

6. 探触子調査試験

6. 探触子調査試験

6.1 概要

6.1.1 試験の目的

探触子の仕様ときず検出性能の関係を把握するため、第1回回送試験の供試体で探傷試験を実施した。主な検討項目および比較内容は以下のとおりである。

1) 周波数・屈折角・振動子寸法の違いによる探傷性能の比較

周波数：2MHz, 3MHz, 5MHz

屈折角：70°, 65°

振動子寸法：10mm×10mm, 14mm×14mm

2) 周波数帯域による探傷性能の比較

狭帯域, 中帯域

3) コンポジット型探触子の探傷性能

屈折角 3MHz の探触子において、通常の PZT 探触子とコンポジット型探触子との比較を行う。

6.1.2 使用探触子

1) 探触子の仕様

本試験にて使用した 15 種類の探触子の仕様を表-6.1.1 に示す。このうち、コンポジット型探触子の帯域については、中帯域と表現しているが、後述する周波数分析結果に見られるとおり、実際には広帯域に近いものである。

表-6.1.1 探触子の種類

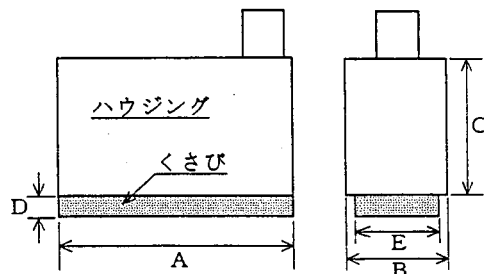
屈折角		70°				65°			
		10×10		14×14		10×10		14×14	
振動子寸法 (mm)		10×10		14×14		10×10		14×14	
帯域		狭	中	狭	中	狭	中	狭	中
周波数	2 MHz	—	—	○	○	—	—	○	○
	3 MHz	○	—	○	○	○	○	○	○
	5 MHz	○	—	—	—	○	—	—	—
	コンポジット型 3 MHz	—	—	—	○	—	—	—	○

2) 探触子の寸法

各探触子の寸法を表-6.1.2に示す。

表-6.1.2 探触子の寸法

探触子 No.	探触子の種類 (帯域幅)	製造番号	寸法 (mm)				
			A	B	C	D	E
No. 1	2MHz14×14A70(狭)	JS3775	35.0	18.0	20.0	3.0	16.3
No. 2	2MHz14×14A70(中)	JS3776	35.0	18.0	20.0	3.0	16.3
No. 3	2MHz14×14A65(狭)	JS3774	35.0	18.0	20.0	3.0	16.3
No. 4	2MHz14×14A65(中)	KGK11082	35.9	18.0	27.0	3.0	15.8
No. 5	3MHz10×10A70(狭)	JS3589	25.0	13.9	18.0	3.0	12.0
No. 6	3MHz14×14A70(狭)	JS3585	36.0	18.0	23.0	3.1	15.9
No. 7	3MHz14×14A70(中)	JS3586	36.0	18.0	23.0	3.1	16.0
No. 8	3MHz10×10A65(狭)	JS3587	25.0	14.0	18.0	3.1	12.0
No. 9	3MHz10×10A65(中)	JS3588	25.0	14.0	18.1	3.0	11.9
No.10	3MHz14×14A65(狭)	JS3583	36.0	18.0	23.0	3.1	15.9
No.11	3MHz14×14A65(中)	JS3584	36.0	18.0	23.0	3.1	15.9
No.12	5MHz10×10A70(狭)	KGK13342	25.0	14.0	19.5	2.8	12.0
No.13	5MHz10×10A65(狭)	JS2983	25.4	14.0	23.0	3.0	12.0
No.14	コンボ・ジレット3MHz14×4A70(中)	XA7422	35.1	18.0	23.3	3.1	16.0
No.15	コンボ・ジレット3MHz14×4A65(中)	JS3815	35.0	18.0	20.0	3.0	16.6

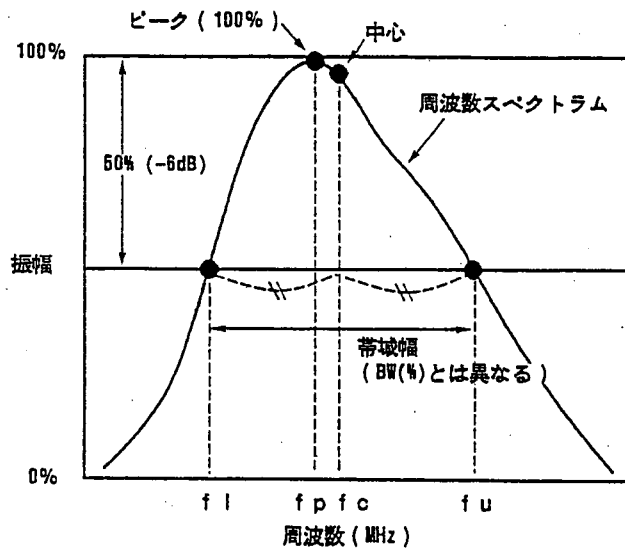
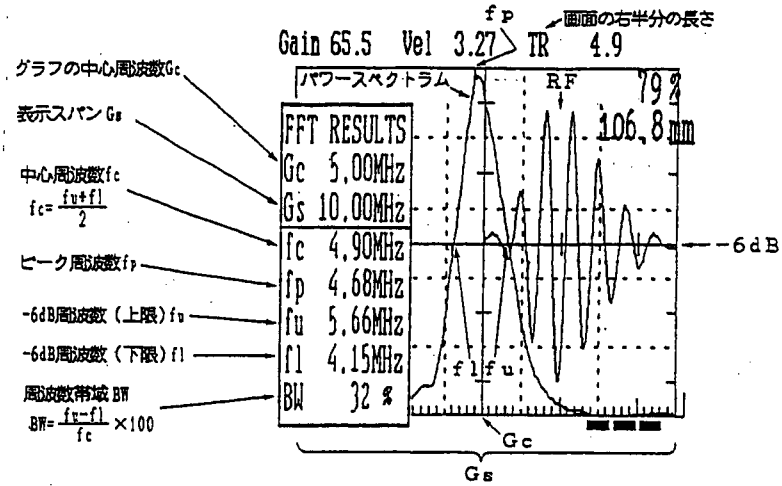


3) 探触子の周波数分析

試験に供する探触子 15 個に対して、周波数分析を行った。分析に用いた機器は下記のとおりである。

- ・ 装置 UI-21
- ・ 受信帯域 WIDE band
- ・ 反射源 STB-A1 100R

分析結果の凡例を、図-6.1.1に示す。また、各探触子の分析結果を図-6.1.2に示す。



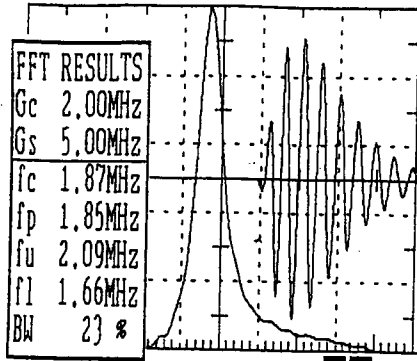
周波数スペクトラムと主な記号の概念

図-6.1.1 探触子の周波数分析結果の凡例

Probe-1

2MHz14x14A70(狭) JS3775

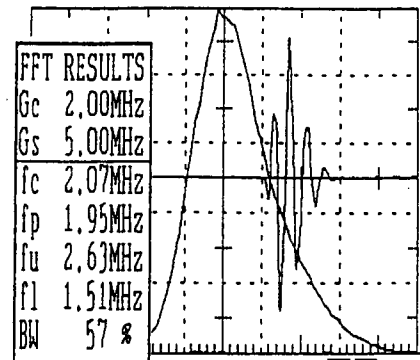
Gain 32.0 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-2

2MHz14x14A70(中) JS3776

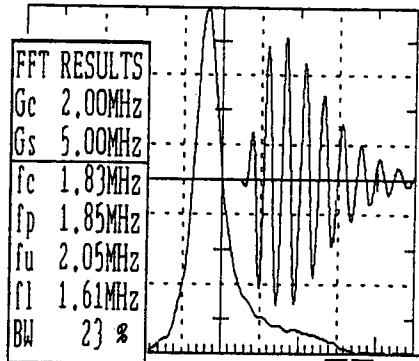
Gain 52.0 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-3

2MHz14x14A65(狭) JS3774

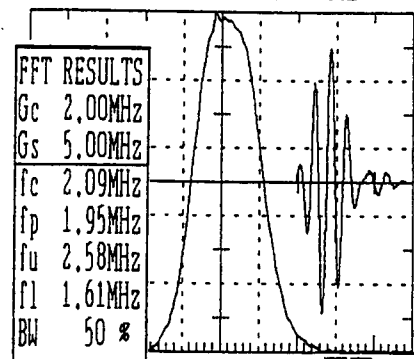
Gain 30.0 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-4

2MHz14x14A65(中) KGK11082

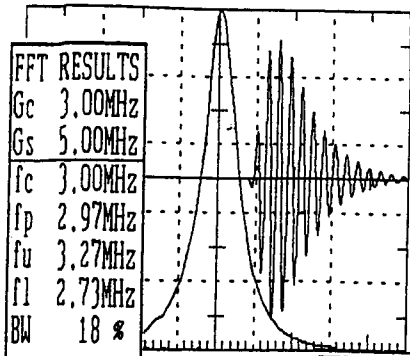
Gain 34.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-5

3MHz10x10A70(狭) JS3589

Gain 30.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-6

3MHz14x14A70(狭) JS3585

Gain 24.5 Vel 3.23 TR 9.2

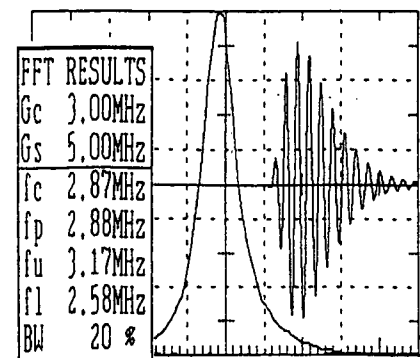
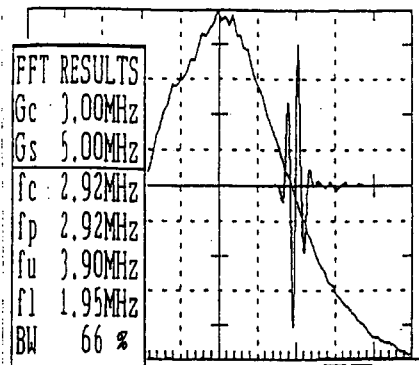


図-6.1.2 各探触子の周波数分析結果 (その1)

Probe-7

3MHz14X14A70(中) JS3586

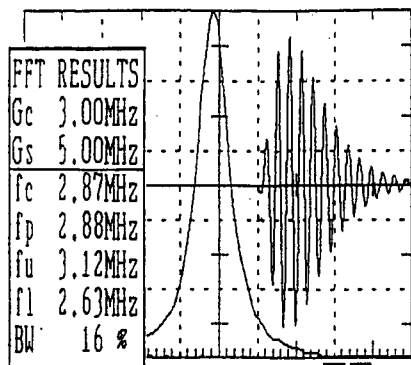
Gain 50.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-8

3MHz10X10A65(狭) JS3587

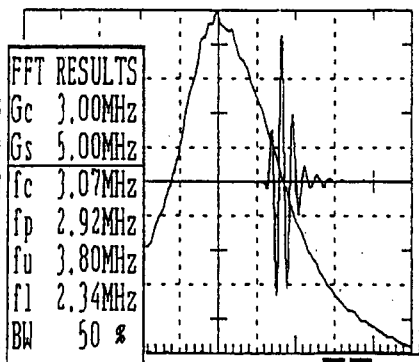
Gain 31.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-9

3MHz10X10A65(中) JS3588

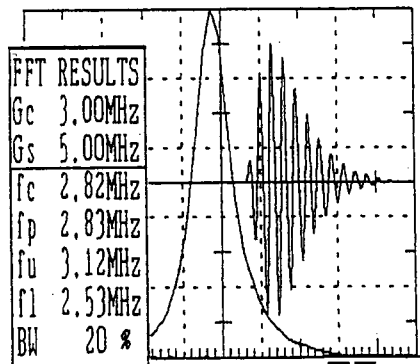
Gain 42.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-10

3MHz14X14A65(狭) JS3583

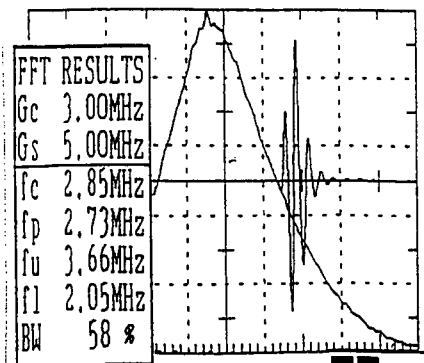
Gain 24.0 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-11

3MHz14X14A65(中) JS3584

Gain 38.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-12

5MHz10X10A70(狭) KGK13342

Gain 29.5 Vel 3.23 TR 9.2

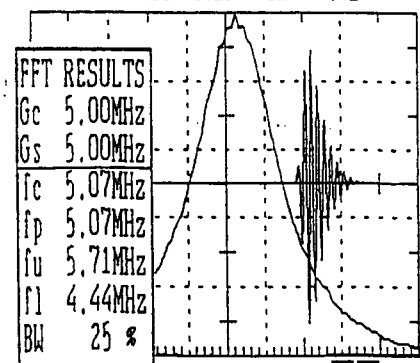
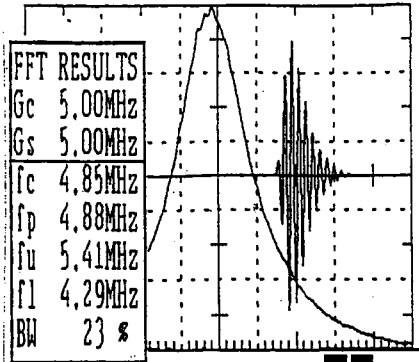


図-6.1.2 各探触子の周波数分析結果 (その2)

Probe-13

5MHz10X10A65(狭) JS2983

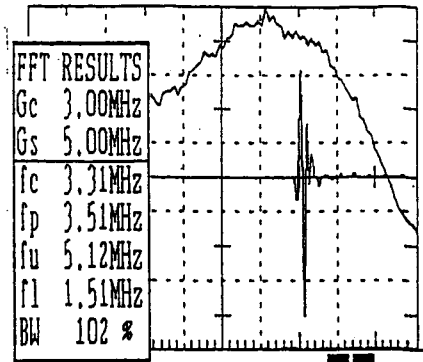
Gain 33.5 Vel 3.23 TR 9.2



Probe-14

コンボシット3MHz14X14A70(中) XA7422

Gain 23.0 Vel 3.23 TR 12.8



Probe-15

コンボシット3MHz14X14A65(中) JS3815

Gain 22.0 Vel 3.23 TR 9.2

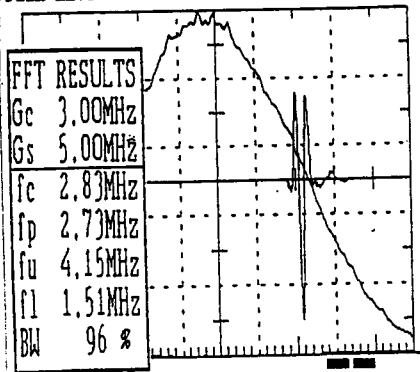


図-6.1.2 各探触子の周波数分析結果 (その3)

