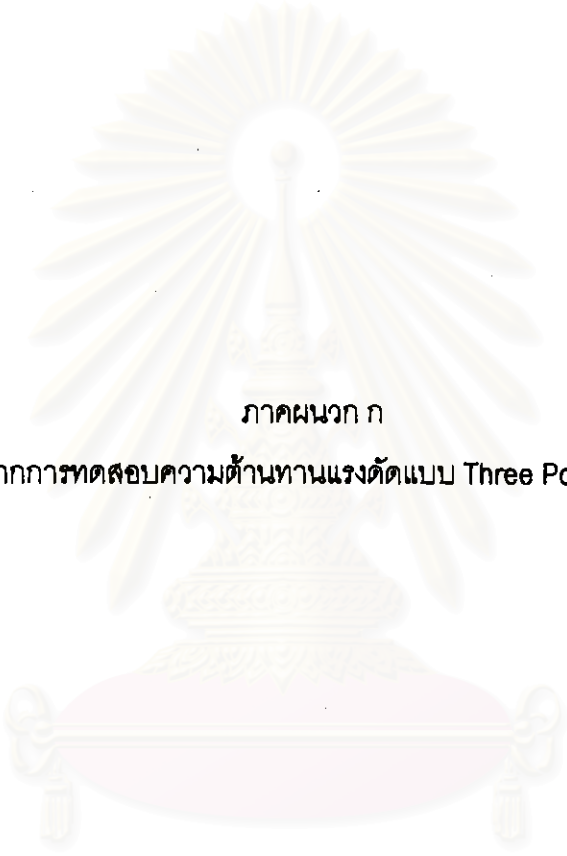


## รายการอ้างอิง

1. Norma L. Hecht, Steven M. Goodrich, Leon Chuck, Dale E. Mccullum, and Victor J. Tennery. Mechanical Properties Characterization of one SiC and two Si<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Commercially Available Ceramics. American Ceramic Bulletin. Vol.71, No.4 (1992) : 653-659.
2. R. K. Govila. Uniaxial Tensile and Flexural Stress Rupture Strength of Hot-pressed Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Journal of the American Ceramic Society. Vol.65, No.1 (1982) : 15-21
3. Laural M. Sheppard. Automotive Performance Accelerates with Ceramics. American Ceramic Bulletin. Vol.69, No.6 (1990) : 1012-1021.
4. Stuart Hampshire. Engineering Properties of Nitrides. Advanced in Ceramics, 812-820 : American Ceramic Society, 1994.
5. A. Giachello, P. C. Martinengo, and G. Tommasini. Sintering of Silicon Nitride in a Power Bed. Journal of Materials Science. Vol.14 (1979) : 2825-2830.
6. G. R. Terwilliger. Properties of Sintered Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Journal of the American Ceramic Society. Vol.57, No.1 (1974): 48-49.
7. Akihiko Tsuge. Effect of Crystallizing the Grain-boundary Glass Phase High-temperature Strength of Hot-pressed Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> Containing Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Journal of the American Ceramic Society. Vol.58, No.7-8 (1975) : 323-326
8. EiJi Tani, Seiki Umabayashi, Kazushi Kishi, and Kazuo Kobayashi. Gas Pressure Sintering of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with Concurrent Additive of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 5% Rare Earth Oxide : High Fracture Toughness Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with Fiber-like Structure. American Ceramic Bulletin. Vol.65, No.9 (1986) : 1311-1315.
9. William A. Sanders, and Diane M. Mieskowski. Strength and Microstructure of Sintered Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with Rare-earth-oxide Additions. American Ceramic Bulletin. Vol.64, No.2 (1985) : 304-309.

10. Okamoto, Y., et al. Mechanical Properties and Oxidation Resistance of Silicon Nitride Produced from Low Purity  $\beta$ -powder. Journal of Ceramic Society of Japan. Int. Edition, Vol.103 (1995) : 709-712.
11. R. Knitter, E.Gunther, U. Maciejewski, and C. Odemer, Preparation of Ceramic Microstructures. Cfi/Ber. DKG. Vol.71, No.9 (1994) : 549-556.
12. D. R. Clarke, and G. Thomas. Microstructure of  $Y_2O_3$  Fluxed Hot-pressed Silicon Nitride. Journal of the American Ceramic Society. Vol.61, No.3-4 (1978) : 114-118.
13. G. Ziegler. Review Relationships Between Processing, Microstructure and Properties of Dense and Reaction-bonded Silicon Nitride. Journal of Materials Science. Vol.22 (1987) : 3041-3086.
14. S. Hampshire. The Role of Additive in the Pressureless Sintering of Nitrogen Ceramics for Engine Application. Metal Forum. Vol.7, No.3 (1984) : 162-170.
15. F. Galasso, and R. Veltri. Sintering of  $Si_3N_4 \cdot 15Y_2O_3$  Under High  $N_2$  Pressure. American Ceramic Bulletin. Vol.58, No.8 (1979) : 793-794.
16. F. S. Galasso, and R. D. Veltri. Sintering of  $Si_3N_4 \cdot Y_2O_3$  Under Nitrogen Pressure. Journal of the American Ceramic Society. Vol.64, No.1 (1981) : C-15 – C-16.
17. A. Giachello, P. C. Martinengo, and G.Tommasini. Sintering and Properties of Silicon Nitride Containing  $Y_2O_3$  and MgO. Journal of Materials Science. Vol.59, No.12 (1982) : 1212-1215.
18. Sano, S. , et al. Slip Casting of Silicon Nitride and Mechanical Properties of Sintered Body (Part 4). Journal of Ceramic Society of Japan. Int. Edition, Vol.101 (1993) : 916-919.
19. J. Thomas Smith, and Carr Lane Quackenbush. Phase Effects in  $Si_3N_4$  Containing  $Y_2O_3$  or  $CeO_2$  : I Strength. American Ceramic Bulletin. Vol.59, No.5 (1980) : 529-532,537.
20. Aien Arias. Pressureless Sintered SIALON With Low Amounts of Sintering Aid. Journal of Materials Science. Vol.14 (1979) :1353-1360.
21. L. Schonfelder, S. Roth, G. Wotting, E. Gugel, and Rodental. Injection Molded  $Si_3N_4$  Structural Components. Cfi/Ber. DKG. Vol.74, No.3 (1997) : 141-145.

23. Zhen-Kun Huang. Pressureless Sintering of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Ceramic Using AlN and Rear-earth Oxides. Journal of the American Ceramic Society. Vol.80, No.5 (1997) : 1256-1262.
24. George D. Quinn. Strength and Proof Testing. Advanced in Ceramics, 585-598 : American Ceramic Society,1994.
25. Kamal E. Amin. Toughness, Hardness, and Wear. Advanced in Ceramics, 599-609 : American Ceramic Society,1994.
26. O. P. Chakrabarti, P. K. Das, and J. Mukerji. Influence of Free Silicon Content on the Microhardness of RBSiC. Cfi/Ber. DKG. Vol.74, No.2 (1997) 98-101.
27. John A. Mangels. Densification of Reaction-bonded Silicon Nitride. American Ceramic Bulletin. Vol.59, No.12 (1980) : 1216-1218, 1222.
28. C. CM. WU. Oxidation Weight Gain Strength Degradation of  $\text{Si}_3\text{N}_4$  with Various Additives. . Journal of Materials Science. Vol.16 (1981) : 3099-3104.
29. Carr Lane Quackenbush and J. Thomas Smith. Phase Effects in  $\text{Si}_3\text{N}_4$  Containing  $\text{Y}_2\text{O}_3$  or  $\text{CeO}_2$  : II Oxidation. American Ceramic Bulletin. Vol.59, No.5 (1980) : 533-537.
30. Hisayuki Suematsu, and Mamoru Mitomo. The  $\alpha$ - $\beta$  Transformation in Silicon Nitride Single Crystals. Journal of the American Ceramic Society. Vol.80, No.3 (1997) : 615-620
31. ธนวัฒน์ อรรถเดชดำรง. การขึ้นรูปซิลิคอนไนไตรต์โดยกระบวนการ HIP. ปรญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1995.
32. William E. Lee, and W. Mark Rainforth. Ceramic Microstructures: Chapman & Hall, 1994
33. E. F. Osborn, and Amulf Muan. Phase Equilibrium Diagrams of Oxide Systems: The American Ceramic Society and the Edward Orton, Jr.,1960.
34. รศ. ชูศรี วงศ์รัตนะ. เทคนิคการให้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : เทพเนรมิตการพิมพ์, 2541.



ภาคผนวก ก  
ข้อมูลจากการทดสอบความต้านทานแรงดัดแบบ Three Point Bending

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex Instron Corporation  
 Operator name: Operator Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Sample Identification: 1 Test Date: Sunday, March 26, 1900  
 Interface Type: 5500

Sample Rate (pts/secs): 10.0000 Humidity (%): 50  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min Temperature: 25 C  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Sample comments: 1  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	156182.734	615.667	0.498	3.940	3.040	30.000
2	196559.234	594.846	0.481	3.940	3.040	30.000
3	191931.844	705.186	0.571	3.940	3.040	30.000
Mean	181557.937	638.566	0.517	3.940	3.040	30.000
S.D.	22097.033	58.626	0.047	0	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 2  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pta/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 2  
 3 point

	Modulus (AutYoung) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	191380.516	391.058	0.308	3.940	3.000	30.000
2	204809.203	512.043	0.409	3.940	3.020	30.000
3	198853.000	475.795	0.383	3.920	3.040	30.000
Mean	198347.578	459.632	0.367	3.933	3.020	30.000
S.D.	6728.594	62.091	0.052	0.012	0.020	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 3  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 3  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	204785.859	561.665	0.454	3.940	3.040	30.000
2	201582.672	661.875	0.536	3.940	3.040	30.000
3	203069.719	627.993	0.511	3.960	3.040	30.000
Mean	203146.094	617.178	0.500	3.947	3.040	30.000
S.D.	1602.955	50.973	0.042	0.012	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 4  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 4  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	205747.078	537.992	0.424	3.940	3.000	30.000
2	193398.203	576.924	0.457	3.960	3.000	30.000
3	199416.563	304.604	0.246	3.940	3.040	30.000
Mean	199520.609	473.173	0.376	3.947	3.013	30.000
S.D.	6175.092	147.277	0.113	0.012	0.023	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 5  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

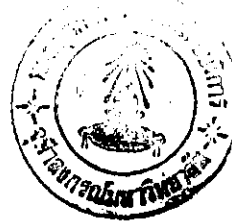
Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity ( % ): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 5  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	200331.750	716.879	0.575	3.960	3.020	30.000
2	192813.609	665.707	0.525	3.940	3.000	30.000
3	186068.453	445.572	0.361	3.940	3.040	30.000
Mean	193071.281	609.386	0.487	3.947	3.020	30.000
S.D.	7135.144	144.156	0.112	0.012	0.020	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 6  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 6  
 3 point

	Modulus (AutYoung) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	202345.266	659.031	0.539	3.980	3.040	30.000
2	208979.500	532.279	0.433	3.960	3.040	30.000
3	203341.859	593.125	0.482	3.960	3.040	30.000
Mean	204888.875	594.812	0.485	3.967	3.040	30.000
S.D.	3577.465	63.393	0.053	0.012	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 7  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 7  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	210575.578	480.043	0.388	3.940	3.040	30.000
2	200894.750	575.463	0.470	3.980	3.040	30.000
3	204159.875	424.707	0.345	3.960	3.040	30.000
Mean	205210.078	493.404	0.401	3.960	3.040	30.000
S.D.	4925.113	76.261	0.063	0.020	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex Instron Corporation  
 Operator name: Operator Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Sample Identification: 8 Test Date: Sunday, March 26, 1900  
 Interface Type: 5500

Sample Rate (pts/seca): 10.0000 Humidity (%): 50  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min Temperature: 25 C  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Sample comments: 8  
 3 point

	Modulus (AutYoung) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	205321.937	483.826	0.354	3.560	3.040	30.000
2	203177.219	854.402	0.625	3.560	3.040	30.000
3	203308.531	792.664	0.569	3.540	3.020	30.000
Mean	203935.891	710.298	0.516	3.553	3.033	30.000
S.D.	1202.139	198.544	0.143	0.012	0.012	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 9  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 9  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	196166.688	599.950	0.485	3.940	3.040	30.000
2	196450.750	623.267	0.507	3.960	3.040	30.000
3	200513.703	503.003	0.409	3.960	3.040	30.000
Mean	197710.391	575.407	0.467	3.953	3.040	30.000
S.D.	2431.894	63.778	0.051	0.012	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 10  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Test Date: Sunday, March 26, 1900

Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 10  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	208072.344	787.949	0.621	3.940	3.000	30.000
2	196969.047	803.157	0.653	3.960	3.040	30.000
3	203088.625	859.251	0.686	3.940	3.020	30.000
Mean	202710.000	816.786	0.653	3.947	3.020	30.000
S.D.	5561.326	37.554	0.033	0.012	0.020	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex Instron Corporation  
 Operator name: Operator Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Sample Identification: 11 Test Date: Sunday, March 26, 1900  
 Interface Type: 5500

Sample Rate (pts/secs): 10.0000 Humidity (%): 50  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min Temperature: 25 C  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Sample comments: 11  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	204689.594	815.570	0.663	3.960	3.040	30.000
2	204650.859	610.210	0.494	3.940	3.040	30.000
Mean	204670.234	712.890	0.579	3.950	3.040	30.000
S.D.	27.390	145.212	0.120	0.014	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Silicon nitride Test

Test type: Flex Instron Corporation  
 Operator name: Operator Series IX Automated Materials Testing System 7.26.00  
 Sample Identification: 12 Test Date: Sunday, March 26, 1900  
 Interface Type: 5500

Sample Rate (pts/secs): 10.0000 Humidity (%): 50  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min Temperature: 25 C  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Sample comments: 12  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	189074.469	526.219	0.415	3.940	3.000	30.000
2	176484.891	510.020	0.402	3.940	3.000	30.000
3	195522.641	657.846	0.518	3.940	3.000	30.000
Mean	187027.328	564.695	0.445	3.940	3.000	30.000
S.D.	9682.563	81.077	0.064	0	0	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## Silicon nitride Test

