

(54)

(monocular sequence) X

X

가

X

가

,

.

,

1

가

2

가

가

(true casting defect)

가

가

가

. 3D

가

X

1.2

1

[12] - [14]

가

X

가

가

1.1

X

[

1, 6, 10] . 1.2

X

)

)

X

X

,

) 가 X

가

,

) 가 X CCD ,

) X

10, 9, 17] , X , X [15,

가 (1.3). , X ,

가

- : 가 20 X ,

가 4 , 가

- 가 :

가 ,

- X :

X X ,

가

X 가 가

가 X 가 가

가 가 [12] , 가 [13, 14]

- A : 가 [14] .

- B : (epipolar geometry) [3] , 가 [13] .

- [14]
- [13]
- 가 [5]
- 가
- 1
- 가
- [5, 7, 8, 11, 16]
- 가 1
- 1.1 X 3
- 1.2 X
- 1.3 [9]
- R , D , F
- 2.1
- 2.2 X () ()
- 3.1 9 가 2 X
- 3.2 , a) X , b) , c) (found region)
- 3.3
- 3.4 3.2 a) X 3D
- 3.5 a) P_1 , b) P_2 , c) $P = (P_1 + P_2) / 2$
- 3.6 a) P (ramp) R, b) $Q = P - R$
- 3.7 3.1 X 가
- 3.8 3.1 가
- 4.1 가

4.2 (1, p) 4 , (1, p) p+1, p+2, p+3 ,

4.3 3 가 ,

4.4 4 가 ,

4.5 가 ,

4.6 ,

5.1 X ,

5.2 5.1 14 , 가
100% ,

5.3 X , a) , b) , c)

3 , , 가

1 , , 가
3D X 2D

Y Z , X (O) $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (degree) $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ X , $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (2.1) $(x, y, z; 2.1)$ X , $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$

가 [2] . 3D 가
 $X = [X Y Z 1]^T$

X (x, y; 2.1) $X = [X Y Z 1]^T$ $x = [x y 1]^T$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \text{ 또는 } i=P_i X$$

(2-1)

(f)

$$P = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

(R)

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 0 & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

2.2 X (1.2) X
 가 가
 (x, y) X (u, v)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(u, v) \\ f_2(u, v) \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{또는 } x=f(u) \quad (2-4)$$

x [x y 1]^T, u= [u v 1]^T f [12].

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \cos(\theta) + y \sin(\theta) + a \\ -x \sin(\theta) + y \cos(\theta) + b \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-5)$$

가

$$x = \frac{u'}{\sqrt{1 + \left[\frac{u'}{a}\right]^2 + \left[\frac{v'}{b}\right]^2}} \quad y = \frac{v'}{\sqrt{1 + \left[\frac{u'}{a}\right]^2 + \left[\frac{v'}{b}\right]^2}} \quad (2-6)$$

3D X= [X Y Z 1]^T X 2D u= [u v 1]^T 3

- X (2-1) P, (x, y)가
 - (2-6) (u', v')

$$u' = \frac{x}{\sqrt{1 - \left[\frac{x}{a}\right]^2 - \left[\frac{z}{b}\right]^2}} \quad v' = \frac{y}{\sqrt{1 - \left[\frac{x}{a}\right]^2 - \left[\frac{z}{b}\right]^2}} \quad (2-7)$$

- (2-5), (u, v) 가

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x \cos(\alpha) & k_x \sin(\alpha) & u_0 \\ -k_y \sin(\alpha) & k_y \cos(\alpha) & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2-8)$$

X (N=5) Z 5°
 $P_p(1-p)$
 a, b (2-5) (2-8)
 u_0, v_0, k_x, k_y

[1]

		u_0	v_0	a	b	k_x	k_y	f
	-90°	280	380	330 mm	360 mm	2 /mm	2 /mm	885 mm

, 가

X
(frame - grabber card)

X

5°

가 가 3.1

가

(2.1)

$(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ (x, y, z)

, 가

(region)

(3.2a)

X

가 X
ssian; LoG)

2

(zero crossing)

(1) X

가

2

(binary image)

3.2b

(gray value)

가 (Laplacian - of - Gau
(low pass) 가

2

가

1

가

가

(feature)

가

3.2b 가 3.3
(3.2b 3.3) .