6.2 試験実施要領

試験は、基本的に第1回回送試験と同様の要領にて実施した。参加会社はそれぞれ原則として全15種類の探触子を用いて1試験体（801試験体または1001試験体）を2.5日間(19.5時間)で探傷した。ただし、探傷ケース②および⑦では、探傷時間を延長して401試験体および601試験体の試験も実施した。

探傷感度の設定は第1回回送試験と同様とし、検出レベルはL/2線に統一した。また、走査ピッチは溶接線方向・溶接線直角方向とも1mmとした。

探傷面の選択は、基本的に401試験体、601試験体、および801試験体ではテーパーの無い3面とし、1001試験体では4面全てとした。表-6.1.3に各探傷ケースにおいて探傷を実施した試験体および探傷面の組み合わせを示す。なお、探触子No.2においては、感度が低すぎて探傷ができないケースが多く発生した。

表-6.1.3 探傷を実施した試験体および探傷面

試験体	探傷ケース注)	ゲート内エコー収録方式	2MHz				3MHz						5MHz		コンボ3MHz			
			70°		65°		70°			65°			70°	65°	70°	65°		
			14*14				10*10	14*14		10*10		14*14		10*10		14*14		
			狭	中	狭	中	狭	狭	中	狭	中	狭	中	狭	狭	中	中	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
401	②	全エコー	A C D	-	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D
	⑦	全エコー	-	-	-	-	-	4面	4面	-	-	4面	4面	-	-	-	-	-
601	②	全エコー	A C D	-	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D	A C D
801	①	全エコー	A B C	-	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
	③	1エコー	A B C	-	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
	⑫	1エコー	A B C	-	-	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	-	A B C	A B C	-	-	A B C	A B C	A B C
1001	②	全エコー	4面	-	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面
	⑦	全エコー	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面
	⑩	2エコー	A B	-	A B	A B	-	A B	-	A B	-	-	-	A B	-	A B	A B	A B
	⑮	1エコー	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面	4面

凡例	A, B, C, D	探傷を実施した面。
	4面	A~Dの4面全てを探傷したもの。
	-	探傷していないもの。

注) 探傷ケースの名称は、第1回回送試験に準じる。

6.3 きずの検出と見逃しの評価

試験では、表-6.1.3に示したとおり4つの試験体に対して合計10ケースの探傷結果が得られているが、このうち探傷を実施した探触子種類の少ないケースを除外して、下記の7ケースを採用し、それぞれの探触子毎に検出個数率を調べた。

- a) 401 試験体 . . . 探傷ケース②
- b) 601 試験体 . . . 探傷ケース②
- c) 801 試験体 . . . 探傷ケース①, ③
- d) 1001 試験体 . . . 探傷ケース②, ⑦, ⑮

評価対象としたきずは長さ $t/6\text{mm}$ 以上の単独きずとした。試験体別のきず個数は次のとおりである。
 401 試験体：12 個，601 試験体：11 個，801 試験体：9 個，1001 試験体：4 個，計 36 個。

AUT 指示については、長さのしきいは設けず、提出された 1mm 以上の全ての指示を評価対象とした。また、回送試験同様、複数の探傷面からの探傷結果を統合したデータは用いず、各探傷面毎の探傷結果を用いて評価を行った。なお、探触子 No.2 は感度が若干低く探傷結果が少ないため、評価の対象外とした。

(1) 探傷ケース平均の探触子別検出個数率

上記7探傷ケース平均の検出個数率を、探触子毎に整理したものを図-6.3.1に示す。

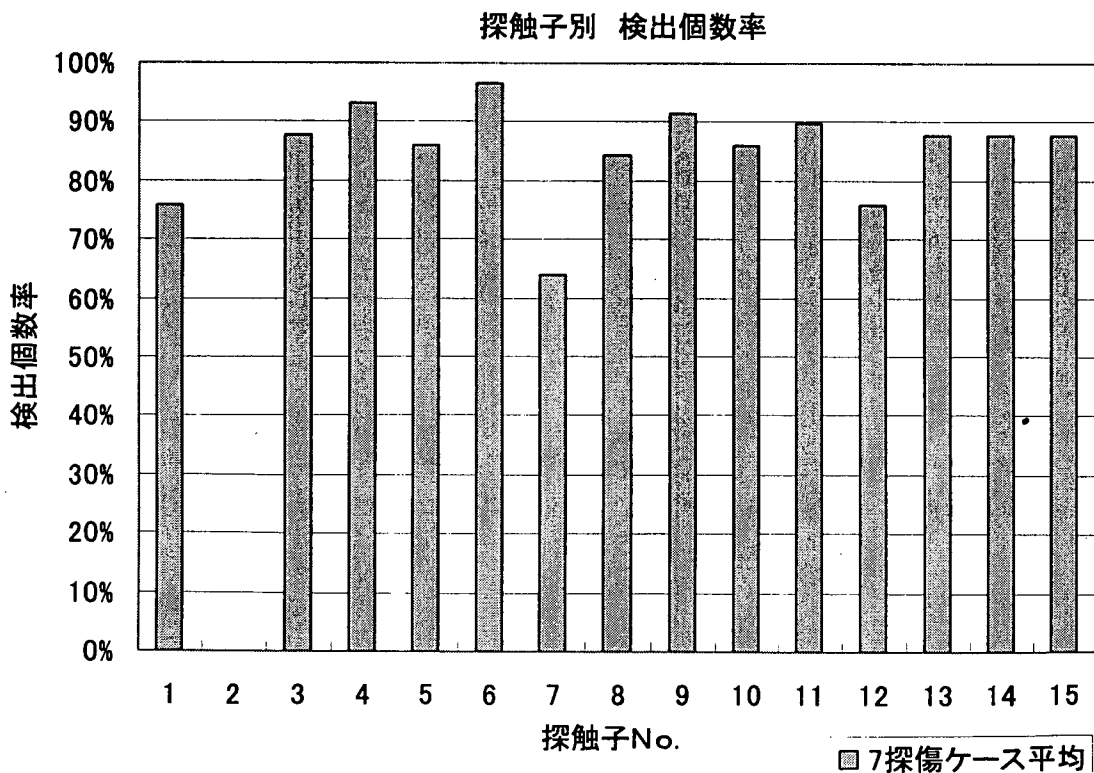


図-6.3.1 探傷ケース平均の探触子別検出個数率

(2) 探触子仕様毎の検出個数率

検出性能に影響を及ぼす探触子の仕様としては、周波数、屈折角、振動子寸法、周波数帯域が考えられる。これらの各仕様をパラメーターにした検出個数率をまとめ、図-6.3.2に示す。

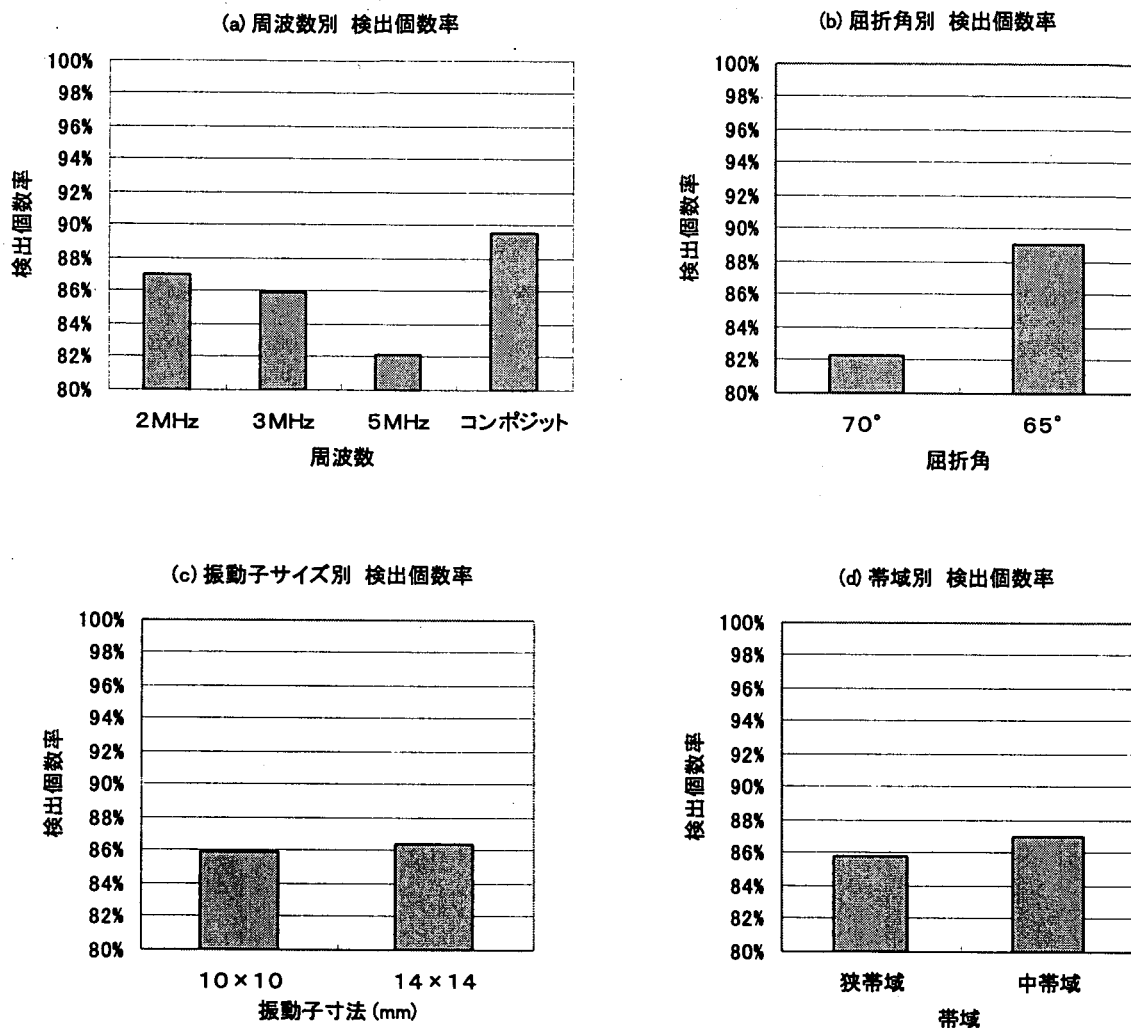


図-6.3.2 各パラメーター別の検出個数率

(3) 試験体板厚毎の検出個数率

(2) で用いたそれぞれのパラメーターと試験体板厚との検出個数率に関する相関を調べた。その結果を図-6.3.3(a)～(d)に示す。

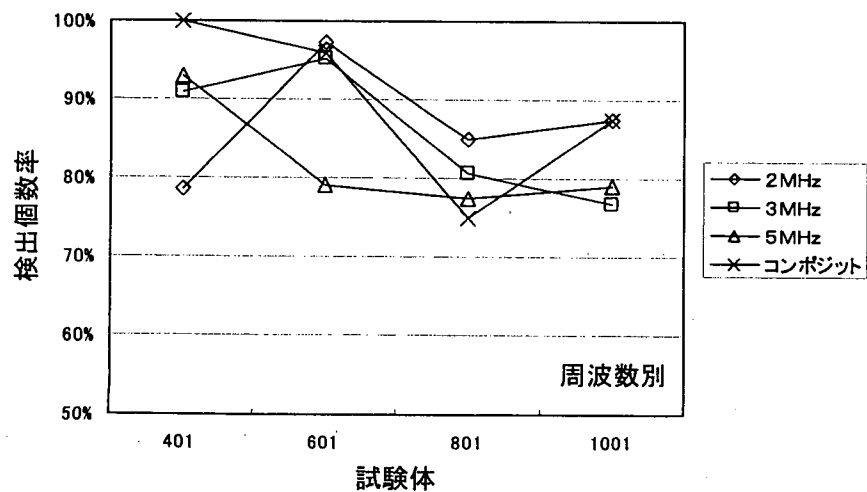


図-6.3.3(a) 周波数別の検出個数率

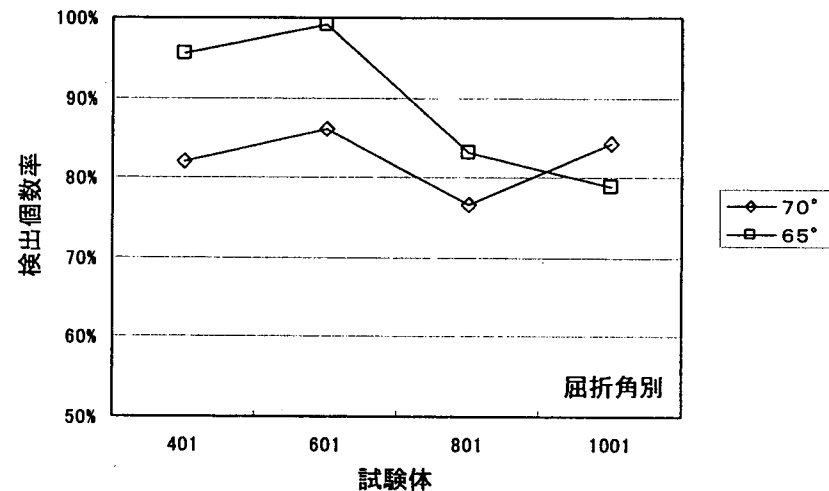


図-6.3.3(b) 屈折角別の検出個数率

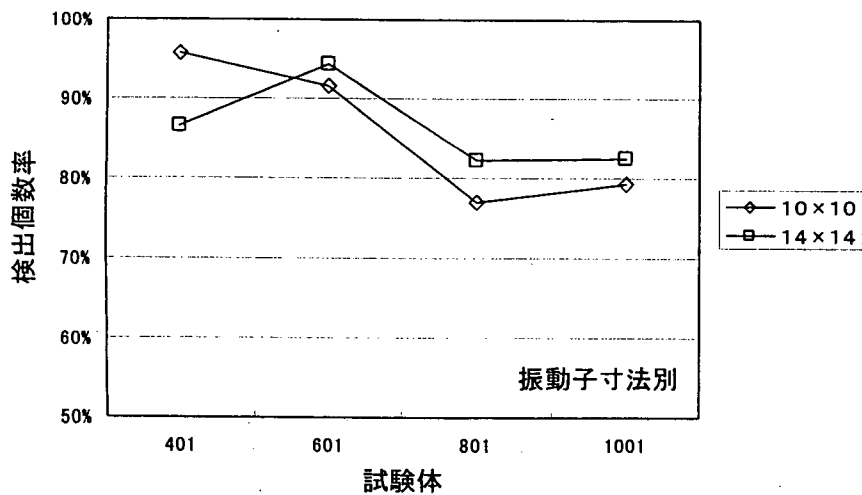


図-6.3.3(c) 振動子寸法別の検出個数率

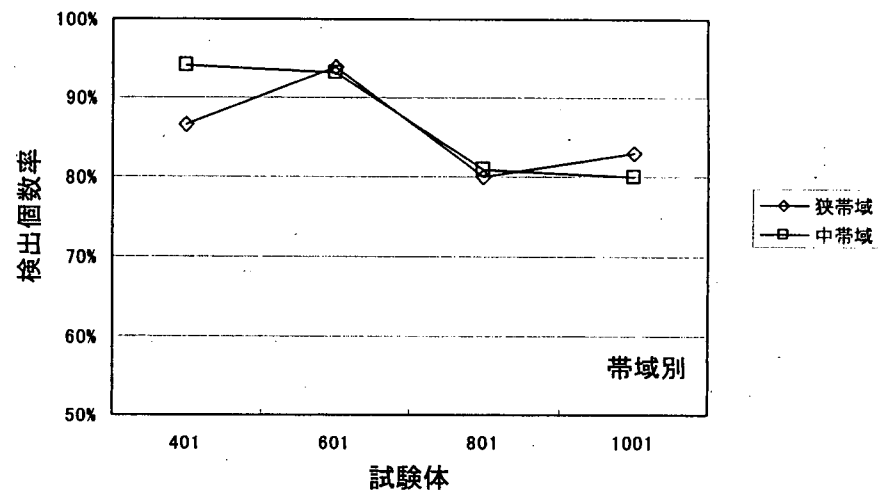


図-6.3.3(d) 帯域別の検出個数率

(4) まとめ

図-6.3.2 から各々相対的に検出個数率の高いパラメーターを抽出すると、周波数は 3MHz コンポジット、屈折角は 65° 、振動子寸法は $14\text{mm} \times 14\text{mm}$ 、帯域は中帯域となる。しかし図-6.3.3 に示すとおり、板厚毎にその優位差が逆転するものもあり、全板厚に対して一概に有利なパラメータは抽出できなかった。今後は、サンプル数を増やし、板厚などの被験対象の条件に応じて、より適当な探触子仕様の条件を見いだすことが必要である。

6.4 きず指示長さ精度の評価

きず指示長さの精度の評価については、5.3 と同様の考え方および方法によった。

パルス反射法のきずの指示長さ精度を各探傷面からの探傷結果を用いて整理した結果を図-6.4.1～図-6.4.14 に示す。なお、AUT 指示長さは、L/2 検出レベルにおいて L/2 線カット法を用いた値を使用した。

今回の探触子調査試験は、限られた範囲での調査であったため、サンプル数が少なく、指示長さの精度と探触子の種類との関係については、評価するに至らなかった。検出率等の特性と同様サンプル数を増やすなど引続き検討が必要である。

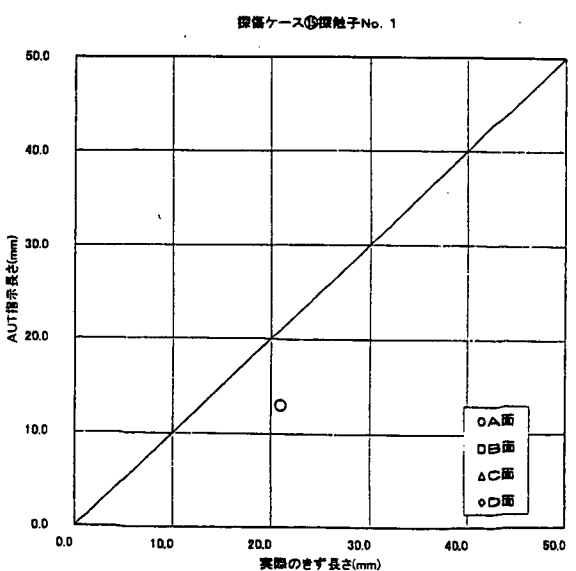
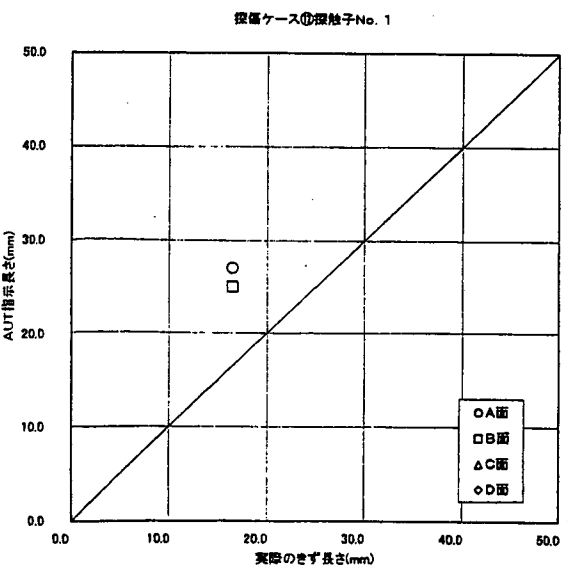
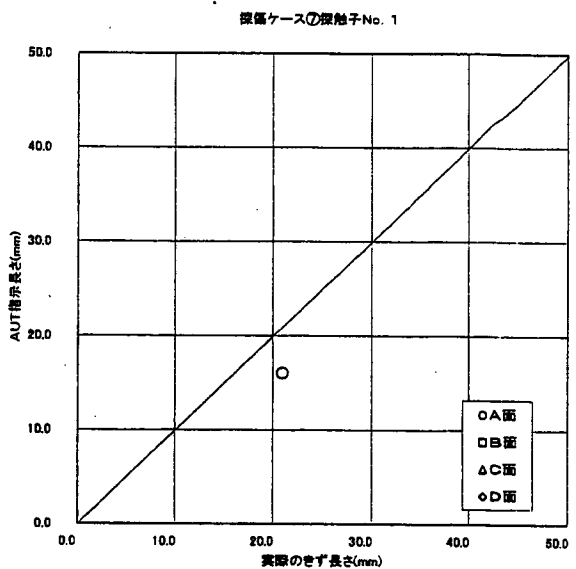
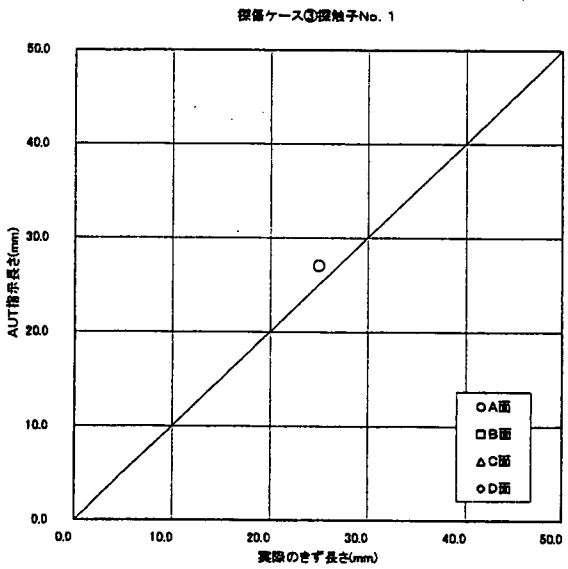
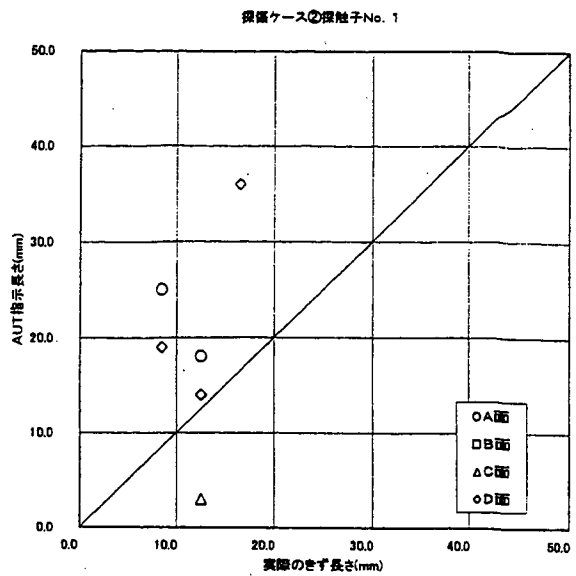
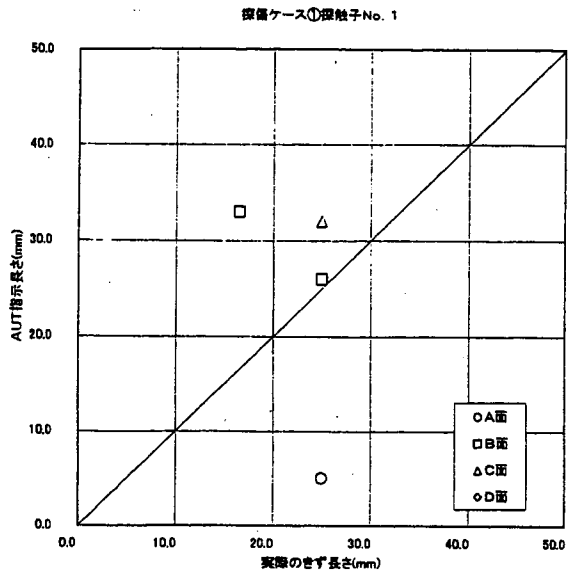


図-6.4.1 探触子調査試験探触子No. 1による長さ精度

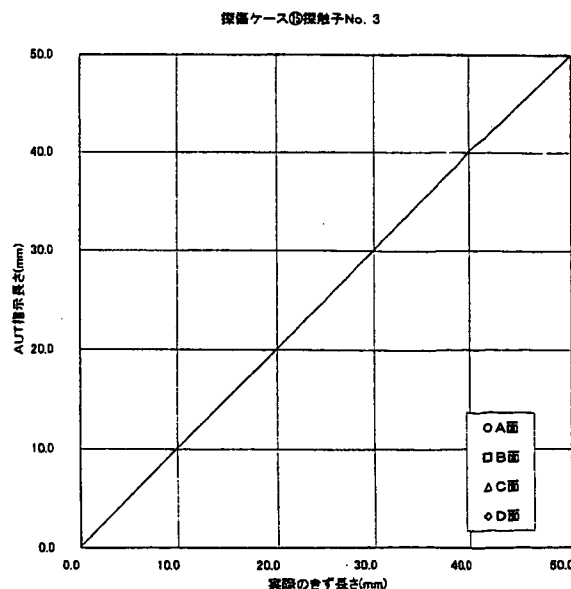
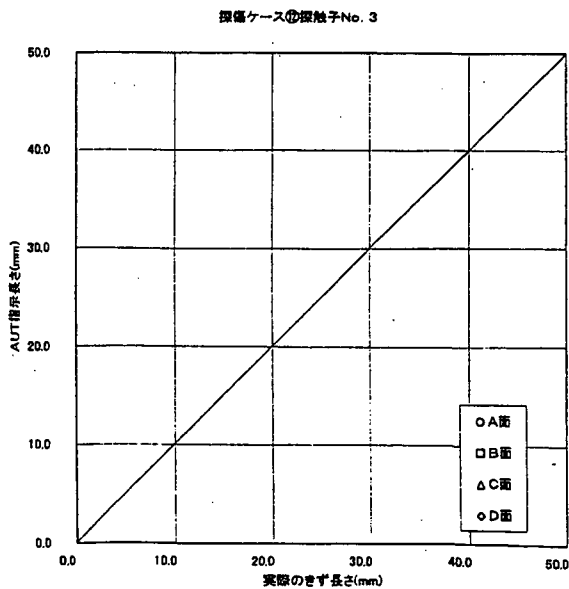
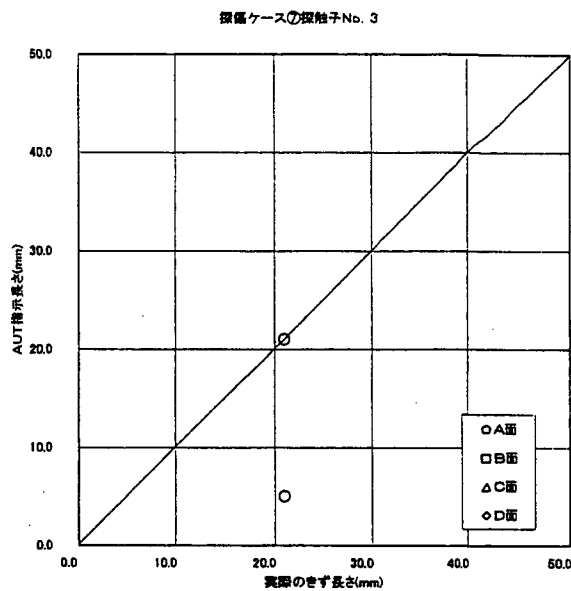
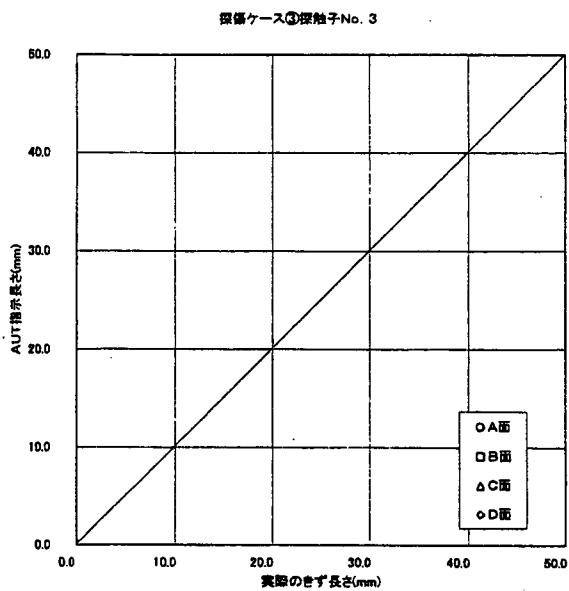
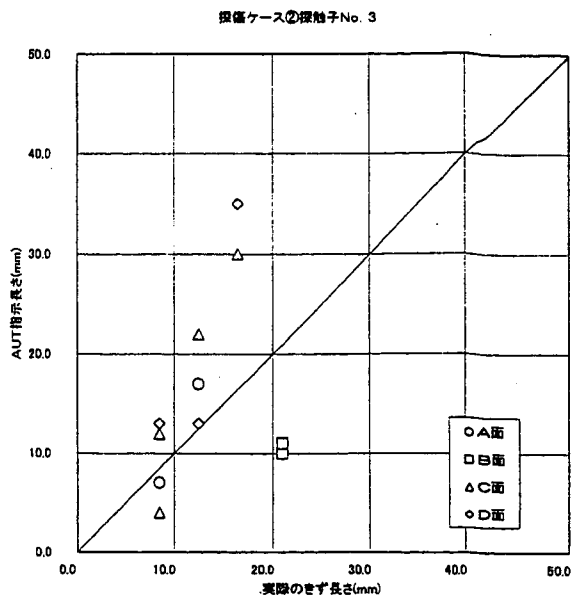
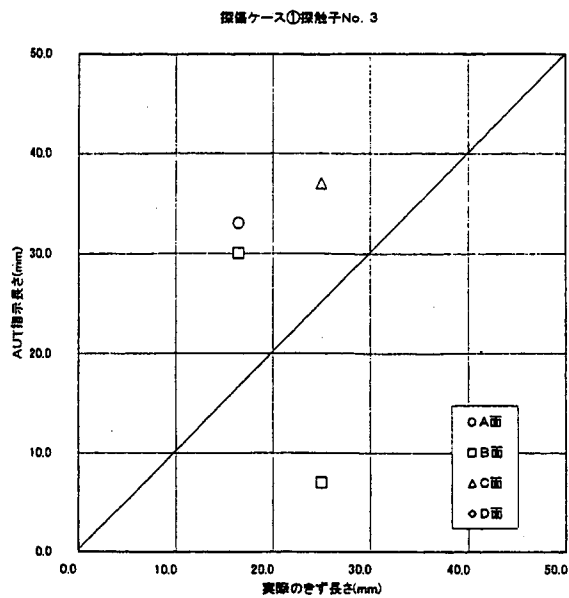