Test type: Flex  
 Operator name: Operator  
 Sample Identification: 11-1  
 Interface Type: 5500

Instron Corporation  
 Series IX Automated Materials Testing System . 7.26.00  
 Test Date: Wednesday, January 10, 1990


Sample Rate (pts/secs): 10.0000  
 Crosshead Speed: 0.5000 mm/min  
 2nd Crosshead Speed: 0.0000 mm/min  
 Full Scale Load Range: 5.000 kN

Humidity (%): 50  
 Temperature: 25 C

Sample comments: 11/1  
 3 point

	Modulus (Aut Young) (MPa)	Stress at Yield (Max Load) (MPa)	Load at Yield (Max Load) (kN)	Width (mm)	Depth (mm)	Span (mm)
1	206334.750	645.560	0.522	3.940	3.040	30.000
2	89161.016	403.740	0.571	3.940	4.020	30.000
Mean	147747.891	524.650	0.547	3.940	3.530	30.000
S.D.	82854.344	170.993	0.035	0	0.693	0

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

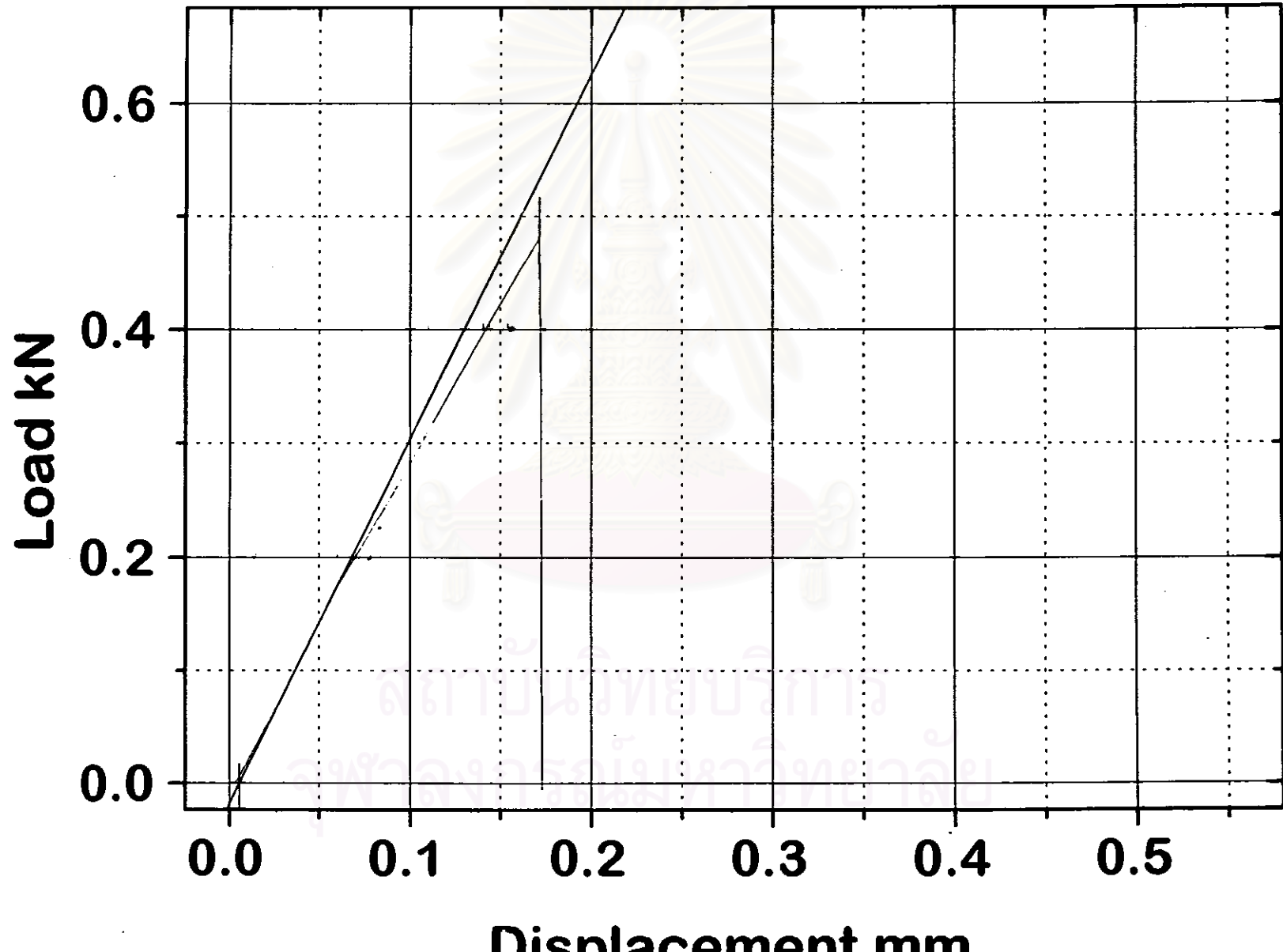
กราฟความสัมพันธ์ของ Load กับ Displacement จากการทดสอบ ความต้านทานแรงดัดแบบ