, 5 .

- (A)

- (R)

- (G)

- (H)

- (K)

(A) . , A 45 .

(R) . R 1 0 . R=1 ,
R=0 . , L=24 . (L) [2] . 3.3

$$R = \frac{4\pi A}{L^2} \quad (3-1)$$

$$, R = 4 \times 3.1416 \times 45/24^2 = 0.98 .$$

(G) .

$$G = \frac{1}{A} \sum_{i,j} g_{ij} \quad (3-2)$$

, g_{ij} (i, j) , R . 3.3 , (4, 6)
R A,

, G = 121.90 (G = 0 100% , G=255 100%) .

(H) .

$$H = \frac{1}{L} \sum_{i,j} h'_{ij} \quad (3-3)$$

, g_{ij} (i, j) (1) ,

(3.3) . L,

, H = 35.47 .

(K)가 (blackening) 가
 x y (i, j) (g_{ij}) z 3D 가 3.4 3.
 2a 가

([2]) .

1) : (P) (P1₁, P2₂) : i 1 (P
 1₁) j 2 (P2₂). (6,
 6) , P1₁ P2₂ X 6 , 6 .P1₁,P2₂ , (P) 3.5 .

$$P1_1 = i$$

$$P2_2 = j$$

$$P = (P1_1 + P2_2) / 2 (3 - 4)$$

2) : P , 3.6 , Q가 .P

$$R = (P)$$

$$Q = P - R (3 - 5)$$

3) : (K) - (ramp - free)

$$\kappa = \frac{\sigma_o}{n} \quad (3 - 6)$$

Q Q , n , K 4.21 .

가

(A) 15 550 , (R) 0.2 , (G) 250 ,
 (H) 1 , (K) 0.1 가

가 X 가 3.7 .

가, X 가 () 4 X
 가 가 3.8()

가
 3 ,
 (multifocal tensor)가

X 가 N , p(p=,... ,N)가

$$(p) \quad 3D \quad (X) \quad u_{p_p} = [u_p \ v_p \ 1]^T \quad X$$

$$(\bar{x}_p, \bar{y}_p, \bar{z}_p) \quad p \quad (x, y, z)_p \quad Pp(p=, \dots, N) \quad (2-2)$$

(Pp) [7, 11].

3D
 3D
 가
 3D
 X

p
 η_p
 p
 가
 $a = (a, p)$
 $(1 \ p \ N)$
 $a = (a, p)$
 X^a_p
 W^a

(2-4) 가

$$x_p^a = [x_p^a \ y_p^a \ 1]^T \quad (4-1)$$

(4-2) n

$$w_p^a = [w_p^a(1) \ w_p^a(2) \ \dots \ w_p^a(n)]^T \quad (4-2)$$

p q a = (a, p), b = (b, q)

a. : [4] . X^a_p, X^b_q
 가 , $(X^a_p) (X^b_q)$
 가 2 .

$$\frac{|\sum_{p=1}^m w_p^T F_{pq} x_p|}{\sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_y^2}} < \epsilon_z \quad (4-3)$$

, $[x \ y \ z]^T = F_{pq} X^a_p$. F_{pq} 3×3 , [7, 11] .

b. : (S) s .

$$S(w_p^i, w_q^i) = \sqrt{\sum_{s=1}^s [w_p^i(s) - w_q^i(s)]^2} < \epsilon, \quad (4-4)$$

3.2.2.1

c. 3D : 3D (X) (X^a_p, X^b_p) Hartley [8]
 가 X가 가 가 (, 가).
 3가 (a c) 3 $a=(a, p) \ b=(b, q)$ (p
 $= 1, \dots, N-3; q=p+1, \dots, p+3; a=1, \dots, n_p, b=1, \dots, n_p)$.

가 , , , 4.1

4.2 . (p) (1, p)
 3 $p+1, p+2, p+3$ 가 (successor) .
 , (1, p+1), (2, p+1); (1, p+2), (2, p+2), (1, p+3)
 (1, p+1) 가 (1, p)
 . (1, p+2)가 (1, p)
 , 3D , (1, p) 가
 (2, p+1), (2, p+2), (1, p+3) .

