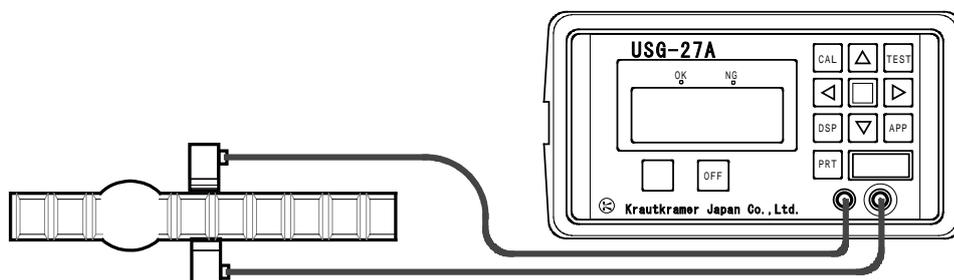




USG-27A をご理解いただくために

補足的資料 2011年5月版



USG-27A の出現で鉄筋ガス圧接部の超音波探傷検査および記録作業は非常に容易なものになりました。しかしながら、鉄筋ガス圧接部の超音波探傷経験のない方に説明を求められた場合に、探傷の概要と試験結果をわかりやすく説明するのは簡単ではありません。これは説明者と相手の方との間に超音波探傷の知識的なギャップがあることが原因ですが、説明のおおもとになる JIS Z 3062 自体の表現方法にも原因があると考えられます。2009 年版でだいぶ改善されましたが、絶対的な値、相対的な値、便宜的な値等がまだ秩序なく混在しているように見受けられます。本資料には第三者への説明時に必要となるイラスト、図表等を掲載しました。本資料は PDF ですが弊社では資料には原則としてプロテクトを掛けませんのでご自由に補助資料としてご利用下さい。（ただ本資料の趣旨と大きくかけ離れる場合はご遠慮願います）

1. 関連する規格など	1
2. dB は物理量の比を表す次元のない量、騒音等の単位 dB SPL とは異なります	2
3. JIS Z 3062 での試験方法の規定	2
4. USG-27A での基準レベルの設定と記録	3
5. USG-27A での合否判定レベルの設定	3
6. USG-27A での合否判定	4
7. USG-27A プリンター印字内容をどうご説明すべきか？	5
8. 探傷器画面で見る基準レベル、合否判定レベル、合否差の関係	6
9. JIS 解説図から見た基準レベル、合否判定レベル、合否差の関係	7

1. 関連する規格など

- USG-27A は JIS Z 3062-2009（鉄筋コンクリート用異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法及び判定基準）に述べられている「専用探傷器」として製造されています。
- USG-27A は上記目的で使用可能な専用探傷器であることについて、社団法人日本圧接協会（現在は公益社団法人日本鉄筋継手協会）殿から 1996 年 4 月に技術評価認定されています。
- 探傷試験方法及び判定基準についての説明、背景となる破壊試験との対比については日本鉄筋継手協会発行の「鉄筋ガス圧接部の超音波探傷検査」に詳細に述べられています。また JIS Z 3062 の解説部分にも記載があります。



2. dB は物理量の比を表す次元のない量、騒音等の単位 dB_{SPL} とは異なります

超音波探傷器の感度はデシベル(dB)で表示されます。dB は本来二つの物理量の比を表す次元のない量です。単に何倍とか何分の 1 とかの比率であり、何 cm とか何 Kg というような絶対的な量を表す単位ではありません。dB を騒音等の大きさを表す絶対単位 **dB_{SPL}** (Sound Pressure Level)と混同される場合が多いのですが、**dB_{SPL}** の場合は音を構成する空気の圧力の実効値である音圧のレベルを表し、 $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ を基準値 (0dB)として騒音の大きさを絶対値として表しています。