Three Point Bending

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

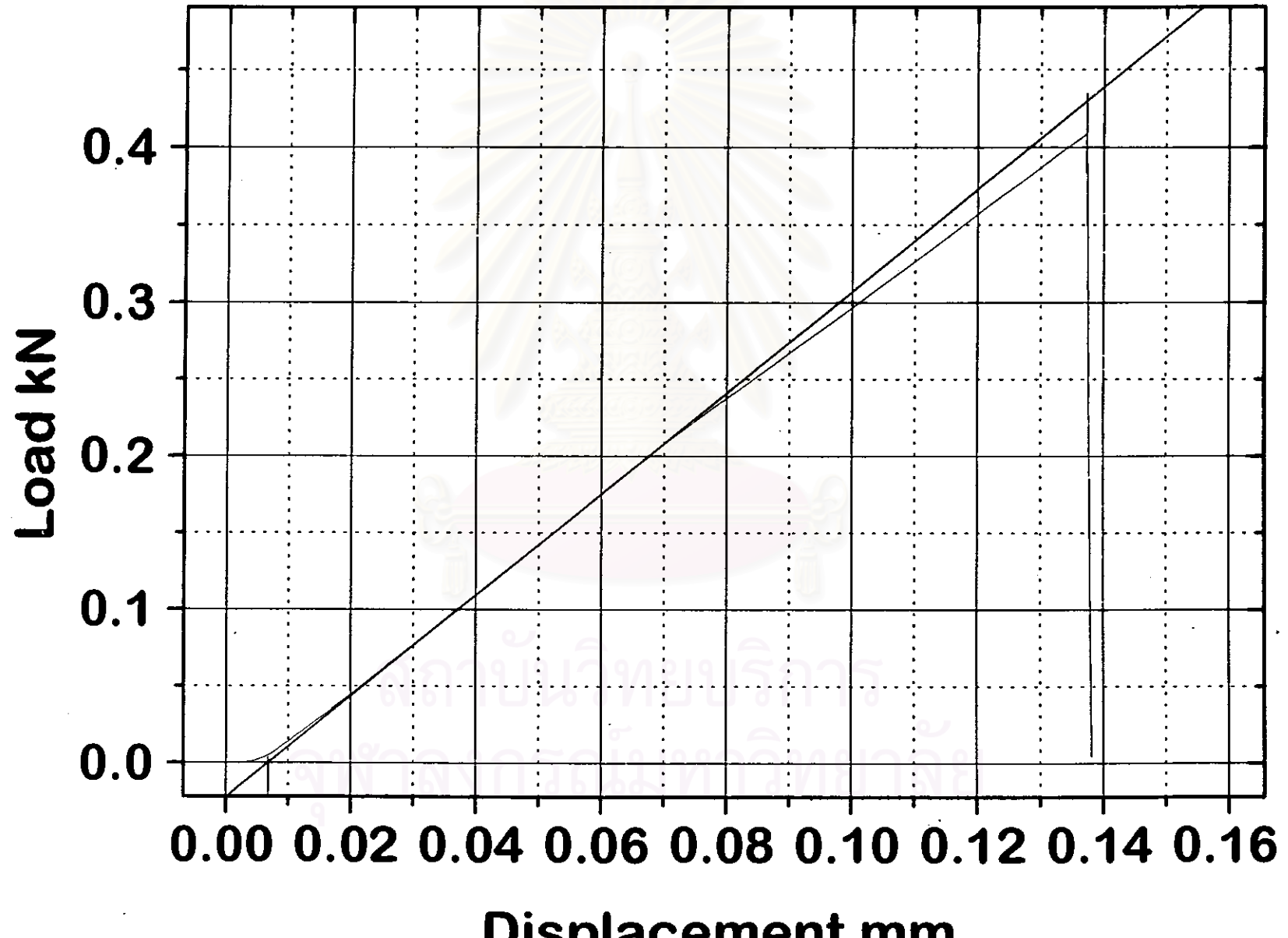
**Sample ID: 1**

**Specimen: 2**



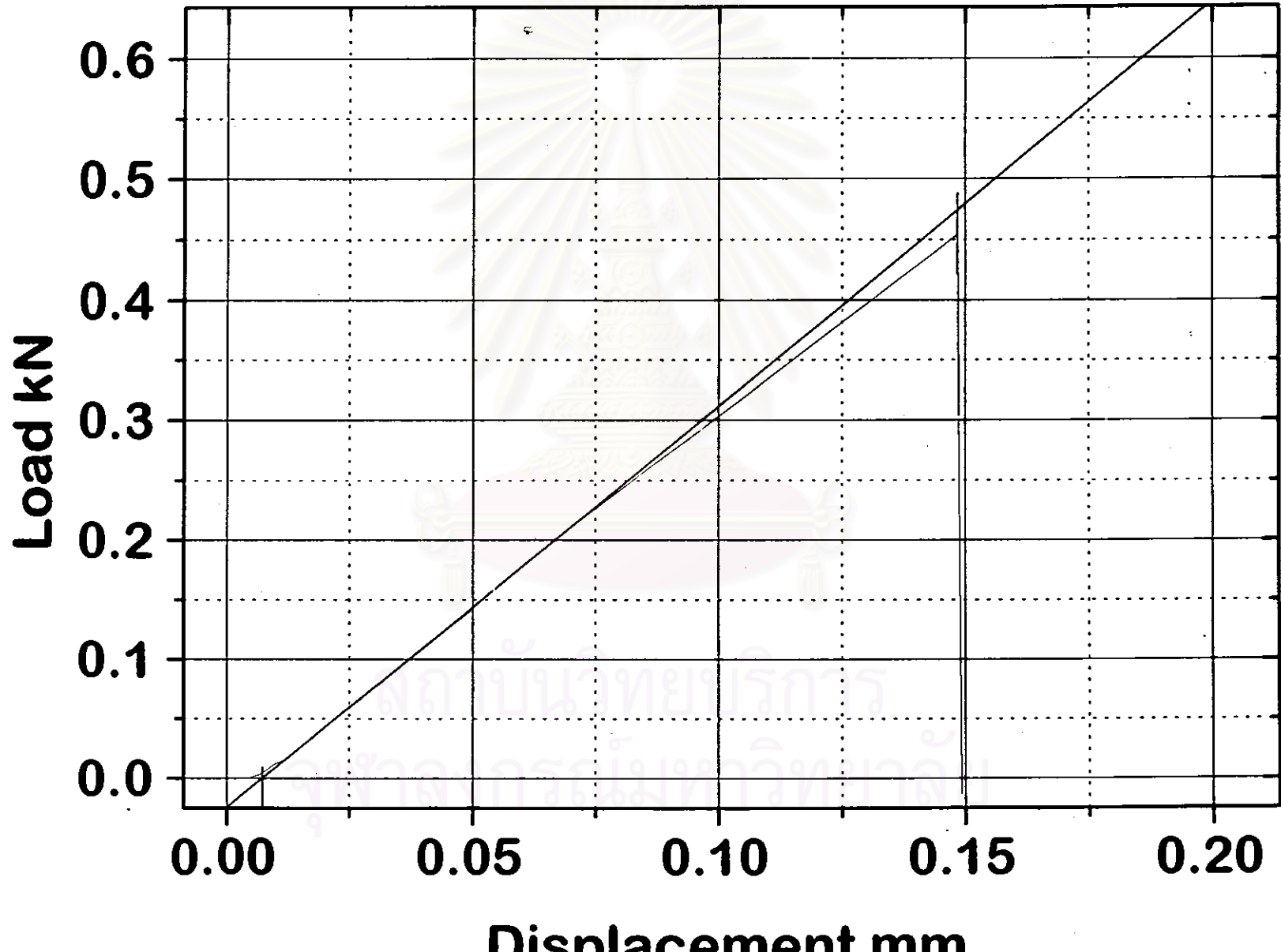
**Sample ID: 2**

**Specimen: 2**



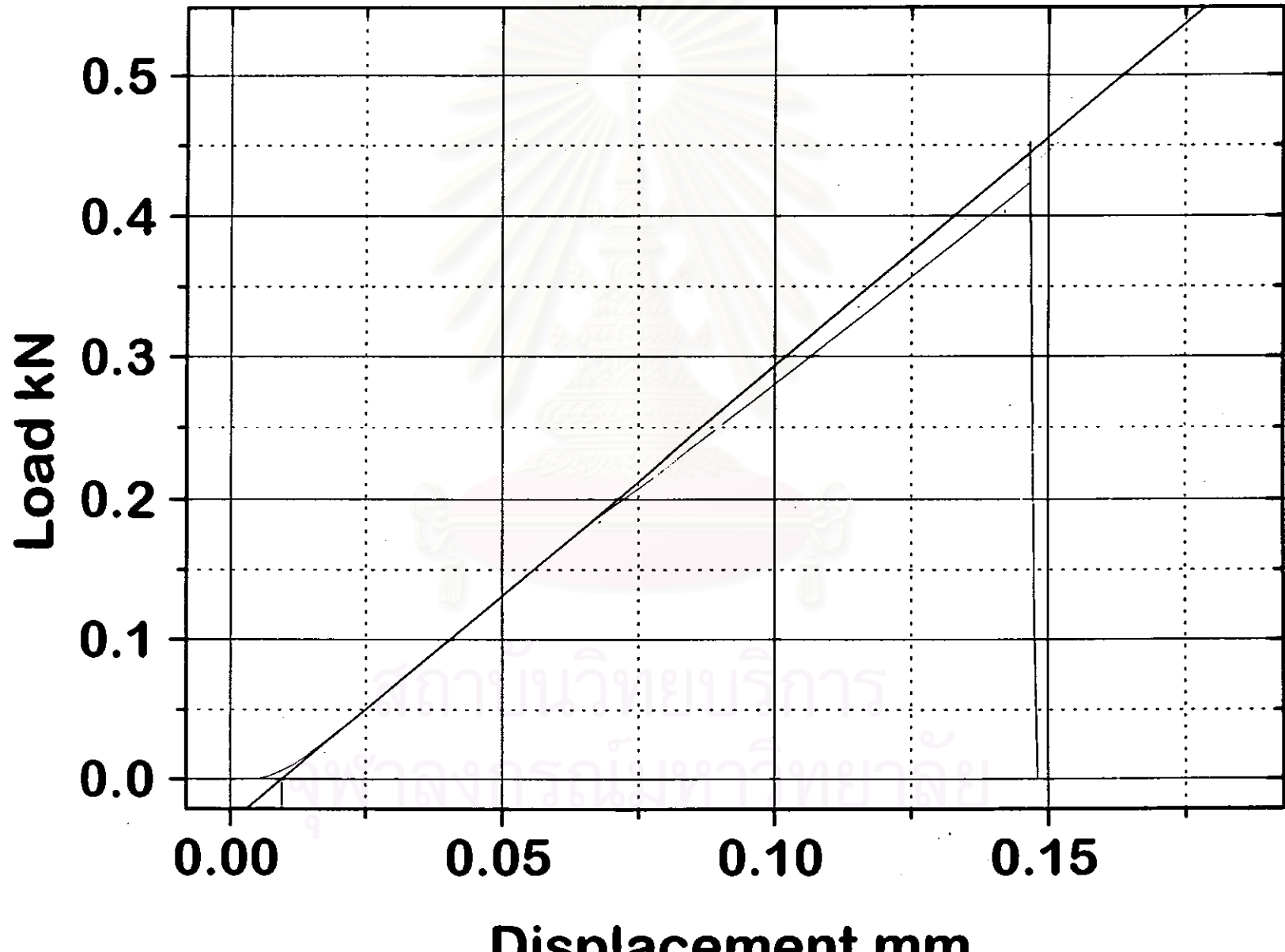
**Sample ID: 3**

**Specimen: 1**



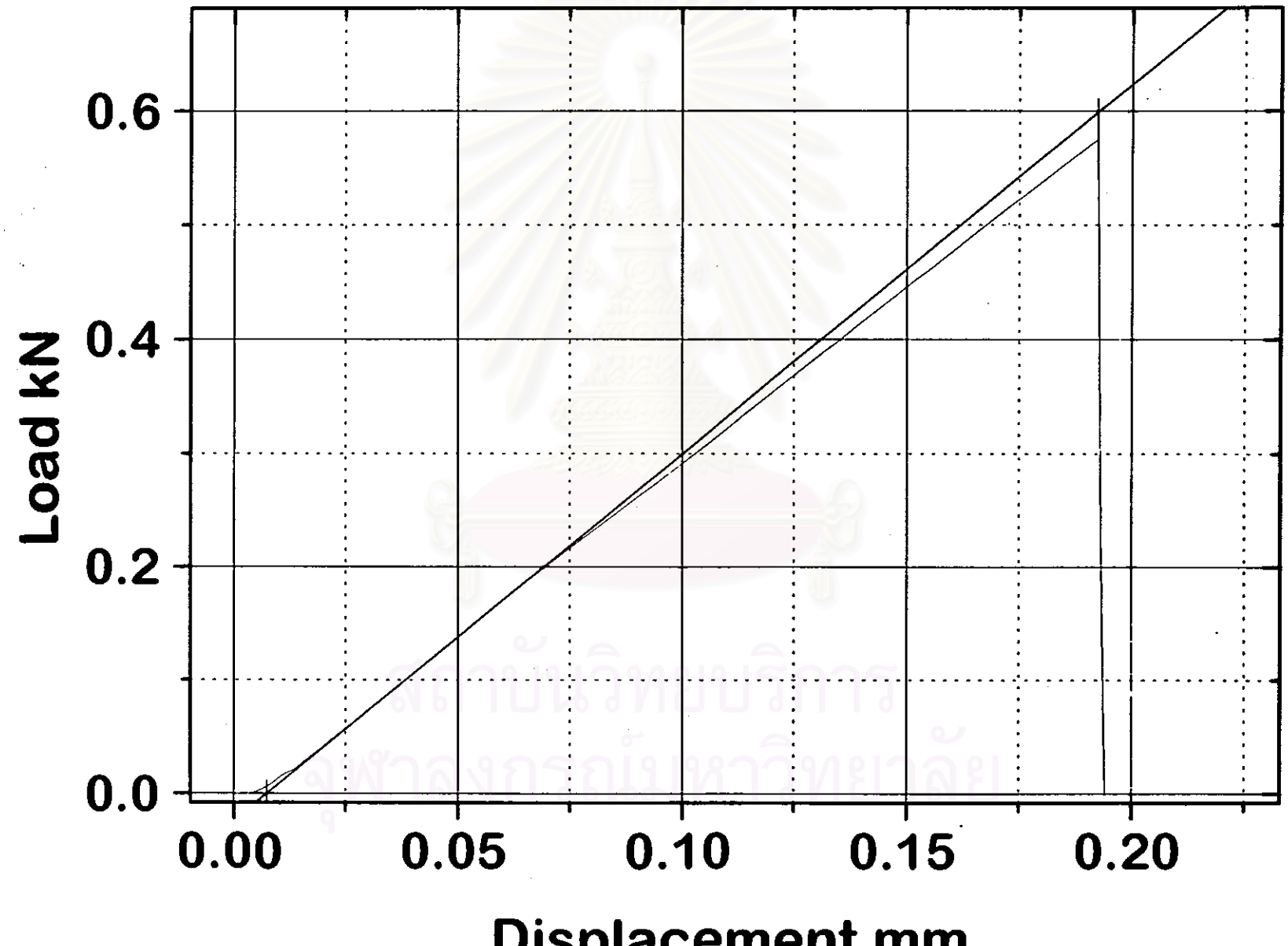
