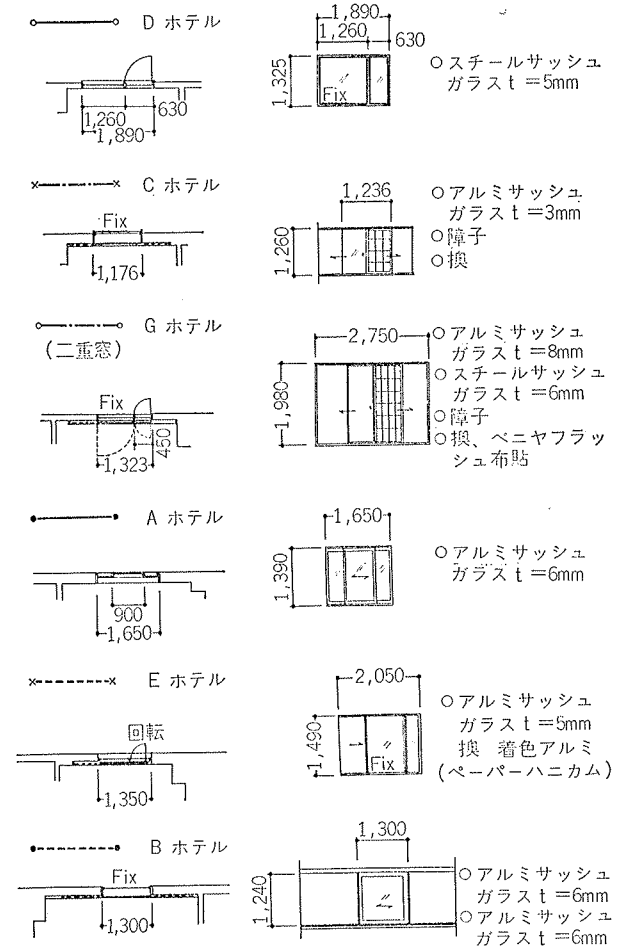


図-17 窓 室内外レベル差

金具は動作音（吊り金物とガイドレールの接触音）の小さい構造を選定する必要がある。

9. 結 び

以上実情調査といった報告となったが、今後ホテルの設計、施工に当たって、細かい対策は個別に検討しなければならない。特に設備関係の固体伝播音の対策については建築の構造体も含めて考えねばならず、測定を行ないながら対策を実施していかないと、個々の効果は確認できない。こうした問題は未解決であり、資料もないので今後の課題であり、われわれもテーマとして取り組んでいる。

次の項目についても測定、検討を行なったが、本報においてはページ数の制限からふれなかった。

- 浴室——浴室間の遮音および固体伝播音（隣接室、下階室）
- 浴室——廊下間の遮音
- 浴室——客室間の遮音および固体伝播音

おわりに測定に協力いただいたホテルおよび工事事務所の方々に謝意を表します。また段取りから測定までいろいろとお世話いただいた、当社技術部・畝昭夫職員、工務部・片口幸彦職員に深謝いたします。