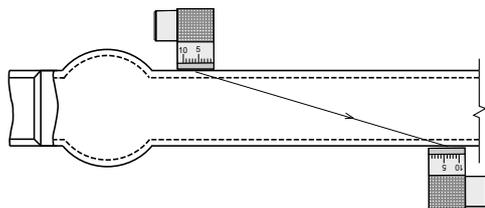
超音波探傷器はエコーを探触子で電圧に変換し、この電圧を基準値 (0dB) としてアンプで増幅して表示します。今何倍に (何 dB) 増幅しているかを示すだけで、エコーを絶対値として測定する機能ではありません。騒音の大きさを表す **dB_{SPL}** とは全く異なります。探傷器の場合は 6dB= 2 倍、12dB=4 倍、18dB=8 倍、24dB=16 倍等の増幅量を意味するのみでエコーの大きさを直接表すものではありません。

3. JIS Z 3062 での試験方法の規定

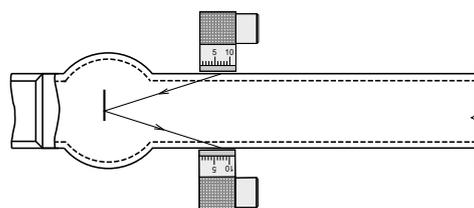
JISZ3062 は引張り強さと超音波反射波の大きさの相関性に注目し、試験方法を規定。

1. 鉄筋の母材部分で超音波を透過させその最大透過パルス高さを探傷器画面 **50%高さ**に感度調整しこれを**基準レベル**とする
2. 合否判定レベルは**基準レベルの -24dB** (1/16) とする
3. 圧接部 K 走査で**合否判定レベル以上のエコーが検出されなかった場合は合格**とする

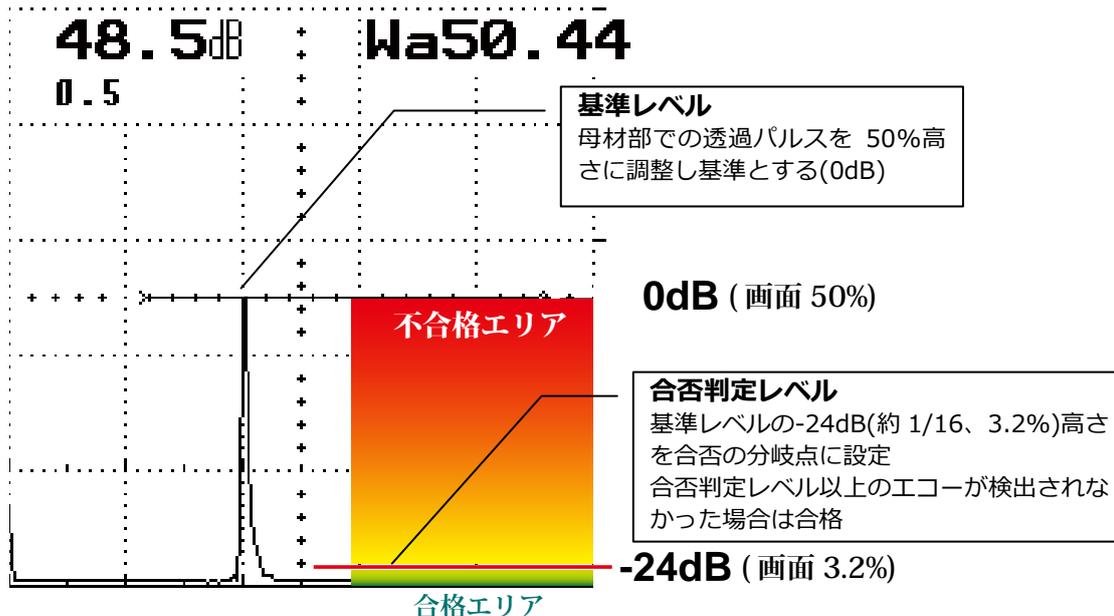
1.) 超音波透過量の測定 (基準レベル設定)