**Sample ID: 4**

**Specimen: 1**



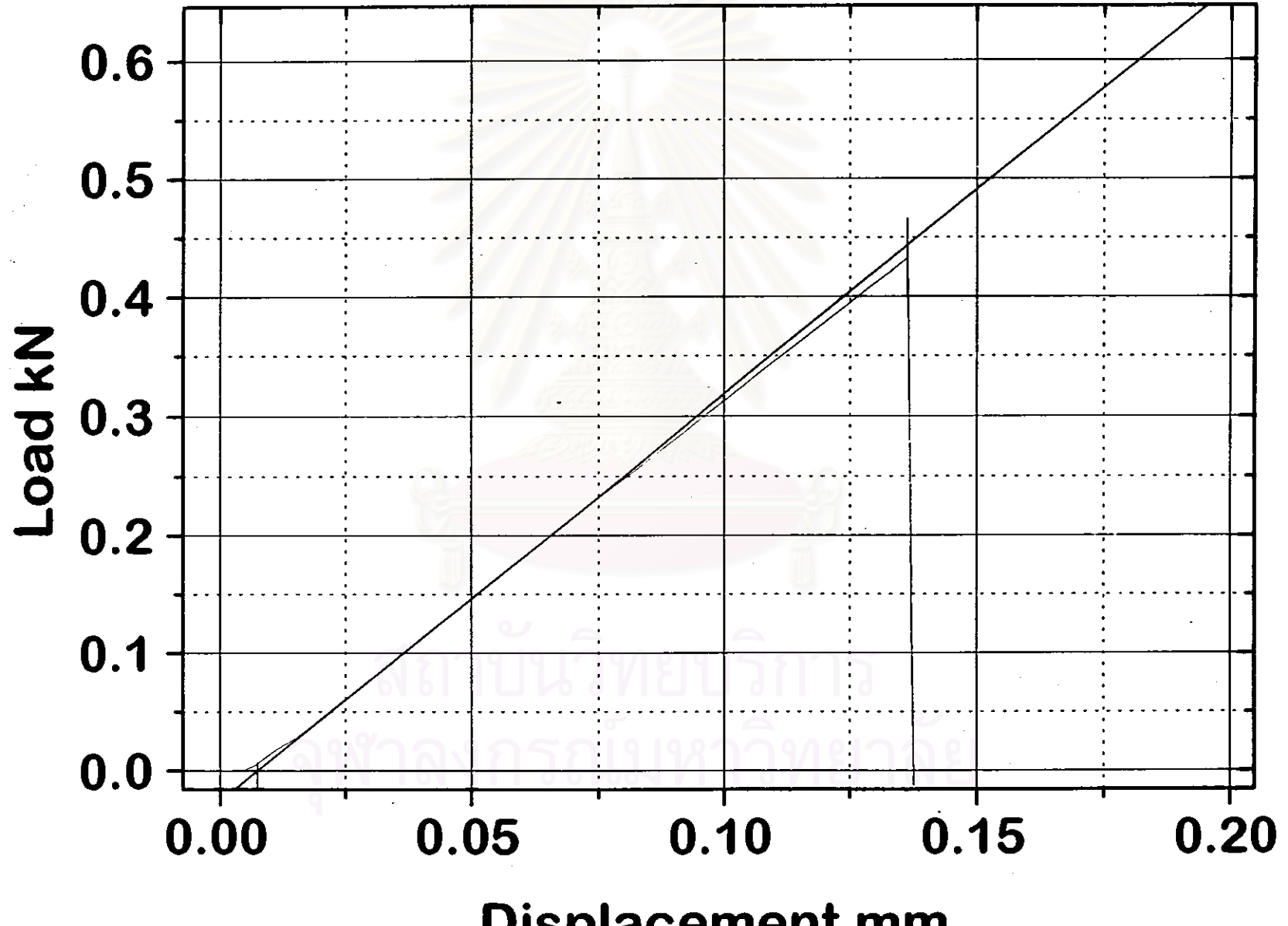
**Sample ID: 5**

**Specimen: 1**



**Sample ID: 6**

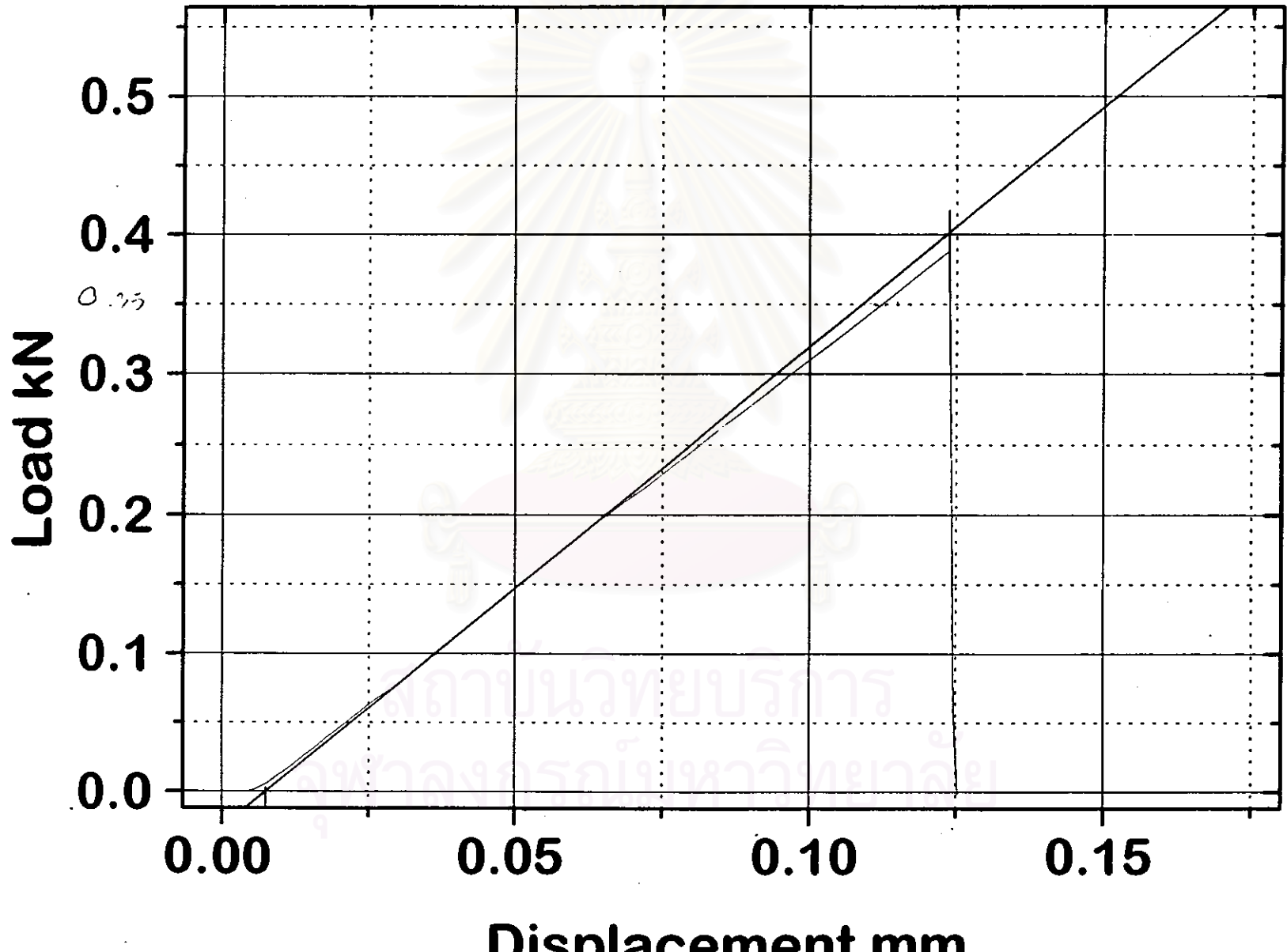
**Specimen: 2**





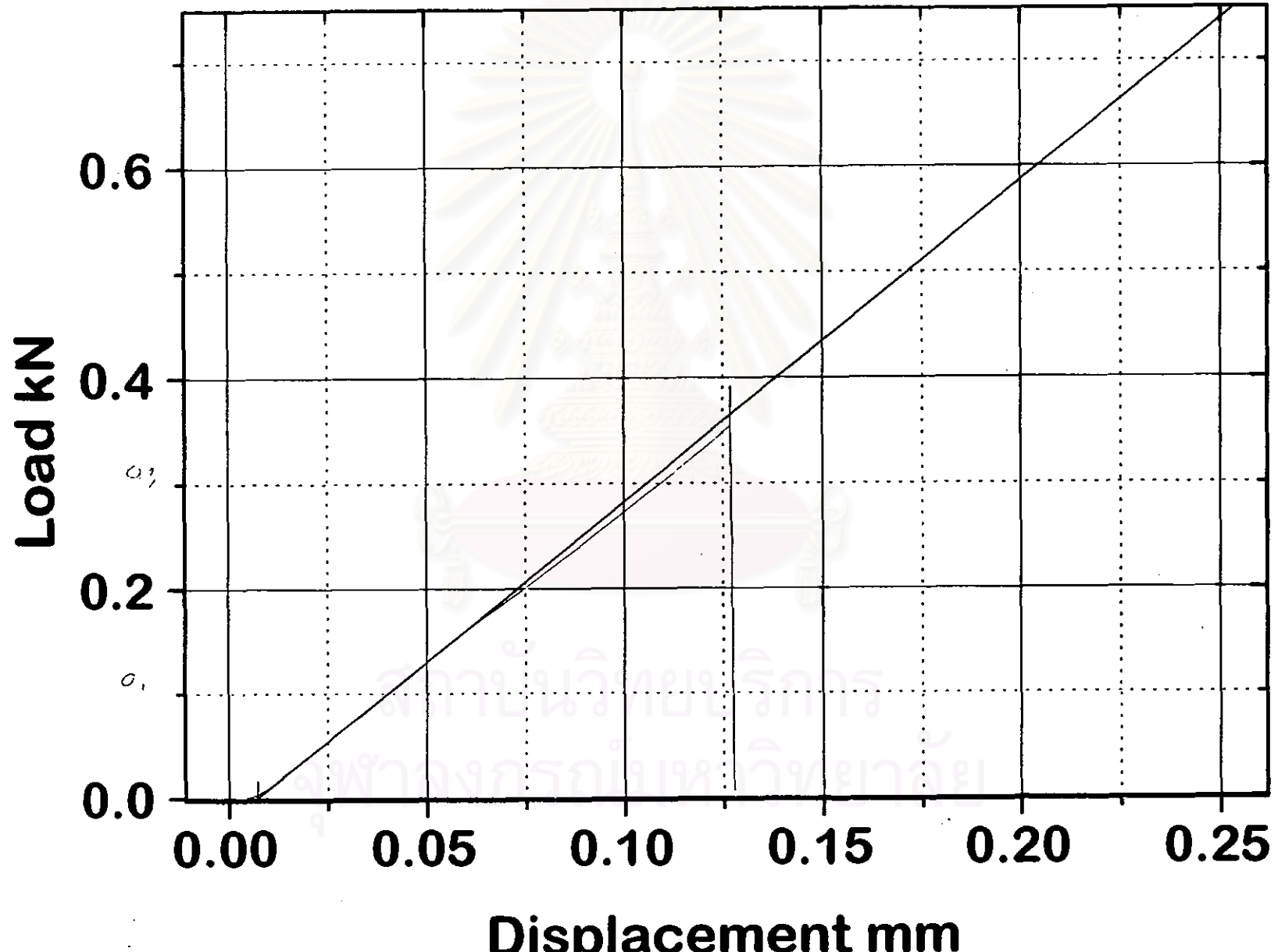
**Sample ID: 7**

**Specimen: 1**



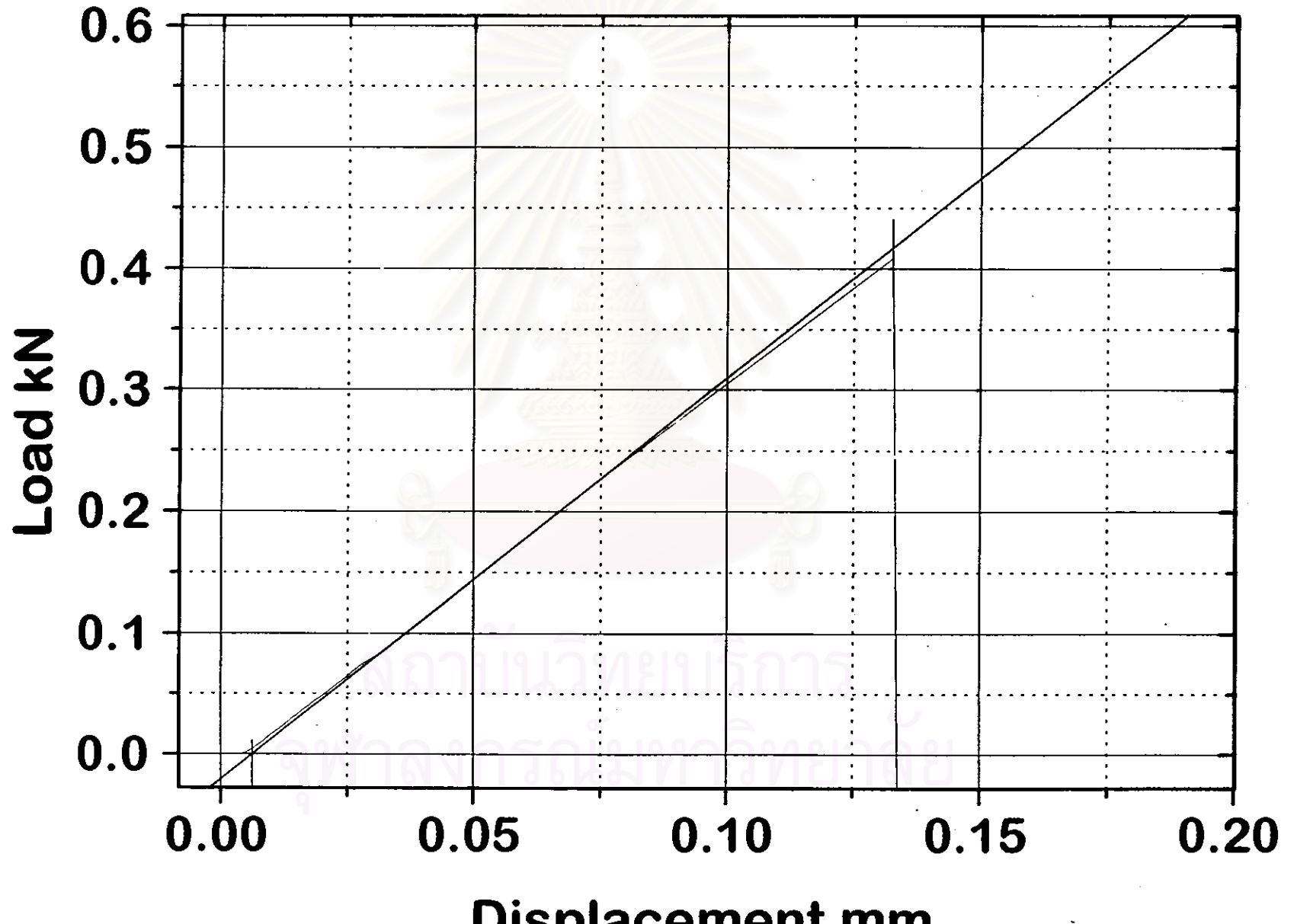
**Sample ID: 8**

**Specimen: 1**



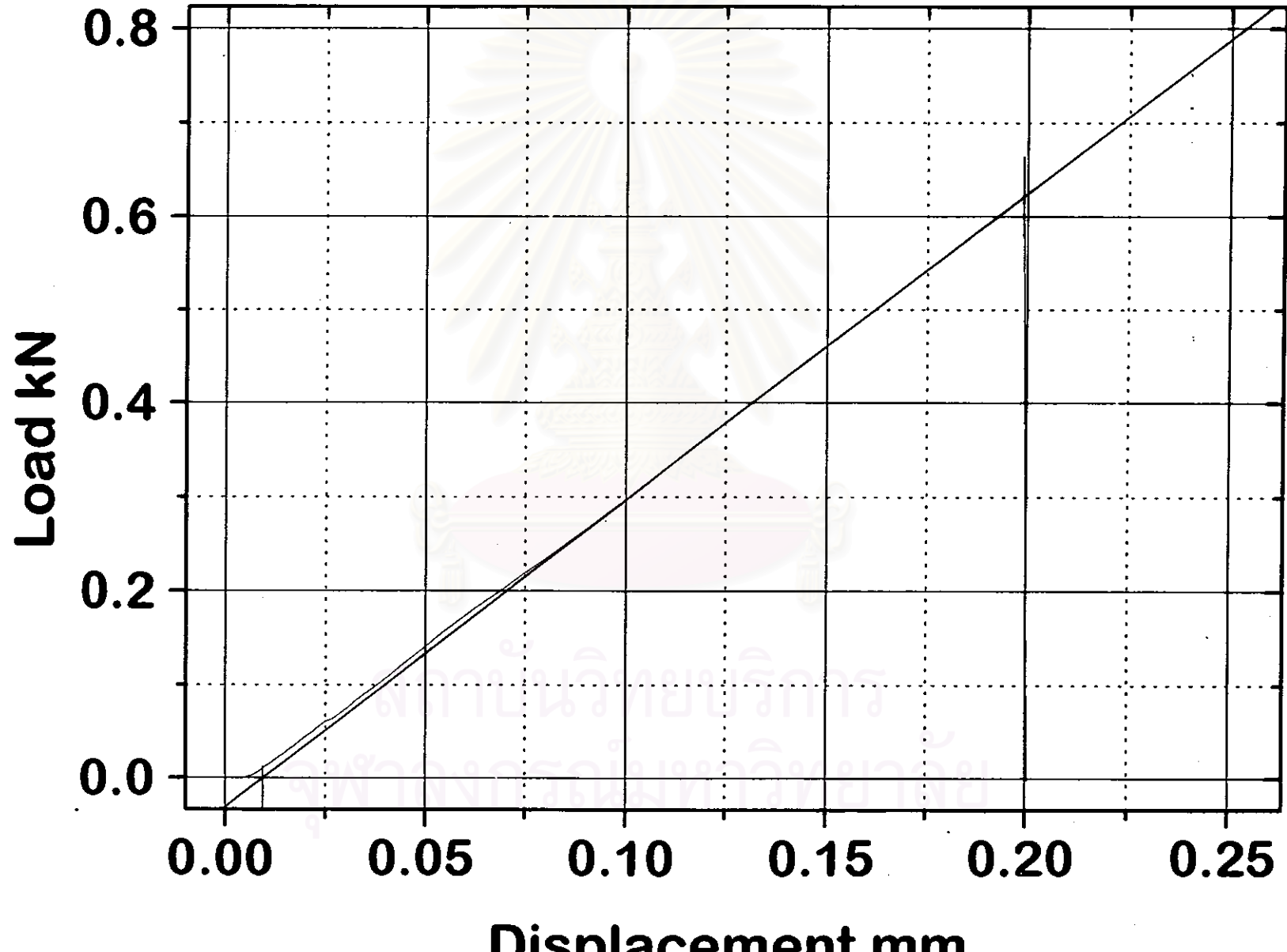