X . a,b a b, (a,p) (b,q)
 $m_2 \times 4 \ A = [a_{i1}, a_{i2}] = [(a_i, p_i) (b_i, q_i)] \ (i=1, \dots, m_2)$ 가 , m_2

3 : , 3D 3 가 가
 가 . 3
 $i, j = 1, \dots, m_2$, $i \neq j$) A $i \neq j$ 가 . (

$a_{i1} = a_{j2}$ (4.5)

$i=1, j=J$ 가 (4.5) , $A_{j2} = [(a, p) (b, q)]$, $A_{1j} = [(b, q) (c, r)]$,

X^a_p, X^b_q, X^c_r 3 (4.6)

$\|\hat{x}_i^3 - x_i^3\| < \varepsilon_3$ (4.6)

8] \hat{x}_i^3 3 , 3 Shashua 3 [16,
 (tri - linearity) X^a_p, X^b_q

3 (triplet) m_3
 $m_3 \times 6$ $B = [b_{k1} \ b_{k2} \ b_{k3}]$ ($k = 1, \dots, m_3$) . 4.3

4 : 4 가 . 4
 $1, \dots, m_3$) , 4 (quadruplet) . A $i(i = 1, \dots, m_2)$ B $k(k =$

$a_{ij} = b_{k3}$. (4.7)

$i=1, k=K$ 가 (4.7) , $B_{k3} = [(a, p) (b, q) (c, r)]$, $A_{1k} = [(c, r) (d, s)]$

$X^a_p, X^b_q, X^c_r, X^d_s$ 4 ,

$\|\hat{x}_i^4 - x_i^4\| < \varepsilon_4$ (4.8)

, 4 (\hat{x}_s^d) (x_s^d) 가 4 \hat{x}_s^d
 , 4 [7, 11] 4 .

4 $m_4 \times 8$ $C = [c_{l1} \ c_{l2} \ c_{l3} \ c_{l4}]$ ($l = 1, \dots, m_4$) . 4.4
 , 5

. 4 X 4 .

(1,2) (1,3) (4,5) (2,6)

(1,2) (1,3) (4,4) (2,6)

(1,2) (1,3) (4,4) (4,5) (2,6)

4.5

(⁴)

(subsequence)

가

(least - square method) [3]

3D (\hat{X})

3D

()

4.5

가

가

가

X

가

가

4.6

X

가

가

X

mm

(LoG

) = 1.25

, $s = 0.7,$

$\sigma_2 = 0.75$ mm,

$\sigma_3 = \sigma_4 = 0.9$

가

X

() 884 mm

가 200 mm,

470 mm

14

X

(= 2.0 ~ 7.5 mm)

7

가 5.1

5.2

98.4%

(4310/4381).

84.5%(71/84)가

)

3D

[10]

X
X

(

10 X
 5.3a 24
 (= 1.5 ~ 7.5 mm) (5.3b).

5.3c 0 2.5 mm 2.1 mm
 95% LoG 가 가 (100%
 0%)

가 X 가
 가 X 가
 가 가

1 가 ,
 가 , 2 a)
 , b)
 가

[1] Boerner, H.; Strecker, H. : " X " , IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 10(1): 79 - 91, 1998.

[2] Castleman, K.R. : " " , Prentice - Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1996.

[3] Faugeras, O. : " 3 : " , The MIT Press, Cambridge MA, London. 1993

[4] Faugeras, O.; Murrain, B : " N " , in 5th. ICCV, Cambridge, MA, 951 - 956. 1995.

[5] Faugeras, O.; Papadopoulos, T. : " 3 " , ICCV 98, pp. 477 - 484, Bombay, India, Jan. 1998.