3.) K 走査による探傷

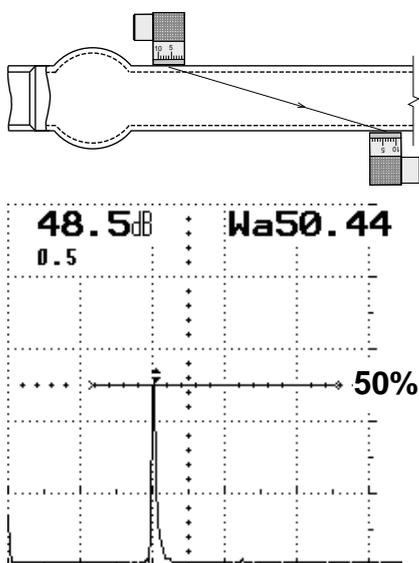


2.) 合否判定レベルの設定





4. USG-27A での基準レベルの設定と記録



USG-27A は専用探傷器であり波形表示 CRT を持ちませんが基本的な動作は汎用探傷器と同様です。

最大透過パルスをキャッチして、CRT50%相当になるまで感度を自動的にしぼります。したがって基準レベルエコー高さは **50%** です。またこの時の感度設定（つまり位置）**48.5dB** を基準レベル設定感度として記録します。

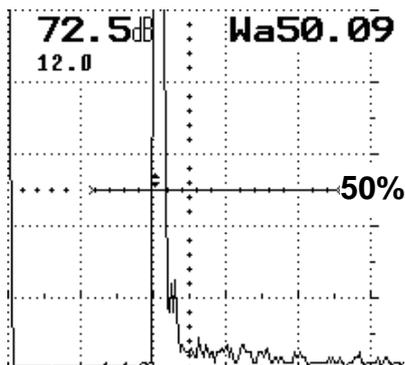
基準レベル：CRT50%
基準レベル設定感度：48.5dB

したがって記録される基準レベル設定感度 **48.5dB** は基準レベルを設定したときの探傷器の感度設定の記録であり、基準レベルエコーの大きさを直接的にあらわしたものではありません。

5. USG-27A での合否判定レベルの設定

合否判定レベル設定感度 = 基準レベル設定感度 + 24dB

JIS Z 3062 本文では「合否判定レベルは、基準レベルの **-24 dB** とする」と規定しています。画面 50%高さの-24dB は画面 3.2%高さになりますが、試験者が画面 3%未満の信号を常に注視し、ノイズを識別しながら、「1%だから合格だ」、「3.5%だから不合格だ」などと合否判定することは非現実的で不可能です。このため逆に超音波探傷器の感度を **+24dB (=16倍)** 上げます。このことによって合否判定を画面高さ 50%ラインでの単純比較という、より負担の少ない手順に置き換えます。



超音波探傷器の感度を **+24dB (=16倍)** 上げます。このことによって画面高さ 50%ラインでの単純比較という、より負担の少ない手順に置き換えられます。

感度を 24dB 上げると先ほどの透過 50%エコー（基準レベル）は画面をはるかにオーバーする 800%高さに増幅されます。
(左図)

注) 汎用探傷器の場合は画面 50%を基準とします。USG-27A では波形表示画面がないので正確には 1V 電圧を基準としています。



6. USG-27A での合否判定

JIS Z 3062 の試験結果判定は次の通りです。「**圧接部を挟んで両側における探傷試験で、合否判定基準レベル以上のエコーが検出されなかった場合は合格とする。**」

	<p>圧接部を挟んで両側を K 走査探傷します USG-27A は探傷結果の OK または NG と、合否差 (合否判定レベルとの音圧比) を表示します</p>
	<p>合格(OK) 合否差 <-6dB</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) .基準レベル音圧の-24dB(1/16)である 50%ラインが合否判定レベル音圧となるがこれを超えるエコーは存在しない = OK 2) 圧接部からの最大エコーは合否判定レベル音圧の-6dB(1/2)未満 = <-6dB 3) 基準レベル音圧との比 = -24dB + (<-6dB)
	<p>合格(OK) 合否差 -6dB</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) .基準レベル音圧の-24dB(1/16)である 50%ラインが合否判定レベル音圧となるがこれを超えるエコーは存在しない = OK 2) 圧接部からの最大エコーは合否判定レベル音圧の 1/2 = -6dB 3) 基準レベル音圧との比 = -24dB + (-6dB)
	<p>不合格(NG) 合否差 10dB</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 最大エコーは合否判定レベル音圧を超えたので箇所不合格 = NG 2) 圧接部から得られた最大エコーは 158%であり合否判定レベルの 3.2 倍 = 10dB <p>合否差 = $20 \times \log\left(\frac{\text{最大エコー}158\%}{\text{合否判定基準レベル}50\%}\right) = 10\text{dB}$</p> <ol style="list-style-type: none"> 3) 基準レベル音圧との比 = -24dB + 10dB