**Sample ID: 9**

**Specimen: 3**



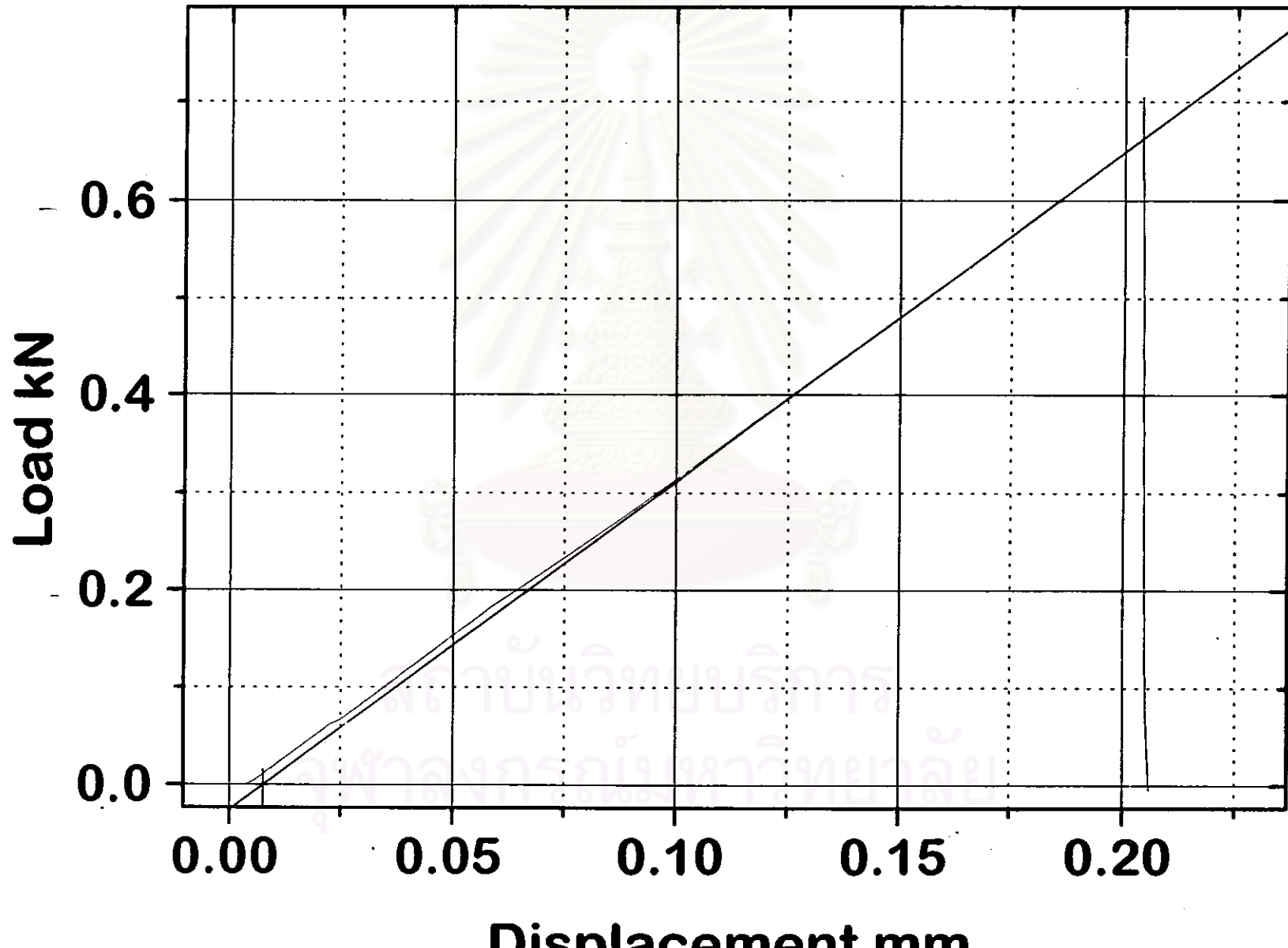
**Sample ID: 10**

**Specimen: 1**



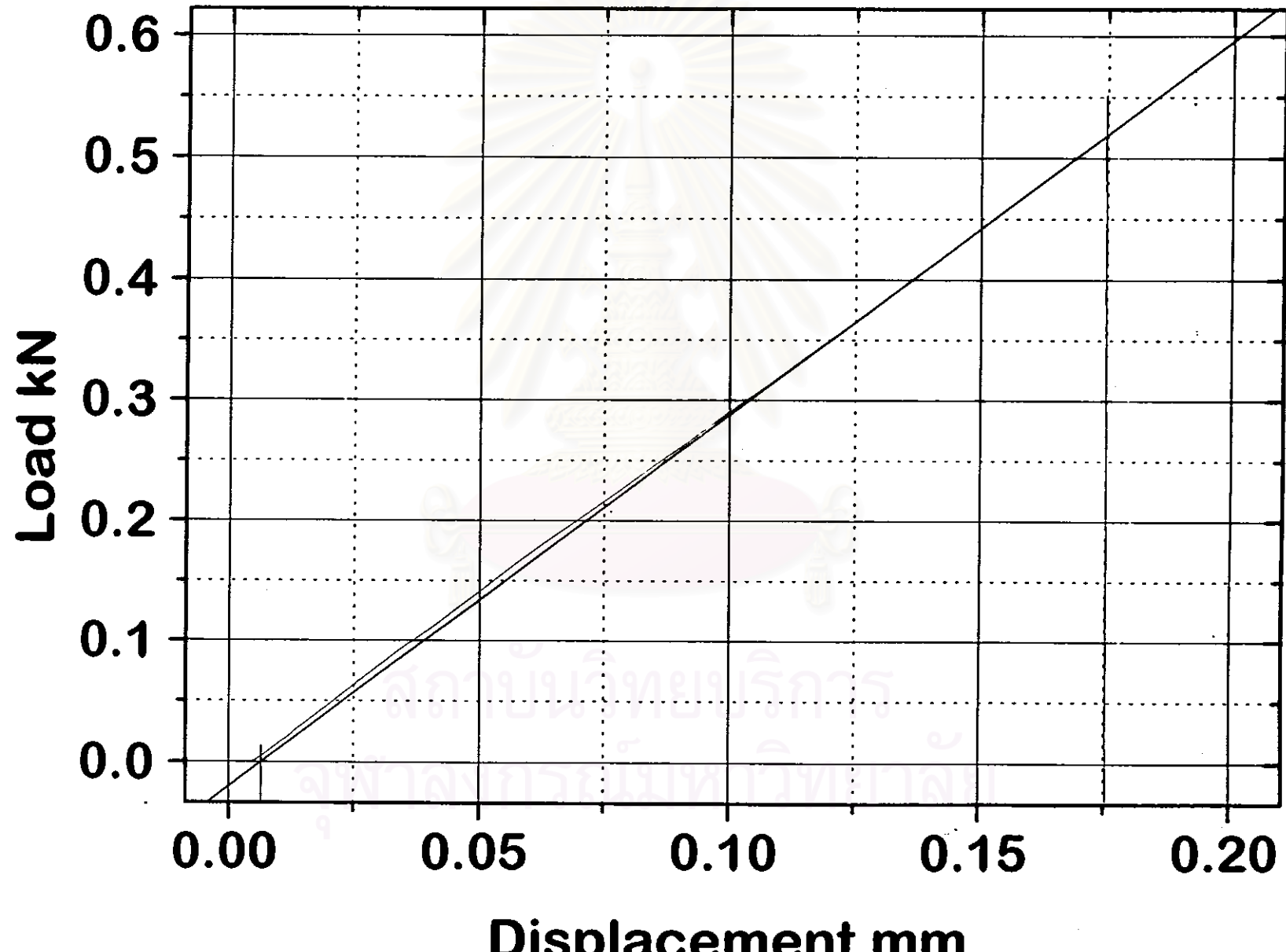
**Sample ID: 11**

**Specimen: 1**



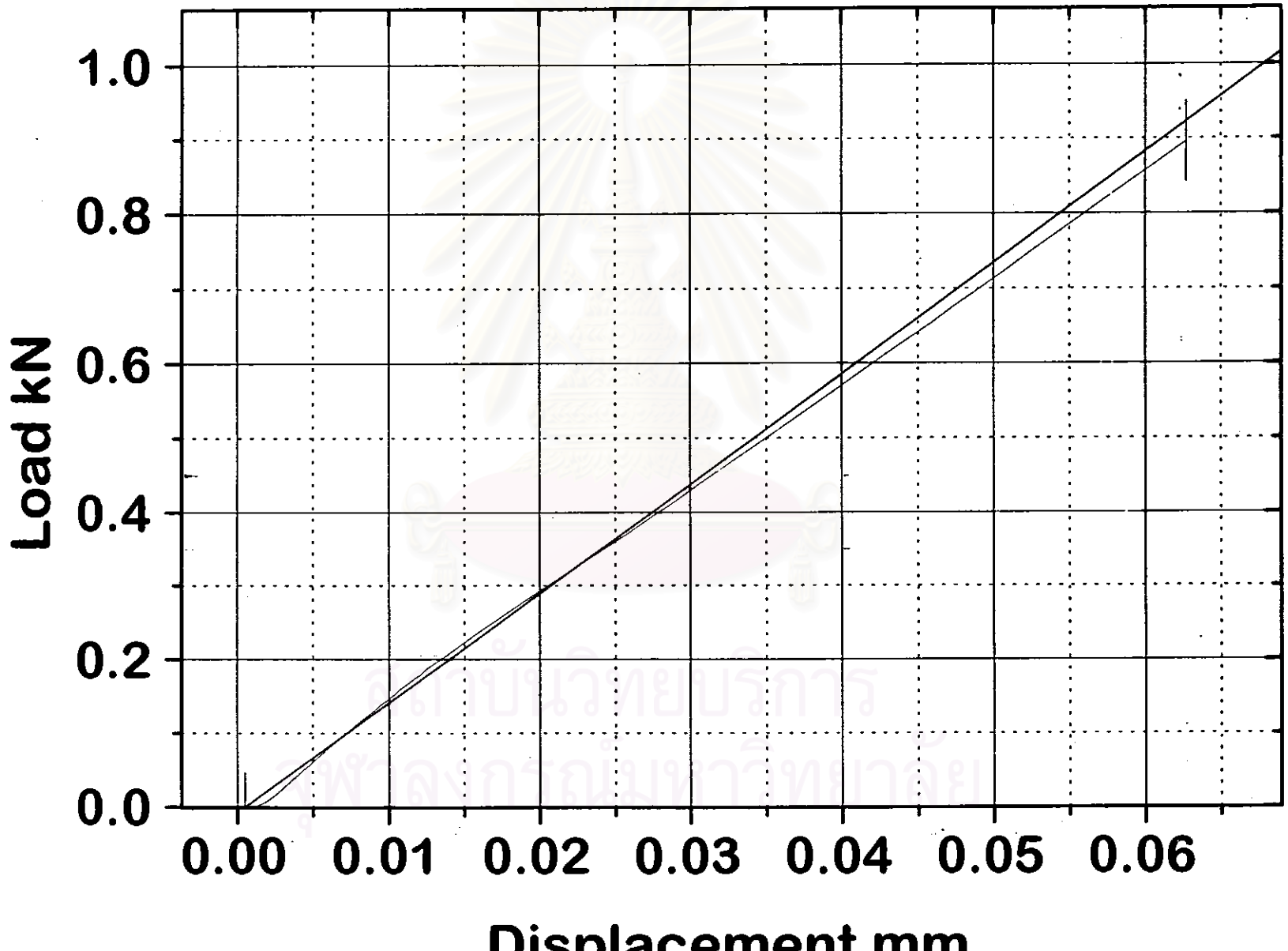
**Sample ID: 12**

**Specimen: 3**



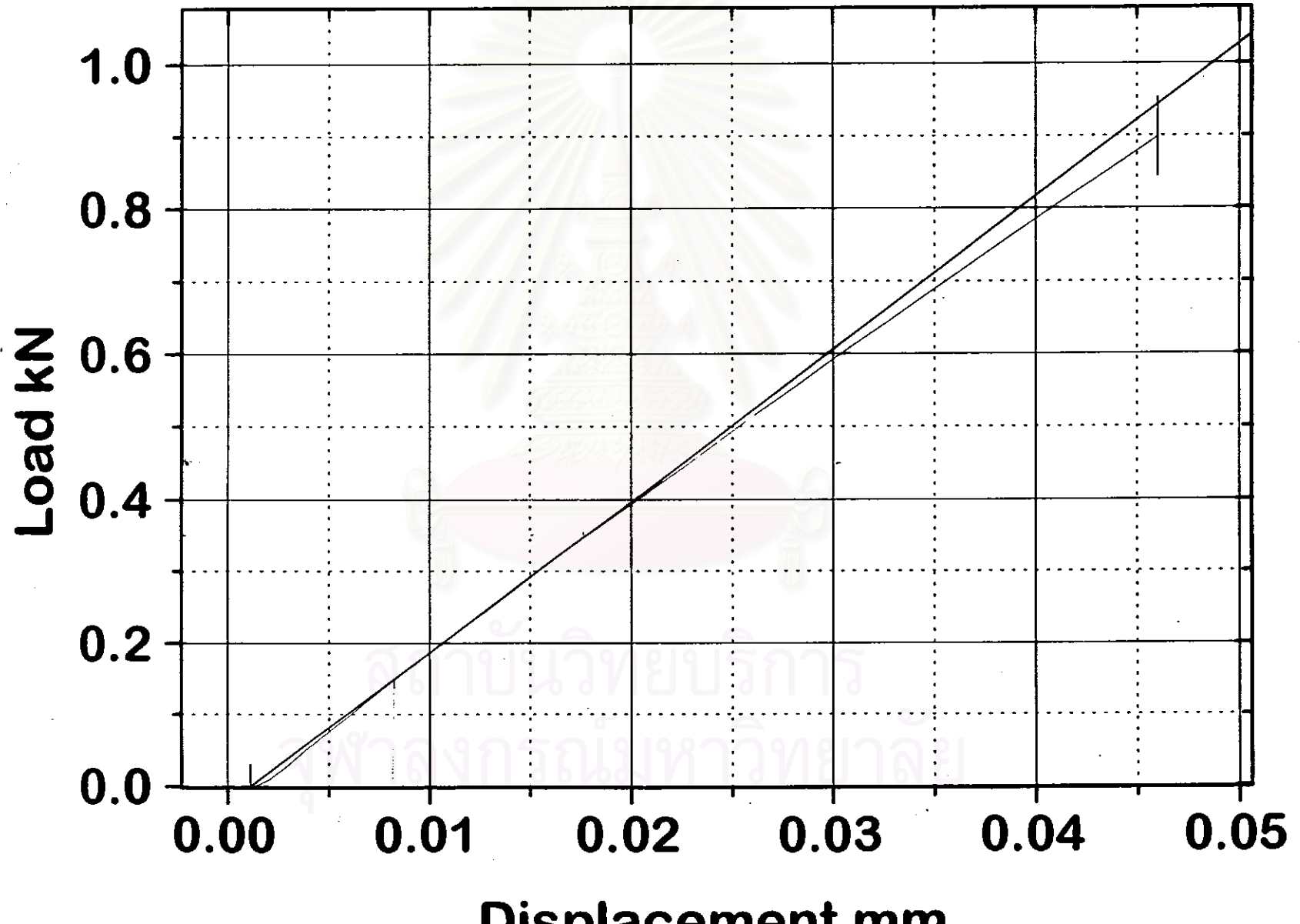
**Sample ID: YY**

**Specimen: 1**



**Sample ID: HH1**

**Specimen: 1**

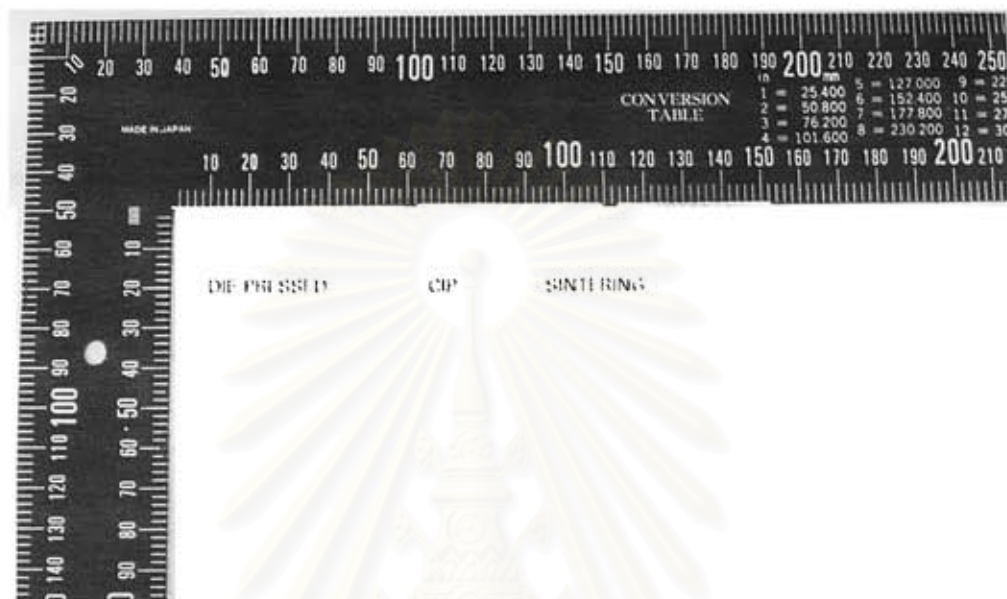