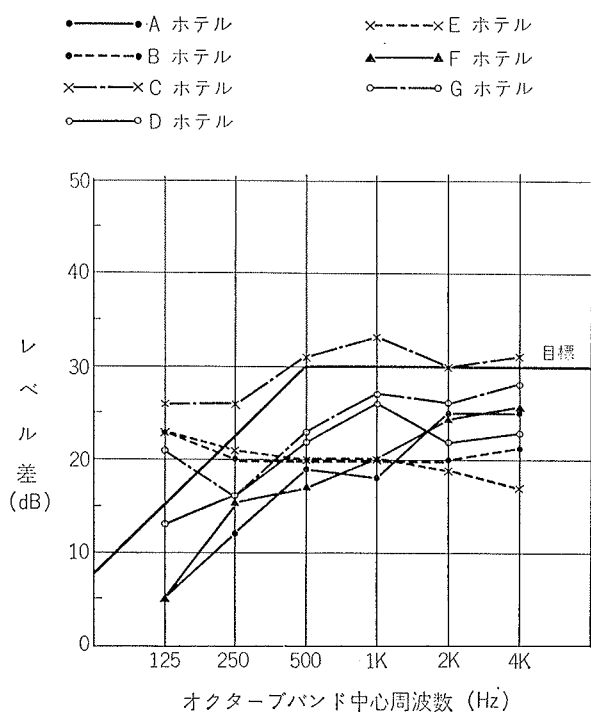


図-21 扉 室内外レベル差

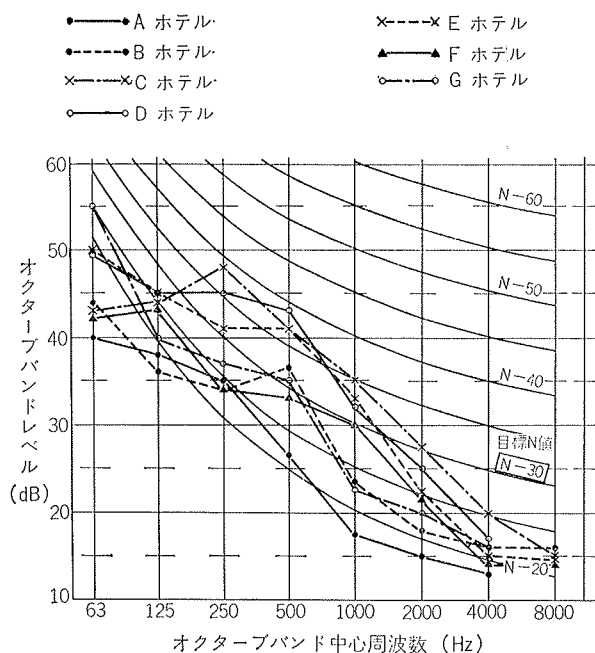


図-20 空調スイッチ HHI 時、客室騒音レベル（深夜12時）

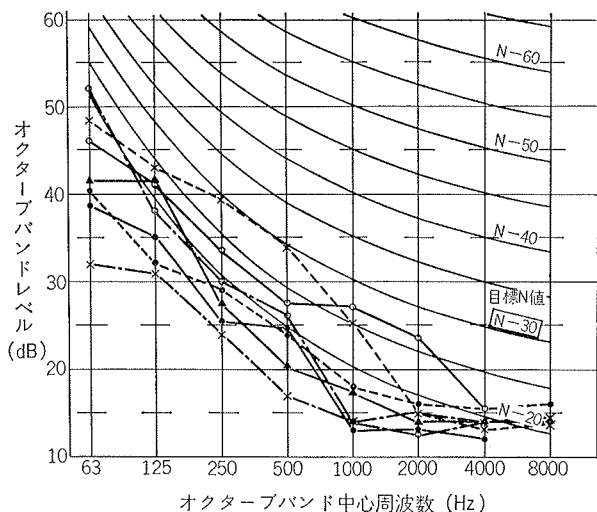


図-18 空調スイッチ OFF 時、客室暗騒音レベル（深夜12時）

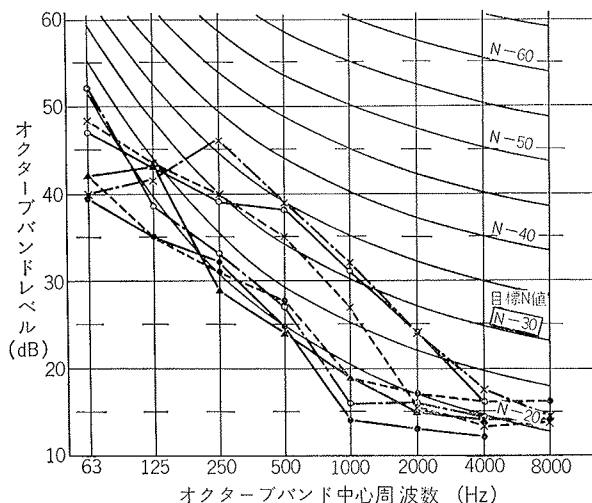


図-19 空調スイッチ LOW 時、客室騒音レベル(深夜12時)