7. USG-27A プリンター印字内容をどうぞ説明すべきか？

USG-27A による試験結果プリントアウトにある**合否差**とはどういう意味なのか。
合否判定レベル(52dB) - 6dB = 46dBの反射があったという意味なのか。

以下試験結果相違ありません。

種 試験者

番号	試験位置	合否	鉄筋径	基準	差	合否レベル	合否差	年月日	時間
001	000000-01	OK	D25	28	+	24 = 52dB	<-06dB	11.01.07	13:55
002	000000-02	OK	D25	28	+	24 = 52dB	<-06dB	11.01.07	13:56
003	000000-03	OK	D25	28	+	24 = 52dB	-06dB	11.01.07	13:58

番号【001】：メモリー順番を示す連続番号で1~400までの3桁です。

試験位置【000000-01】：最初の6桁は試験者がキー入力した試験位置。ハイフォン後の2桁は試験位置が同じ場合に自動的連続番号(1~99)です。

合否【OK】：OKかNGで試験結果の合否判定を表示します。

鉄筋径【D25】：検査箇所鉄筋径(D19~D51)を表示します。

基準+差=合否レベル【28 + 24 = 52dB】

- 【基準】とは基準レベル設定時のUSG-27A感度設定の記録です。USG-27Aは最大透過パルスがちょうど1Vの電圧になるように感度調整して基準として採用します。その時のUSG-27Aの感度設定値は28dBであったという記録です。
- 【差】は基準レベルと合否判定レベルの差の記録です。JIS Z 3062-2009版の7.3で「**合否判定レベルは、基準レベルの-24dBとする。**」としています。超音波探傷器は基準レベルと見かけ上の同一のレベル(画面50%もしくは1V電圧)で判定を行うために感度を+24dB高めます。
- 【合否レベル】は合否判定レベル設定時のUSG-27A感度設定の記録です。プリント001の例では探傷器の感度を52dBに設定して探傷したという記録です。

合否差【<-06dB】(試験箇所音圧 ÷ 合否判定レベル音圧 = 0.5未滿)

- 圧接部からの検出された反射エコーの大きさの記録です。エコーの大きさもしくは領域を、合否判定レベルを基準(0dB)としてdB値で比較表示します。
- 数値が- (マイナス) dBの場合は合格で、0dB以上の場合には不合格です。印字例の<-06dBは、圧接部からの反射エコーの大きさは合否判定レベルの50%未滿の領域にあり、問題となるような大きさではないという意味です。
- 圧接部からの反射エコーは合否判定レベルと比較するのが一般的ですが、基準レベルと比較する必要があるときは、合否差に-24dBを足します。

年月日 時間【11.01.07 13:58】

試験後にデータをエンターキーでメモリーした瞬間の年月日及び時刻です

上記プリントアウト例3行目の003では以下のことが記録されています

- 「差」:24dBなので、合否判定レベルは基準レベルの-24dB(約6.3% = 1/16)
- USG27Aは基準レベル設定時に28dB、探傷時には52dBに感度設定されていた
- 試験番号003の試験箇所音圧は合否判定レベルの-6dB(約50% = 1/2)
- 試験番号003の試験箇所音圧は基準レベルの-30dB(約3.2% = 1/32)
- 試験番号003の合否差は-6dBであり、0dB未滿なので試験箇所合格(OK)

003の場合は合否判定レベル(52dB) - 6dB = 46dBの反射があったという意味なのか

否です。【合否判定レベル】は探傷感度の記録で【合否差】と加算しても無意味です。
基準レベルと比較した時、**反射 = 合否差(-6dB)-差(24dB) = -30dB(1/32)**です。



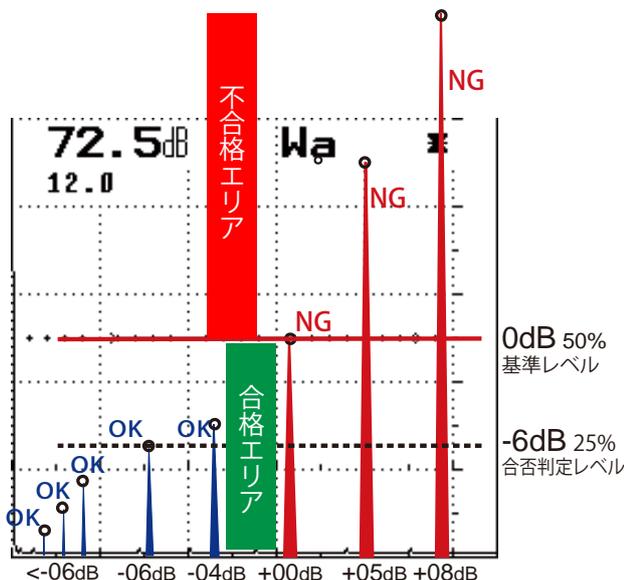
8. 探傷器画面で見る基準レベル、合否判定レベル、合否差の関係

合否差で<-06dB、-06dB、-04dB、+00dB、+05dB、+08dB等は具体的にどのくらいの反射があったということなのか？

エコー波形高さと合否差のプロット

探傷器画面 50%高さに合否判定レベルを設定し、これを基準(0dB)に各合否差をプロットすると右図のような位置関係になります。

合否差は圧接部からの反射エコーの大きさを合否判定レベルと比較した比です。



合否差は 圧接部からの反射エコー ÷ 合否判定レベル をデシベル表示したものです。もし、反射エコーが画面 31.5%高さだとした場合以下の計算になります。

$$\text{合否差} = 20 \times \log\left(\frac{31.5}{50}\right) = -4\text{dB}$$

USG-27A で使用される合否差デシベル値の早見表

dB 値	実数比	合否の判定
+24 dB	15.85	NG
+20 dB	10.00	NG
+14 dB	5.01	NG
+12 dB	3.98	NG
+10 dB	3.16	NG
+08 dB	2.51	NG
+06 dB	2.00	NG
+05 dB	1.78	NG
+04 dB	1.58	NG
+03 dB	1.41	NG
+02 dB	1.26	NG
+01 dB	1.12	NG
+00 dB	1.00	NG
-01 dB	0.89	OK
-02 dB	0.79	OK
-03 dB	0.71	OK
-04 dB	0.63	OK
-05 dB	0.56	OK
-06 dB	0.50	OK

前述の通り、合否差は合否判定レベルを基準(0dB)として、圧接部からの反射エコーの大きさを表したものです。

JIS-Z-3062 の本文を読まれている立会官様から、反射波は基準レベルを基準(0dB)として表示した場合は何 dB になるのかを問われる場合があります。

この場合は、合否差+(-24dB)の計算をします。例えば合否差が-6dB であれば、基準レベルの-30dB になりますし、合否差が+4dB の場合には基準レベルの-20dB になると回答します。

また、dB ⇔ 比の変換は以下の通りです

$$\text{dB から比への変換} : \text{比率} = 10^{\frac{\text{dB}}{20}}$$

$$\text{比から dB への変換} : \text{dB} = 20 \times \log(\text{比率})$$



9. JIS 解説図から見た基準レベル、合否判定レベル、合否差の関係

JIS Z 3062「異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法および判定基準」は、引張り強さ（破壊試験）と圧接部からの反射エコーの大きさの相関関係に注目して作成された基準です。

下図は JIS Z 3062 の解説図に加筆したものです。

縦軸は、引張り強さを JIS 引張り強さ下限値で除して正規化したもの

横軸は、透過パルスの高さ（基準レベル）を基準（0dB）としてエコー高さを dB 表示したもの

JIS 解説ではこの図から、「基準レベルの音圧の -24dB(1/16)以上の音圧を反射する圧接部は、JIS 引張り強さを満足しないことが分かる。したがって、この点を合否判定レベルとした。」としています。

合否差は圧接部からの反射エコー高さを合否判定レベル(基準レベル-24dB)と比較した値です。

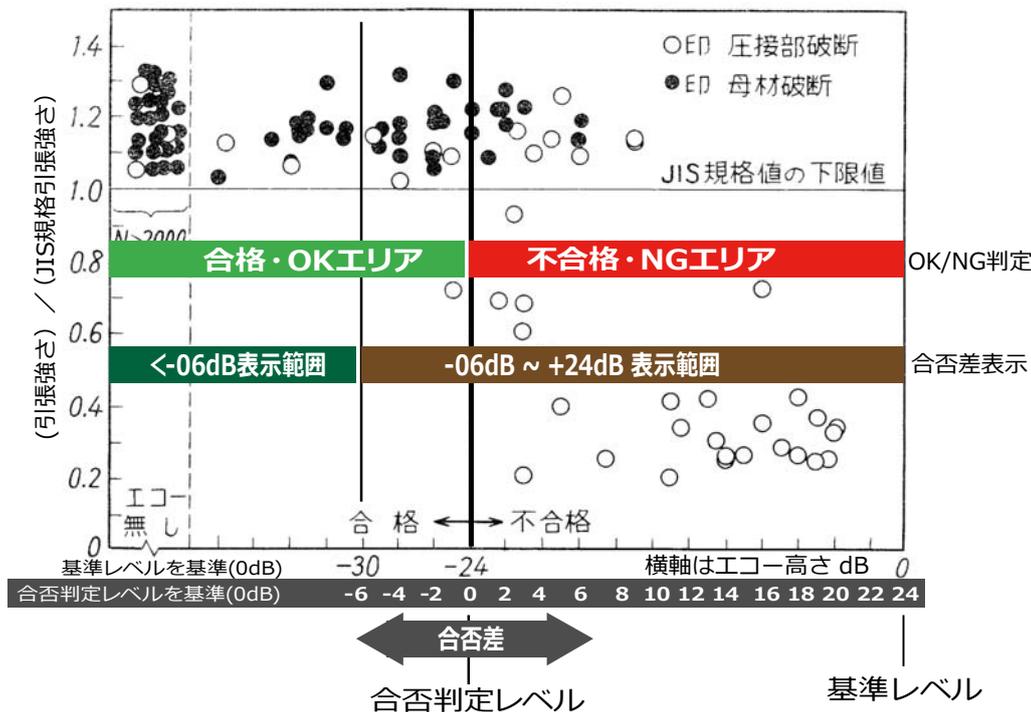
反射エコーが合否判定レベルと同じ大きさなら 0dB で NG です。合否判定レベルより小さい信号であればマイナスの dB 値で OK となり、大きければプラスの dB 値で NG となります。USG27A で測定するとき一番多いのは合否差が【 < -06dB 】と表示されるケースです。これは圧接部からのエコー高さは非常に小さくて < -06dB エリアにあり、基準レベルエコー高さと比較すれば -30dB 未満であったことを示します。当然合格となります。

圧接部からのエコーが大きくなるにつれてこの合否差は -06dB, -05dB, -04dB, -03dB, -02dB, -01dB, +00dB, +01dB, +02dB, +03dB, +04dB, +05dB, +06dB, ~と変化していきます。合否差が +00dB 以上になると不合格です。

USG-27A の表示する合否差に -24dB を足すと基準レベルエコー高さとの比較が可能です。

通常は合否判定レベルと比較するのですが、基準レベルと比較する必要があるときは、合否差に -24dB をたします。たとえば合否差が < -06dB であれば < -30dB となり、基準レベルの -30dB(1/32)に満たない小さな信号であったことが分かります。

JIS Z 3062-2009 解説図4 エコー高さと引張り強さの関係



ご注意: JIS Z 3062 では信号（エコー）の大きさは基準レベル、合否判定レベルの様にレベルという dB 値で概念記述されています。しかし、これは鉄筋径や材質、表面状態、探傷器の機差によって変化する透過量を基準(0dB)として何倍とか何分の 1 とかの意味だけですから試験結果の記録になりませんし、そもそも透過量を騒音量のように直接的に測定することも不可能です。このため超音波検査技術者は実際にはそれぞれのレベル設定時の探傷器感度設定を記録します。つまり「基準レベル(設定時探傷器感度): 34dB」、「合否判定レベル(設定時探傷器感度): 58dB」、「合否差(圧接部反射エコーと合否判定レベルと感度差): <-6dB」等と記録します。これは UT 探傷技術者には自明の理なのですが、探傷経験のない官庁の方などでは混乱される場合もあるようですので丁寧なご説明をお願いいたします。