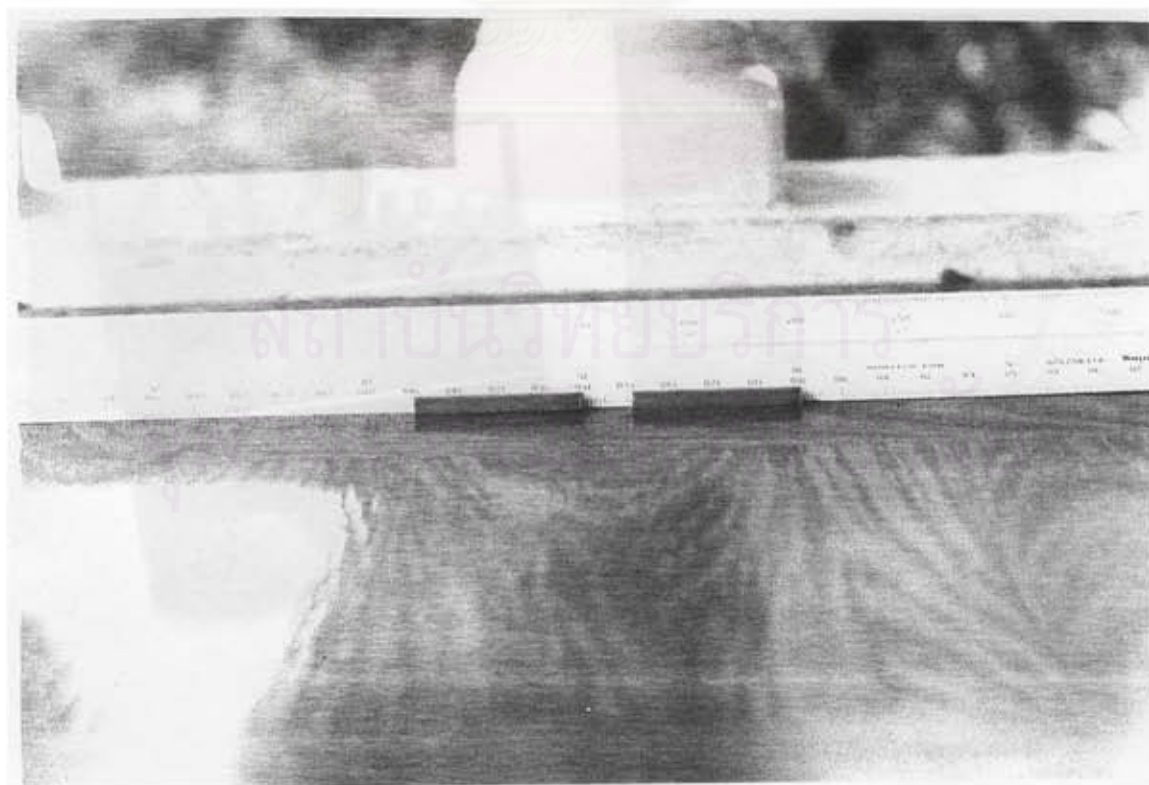


ภาคผนวก ค  
ภาพชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

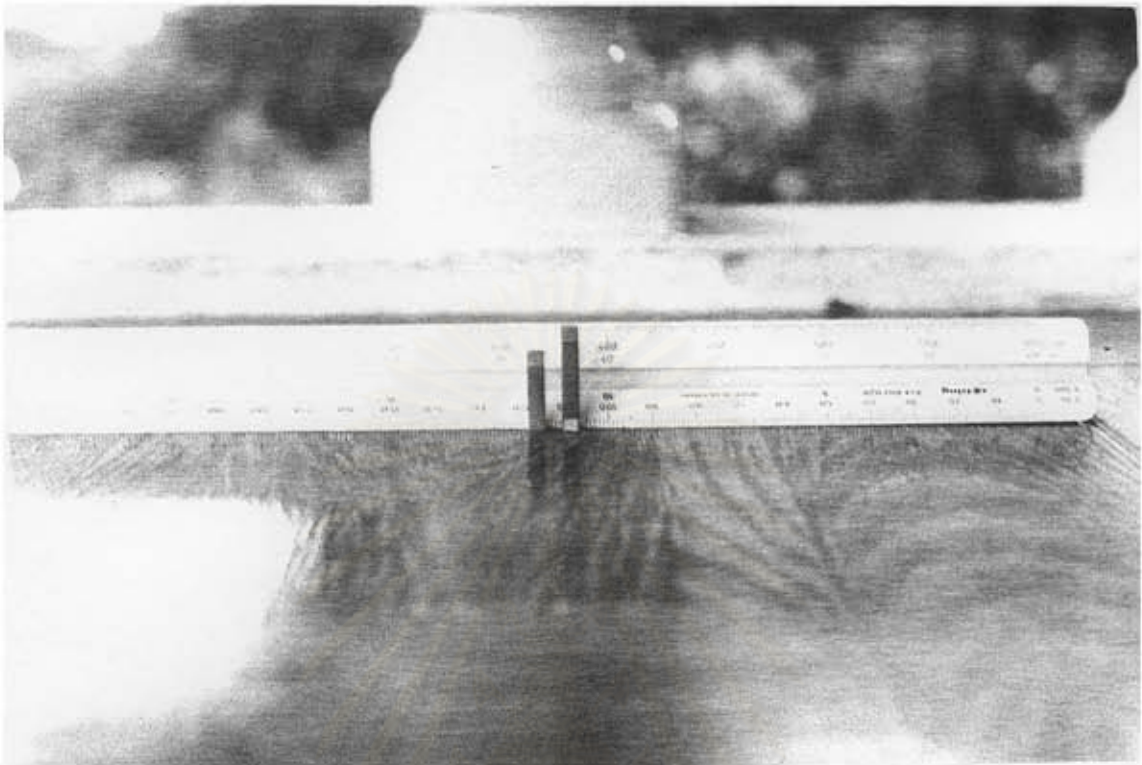
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



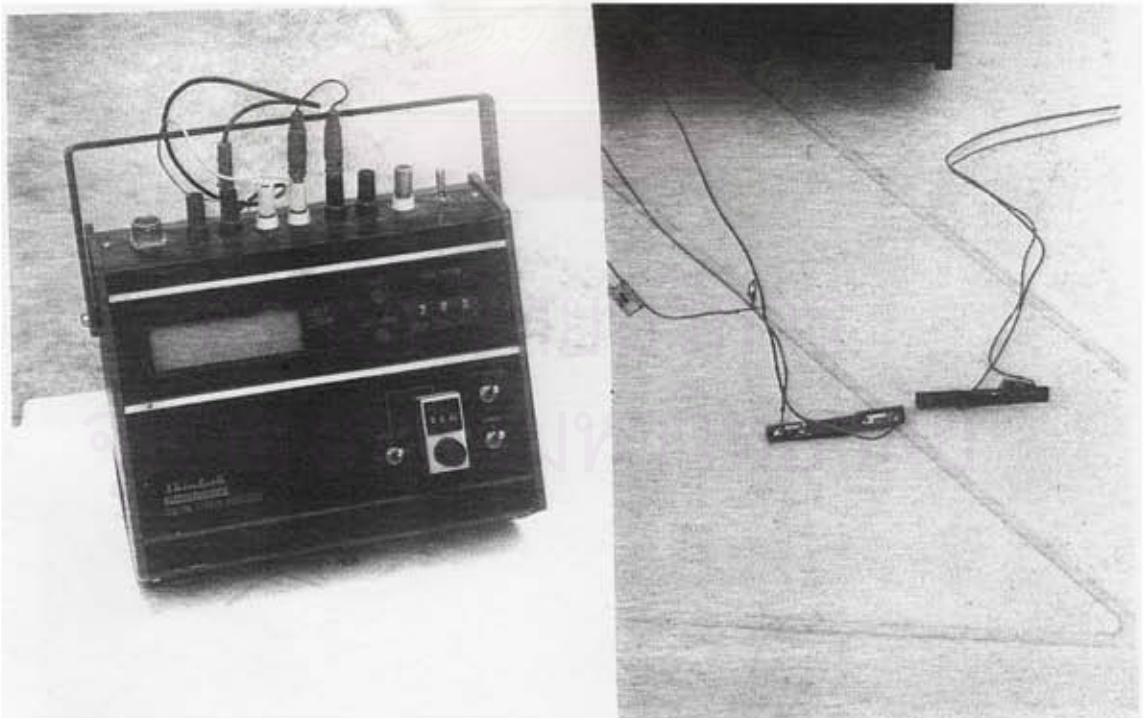
ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์, การอัดทุกทิศทางและหลังจากการขึ้นเทอร์



