超硬合金球および鋼球圧子について*

吉 沢 武 男**

On Ball Indenters Made of Tungsten Carbide or Steel

by Takeo YOSHIZAWA

Usually steel balls are used as indenters in Brinell hardness test and also in Rockwell hardness test. In Japan, tungsten carbide balls have been recently made in such size that we could use them as indenters in ordinary tests. In the present research, these balls were used to measure the hardness of hard metals and their permanent deformation was observed to determine the maximum hardness number which we could measure with such balls without their permanent deformation, and also the difference between hardness values of the same metals was measured with balls of different materials to determine the new conversion table of hardness. This table was compared with the already issued one such as ASTM table, and then the disagreement between them was discussed.

1. 緒 言

かたさ試験においては、試料に変形を与える道具としてしばしば鋼球を使用する。たとえばブリネルかたさにおいては 10 mm と 5 mm を、ときには 2 mm や 1 mm の鋼球を圧子として使用し、ロックウェルかたさ試験には 1/16 in, 1/8 in, 1/4 in や 1/2 in 鋼球が圧子として用いられる。かかる理由は比較のかたくて形状の正確な鋼球が安価に得やすいためである。しかし、圧子は試験に際して変形の起らぬ剛体であることを理想としているので、現実的には少々弾性変形は避けられないにしても、永久変形は許されないゆえ、永久変形の起らぬ範囲で使用するためにはかたい試料に対しては自ら使用の許されるかたさの限界、すなわち使用限界が定まってくる。もっとも、測定値への影響が無視できる範囲ならば鋼球にたとえ少々永久変形が生じて使用してさしつかえないとの考え方をすれば、かかる場合の使用限界は前者より高くなる。一般に、ブリネルかたさ試験においては鋼球の使用限界は H_B 400~500 以下であって、JIS は H_B 450 以下を、鋼球を用いるブリネルかたさ試験の実施範囲と定めている⁽¹⁾。かかる数値の根拠は後者の考え方によるものである。また、ロックウェルかたさ試験においては 1/16 in 鋼球で $H_R B$ 100 以下のかたさの測定を行うこととなっている⁽²⁾が、これもまた 1/16 in 鋼球の永久変形を考慮して決められたものと聞いている

が、さきの場合と同様に後者の考え方によるものであろう。

以上の使用限界のかたさ、すなわち使用限界かたさを越えるようなかたい試料のかたさ試験を行うには、鋼球の代りにダイヤモンド球や超硬合金球などの使用が考えられる。しかし大寸法のダイヤモンド球は製作が不可能であり、小寸法であっても正確な球径に仕上げることはむずかしい。したがって、国外ではブリネルかたさ試験用として超硬合金球や表面に冷間加工を施した鋼球が既に利用されている⁽³⁾。また、 $H_R B$ 100 を越えるかたさの材料にはダイヤモンドコーンを圧子に選び、C スケールでかたさを測ることになっている。

本実験は、かたさ試験に役立つ超硬合金球が最近わが国で試作されたのを機会に、かたさ試験に使用した超硬合金球の永久変形量と使用限界かたさとを測定し、別にこれと比較のために鋼球を使用した場合についても同様に鋼球の永久変形量と使用限界かたさとを測定し、後者についてはかつて行った同様の試験結果⁽⁴⁾との比較を行った。

更に、永久変形を起した鋼球を引続いてかたさ試験に使用した場合に、かたさの測定値の受ける影響、ならびに球の材質の相違によるかたさ測定値の差異やこれらと試料のビッカースかたさとの関係を検討し、本実験の測定結果に基いたかたさ関係表を作成した。

2. 測定方法

球の変形を測定するためには、かたさの異なる鋼製試料(かたさ基準片)を用意し、供試球の上に交互に

* 昭和 32 年 10 月 29 日 第 1 回材料試験連合講演会において講演、原稿受付 昭和 33 年 2 月 12 日。

** 正員、東京大学工学部(東京都文京区本富士町)。

重ねて垂直方向に荷重を加える。この際試料のある側と反対の側に第1図aのように、あらかじめ同径の他の球で3000 kgを加えてつくったくぼみをもつ軟質の試料($H_V \approx 180$)を下敷として用い、この側における球の永久変形を防いでいる。荷重を30 s保持した後これを除去し、荷重を加えた方向の直径を測り、これと荷重を加える以前の直径との差を求めて供試球の永久変形量とした。ただし試料がやわらかいときには、第1図bのように、ほぼ同じかたさの試料を球の両側にあてて垂直方向に荷重を加え、生じた直径の変化(永久変形量)の1/2をもって供試球の永久変形量とみなした。また図中のセルロイド板は1/8 in および 1/16 in 球にのみ用いた。