図-6.4.2 探触子調査試験探触子No. 3による長さ精度

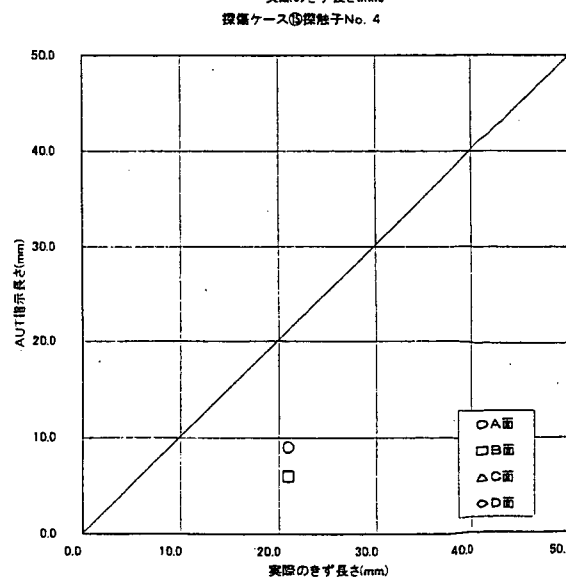
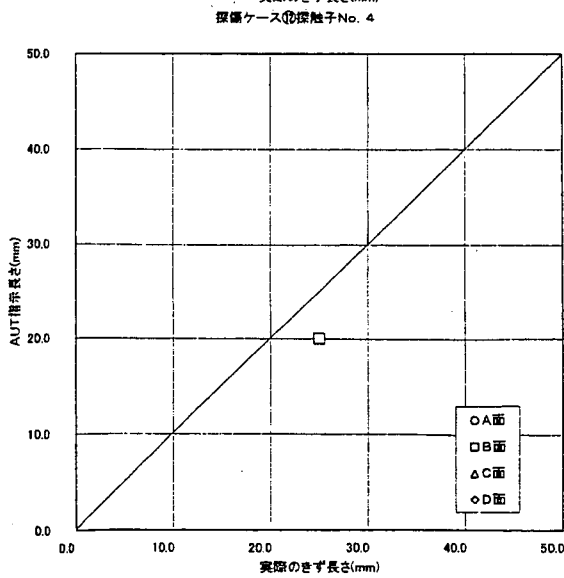
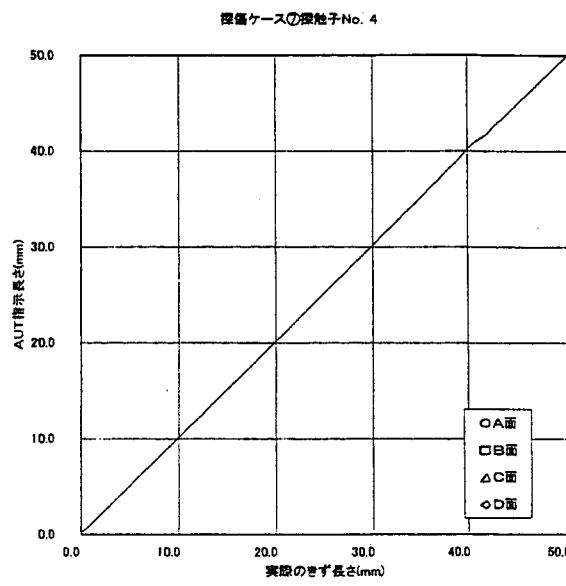
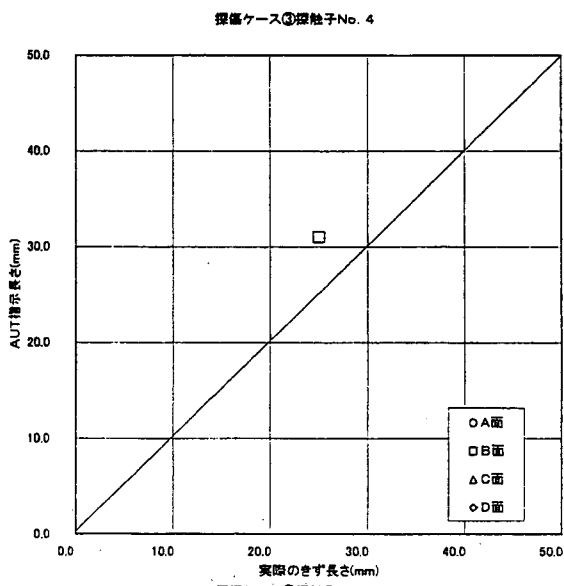
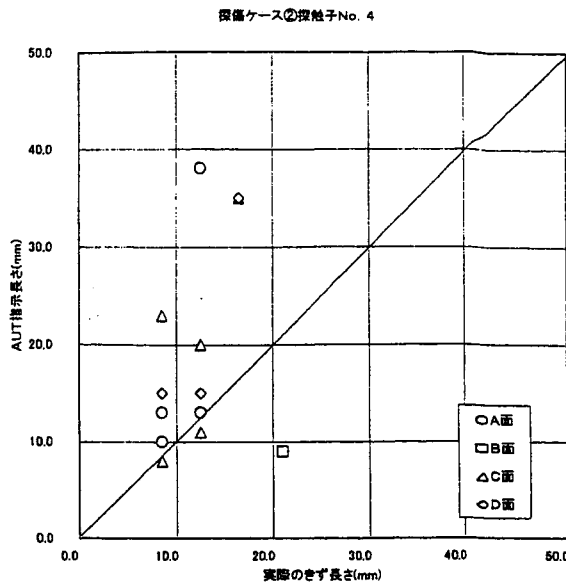
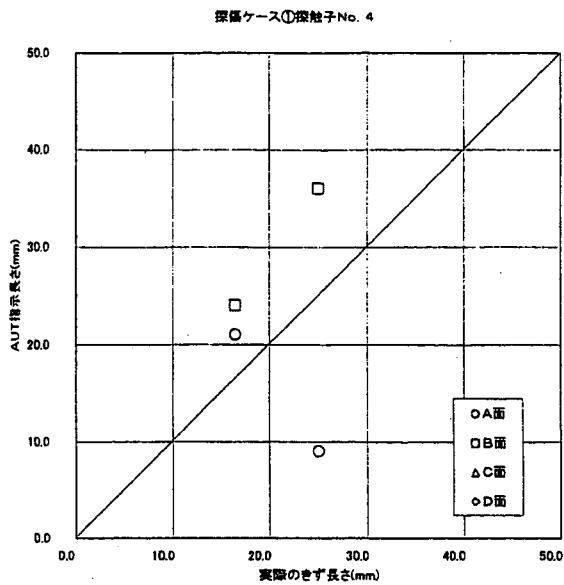


図-6.4.3 探触子調査試験探触子No. 4による長さ精度

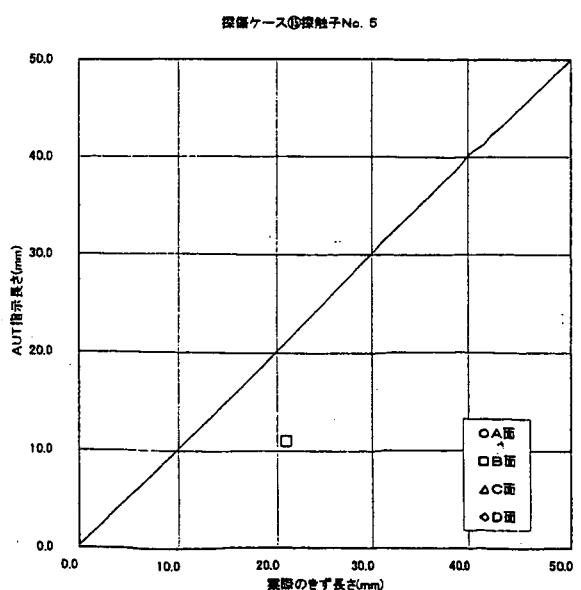
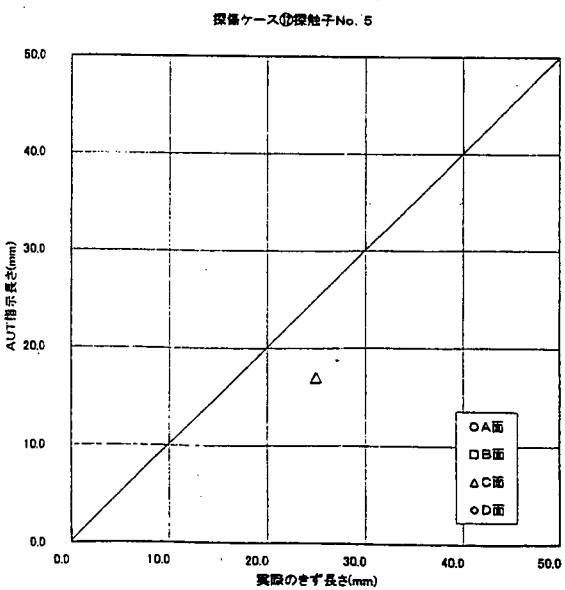
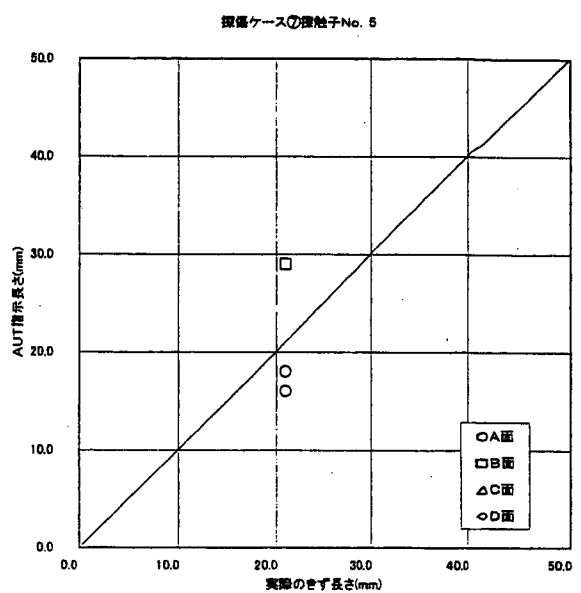
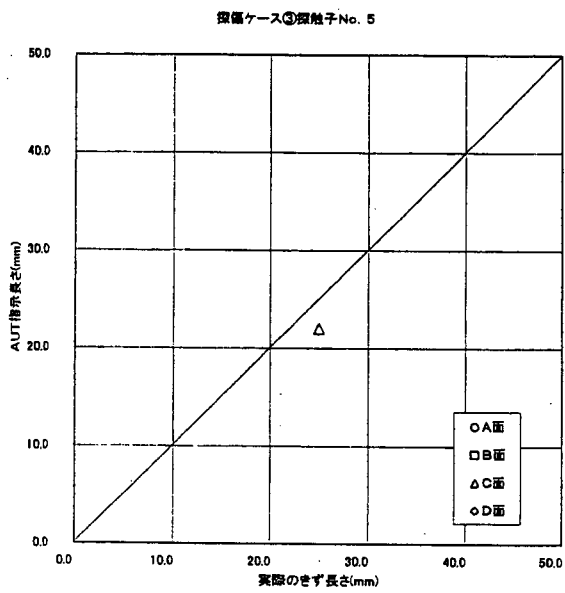
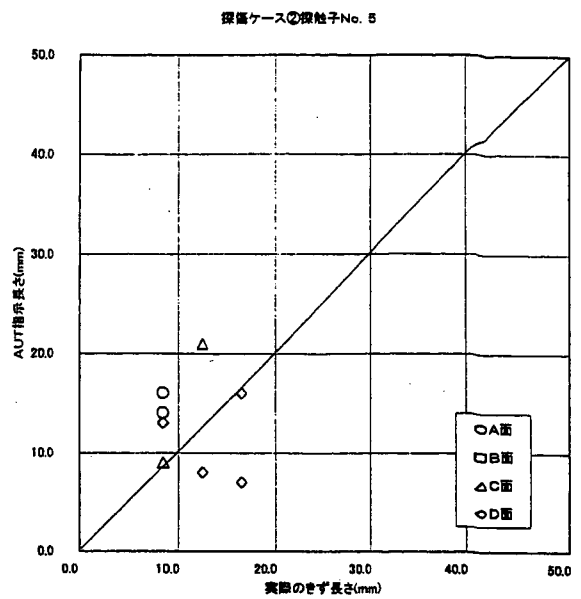
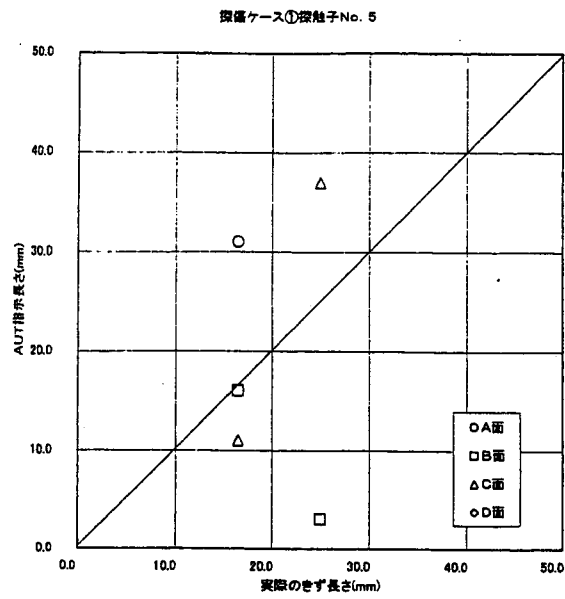


図-6.4.4 探触子調査試験探触子No. 5による長さ精度

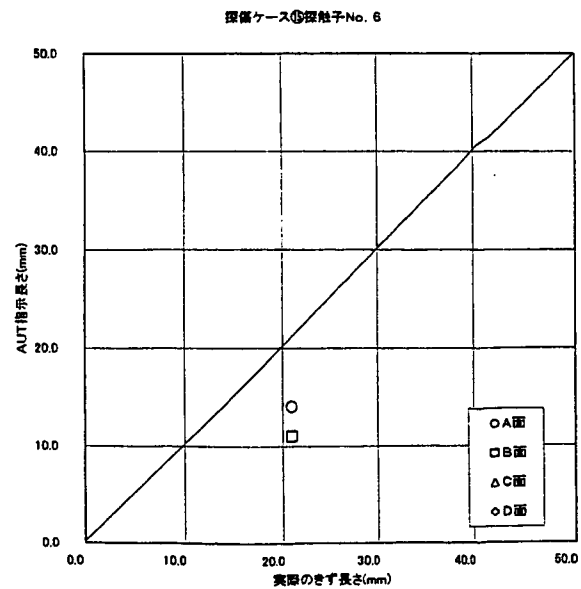
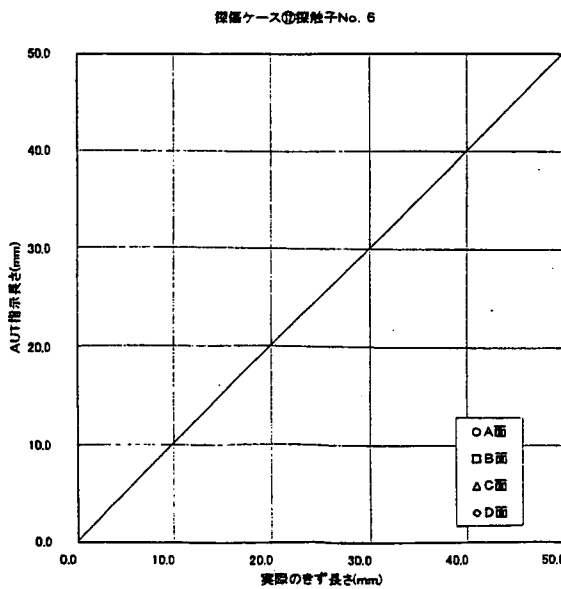
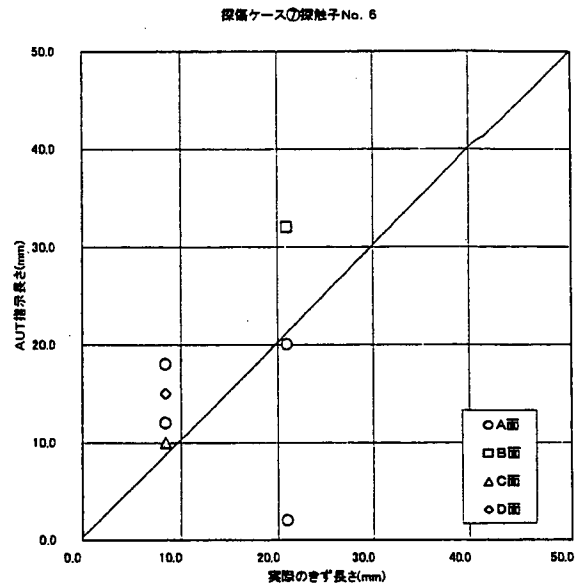
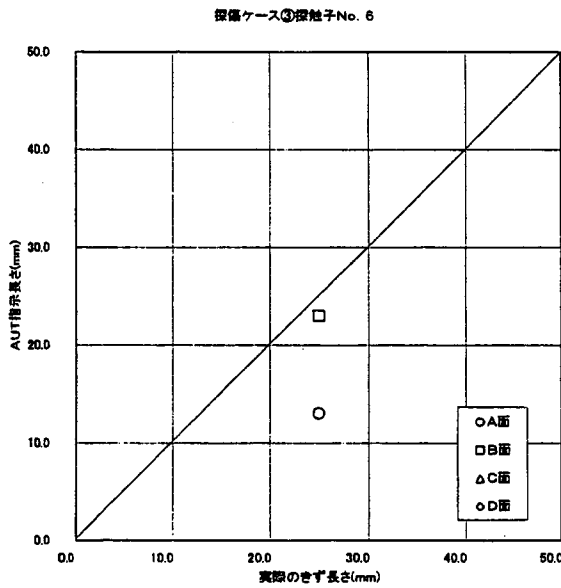
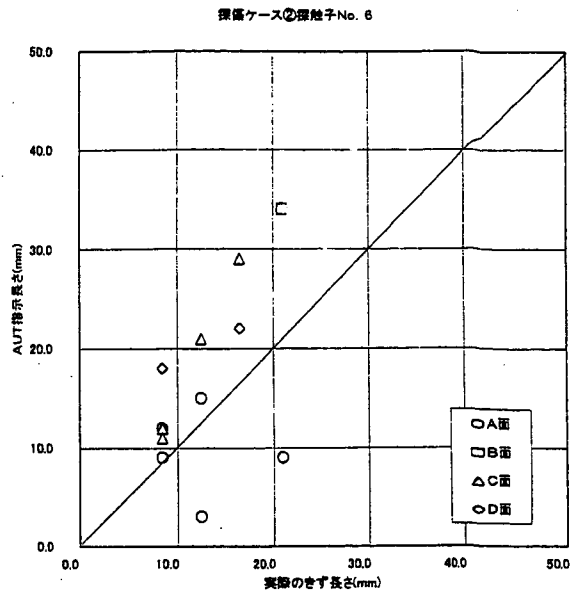
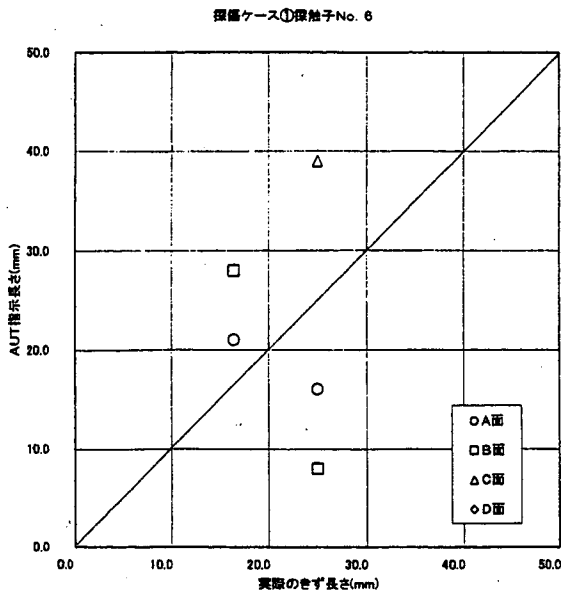


図-6.4.5 探触子調査試験探触子No. 6による長さ精度

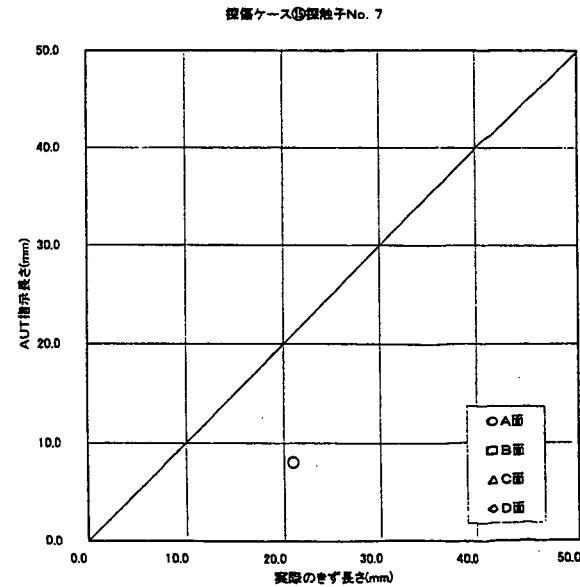
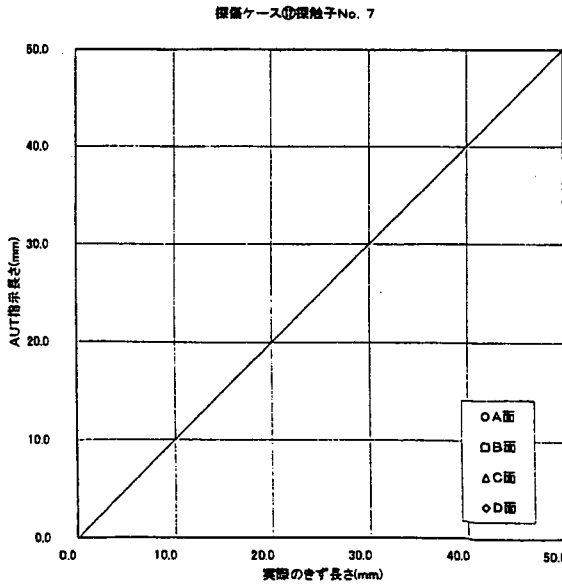
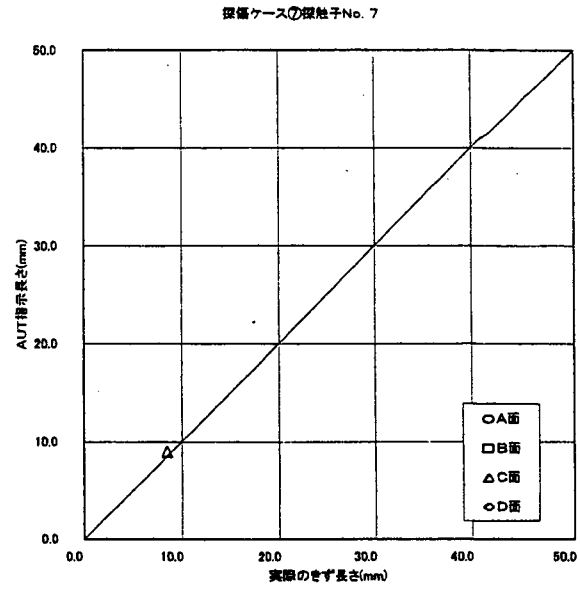
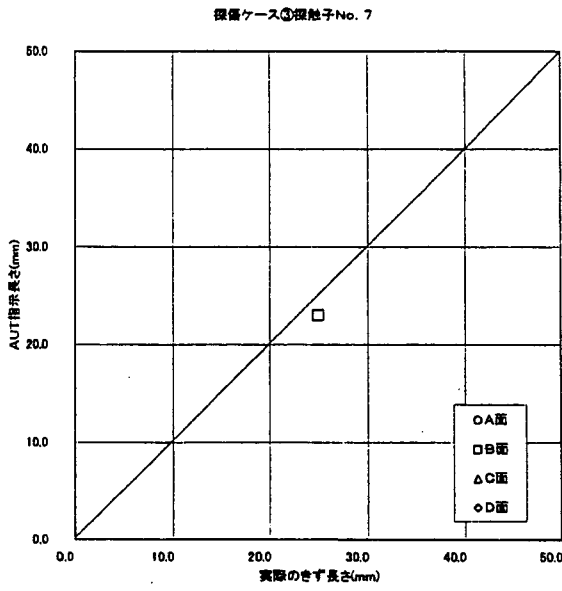
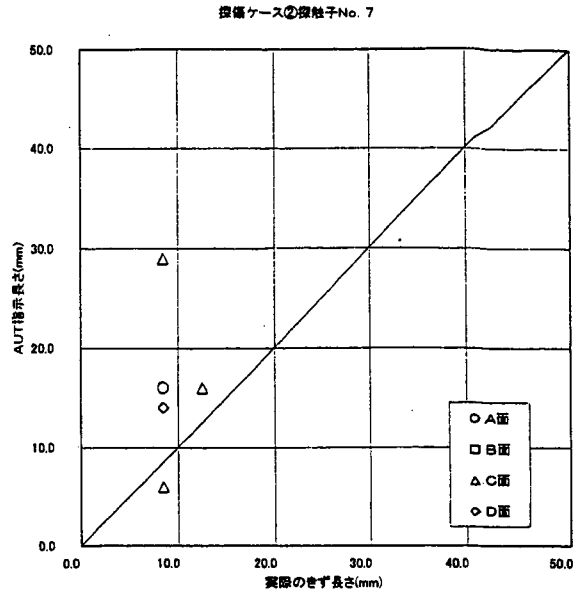
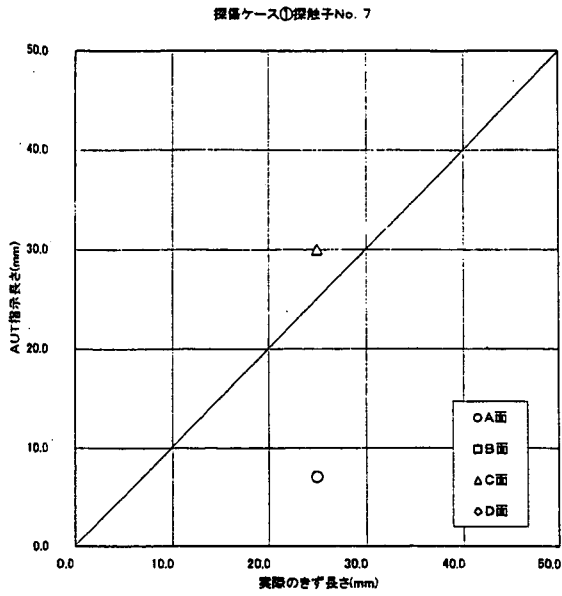


図-6.4.6 探触子調査試験探触子No. 7による長さ精度

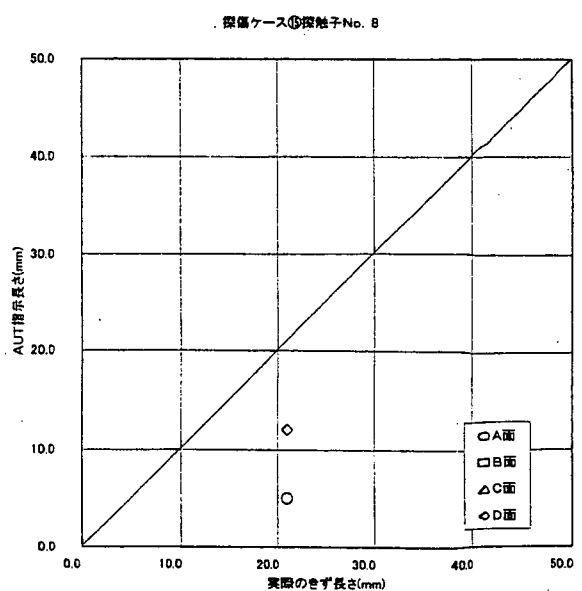
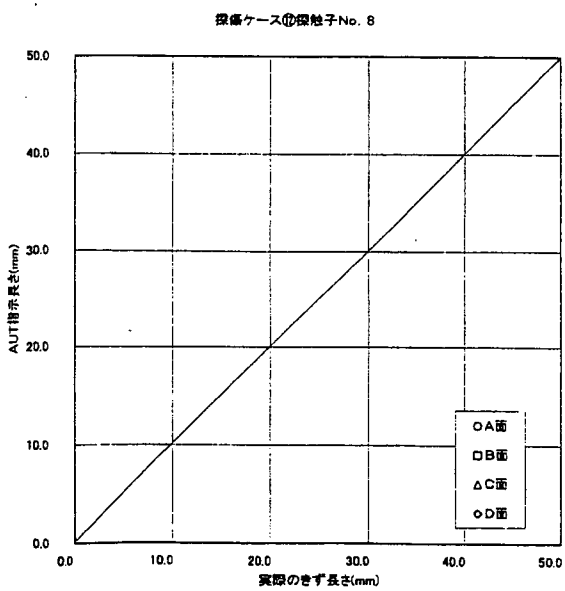
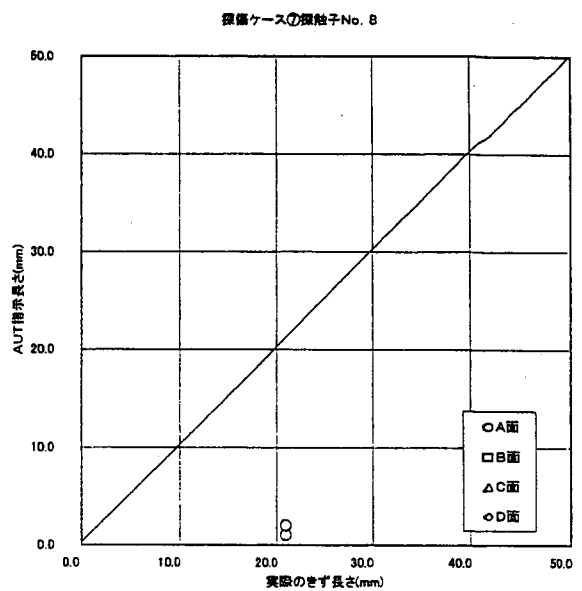
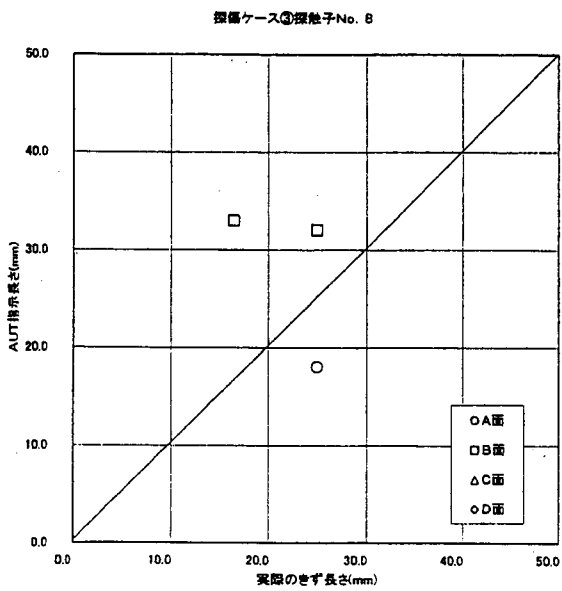
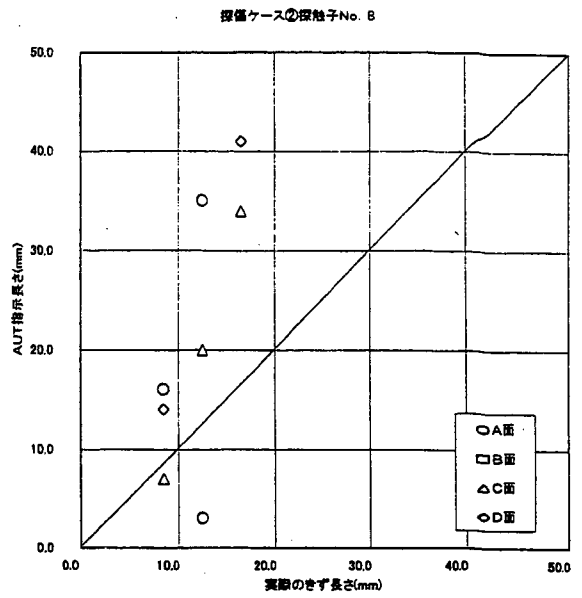
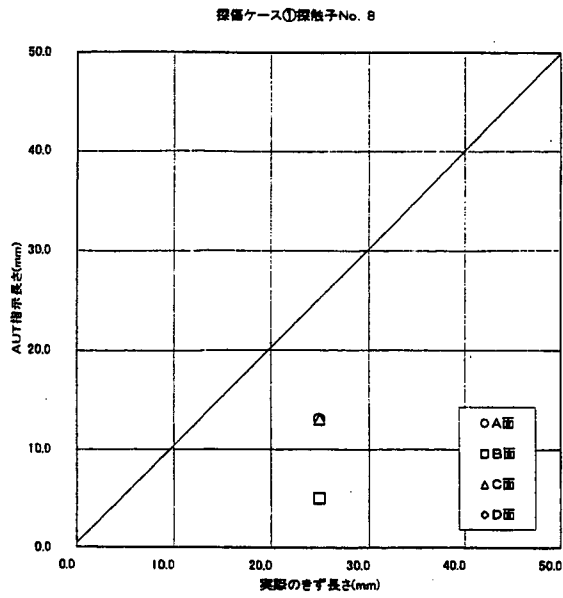


図-6.4.7 探触子調査試験探触子No. 8による長さ精度

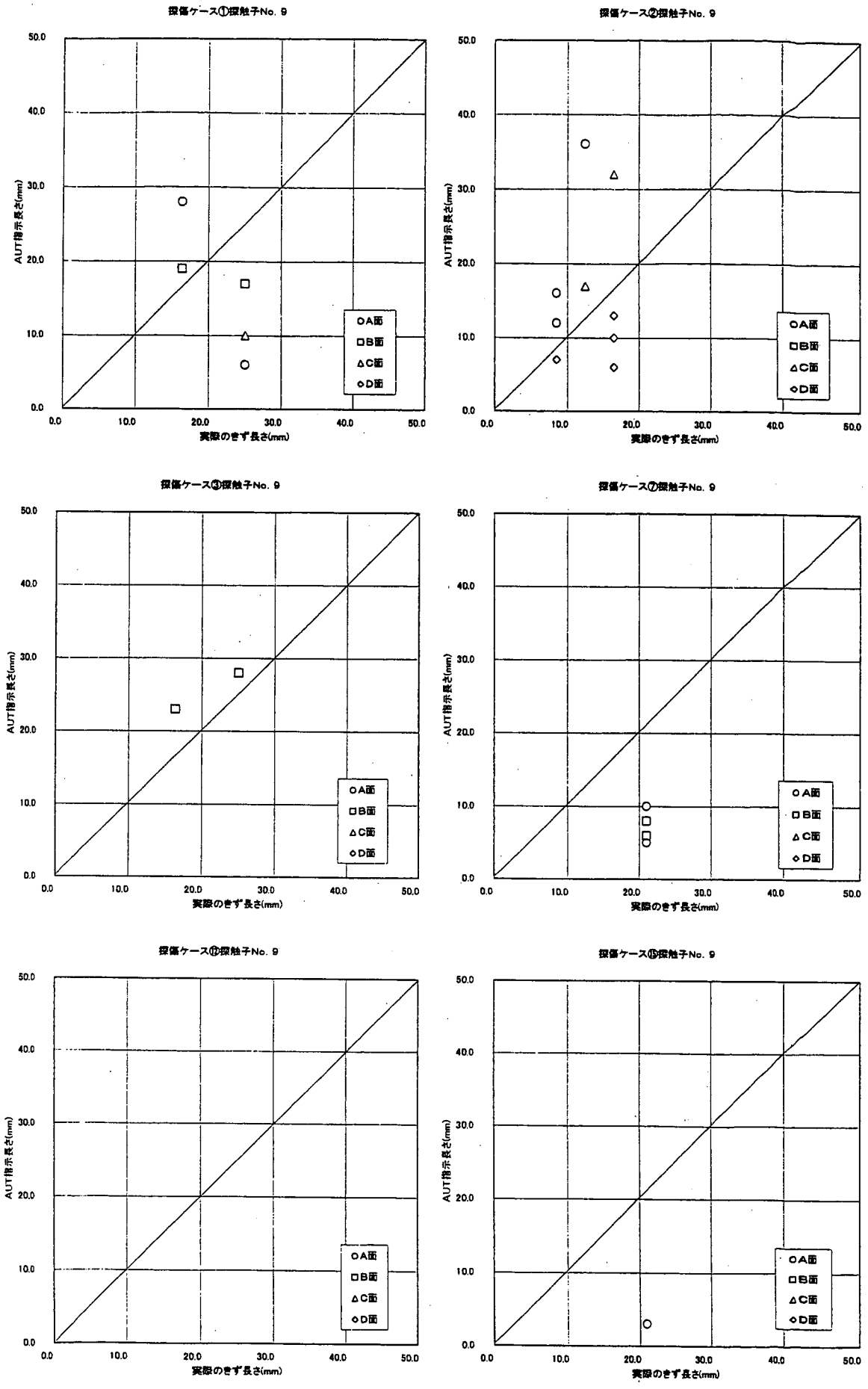


図-6.4.8 探触子調査試験探触子No. 9による長さ精度

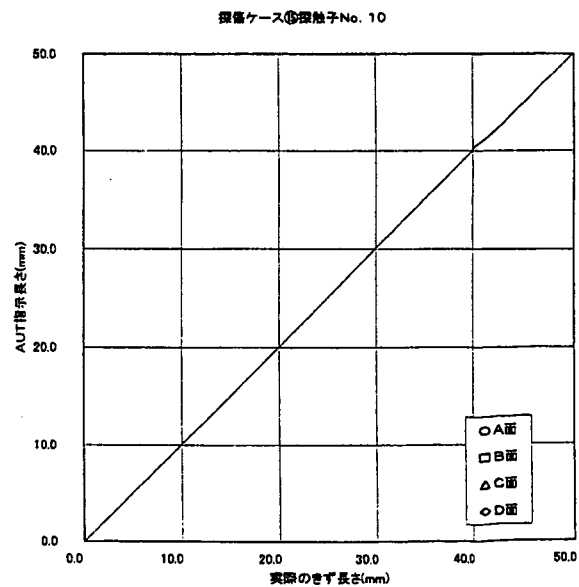
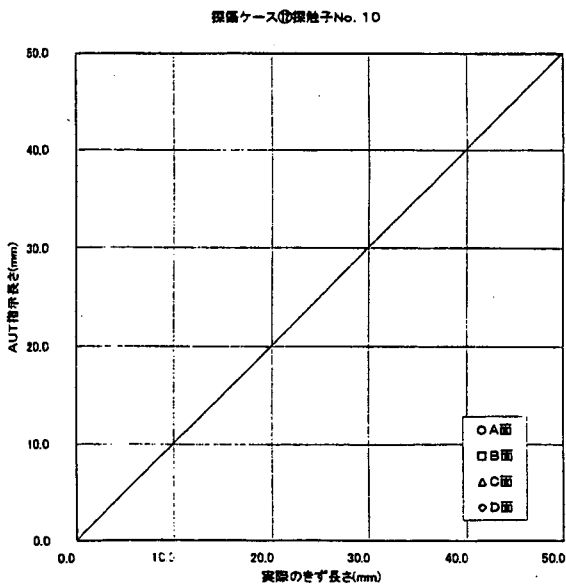
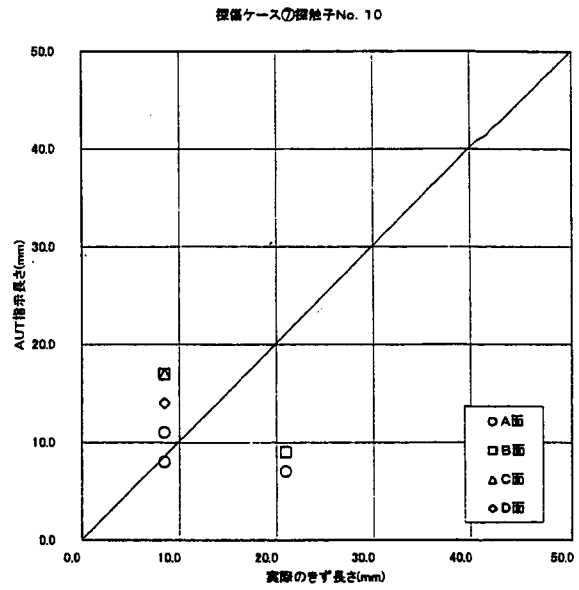
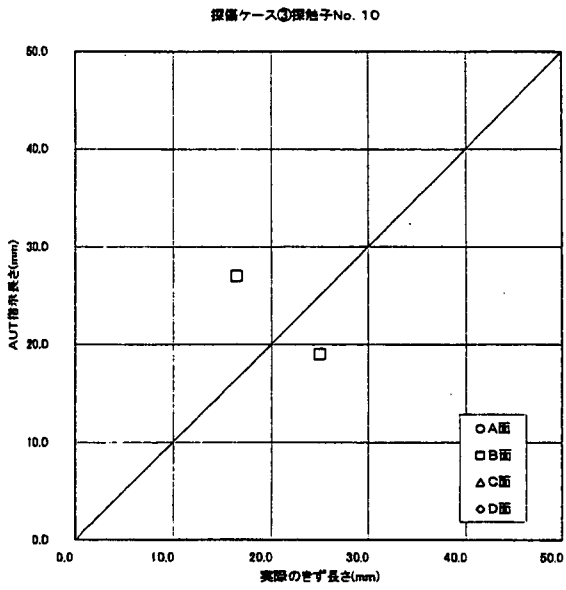
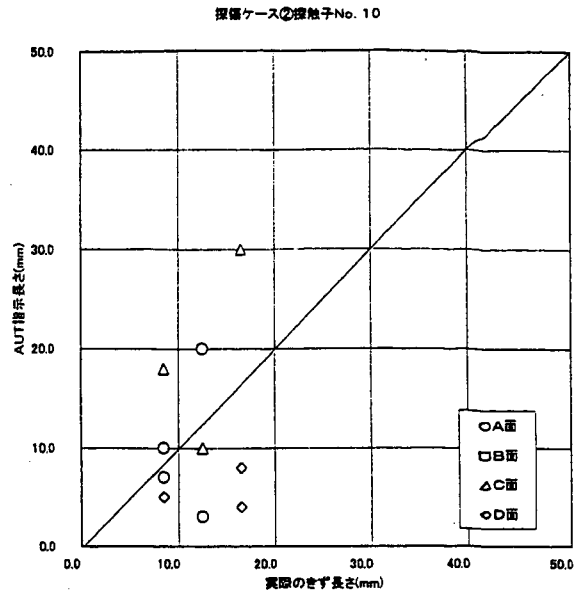
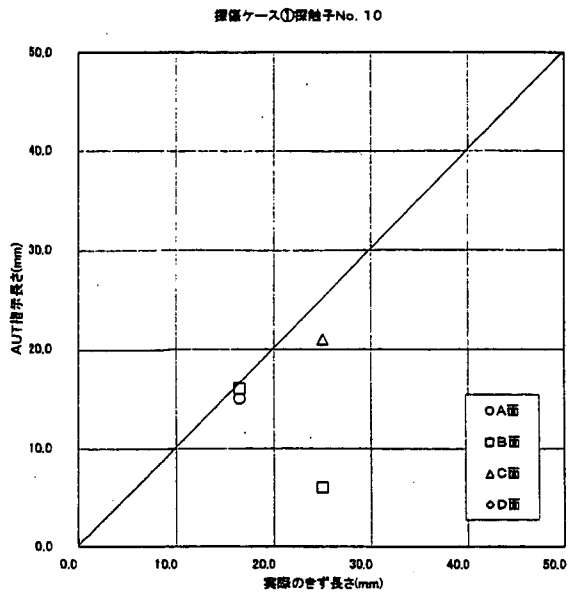