ชิ้นงานที่ผ่านการเจียรไนเพื่อเตรียมการทดสอบ Bending



ภาพชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบ Bending

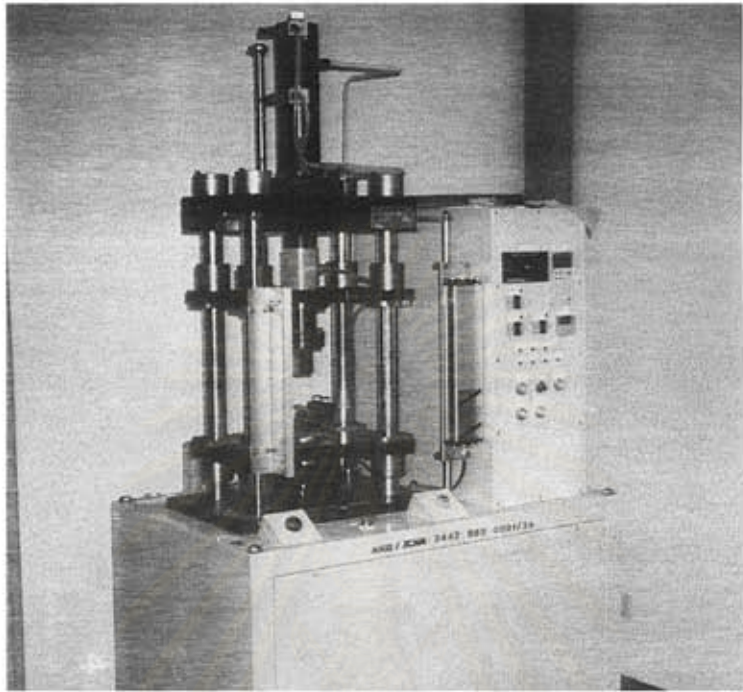


ชิ้นงานที่เตรียมการทดสอบหา Modulus ด้วยวิธี Strain Gauge

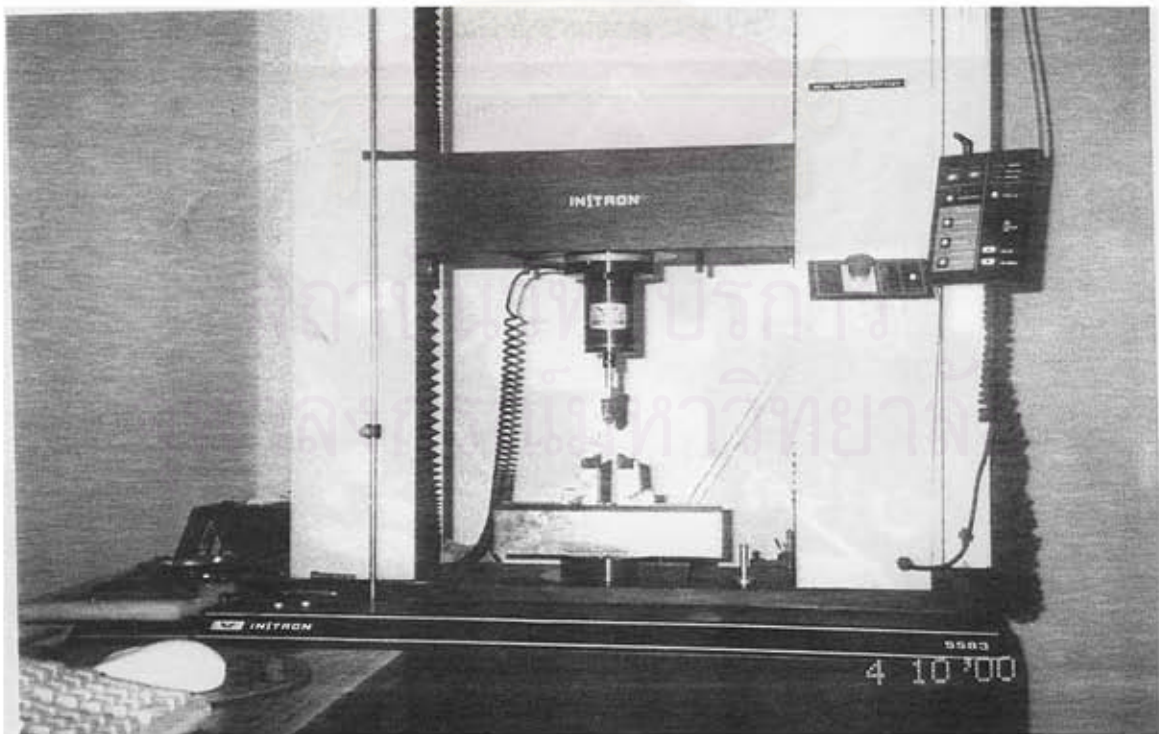


ภาคผนวก ง  
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

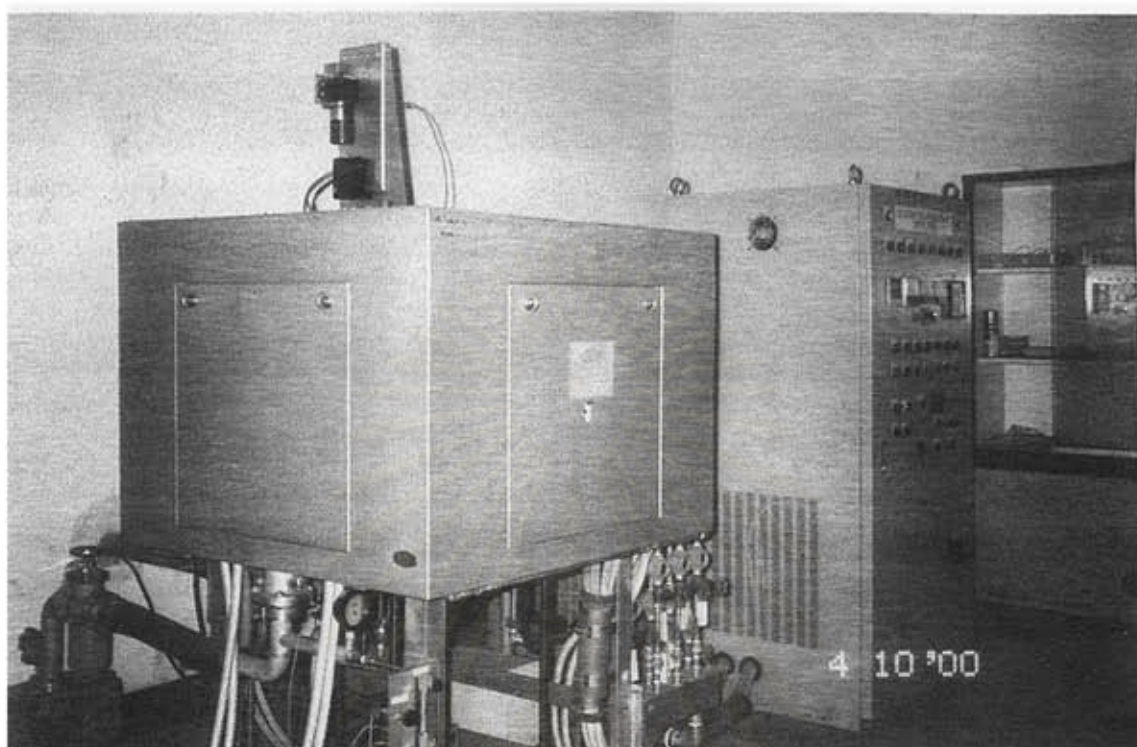
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



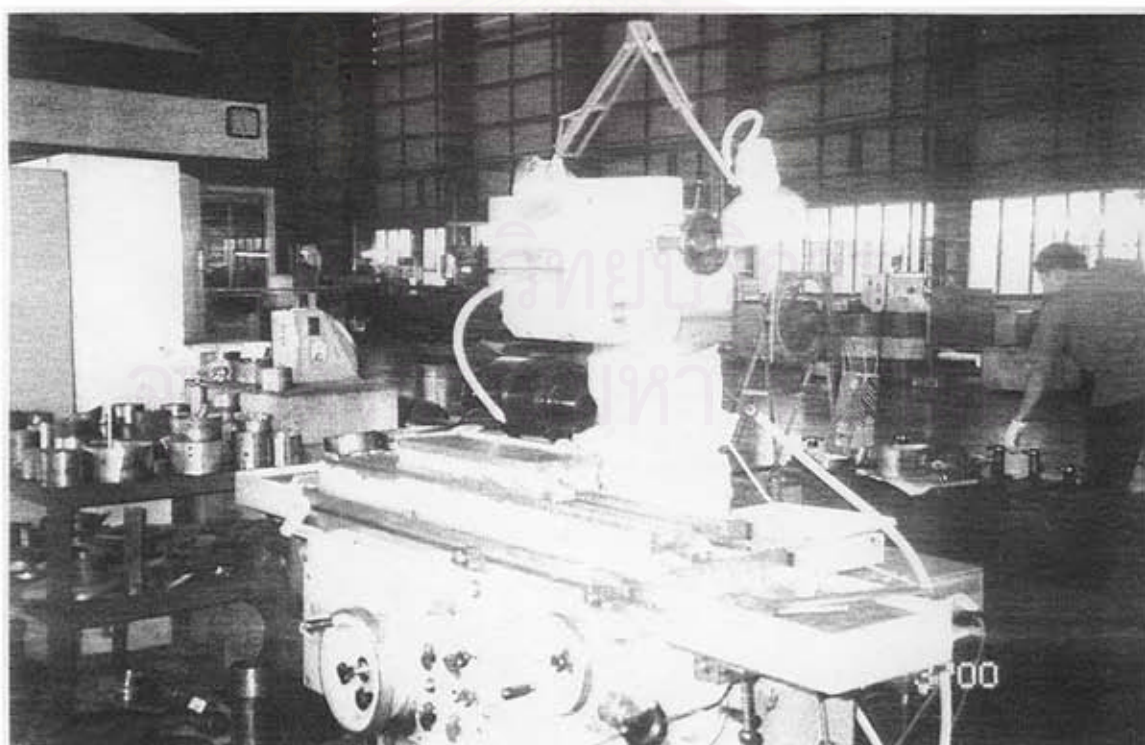
Die Press : ยี่ห้อ ENERPACSE Model SEFI-20-1 Capacity 20 Ton,  
Stroke 200 mm



Tensile Test Machine : ยี่ห้อ INSTRON Model 5583 Capacity 150 kN, Weight  
1100lbs (500 kg).



Elevator Type Carbon Furnance Max.Temperature 2400°C, Heat Rate Max. 15°C/min.,  
Chamber Capacity Size 1 ft<sup>3</sup>