荷重を加えるには、3000 kg 以下にはてこ形ブリネルかたさ試験機を、また3000 kg をこえる場合にはアムスラー万能試験機(ひょう量20 t)を使用した。供試球の直径の測定にはミニメータを用いた。荷重を加えた後の直径を測るためには、試験機より取りはずす以前に、供試球に荷重方向の印をつけ、その方向の最小直径を測って永久変形量の計算に用いた。

1/8 in および 1/16 in 球についても同様であるが、10 mm 球に比べて大きさが小さいので取扱いが不便

第1図 供試球に荷重の加え方

a. 鋼 球

b. 超硬合金球の完成品

c. 超硬合金球の中仕上品

第2図 光の干渉法による供試球(10 mm)の表面

第1表 超硬合金球の形状寸法

(JIS による精密測定結果)

製造者	呼 び 径	番 号	直径の寸法差 μ	真球度 μ	表 面
B	1/16 in	1 (完成品)	+3.3	0.4	鏡 面
		2 (")	+3.1	0.4	"
B	1/8 in	1 (")	+4.1	0.5	"
		2 (")	+4.1	0.5	"
A	10 mm	1 (")	+2.0	1.6	黒 色
		2 (")	-3.2	3.2	"
B	10 mm	1 (中仕上)	+27.4	0.3	"
		2 (完成品)	+3.3	0.3	鏡 面
備 考	JIS によれば直径の寸法差の許容値は $\pm 10 \mu$, また真球度の許容値は 1.5μ である。				

なため、第1図の破線で示すように、前もって供試球をセルロイド板にはめ込んではり付けておいた。したがって荷重を加えた方向の印をことさらにつける必要がなかった。

3. 供試球および試料

第1表は本実験に使用した超硬合金球のうちより抜き取ったものの寸法ならびに仕上などを精密に調べた結果*を示す。ただし測定器は SIP のマイクロインジケータで、直径の寸法差(2点測定で数個所の直径の平均値と呼び径との差)および真球度(90°V ブロックを使用した3点測定)はいずれも JIS⁽⁵⁾の測定法による。測定温度は 20°C である。

以上よりB社製 1/16 in 球および 1/8 in 球は表面の仕上も良好で、優秀品であった。A社製 10 mm 球は真球度においては劣るものではあるが、ブリネルかたさ試験用としては十分使用できると考えられる。これに反してB社製 10 mm 球は小径のものと同様に表面は鋼球に劣らぬ良好なもので、少しの割れも あばた も見えない鏡面仕上の超精密級品であると判定された。事実同寸法の鋼球と並べて区別を

肉眼で行うことのできな
いほど類似している。

第2図は超硬合金球と鋼球との表面を光の干渉法で測定した干渉しまの写真である。中仕上のものでは干渉しまはめいりょうではないが、完成品の超硬合金球の真球や表面の仕上程度は鋼球に劣らず良好であることがわかる。

* 日本精工会社の御好意によるもの。

本実験に使用した鋼球については、ことさら寸法や形状の検査を行わなかった。わが国においては、in 寸法の球形圧子どころがり軸受用のものを流用して、特にかたさ試験用としては作られてはいないことや、mm 寸法のものであってもころがり軸受のものから仕上寸法だけを mm 寸法にして作ったものが用いられていることから、この材質、形状、寸法などはころがり軸受のそれと全く同一であると考えられるためであって、製造者が明らかであれば規格をはずれた不良品の混入する心配は全くない。

使用した試料はいずれも炭素鋼（共折鋼）であって、ショアかたさ用のかたさ基準片として製作された国産

第 2 表 測定結果 その 1 (10mm 球の場合)

(注: H_V はビッカースかたさ, vHB はこれより換算した 10 mm, 3000 kg のブリネルかたさ, (超硬) は超硬合金球を, まね (鋼) は鋼球を用いた場合の値

供 試 球		A社製超硬合金球 (※ は B 社製)				鋼 球			
試 料 の か た さ	荷重 t	球の永 久変形 量 mm	H_B	H_V-H_B $\sqrt{H_B-H_B}$	球の永 久変形 量 mm	H_B	H_V-H_B $\sqrt{H_B-H_B}$		
H_V 302 vH_B (超硬) 302 vH_B (鋼) 299	1	0	255		0	212			
	1.5	0	289		0	239			
	2	0	289		0	283			
	3	0	303	-1	0.001	289	13	10	
	4	0	319		0.005	303			
	5	0.001	274		0.010	298			
	6	0.002	301						
7	0.002	299							
H_V 444 vH_B (超硬) 443 vH_B (鋼) 423	1	0			0	277			
	1.5	0			0.003	367			
	2	0			0.006	369			
	3	0	444	0	0.009	415	29	8	
	4	0.001	432		0.013	424			
	5	0.001	418		0.016	424			
	6	0.002	440						
7	0.005	388							
3	※0	444	6	-1					
H_V 478 vH_B (超硬) 470 vH_B (鋼) 451	0.25	0	319		0	319			
	0.5	0	398		0	319			
	1	0	455		0.002	398			
	1.5	0	434		0.006	416			
	2	0.001	455		0.009	439			
	3	0.002	477	1	-7	0.012	444	34	7
	4	0.002	463		0.018	454			
5	0.005	475		0.023	483				
6	0.008	496							
7	0.011	495							
3	※0.001	475	3	-5					
H_V 744 vH_B (超硬) 676 vH_B (鋼) 619	0.25	0	532		0	319			
	0.5	0	529		0	389			
	1	0	578		0.006	531			
	1.5	0.001	637		0.016	531			
	2	0.003	670		0.026	579			
	3	0.006	681	63	-5	0.041	616	128	3
	4	0.009	723						
5	0.011	709							
6	0.013	750							
7	0.017	718							
H_V 948 vH_B (超硬) 796 vH_B (鋼) 659	0.25	0	570		0	—			
	0.5	0	637		0	—			
	1	0.003	796		0.014	—			
	1.5	0.006	734		0.017	735			
	2	0.008	796		0.035	637			
	3	0.014	796	152	0	0.075	659	289	0
	4	0.018	821						
5	0.023	845							
3	※0.007	796	152	0					

品である。

4. 10 mm 球についての測定結果

測定は 3 回に区切られて行われた。第 2 表は荷重を広範囲 (250~7 000 kg) に変更した第 1 回の測定結果である。この際、永久変形を起した球は常に更新された。測定値は各試料ともただ 1 回の測定結果である。第 3 表に示す第 2 回の測定においては、永久変形の有無にかかわらず各試料とも同一球で 3 回あて荷重 3 000 kg のくぼみをつくり、永久変形を起した球を引続いて使用する場合の変化を測定した。ただし試料

第 3 表 測定結果 その 2 (10 mm 球の場合)

供 試 球	試料のビッカースかたさ	試料の換算ブリネルかたさ	H_B (10/3 000) の測定値と平均値	H_V-H_B	$vHB-H_B$
B 社 10mm 超硬合金球	H_V 199	vHB 199	194 194 194	5	5
	305	305	297 297 297	8	8
	487	478	470, 467 470, 467 470	18	9
	612	579	574 574	38	5
10mm 鋼球	199	199	193 194 194	5	5
	424	406	417, 420 406 417	11	-7
	487	458	460, 465 460, 460 458	27	-2
	610	543	541, 538 541 541	70	3

第 4 表 測定結果 その 3 (10 mm 球の場合)

供 試 球	試料のビッカースかたさ	試料の換算ブリネルかたさ	球の永久変形量の測定値と平均値 mm	H_B (10/3 000) の測定値と平均値	H_V-H_B	$vHB-H_B$
B 社製 10 mm 超硬合金球	H_V 177	vHB 177	0 0 0	179 179 179	-2	-2
	308	308	0 0 0	304 305 304	4	4
	430	429	0 0 0	428 429 428	2	1
	542	523	0.001 0.001 0.001	519 515 524	23	4
	610	578	0.003 0.003 0.004	575 572 570	38	6
	177	177	0 0 0	181 181 181	-4	-4
10 mm 鋼球	308	305	0.001 0.001 0.001	303 303 304	5	2
	430	412	0.007 0.008 0.008	417 421 420	11	7
	542	499	0.015 0.015 0.016	501 501 500	41	-2
	610	543	0.019 0.020 0.020	540 539 536	72	5

をかえたときには球を更新した。第4表に示す第3回の測定においては荷重 3000 kg に対する使用限界かたさを再測定するために球の永久変形量を測定した。

第2表より第4表まで表中の H_V は試料のビッカースかたさを, H_B (10/3000) は荷重 3000 kg, 直径 10 mm におけるブリネルかたさを示す。また vH_B は試料のビッカースかたさを後に示す(第5表)かたさ関係表によって換算したブリネルかたさである。

以上の測定結果中, H_V と H_B (10/3000) および超硬合金球と鋼球とによる H_B (10/3000) 間の関係を図示すれば第3図のとおり。なお比較のために, ASTM, ASE, ASM が連合して決めているかたさ関係表の値を併示した。

まず H_V と H_B とでも, H_B (超硬合金) と H_B (鋼球) とでも ASTM などのかたさ関係表と全くは一致していないことが目立っている。すなわち, 前

第3図 かたさ関係の測定結果

第4図 超硬合金球の永久変形量

第5表 本実験による H_V と H_B (10/3000) との関係

H_V	H_B (超硬合金球)	H_B (鋼球)	第2項と第3項との差	H_V	H_B (超硬合金球)	H_B (鋼球)	第2項と第3項との差
275	275	275	0	550	530	505	25
300	300	298	2	575	551	522	29
325	325	321	4	600	570	537	33
350	350	342	8	650	608	568	40
375	375	364	11	700	645	597	48
400	400	385	15	750	680	622	58
425	425	407	18	800	710	640	70
450	448	429	19	850	742	656	86
475	468	448	20	900	768	658	110
500	488	467	21	950	797	659	138
525	509	486	23				

者は, 鋼球の場合およそ 480 以上においてよく一致し, また超硬合金球の場合およそ 600 以上において類似の値となる以外(すなわち, それぞれ 480 と 600 以下)は相違が著しい。特に ASTM などのかたさ関係表が低いかたさ範囲においても $H_V > H_B$ (10/3000) であるにもかかわらず, 本実験結果においては鋼球の場合およそ 300 以下では, また超硬合金球の場合およそ 430 以下では $H_V = H_B$ (10/3000) とみなすことができる。しかも, これらの数値がともにそれぞれの球の使用限界かたさ(永久変形を許さない場合)に類似することは後に示す(第6表)と対照して了解できる。

したがって H_B (超硬合金球) と H_B (鋼球) との不一致も当然のことであって, ASTM などのかたさ関係表ではおよそ 450 までは等しく*, 450 以上では両者の差が直線的に増加しているにもかかわらず, 本実験結果では 300 を越えるとその差が曲線に沿って次第に増加する傾向を示している。

第5表は以上の関係曲線より新たに作成したところの H_B (超硬合金球), H_B (鋼球) ならびに H_V 間のかたさ関係表である。第2表ないし第4表の vH_B はこの新提案の関係表によった換算ブリネルかたさである。したがって表中の $vH_B - H_B$ (10/3000) の値はこの関係表の近似の程度, すなわち信頼性の程度を示すものといえよう。またこの値はかたさの高低にかかわらずほぼ一様で +12 ~ -7 の間にあり, その絶対値の平均値は $vH_B - H_B$ (超硬合金球) ではおよそ 4, $vH_B - H_B$ (鋼球) ではおよそ 5 である。

第4図および第5図は第2表の測定結果を示す。すなわち第4図は超硬合金球の永久変形量と荷重との関係を示す。いずれの試料においても両者の関係はほぼ直線的である。この事実は第5図の鋼球においても同

* DIN 50105 かたさ関係表によれば鋼球の場合, 350 以下で $H_V = H_B$ となっている。

様であって、これらより球の永久変形なしにまたは 0.0025 mm の永久変形を認めたときに使用できる荷重の大きさがわかる。更に球の永久変形なしにまたは 0.0025 mm 以下の永久変形で測定可能なブリネルかたさもわかるので、いわゆる球の使用限界かたさと荷重との関係曲線を描くことができる。第 6 図はかかる曲線を示す。特に荷重 3000 kg における（使用限界かたさは、球の永久変形を許さぬ場合超硬合金球ではおよそ $H_V 470$ 、鋼球ではおよそ $H_V 290$ 、また 0.0025 mm の永久変形を許すならばそれぞれおよそ $H_V 540$

第 5 図 鋼球の永久変形量

第 6 図 使用限界かたさ曲線

第 7 図 球形圧子の永久変形量
(荷重 3000 kg の場合)第 6 表 球の使用限界かたさ (10 mm 球の場合)

供 試 球	永久変形を許さない場合	0.0025 mm の永久変形を許す場合
超硬合金球 (第 2 表より)	$H_V 470$	$H_V 540$
超硬合金球 (第 4 表より)	$H_V 460$	$H_V 550$
鋼球 (第 2 表より)	$H_V 290$	$H_V 310$
鋼球 (第 4 表より)	$H_V 300$	$H_V 340$
13/32 in 鋼球 (かつて行った実験(4))	$H_V 350$	$H_V 400$

と $H_V 310$ となる。これら鋼球に関する結果はいずれもかつて求めた値との間に相当のひらきのあることがわかる (第 6 表参照)。これは球径の相違、すなわち 10 mm と $13/32\text{ in}$ (10.3 mm) との相違によるものともいおう考えられるが、これを再確認するために第 4 表に示すように、特定の荷重 3000 kg について再測定を行った。

第 7 図は第 2 表および第 4 表に示すところの荷重 3000 kg での供試球の永久変形量と試料のかたさとの関係を示す。これより一定荷重下における両者の関係がほぼ直線関係にあって、球の永久変形を許さない場合の使用限界かたさは、超硬合金球の場合がおよそ $H_V 460$ 、鋼球の場合がおよそ $H_V 300$ であることがわかる。永久変形量 0.0025 mm を許す場合にはそれぞれ $H_V 540$ と $H_V 340$ となる。

第 6 表はかつて測定した $13/32\text{ in}$ 鋼球についての使用限界かたさも加えて併示したところの超硬合金球、ならびに鋼球の使用限界かたさの測定値一覧表である。同種、同寸法の球に関する使用限界かたさの値は概略一致を示している。

第 8 図と第 9 図は第 2 表に示す測定結果で描いた荷重 (対数) と くぼみ の直径 (対数) との関係を示す。前者の超硬合金球においても、また後者の鋼球におい

第 8 図 超硬合金球による荷重とくぼみとの関係

ても球に永久変形が生ずると否にかかわらず両者の間にはマイヤー氏によって示された実験式⁽⁶⁾ $P=ad^n$ の成立することがわかる。ここに P は荷重, d はくぼみの直径を示し, a と n とは定数である。本実験の測定結果によれば, かかる場合の n の値は H_v 500 以下と以上とでは異なり, 超硬合金球では, それぞれ $n=2.0 \sim 2.2$ と $2.2 \sim 2.4$ とである。また鋼球では, それぞれ $n=2.1$ と $n=2.3$ となる。

第10図および第11図はブリネルかたさと荷重との関係を示す。超硬合金球の場合も鋼球の場合もともに, 荷重の小さい範囲では荷重の増加とともにかたさの数値は増し, 荷重の大きい範囲ではごくゆるやかな増加を示すか, または(やわらかい試料では)荷重に

第9図 鋼球による荷重とくぼみとの関係

第10図 超硬合金球による荷重とブリネルかたさとの関係

第11図 鋼球による荷重とブリネルかたさとの関係

第7表 測定結果 その4 (1/16 in 球の場合)

試料のかたさ		H_v 302		H_v 432		H_v 478		H_v 610	H_v 723
供試球	球の永久変形量 mm	超硬合金球	鋼球	超硬合金球	鋼球	超硬合金球	鋼球	超硬合金球	超硬合金球
荷重 kg	50	0	0	0	0	0	0	0	0
	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	150	0	0	0	0.002	0	0.005	0.002	0.004
	200	0	0.002	0	0.006	0.002	0.010	0.005	0.007
	250	—	0.006	—	—	0.005	—	—	—

第8表 測定結果 その5 (1/8 in 球の場合)

試料のかたさ		H_v 302		H_v 478		H_v 610	H_v 723
供試球	球の永久変形量 mm	超硬合金球	鋼球	超硬合金球	鋼球	超硬合金球	超硬合金球
荷重 kg	100	0	0	0	0	0	0
	200	0	0	0	0.002	0	0.002
	300	—	—	—	0.006	—	0.007

無関係にほぼ一定となる。

かつて行った実験⁽⁴⁾においては, 既に永久変形を起している球形圧子による測定値の変化を知るために, 鋼球に永久変形の起るようなかたい試料において, 同一球を繰返して使用した結果, 荷重方向の球径は最初の使用で著しく変化し, 第2回以後にはわずかに減少するが, かたさの測定値はほぼ一定と考えられ目立った変化が認められなかった。本実験においても, 第3表と第4表の測定結果から了解できるように, 鋼球はもちろんのこと超硬合金球においてもほぼ同様で, 3~5回の繰返し使用ではかたさの測定値や初回後の球径には目立った変化はない。

5. 小径球についての測定結果

供試球の数が少いために, 十分な内容をもつ結果は得られなかったが, 1/16 in ならびに 1/8 in の超硬合金球および鋼球についての永久変形量の測定結果は第7表および第8表のとおり。これらを図示したものは第12図と第13図とである。いずれの試料においても, 10 mm 球の場合と同様に永久変形量と荷重との関係は直線で示

第12図 1/16 in 球の永久変形量

第 13 図 1/8 in 球の永久変形量

第 14 図 1/16 in 球の使用限界かたさ曲線
(永久変形を許さぬ場合)

されるので、永久変形を許さない場合についても、またある永久変形量を許す場合についても、使用限界かたさを求めることができる(第 14 図)。第 9 表は永久変形を許さない場合の値を示す。ただし 1/8 in については測定値が少いために、その値は概略を示すにすぎない。

6. 結 論

i) 国産 10 mm 鋼球の使用限界かたさは、永久変形を許さない場合でも、0.0025 mm の永久変形を許した場合でも、国産 10 mm 超硬合金球のそれよりピッカースかたさで概略 200 ほど低い。すなわち永久変形の起らない範囲で球形圧子を使用するためには、鋼球で測定できるブリネルかたさは 10 mm, 3 000 kg の条件下でおよそ 300 以下となり、これ以上には超硬合金球を使用すべきで、後者ではおよそ 480 までとなる。しかし、一般に鋼球使用範囲は H_B 450 以下と定められている。これはたとえ球に永久変形が起っても測定値に明らかな影響が認められなければ使用してもよいという考え方に基くものである。したがって超硬

第 9 表 1/16 in および 1/8 in 球の使用限界かたさ
(永久変形の許さぬ場合)

荷 重 kg	1/8 in 鋼球	1/16 in 鋼球	1/8 in 超硬合金球	1/16 in 超硬合金球
60	—	H_V 650	—	H_V 900
100	H_V 480	H_V 480	H_V 720	H_V 660
150	—	H_V 350	—	H_V 500

備考 上記の値は大略の値である。あるかたさ関係表によれば H_V 363 は H_B 112.5 に該当する

合金球についてもこのような考え方を当てはめれば、おおざっぱに $470+200=670$ となり、従来の文献の記載されている H_B 600~800 までという報告はいちおう妥当と思われる。

ii) 超硬合金球は価額が鋼球に比べて著しく高い。しかし、ブリネルかたさ球形圧子はやわらかい試料に使用する限りほとんど消耗せず、したがって圧子に超硬合金球を用いてもそれほどの負担とはならない。またかたい試料の場合には超硬合金球を必要とするゆえ、試料の硬軟にかかわらず、ブリネルかたさの測定には常に超硬合金球を使用することがよい。超硬合金球の形状、寸法、仕上が鋼球に劣らない良好品の得られる今日わずかな負担の増加のために、超硬合金球の使用をためらうべきではない。

iii) 鋼球で測った H_B (10/3 000) はおよそ H_V 300 以下で、 H_V と概略一致している。また超硬合金球で測れば一致の範囲はおよそ H_V 470 以下となる。これよりかたい範囲では試料がかたくなるに伴って H_V と H_B との差は増大する。かかる結果と ASTM などのかたさ関係表のそれとはかたくなにはない範囲で目立った相違を示している。これは測定法に原因するものであって、使用した試験機、ことにピッカースかたさ試験機のくせの相違や用いた試料などに基因するものと思われる。後者の場合試料の試験面が仕上の際に不注意にも加工硬化を受け、浅い くぼみ で測定されるピッカースかたさの測定に不適当になっていると、 H_V と H_B とが当然一致する場合であっても、かかる加工硬化層の影響を受けて H_V の見掛けの値は高くなり H_V は H_B より大となる。しかも、かかる傾向は ASTM などのかたさ関係の傾向と合致している。ことに ASTM などの関係表は十数年以前に定められたものゆえ、現在ほど細い注意が払われなかったことも考えられるので、かかる考え方は前記の相違を説明するのに役立つ。ことに H_B (10/3 000) と H_V との不一致になる点が超硬合金球の場合でも、鋼球の場合でもそれぞれの使用限界かたさとほぼ合致していることは、球の永久変形もこの不一致に大きな役割を演じているであろうとの見方に符号するものであるから、本実験結果による H_V と H_B との関係の妥当性を裏付けるものと考えられる。

iv) 超硬合金球で測定した H_B と鋼球で測定した値とはおよそ H_B (10/3 000) 300 以下でほぼ一致しているが、鋼球の使用限界かたさである H_B (10/3 000) 300 をこえると相違が生じ H_B (鋼球) は H_B (超硬合金球) より小さくなり、試料のかたさが増すに伴いその差は増大する。これは明らかに鋼球の変形による

ものであって、結果からみるとその弾性変形よりは塑性変形の方が主たる原因と考えられる。前項からみて当然のことながら、ASTM などのかたさ関係表の傾向とは相違している。後者の H_B (超硬合金球) - H_B (鋼球) と H_V との曲線で、折曲った直線的傾向を示しているが、測定結果を大胆に近似的に取扱ったものとも考えられ、むしろなめらかにわん曲した曲線的傾向になるのが妥当であろう。別に測定が精密に行われるほど測定値間のわずかの差異も検出されるのであるから、一致の範囲が狭く確認される(本実験結果ではおよそ H_V 300 以下、ASTM などではおよそ H_V 450 以下) という事実も前記の考え方を妥当とする一つの理由といえよう。

v) 球に永久変形が生ずるようなブリネルかたさの測定に、同一球を繰返して使用した場合についてさきに求めた実験結果⁽⁴⁾は、本実験に用いた 10 mm 球にはもちろんのこと 10 mm 超硬合金球にも当てはまると考えられるゆえ、10 回程度の繰返し使用ではたとえ球径にわずかな永久変形の進行が認められても、かたさの測定結果には明らかな相違は認められないであ

ろう。したがって少くとも数十回程度の使用ならば、同一試料より同一数値のブリネルかたさが測定されるものと考えてよい。これと同様に 1/16 in 球で $H_R B$ 100 はもちろんのこと $H_R B$ 110 程度のものを測定してもわずかな使用回数では、たとえ鋼球であっても永久変形の生ずる心配はない。ただし数多く繰返し使用を行っても微小変形の累積が起らないかどうかは別に調査を必要とする。

vi) 高温にさらされても、鋼球より著しく軟化し難い超硬合金球は、高温かたさ試験用圧子として適当である。

あとがき 本実験に超硬合金球の提供をいただいた住友電気工業会社ならびに測定に協力された依田彦三郎君に謝意を表します。

文 献

- (1) JIS Z 2244.
- (2) JIS Z 2245.
- (3) たとえば ASTM E 48-47.
- (4) 吉沢, 機械学会誌, **53**, 380 (昭 25-9), 372.
- (5) JIS B 1501.
- (6) E. Meyer, VDI-Z, **52**, 17 (1908-4), 645.
- (7) たとえば (4) の第 2 表.

621.874.016

箱 形 げ た に 関 す る 実 験*

種 田 元 治**

Experiment on Box Type Girders

by Motoharu TANEDA

For the purpose of researching the strength and the rigidity etc. of box type girders used for overhead travelling cranes, full-sized model experiments were conducted. Two model girders were used. The top deck and two web plates of one model (girder 2) were reinforced by longitudinal stiffeners, while those of the other (girder 1) were not. Load was applied on the top of the inner web plate at the center of the span of the each girder, which was supported at its ends.

Results are as follows:

- (1) The stress distributions on the plate surfaces were generally irregular, while deflections, buckling loads, failure loads of girders and shapes of plates after failures were coincident with their calculated values.
- (2) The effects of longitudinal stiffeners on the strength of girder 2 appeared clearly.
- (3) The torsion produced by the eccentric load had not remarkably bad effect upon the box type girders used for the present experiment.

* 昭和 32 年 4 月 2 日 第 34 期通常総会講演会において講演, 原稿受付 昭和 33 年 1 月 11 日.

** 正員, 日立製作所亀有工場 (東京都足立区大谷田町 927).

1. 緒 言

主げたが箱形げたで補げたのいいわる箱形げ