図-6.4.9 探触子調査試験探触子No. 10による長さ精度

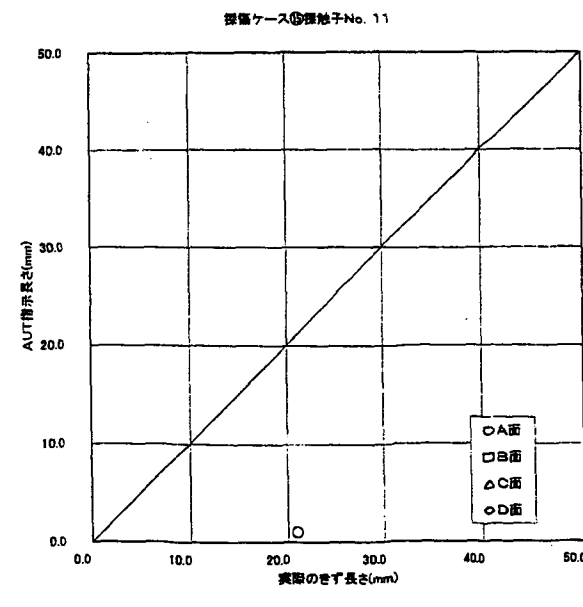
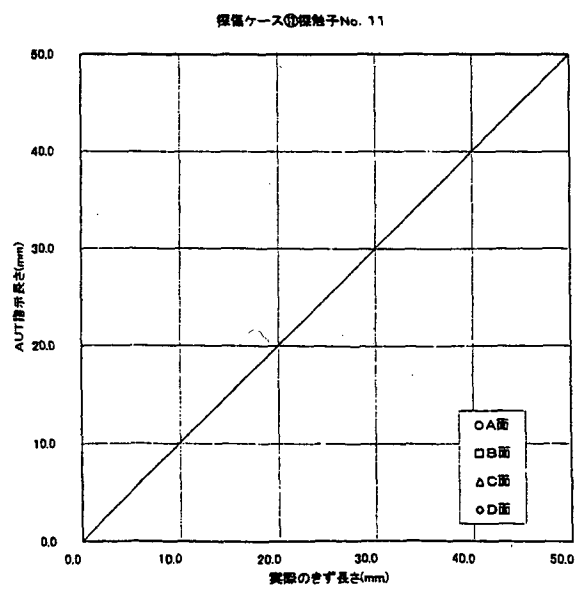
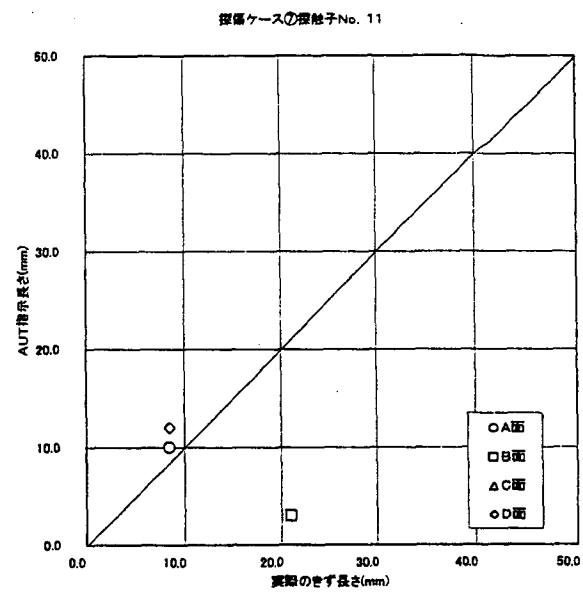
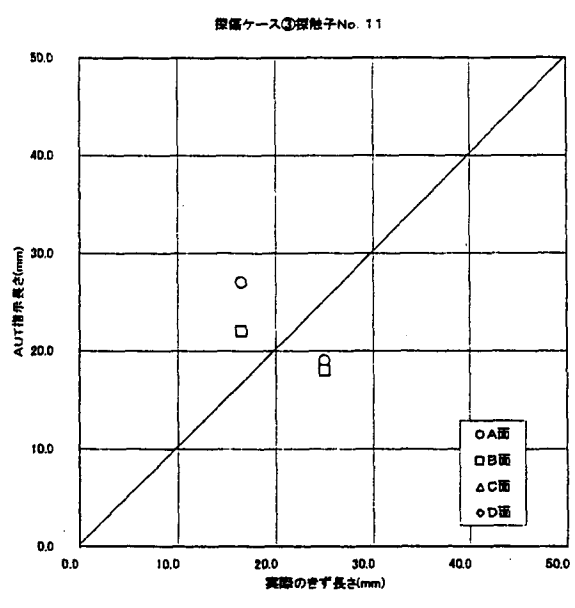
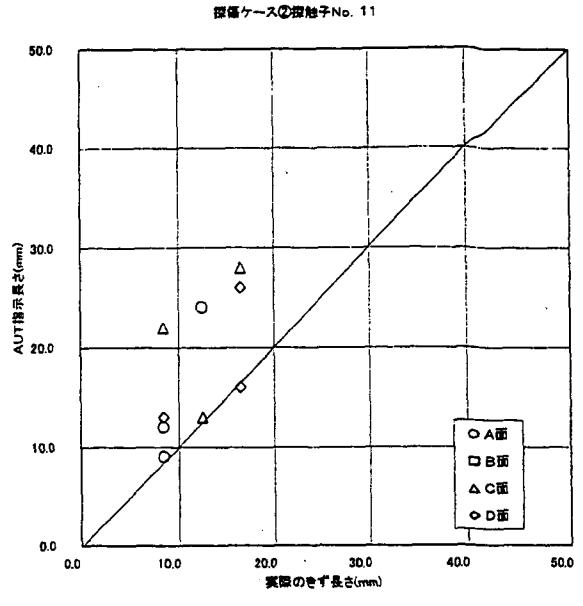
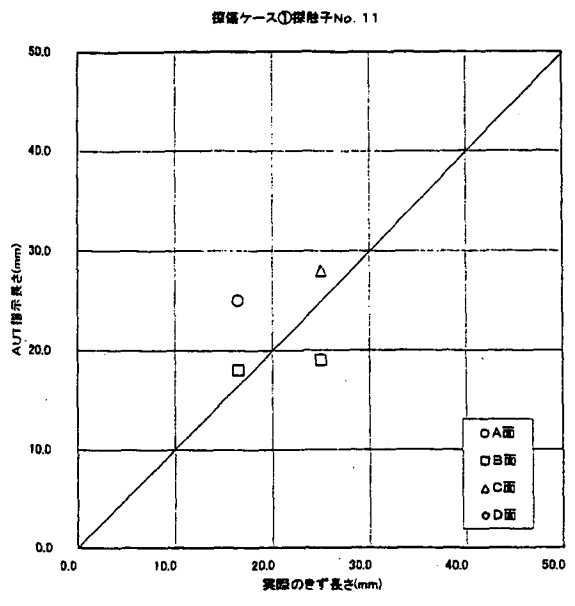


図-6.4.10 探触子調査試験探触子No. 11による長さ精度

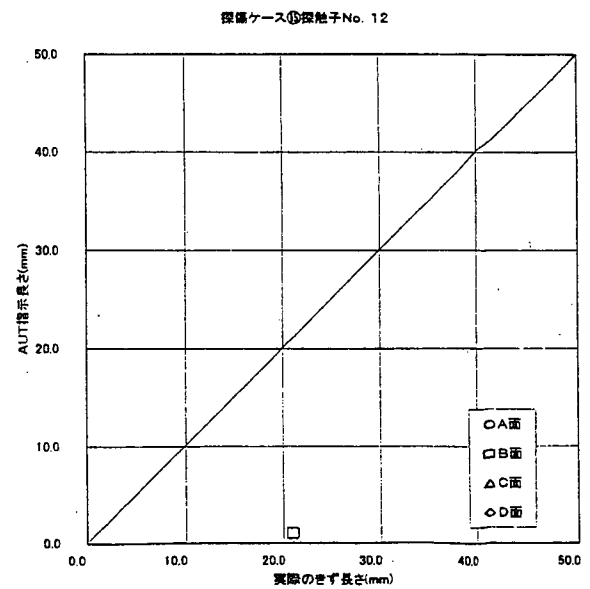
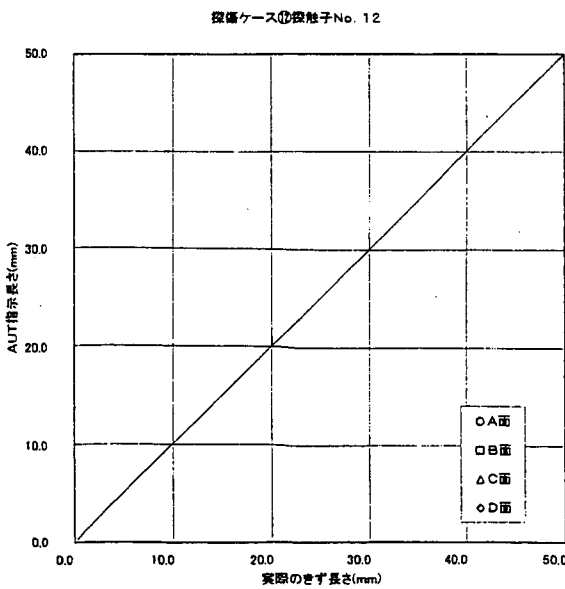
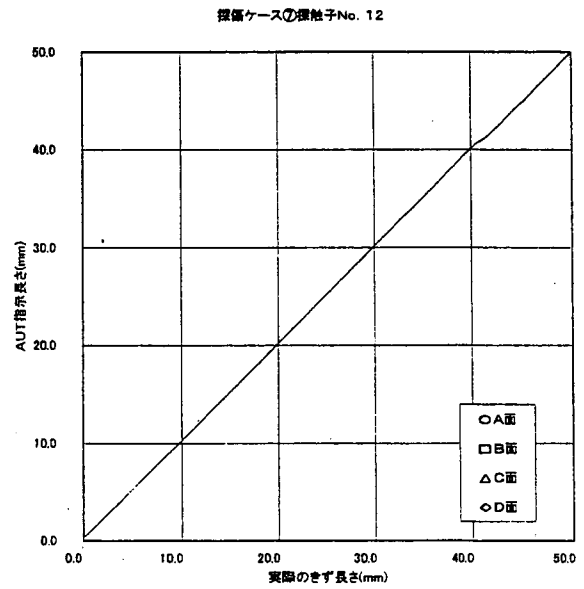
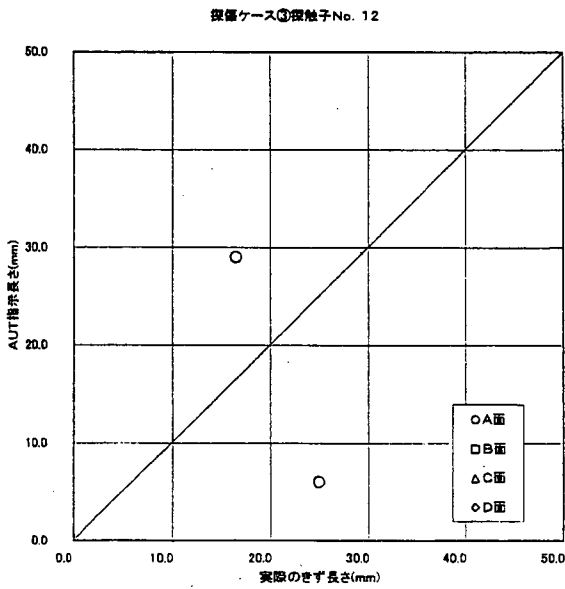
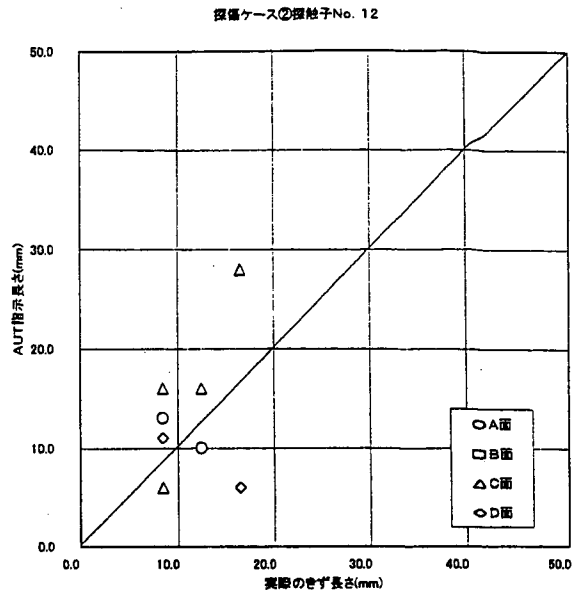
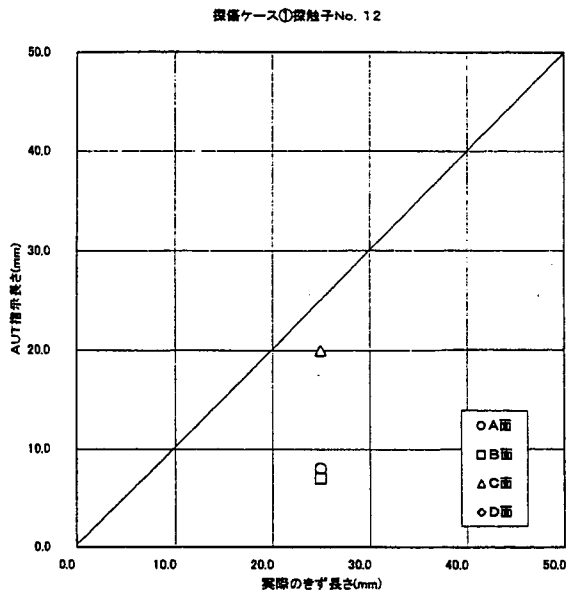


図-6.4.11 探触子調査試験探触子No. 12による長さ精度

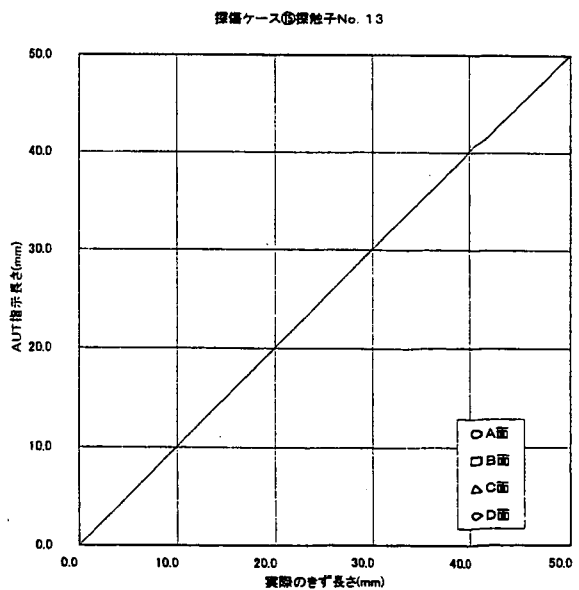
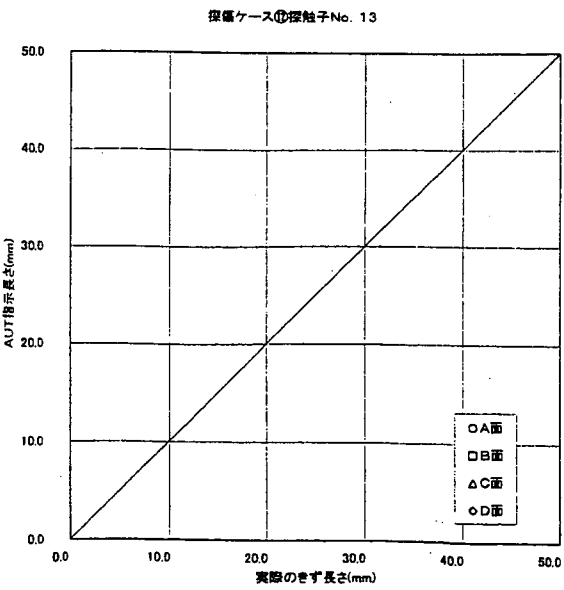
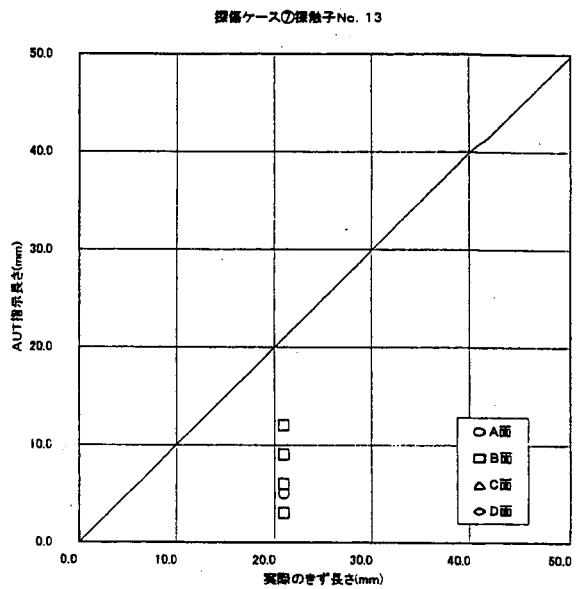
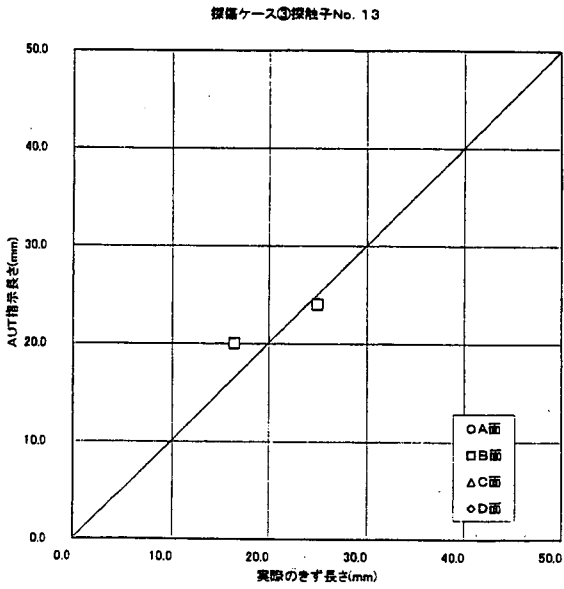
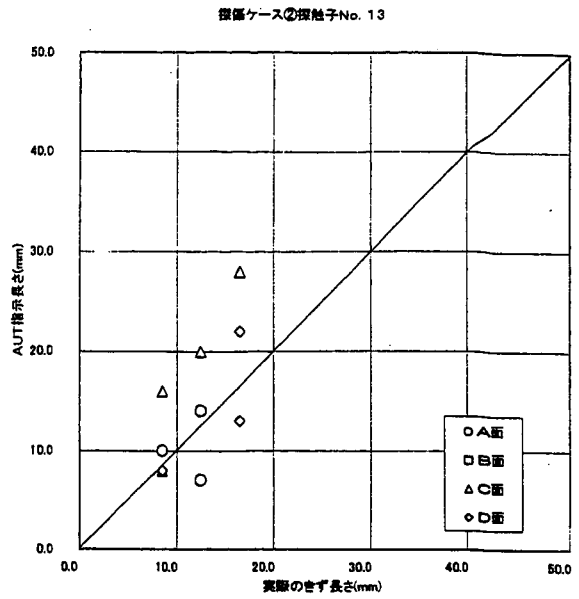
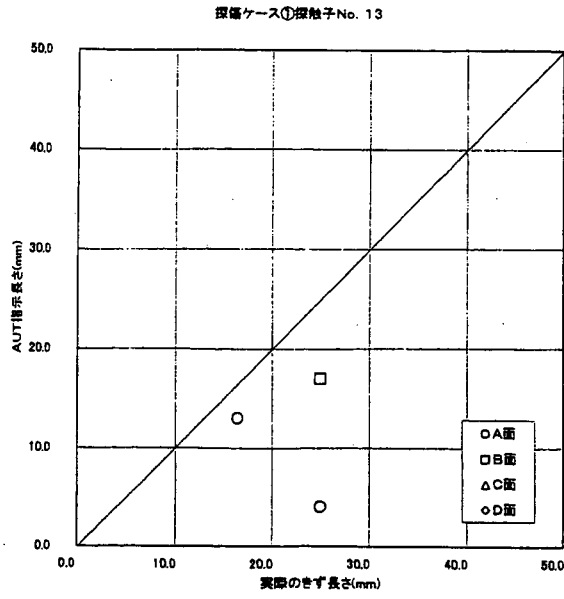


図-6.4.12 探触子調査試験探触子No. 13による長さ精度

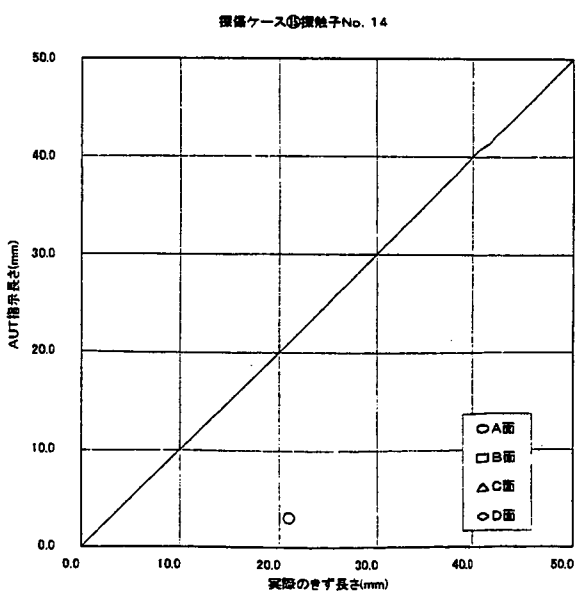
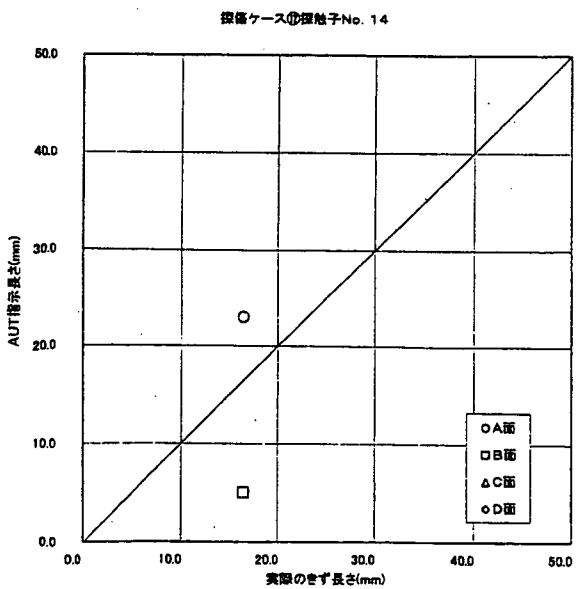
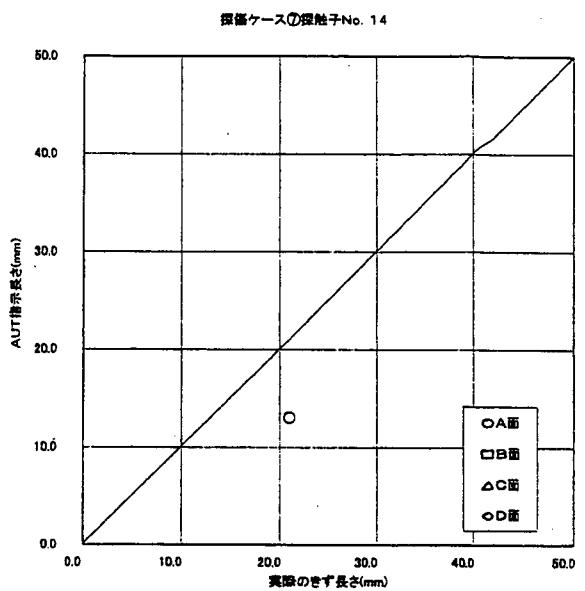
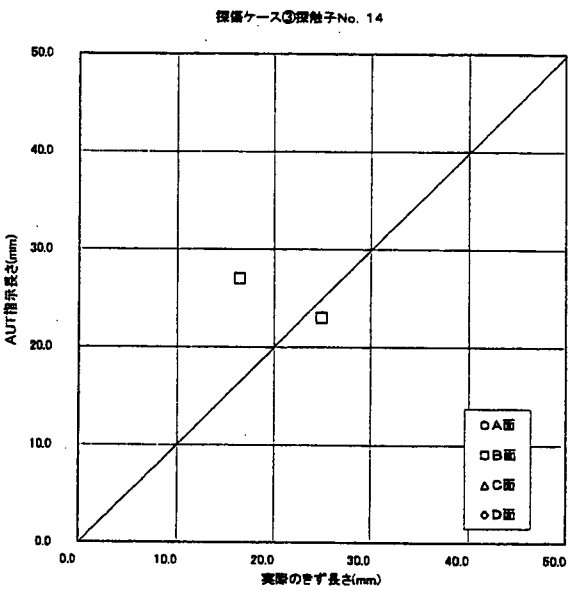
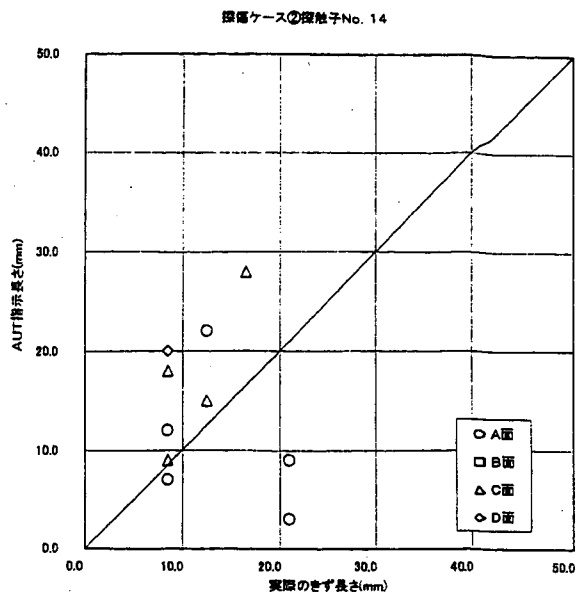
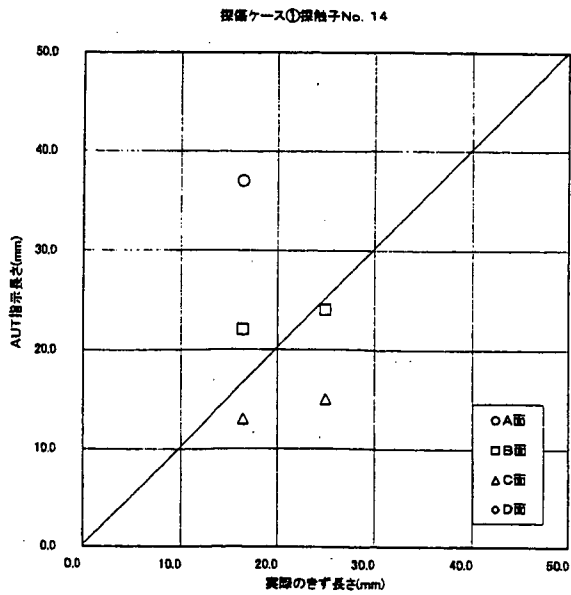


図-6.4.13 探触子調査試験探触子No. 14による長さ精度

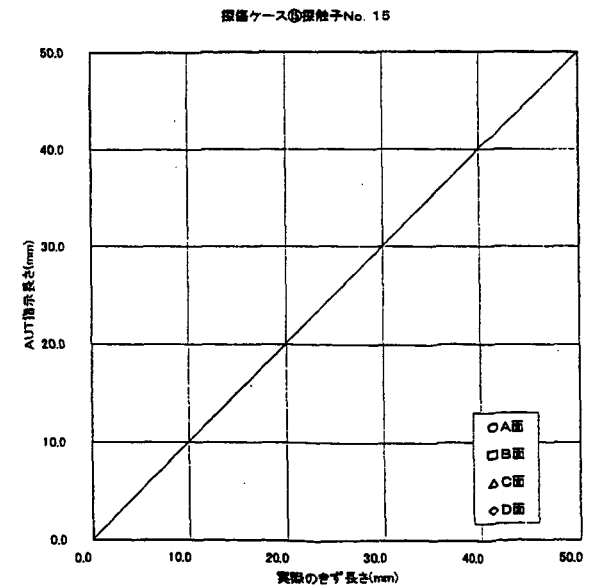
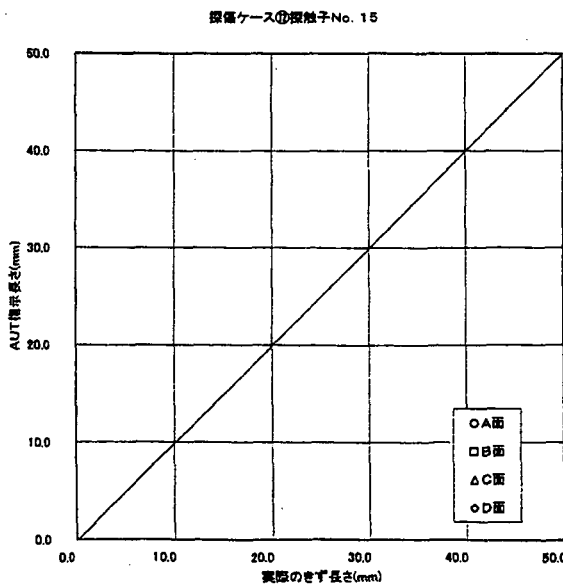
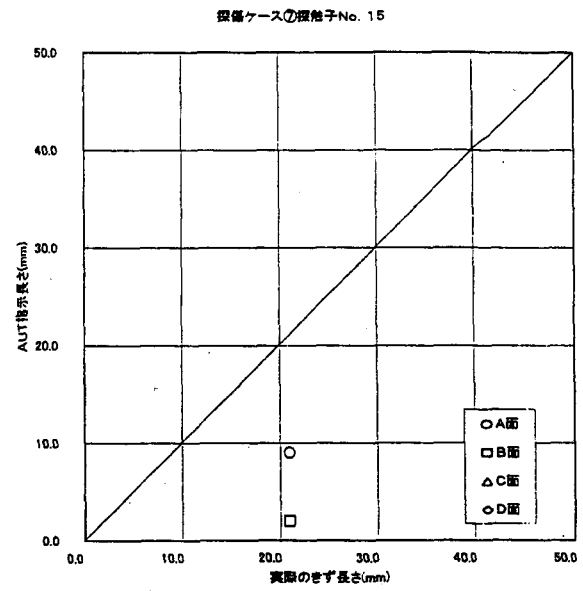
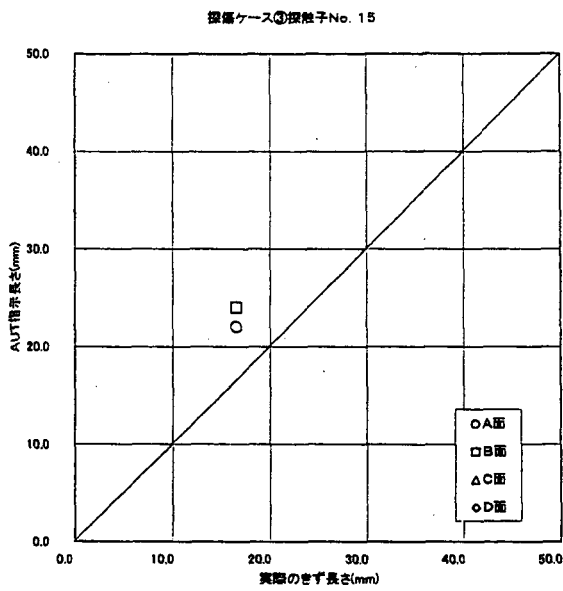
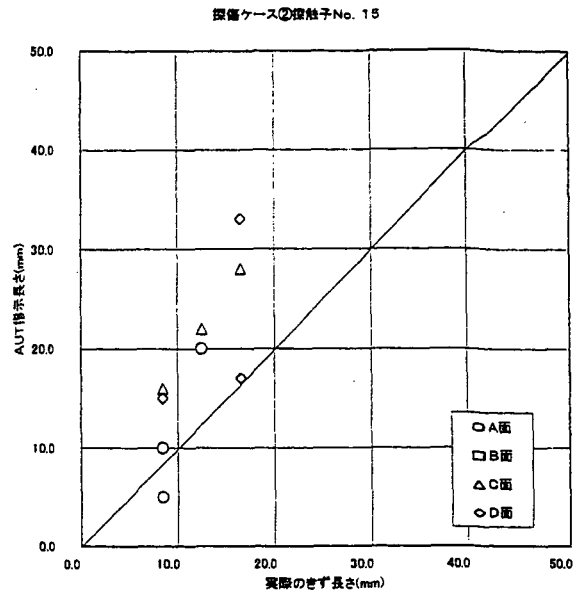
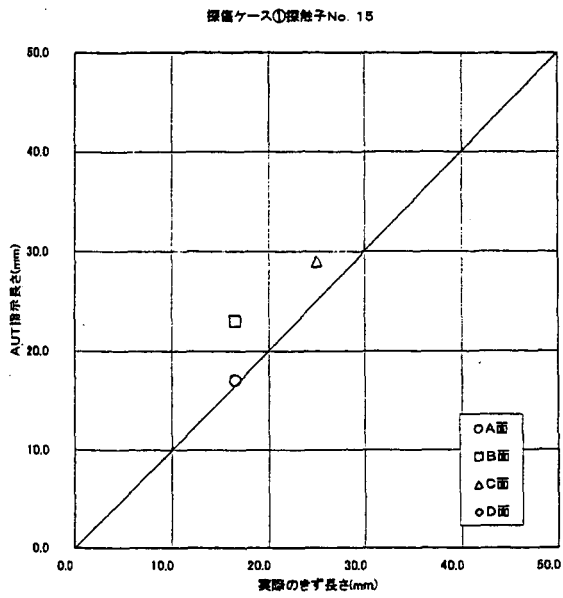


図-6.4.14 探触子調査試験探触子No. 15による長さ精度