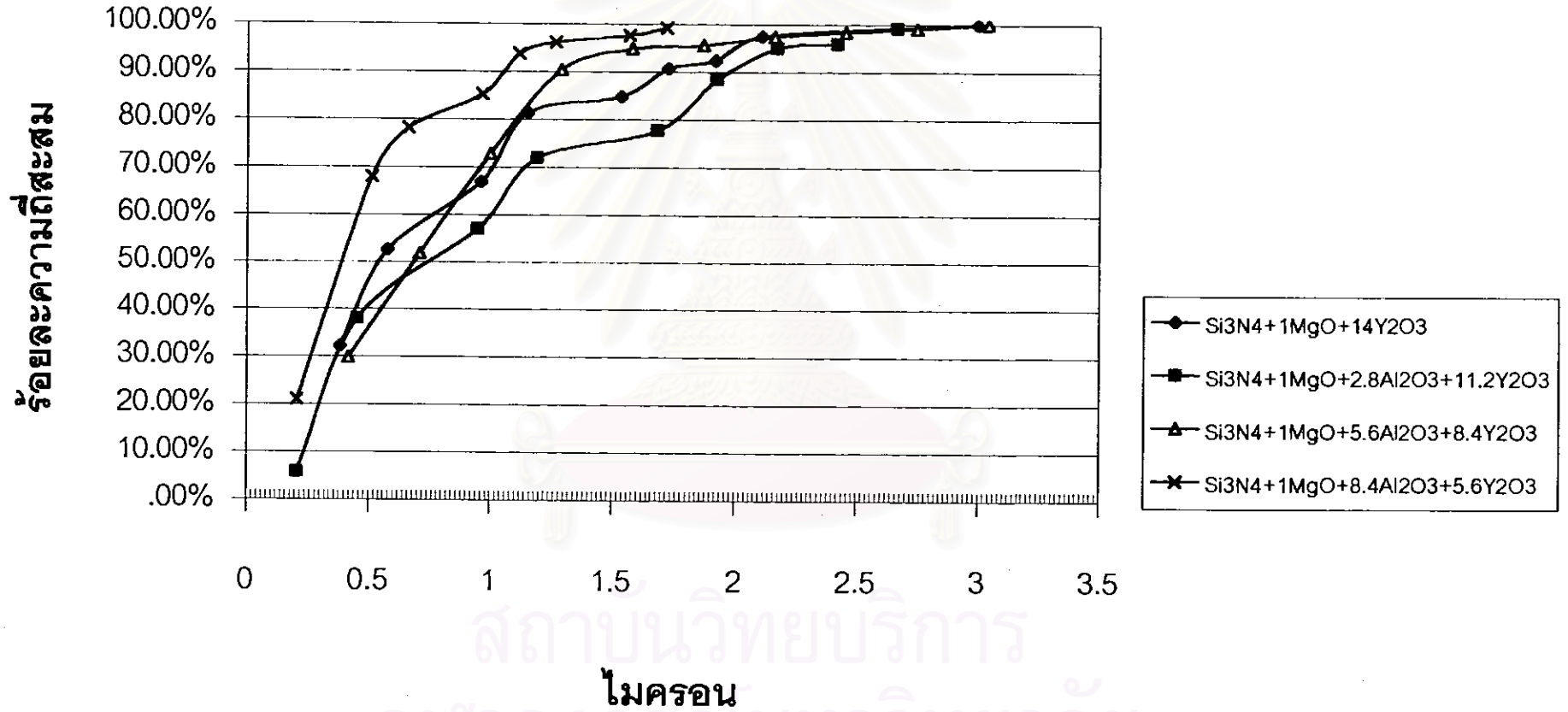
เครื่องเจียรไน



ภาคผนวก จ  
กราฟเส้นโค้งความถี่สะสม

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

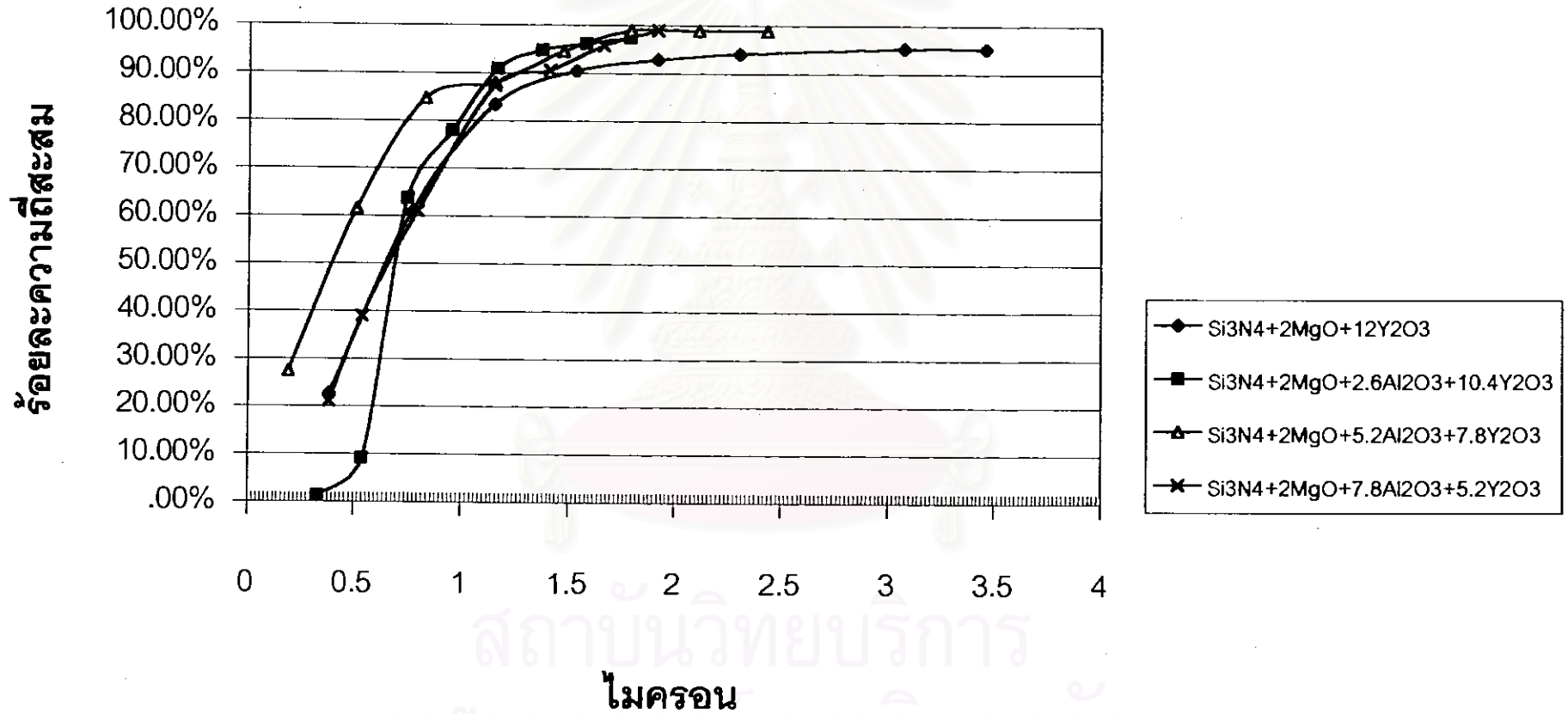
# เส้นโค้งความถี่สะสมขนาดเกรน



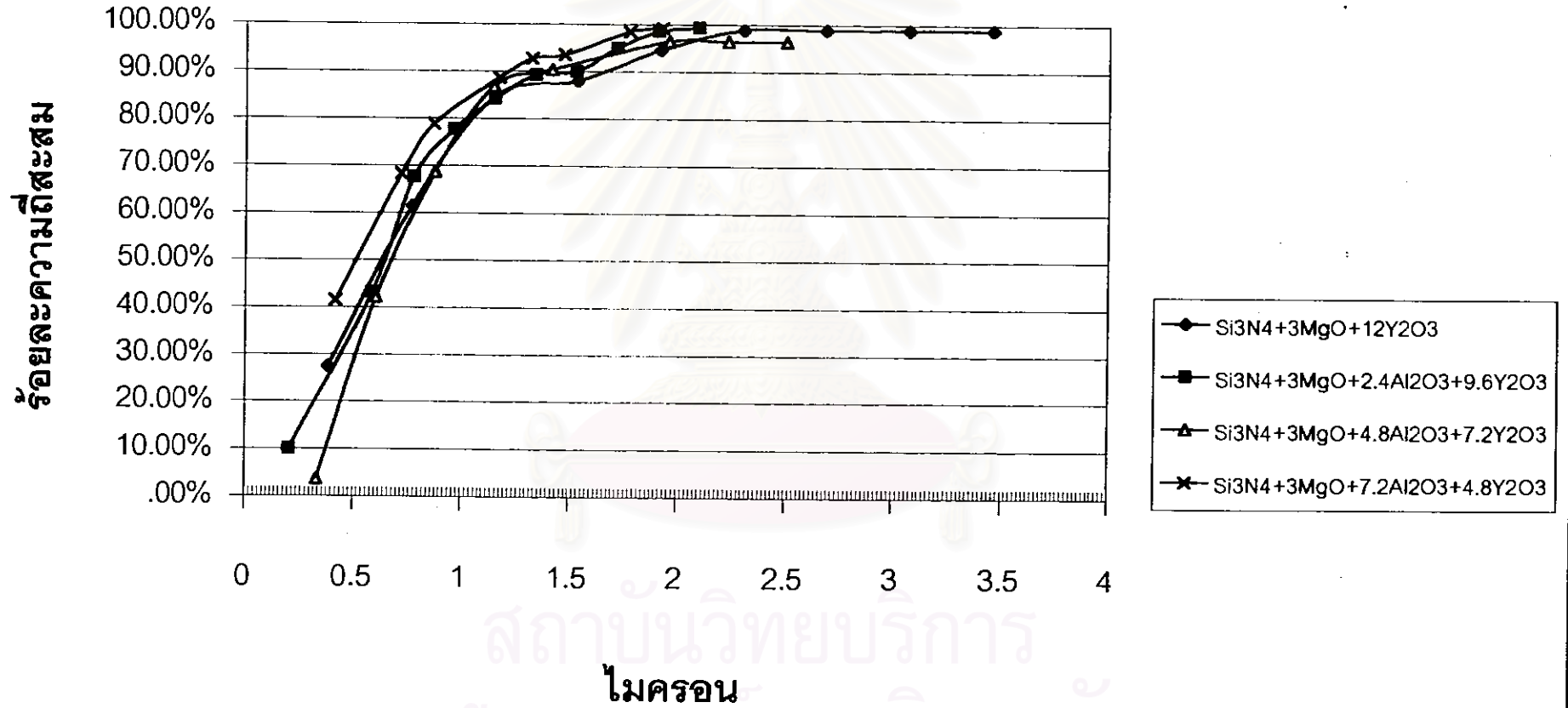
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## เส้นโค้งความถี่สะสมขนาดเกรน

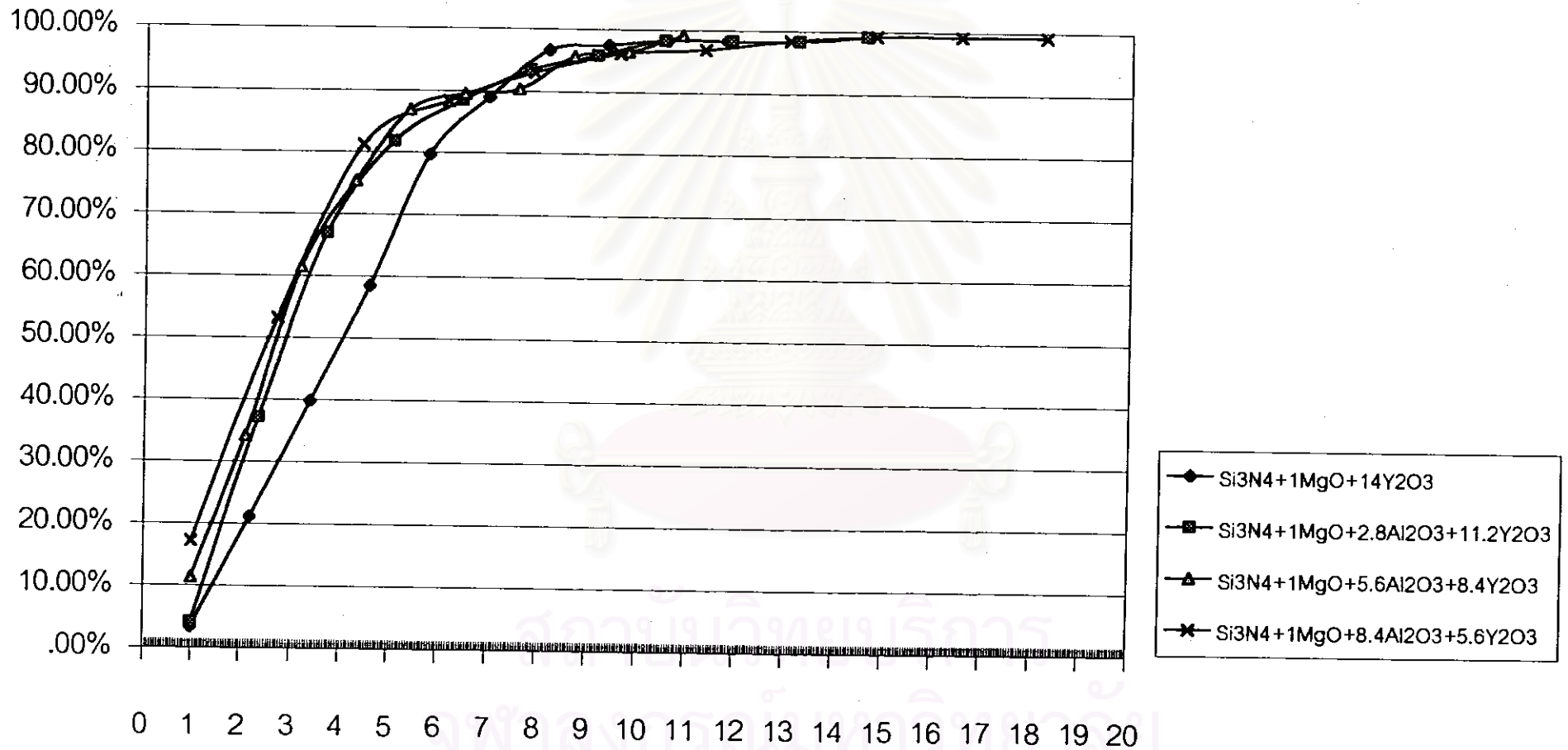


# เส้นโค้งความถี่สะสมขนาดเกรน

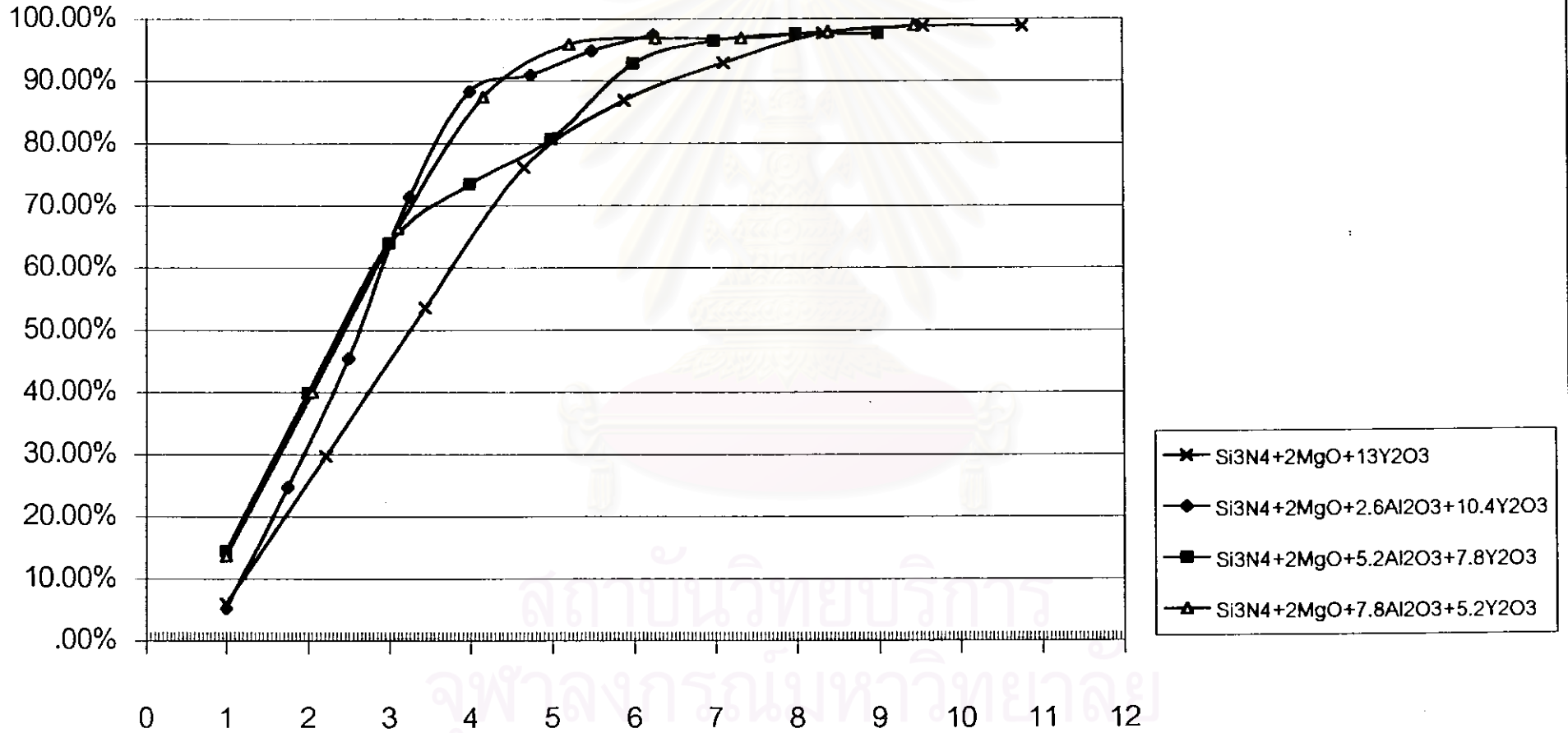


สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

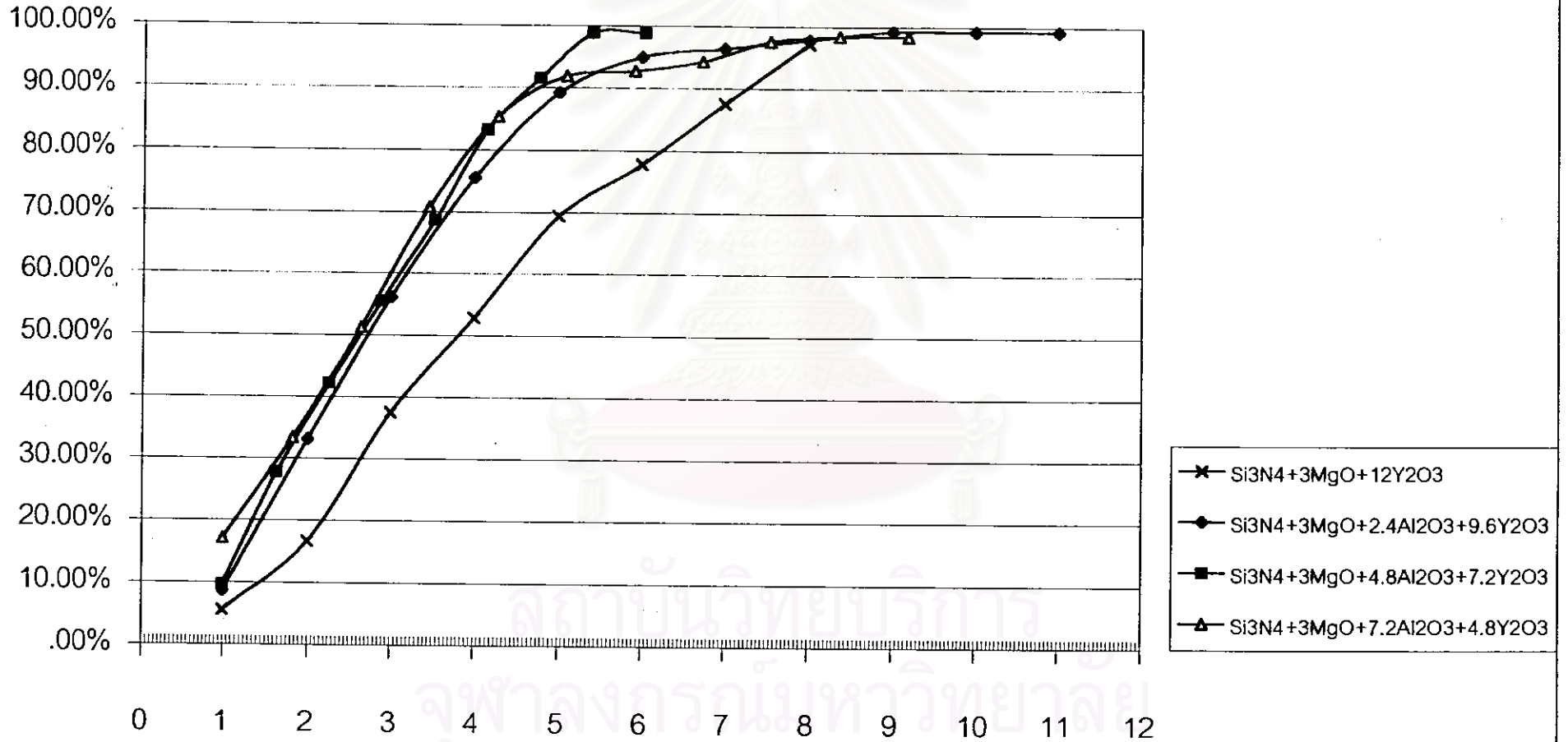
# เส้นโค้งความถี่สะสม L/D



# เส้นโค้งความถี่สะสม L/D



### เส้นโค้งความถี่สะสม L/D





## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวิระศักดิ์ หอมกระจ่าย เกิดเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดนนทบุรี ด้านครอบครัว สมรสกับนางสาวปวีณา หมีสมุทร มีบุตร 2 คนได้แก่ เด็กชายศิวกร หอมกระจ่าย และเด็กชายณัฐพล หอมกระจ่าย ด้านการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปีการศึกษา 2533 ได้เข้ารับการศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรม - โลหการ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2539



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย