

報告 テストハンマーの点検方法に関する検討

古賀 裕久^{*1}・河野 広隆^{*2}・森 正嗣^{*3}・今尾勝治^{*4}

要旨：硬化コンクリートの簡易強度推定に用いられるテストハンマーについては、テストアンビルを用いた点検が行われている。しかし、一般的に用いられているテストアンビルとコンクリートでは測定される反発度が大きく異なるという問題点がある。そこで、コンクリートとほぼ同程度の反発度が得られるように製造されたテストアンビルを用い、テストハンマーの調整状態を評価することを検討した。

キーワード：テストハンマー、テストアンビル、反発度法、強度推定、非破壊試験

1. はじめに

テストハンマーを用いてコンクリート表面の反発度を測定し、得られた反発度からコンクリート強度を推定する調査手法は、非破壊で簡易に実施できることから、実構造物におけるコンクリートの品質調査等に広く用いられている。

しかし、既往の研究から、テストハンマーの個体差が測定結果に大きな影響を与えうること¹⁾、従来から用いられているテストアンビルを用いた点検のみでは、テストハンマーの個体差を十分には把握できないといった問題点も明らかになっている²⁾。

そこで、筆者らは、コンクリートと同程度の反発度(30～40程度)が得られるテストアンビル(以下、低反発度型アンビル)の試作品を収集し、低反発度型アンビルを用いてテストハンマーの個体差を点検する方法(図-1)について検討した。その結果を報告する。

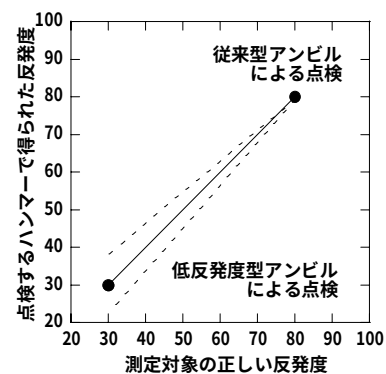
2. 実験方法

2.1 使用した装置

6種類の低反発度型アンビルを含む15種類のテストアンビルを収集した(表-1, 写真-1)。また、比較のため5種類のコンクリート製

供試体を用意した(表-2)。

製造者Kによる低反発度型アンビルAK30～



※従来型アンビルのみの点検では、点線のようなテストハンマーの個体差を明らかにできない。

※低反発度型アンビルによる点検を併用すると、コンクリート(反発度30～50程度)を測定した際のテストハンマーの個体差による反発度測定誤差を少なくできる。

図-1 提案する点検のイメージ



※後列左から、AK30～AK45(反発度可変型)、AA80、ACTA78 & 39、ACTB79 & 39、AB74、前列左から、ACS29、ACS39、AC60、AC72、HA3(テストハンマー)

写真-1 使用した装置(一部)

*1 独立行政法人土木研究所 技術推進本部構造物マネジメント技術チーム 工修 (正会員)

*2 独立行政法人土木研究所 技術推進本部構造物マネジメント技術チーム 工修 (正会員)

*3 日本構造物診断技術協会 研究委員

*4 日本構造物診断技術協会 研究委員 (正会員)

表－１ 使用したテストアンビル

種類	記号	製造者	詳細
従来型	AA80	A	高さ215mm×直径130mm, 質量13.2kg, 公称反発度80
従来型	AF79	F	高さ227mm×直径135mm, 質量14.0kg, 公称反発度79
従来型	AB80	B	高さ231mm×直径146mm, 質量16.9kg, 公称反発度80
従来型	AC80	C	高さ234mm×直径128mm, 質量12.9kg, 公称反発度80
携帯型	AB74	B	高さ238mm×直径88mm, 質量5.8kg, 公称反発度74
携帯型	AC72	C	高さ160mm×直径107mm, 質量5.0kg, 公称反発度72
携帯型	AC60	C	高さ170mm×直径50mm, 質量2.4kg, 公称反発度60
低反発度型	AF40	F	高さ228mm×直径130mm, 質量13.0kg, 公称反発度40
低反発度型	AF41	F	高さ236mm×直径146mm, 質量9.1kg, 公称反発度41
低反発度型	AK30 AK35 AK40 AK45	K	高さ221mm×直径118mm, 質量12.6kg, 公称反発度30～45 ※本実験では, 30, 35, 40, 45の4点で測定した。
低反発度型	ACS39	C	高さ95mm×直径52mm, 質量1.13kg, 公称反発度39
低反発度型	ACS29	C	高さ74mm×直径52mm, 質量0.81kg, 公称反発度29
低反発度型	AC36	C	高さ234mm×直径128mm, 質量12.2kg, 公称反発度36
低反発度型	ACTA78 ACTA39	C	高さ230mm×直径129mm, 質量13.4kg 公称反発度78, 39 ※公称反発度が異なる2つの打撃面を持つ。
低反発度型	ACTB79 ACTB39	C	高さ231mm×直径149mm, 質量17.6kg 公称反発度79, 39 ※公称反発度が異なる2つの打撃面を持つ。

※種類：従来型は、これまで一般的に使用されてきた鋼製のテストアンビルで、その質量は13～17kgである。携帯型は従来型のテストアンビルを軽量化したもので、得られる反発度は60～80程度である。従来型、携帯型はいずれも市販のものであるが、低反発度型はいずれも試作品である。

※製造者：A, B, Cはテストハンマーの製造を行っている企業である。Kは販売の実績はないが、テストハンマー等の試作を行っている国内の企業である。FはAの国内における総代理店であるが、独自のテストアンビルも販売している。

※本報における製造者・整備者名の記号は既報²⁾で使ったものと同一ものを使用した（Kを追加）。

※公称反発度：適切に整備されたテストハンマーで打撃した際に測定される反発度の予測値。各テストアンビルに付属のものをを用いた。

※テストアンビルAA80の公称反発度は、購入当初80であったが、今回の試験後、製造者による検定を受けたところ、その公称反発度は78に変化していた。

※ACTA79, ACTB79は、便宜上、低反発度型アンビルに区分したが、その打撃面周辺の構造は従来型アンビルと同じであり、反発度測定結果も従来型アンビルと同様である。

表－２ 使用したコンクリート製供試体

記号	詳細
con40	W/C＝40%, 150mm×150mm×530mmの供試体を7本作成し, 10日間湿潤養生の後2日間105℃の気中で乾燥させたもの, 打撃回数は21回（3回／本）, 公称反発度40.7
con70	con40と同様に作成したW/C＝70%の供試体 公称反発度31.2
conAA	高さ1300×幅1200×厚さ700mmのブロック状供試体で屋内に約10年間保管されていたもの, コンクリートの配合は不明, 公称反発度45.2
conBB	高さ1350×幅2200×厚さ100～600mmの壁状供試体で屋内に約3年間保管されていたもの, 測定箇所の壁厚は200mmで一定 W/C＝62.5%, 公称反発度41.4
conCC	1500×1500×200mmの版状供試体で屋内に約2年間保管されていたもの, W/C＝50%, 公称反発度42.5

※打撃方向：conAA, conBBは水平方向に、他は鉛直下向きに打撃した。

※コンクリート製供試体の公称反発度は、整備状況良の9本のハンマーで反発度を測定した結果の平均とした（表－3参照）。

表－３ 使用したテストハンマー

記号	整備状況	製造者	整備者	製造年・形式	既往文献での記号
HA1	良	A	F		—
HA2	良	A	F		—
HA3	良	A	F	2001	A01
HK1	良	K	K		—
HK2	良	K	K		—
HB1	良	B	B	2000	A02
HC1	良	C	C		—
HC2	良	C	C		—
HC3	良	C	C	2001	A03
HR1	不明	B	R	不明	R04
HR2	不明	A	R	不明	R05
HZ1	不明	D	G	1987頃	Z03
HZ2	不明	A	H	1977	Z06
HM1	不良	C	—	HC3と同じ	
HM2	不良	C	—	HC3と同じ	

※整備状況：良は製造者らにより整備されたテストハンマー。不明は、製造者以外の企業により整備されたテストハンマー。不良は、HC3の調整ネジを操作し、故意に整備状態を変更したテストハンマーである。

※製造者・整備者：Dは過去にテストハンマーの販売を行っていた企業である。Rはレンタル事業者が自ら整備・点検を行っているものである。GとHは、測定機器の販売や整備等を行う企業である。

※FはAの国内における総代理店なので、Fが整備した装置はAが製造したものと同等の性能を有していると考えられる。また、Kの装置は、Bの装置と共通の部品を多数使用しており、同等の性能を有していると考えられる。

※既報²⁾で使ったハンマーについては、参考のため既報の文中で使用した記号を示した。ただし、今回の実験までの間に整備が行われ、調整状態が異なっている可能性もある。

表－４ アンビル・コンクリートの反発度測定結果

使用した ハンマー	従来型アンビル				携帯型アンビル			低反発度型アンビル		
	AA80	AF79	AB80	AC80	AB74	AC72	AC60	AF40	AF41	AK30
HA1	77.8	80.0	83.1	81.9	78.8	71.3	64.1	38.8	44.8	32.0
HA2	78.5	80.2	84.3	81.7	79.1	76.7	63.8	40.6	41.0	27.0
HA3	76.7	79.2	82.9	79.1	75.1	73.5	61.9	36.0	41.2	31.2
HK1	77.8	79.1	80.0	—	75.0	72.0	60.7	36.1	39.6	32.0
HK2	76.9	78.0	80.9	—	74.6	71.9	61.1	37.2	40.0	32.9
HB1	77.5	79.6	82.0	—	75.6	73.0	62.0	36.5	39.6	31.0
HC1	77.6	79.5	83.9	80.8	77.2	74.5	62.0	36.0	39.1	28.0
HC2	77.6	79.5	83.6	78.9	77.4	75.0	63.0	38.9	42.1	31.0
HC3	81.0	80.5	83.2	79.8	77.6	71.9	63.9	37.6	44.3	32.1
HR1	77.1	78.0	80.2	—	74.2	71.6	60.1	36.6	38.0	29.0
HR2	78.6	80.7	85.7	83.2	80.6	77.3	66.0	39.0	47.3	36.0
HZ1	79.8	79.8	80.2	—	75.1	73.6	61.9	36.4	45.6	32.9
HZ2	76.4	79.9	84.0	—	78.6	76.0	64.3	36.8	44.5	35.9
HM1	77.0	77.4	78.8	75.7	71.3	68.3	60.0	35.3	40.2	27.0
HM2	81.7	81.5	85.5	81.8	79.8	74.5	64.9	39.9	44.8	29.3

使用した ハンマー	低反発度型アンビル									
	AK35	AK40	AK45	ACS39	ACS29	AC36	ACTA78	ACTA39	ACTB79	ACTB39
HA1	37.0	42.0	47.0	40.6	31.9	39.5	80.0	39.7	81.0	39.3
HA2	33.0	37.0	42.0	39.6	27.8	38.0	79.0	38.9	80.6	37.8
HA3	36.6	42.1	46.5	40.7	30.4	36.5	77.0	39.9	78.0	38.1
HK1	37.0	41.3	45.8	37.8	29.9	34.5	74.8	39.9	76.3	37.1
HK2	37.3	43.0	47.0	38.8	28.5	33.5	75.1	39.8	76.5	37.9
HB1	36.0	40.5	45.0	38.5	29.9	35.5	75.9	39.9	77.0	37.4
HC1	33.1	39.0	44.0	40.2	31.1	34.0	79.4	38.7	80.1	38.1
HC2	35.4	42.0	46.7	41.7	30.0	36.5	78.4	39.3	79.8	38.3
HC3	37.2	41.8	47.0	40.7	31.5	35.4	78.8	38.9	80.0	39.0
HR1	33.9	38.4	42.0	36.3	28.6	33.7	74.7	40.1	76.5	38.7
HR2	40.4	45.5	50.4	44.7	35.4	38.9	80.2	42.6	82.1	42.9
HZ1	37.0	42.0	46.4	39.8	30.3	32.4	75.7	38.2	77.9	38.8
HZ2	41.0	45.0	50.4	42.5	33.9	37.1	78.6	40.3	80.1	40.4
HM1	33.7	38.0	42.1	36.8	27.6	33.8	74.3	35.8	74.7	33.7
HM2	35.1	40.8	45.1	41.0	34.3	38.3	81.0	40.0	82.0	39.9

使用した ハンマー	コンクリート				
	con40	con70	conAA	conBB	conCC
HA1	43.0	31.7	45.9	42.8	44.7
HA2	40.9	31.2	43.2	39.4	41.6
HA3	41.0	31.3	46.4	41.2	42.8
HK1	41.1	31.0	46.2	41.8	42.8
HK2	42.0	32.0	46.0	42.3	42.3
HB1	40.8	30.1	46.6	42.0	42.0
HC1	37.4	29.7	44.4	40.4	41.7
HC2	42.4	32.6	44.1	41.2	43.1
HC3	37.4	30.8	44.0	41.2	41.8
HR1	41.4	30.0	46.2	41.9	44.9
HR2	46.5	35.5	51.8	48.0	48.5
HZ1	34.0	28.4	41.8	38.9	38.3
HZ2	42.0	33.5	48.4	44.5	45.5
HM1	38.4	28.9	43.2	39.8	40.5
HM2	42.5	32.6	47.1	42.3	41.7

※ AC80 は、打撃時にハンマーを支えるガイド部分の形状が打撃するハンマーと合わず測定できない場合があった。

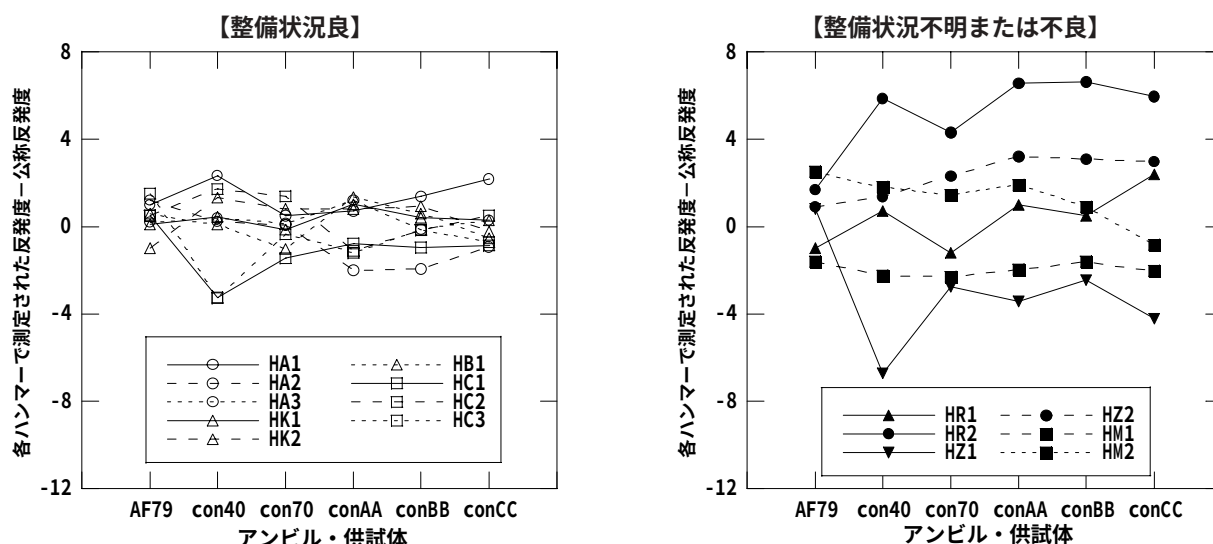
※ conAA～conCCの測定は、気温25～30℃の屋内で行った。

※コンクリート製供試体の測定では、平均から±20%以上離れた反発度の測定結果は棄て、残りの測定結果の平均値を反発度とした。

AK45は、アンビル本体の内圧を油圧シリンダーによって変更することで公称反発度を30～45の範囲で変更することができるものである。

製造者Cによる低反発度型アンビルは、ACS39のように携帯型アンビルをさらに小型化して測定される反発度を低減させたものである。

従来型アンビルとほぼ同じ形状を持つAC36や一つのテストアンビルに測定面が2つあるACTA78 & 39は、ACS39のような低反発度アンビルを従来型アンビルに埋め込んだ構造になっている。製造者Fによる低反発度アンビルの構造は不明であるが、AF40は打撃時に鈍い音がし



図－２ テストハンマーの整備状況による反発度測定結果の違い

た。一方、AF41は従来型アンビルより高い金属音がした。

一方、テストハンマーは15機用意した。このうち9機は各々の製造者等によって適切に整備された装置である。また、4機はリース業や販売店などにより整備されており、整備の方法が適切かどうか不明なものである。その他、筆者らが故意に整備状態を変更したテストハンマーも2機用意した（表－3）。

2.2 反発度の測定

反発度の測定は、テストアンビルあるいはコンクリート製供試体を強固なコンクリート床上に設置し、テストアンビルは10回、コンクリートは18～22回の打撃を行って測定結果の平均をとった。テストハンマーによる打撃は、conAA, conBBを除き、鉛直下向きに行った。打撃方向に応じた測定結果の補正は行わなかった。

2.3 測定時の温度

反発度の測定は、20℃の恒温室内で実施した。ただし、テストアンビルの性能に対する温度の影響を把握するため、5～35℃の温度に調整したテストアンビルを用いた測定も一部行った。この場合には、5～30℃の恒温槽から取り出した直後のテストアンビルと20℃の恒温室に保管しておいたテストハンマーを用いて、20℃の恒温室内で測定した。

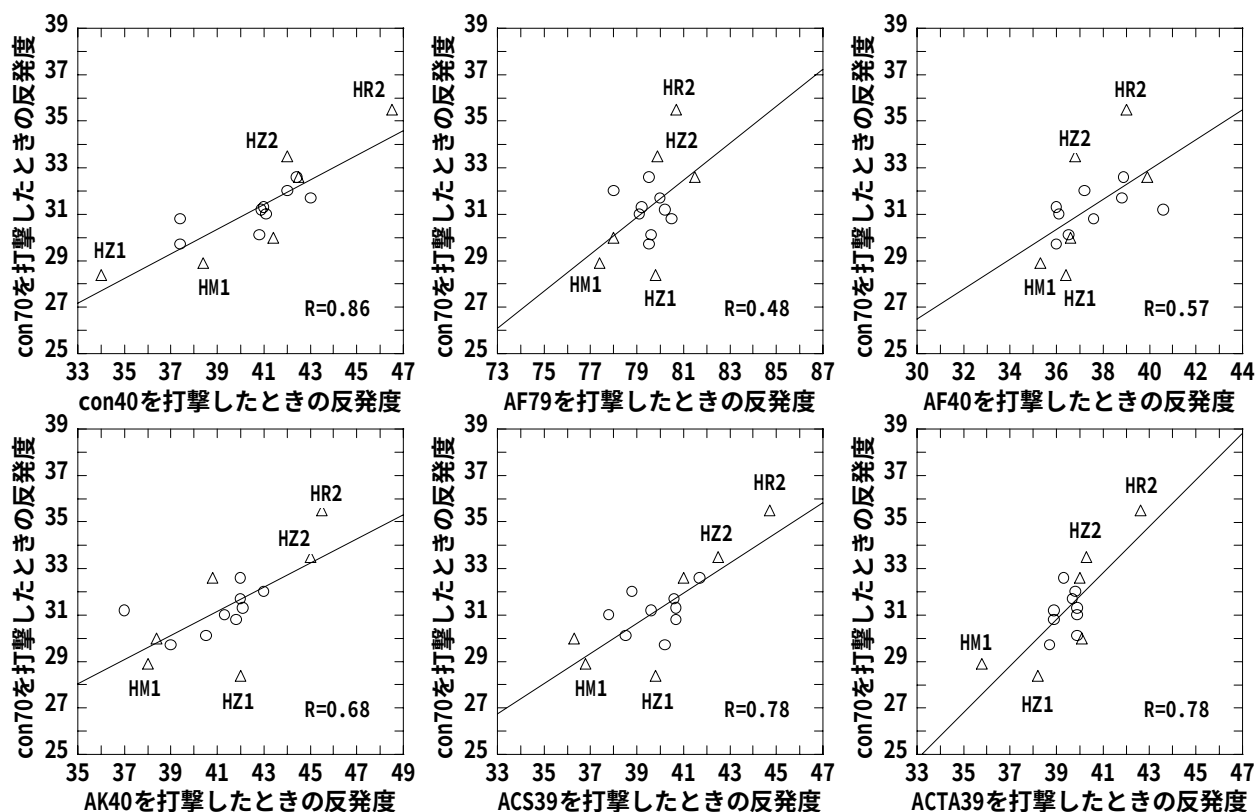
3. 測定結果

3.1 使用したテストハンマーの性能比較

各テストアンビル・コンクリートの反発度測定結果を表－4に示す。また、測定結果の一部を図－2に示す。

図－2左側は、整備状況が良のテストハンマーを9機を用いた場合の測定結果である。得られた反発度は、おおむね公称反発度±2程度の範囲に入っていることがわかる。製造者ごとに測定結果を比較すると、Cが製造したテストハンマーで測定した場合、他の製造者によるテストハンマーを用いた場合よりも反発度が若干小さくなる傾向があった。しかし、反発度の差はおおむね1程度であり、あまり大きくなかった。

図－2右側は、整備状況が不良・または不明のテストハンマー6機を用いた場合の測定結果である。従来型テストアンビルであるAF79の測定結果に着目すると、測定結果は公称反発度±2程度の範囲にあり、整備状況が良の場合と大きくは異ならない。しかし、コンクリートの測定結果に着目すると、HR2, HZ2を使用した場合にはいずれの供試体でも高めの、HZ1, HM1を使用した場合にはいずれの供試体でも低めの反発度が測定されることがわかる。特にHR2や



※○は整備状態が良の、△は整備状態が不明または不良のテストハンマーである。

図－３ テストアンビル・コンクリートの反発度測定結果の比較

表－５ コンクリート製供試体とテストアンビルの測定結果の相関係数

	コンクリート					低反発度型					
	con40	con70	conAA	conBB	conCC	AF40	AF41	AK30	AK40	ACS39	ACS29
con40	1.00	0.86	0.82	0.79	0.84	0.50	0.18	0.33	0.40	0.42	0.41
con70	—	1.00	0.80	0.85	0.79	0.57	0.52	0.60	0.68	0.78	0.69
conAA	—	—	1.00	0.95	0.86	0.17	0.30	0.60	0.62	0.52	0.69
conBB	—	—	—	1.00	0.90	0.24	0.46	0.71	0.73	0.62	0.73
conCC	—	—	—	—	1.00	0.26	0.25	0.52	0.52	0.49	0.54

	低反発度型					携帯型		従来型			
	AC36	ACTA78	ACTA39	ACTB79	ACTB39	AB74	AC72	AC60	AA80	AF79	AK80
con40	0.71	0.36	0.73	0.37	0.49	0.48	0.35	0.46	-0.22	0.19	0.48
con70	0.73	0.59	0.78	0.64	0.74	0.72	0.62	0.74	0.02	0.48	0.72
conAA	0.52	0.32	0.85	0.35	0.67	0.45	0.39	0.47	-0.14	0.28	0.47
conBB	0.54	0.38	0.82	0.43	0.74	0.52	0.40	0.57	-0.09	0.31	0.48
conCC	0.58	0.35	0.78	0.39	0.65	0.48	0.37	0.45	-0.29	0.16	0.44

※ AC80 は、測定に使用したテストハンマーが限られるので、相関係数の算出は行わなかった。

HZ1 を使用した場合の測定結果は、整備状況が良の場合に得られた測定結果とは、大きく異なっている。

この結果から、製造者以外が整備したテストハンマーはその状態が購入当初とは異なっている可能性があること、従来型のテストアンビルを打撃した際の測定結果だけでは、このようなテストハンマーの個体差を適切に評価できない

ことがあらためて確認された。

3.2 各種アンビル・供試体の打撃結果の比較

供試体 con70 を打撃した場合の反発度と他の5種類のアンビル・コンクリートを打撃した場合の測定結果を比較し、図－３に示す。図から、供試体 con70（反発度 30 程度）の測定結果と供試体 con40（反発度 40 程度）の測定結果は相関関係が強く、con70 を打撃したときに比較的高い

反発度が得られるハンマーを使用すると、con40を打撃した場合にも比較的高めの反発度が測定されることがわかる。

同様の傾向は、con70の測定結果と低反発度型アンビルAK40、ACTA39を打撃した場合の測定結果の間にも認められる。従って、これらの低反発度型アンビルを使用することで、テストハンマーの個体差をより適切に評価することができると考えられる。例えば、ACTA39の測定結果をみると、HR2、HM1の二機は他のテストハンマーとその性能が異なることがわかる。また、AK40の測定結果からはHR2、HZ2の二機について他のハンマーとその性能が異なることがわかる。ただし、AK40を打撃した際のHZ1の測定結果は整備状況良のハンマーと同様で、違いを明らかにできないといった場合もある。

他のアンビル・コンクリートを打撃した場合については、図-3のようにして求めた測定結果間の相関係数のみを示す(表-5)。低反発度型アンビルにも、その測定結果がコンクリートの測定結果と比較的相関関係が強いもの(ACTA39など)と、そうでないものがあった。

3.3 温度の影響

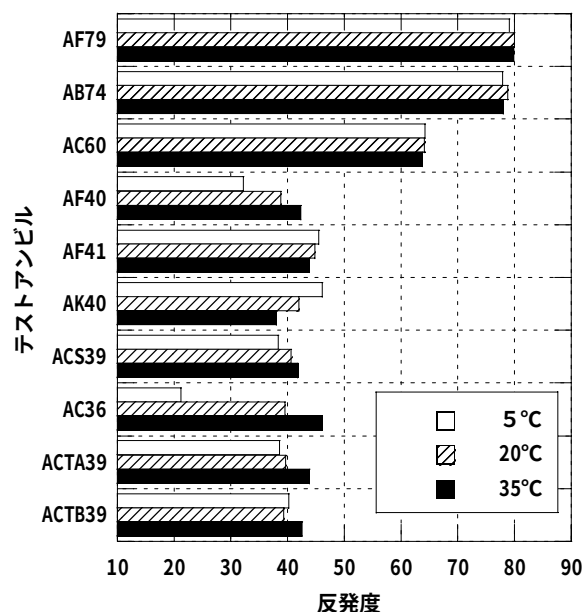
テストアンビルの温度を変化させて反発度を測定した結果を図-4に示す。従来型、携帯型のアンビルがほとんど温度の影響を受けなかったのに対して、低反発度型アンビルは、測定時の温度によって反発度の測定結果が異なっていた。

したがって、今回収集した低反発度型アンビルを点検に用いるためには、使用可能な環境温度の範囲を明確にする必要がある。また、構造物調査の現場で利用できるものとするためには、温度の影響を受けにくい材料・構造とすることが必要である。

4. まとめ

本報の検討から、以下の結果が得られた。

- 1)製造者以外の企業等が整備・点検したテストハンマーは、調整状態が製造時とは異なっ



※図はテストハンマー HA1 を使用した場合であるが、テストハンマー HC1 を用いた場合も同様の傾向が見られた。

図-4 温度によるテストアンビルの性能変化

いる場合もあることが確認された。

- 2)従来型テストアンビルを用いた点検のみでは、測定装置の個体差を十分に明らかにできないことが確認された。
- 3)ACTA39などの低反発度型アンビルの測定結果はコンクリート製供試体の測定結果との相関関係が比較強く、低反発度型アンビルを併用した点検でテストハンマーの個体差をより適切に評価できることが明らかになった。
- 4)一方、本報で検討した低反発度型アンビルを構造物調査の現場で活用するためには、温度の影響を受けにくい材料・構造とすることなど、今後検討すべき課題も明らかになった。なお、この実験は、独立行政法人土木研究所と日本構造物診断技術協会が共同で実施した。

参考文献

- 1) 古賀裕久・河野広隆：テストハンマーによるコンクリート強度の推定調査について，コンクリート工学，Vol.40，No.2，pp.3-7，2002.2
- 2) 古賀裕久ほか：テストハンマーの個体差および較正法に関する調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1617-1622，2002.6