- [6] Filbert, D.; Klatte, R.; Heinrich, W.; Purschke, M : " " , In IEEE - IAS Annual Meeting, Atlanta, USA, 1087 - 1095, 1987.
- [7] Hartley, R. : " " , Proceedings of the International Workshop on computer Vision and Applied Geometry, International Sophus Lie Center, Nordfjordeid, Norway, August 1995.
- [8] Hartley, R. : " " 3 " International Journal of Computer Vision, 2(2) : 125 - 150, 1997.
- [9] Hecker, H. : " " X 가 " , Dissertation at the Institute for General Electrotechnology, Technical University of Berlin, 1995.
- [10] Heinrich, W. : " " X " , Dissertation at the Institute for General Electrotechnology, Technical University of Berlin, 1998.
- [11] Heyden, A. : " " " , European Conference on Computer Vision(ECCV '98), 3 - 19, Freiburg, Germany, 2 - 6 June 1998.
- [12] Mery, D.; Filbert, D. : " X " , Computerized Tomography for Industrial Applications and Image Processing in Radiology, DGZfP Proceedings BB 67 - CD: 181 - 187, March 15 - 17, Berlin, Germany, 1999.
- [13] Mery, D.; Filbert, D. : " " - " , X . Messtechnik Symposium des Arbeitskreis der Hochschullehrer fuer Messtechnik e. v., AHMT, 30. Sep. - 02.Oct. 1999, Hannover, Germany.
- [14] Mery, D.; Filbert, D.; Kruger, R.; Bavendiek, K. : " " " , a annual meeting of the DGZfP, (1) : 93 - 102, May 10 - 12, 1999, Celle, Germany.
- [15] Purschke M. : " " X " , German Association for nondestructive testing, a annual meeting, 309 - 317, Bamberg, 7 - 9 Sept., 1998.
- [16] Shashua, A. : " " : " " , International Workshop on Algebraic Frames For the Perception Action Cycle(AFPAC), Kiel Germany Sep. 8 - 9, 1997.
- [17] Wenzel, T.; Hanke, R. : " " " , Anglo - German Conference on NDT Imaging and Signal Processing, Oxford, 27 - 28 March, 1998.
- [18] Zhang, Z. : " " " , in Proc. Int. Conference Recognition (ICPR), Vol. , pages 407 - 411, Aug. 1996, Vienna.

(57)

1.

2. X 가 X 가 () , X 가 () , N
- a. 3D X 2D
- b.
- c. b) , 2 a)
- d. 가 가
- e. 가
- f. 가 3D
- g. 3D
- h. 3 4 가 3 4
- i. 가
- j. X (window) 3D 3D 가

2.

- 1 , c1) a) b)
- $P_p(p=1, \dots, N)$

3.

- 1 , C2)

4.

- 1 (A), (R), (G), (H)
- (K)

5.

1 (R)가 0.2 , (A)가 15 550 , (K) 가 0.1 , d) 가 (G) 250 , (H) 1 , (K)

6.

1 , d) , A , R = $\frac{4\pi A}{L^2}$ (L) , $G = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n g_i$ (i, j) , H = $\frac{1}{L} \sum_{i=1}^n g_i$ [g'ij (i, j)] (1) , K

7.

1 , e) ,
$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x \cos(\alpha) & k_x \sin(\alpha) & k_x \\ -k_y \sin(\alpha) & k_y \cos(\alpha) & k_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix}$$

$x = \frac{u'}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{a^2} - \frac{v'^2}{b^2}}}$, $y = \frac{v'}{\sqrt{1 - \frac{u'^2}{a^2} - \frac{v'^2}{b^2}}}$, (u, v) X 가 a, b, k_x, k_y , u₀, v₀

8.

1 , g) (S) s 가 , $S(w_p^*, w_c^*) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [w_i^*(t) - w_c^*(t)]^2} < \epsilon$,

$w_k^j = [w_k^j(1), \dots, w_k^j(n)]^T$, $w_k^j(i)$ k j i

9.

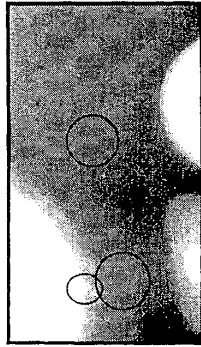
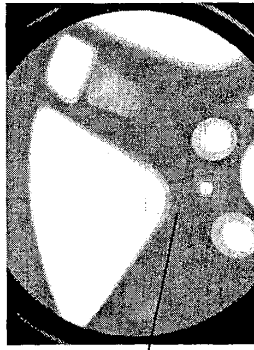
1 , 4 , 2 ,

10.

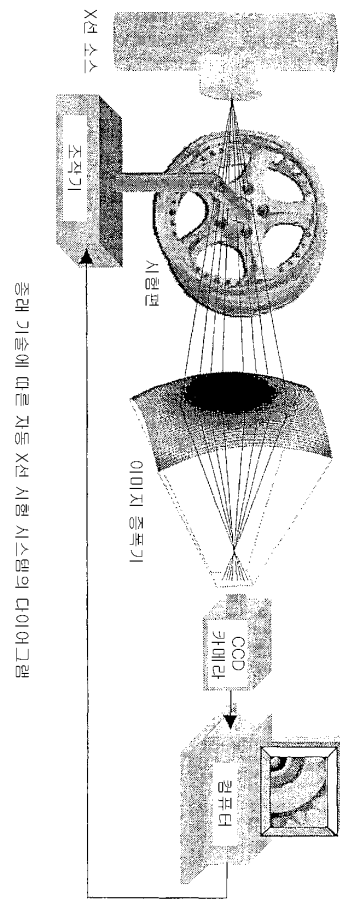
1 , f) h) 가

1.1

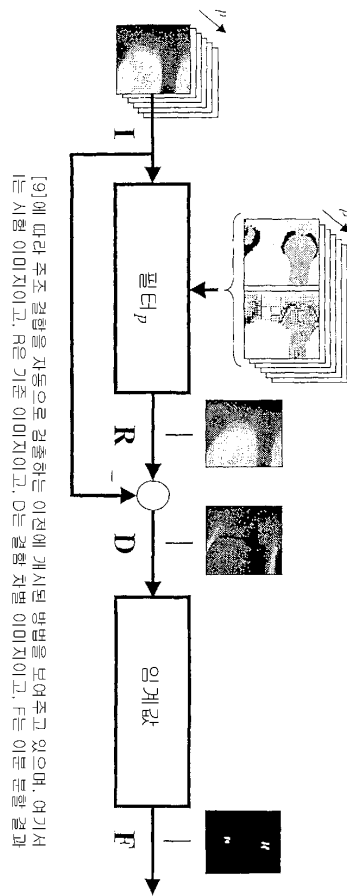
이것은 콘크리트의 균열을 보여줍니다. 균열은 콘크리트의 강도를 감소시키고, 수분과 염분의 침투를 허용하여 부식을 유발할 수 있습니다.



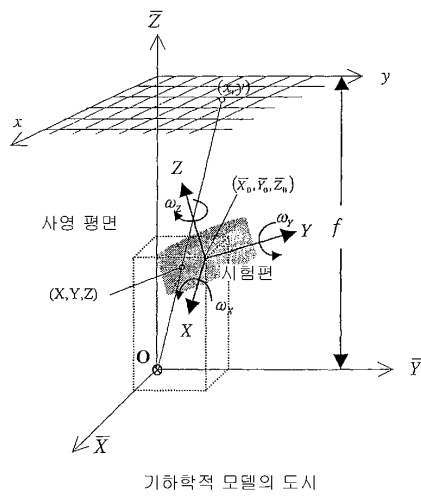
1.2



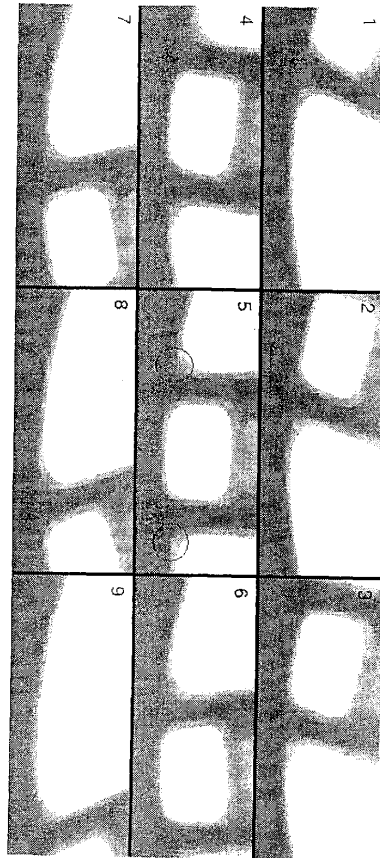
1.3



2.1



3.1



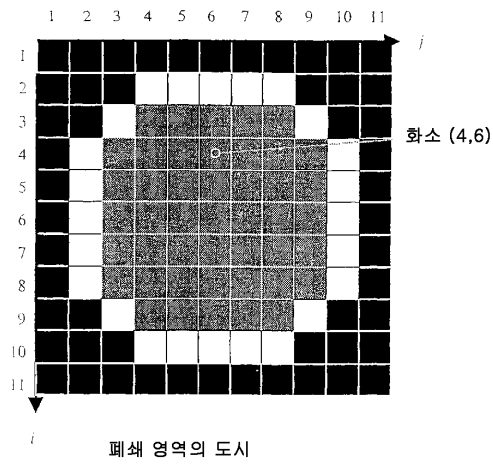
9개의 이미지와 원으로 2개의 주조절점을 갖는 X선 시퀀스를 개략적으로 도시

3.2

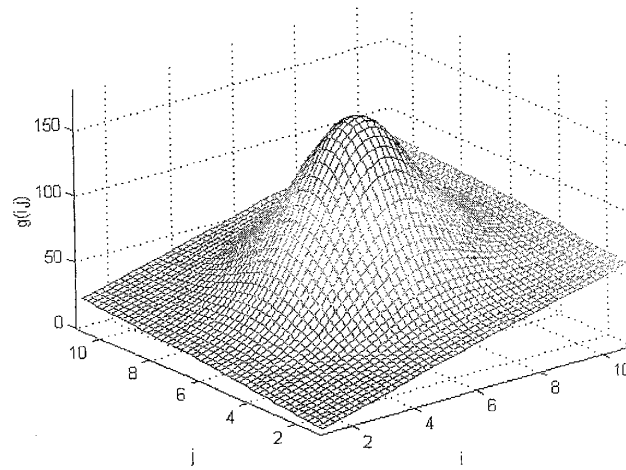
다음의 예, 즉 a) X선 이미지, b) 모서리 검출, c) 확인영역 (found region) 을 도시



3.3

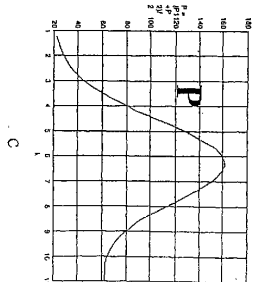
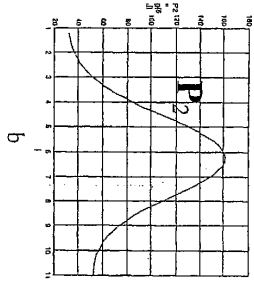
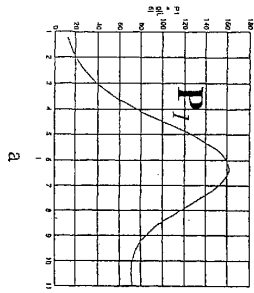


3.4



도3 a의 a)에서 도시된 X선 이미지의 3D 도면

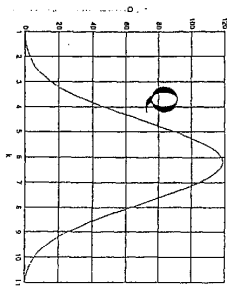
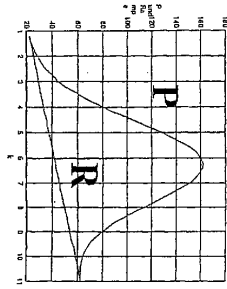
3.5



a) P_1 , b) P_2 und c) $P = (P_1 + P_2)/2$. 의 그래프를 도시

3.6

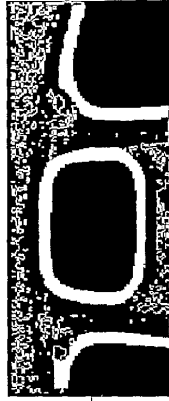
a) P 와 그것의 램프(Rampe) R. b) Q=P.R의 램프-프리 프로그램임을 도시



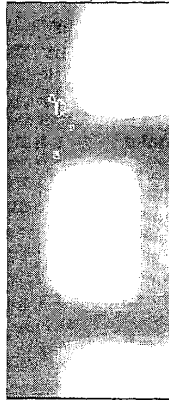
3.7

이도 문맥적 관계를 제거한 이도 이미지 시퀀스이다. 다섯 번째 X선 이미지에서 구조 결함의

출력 이미지 (a)

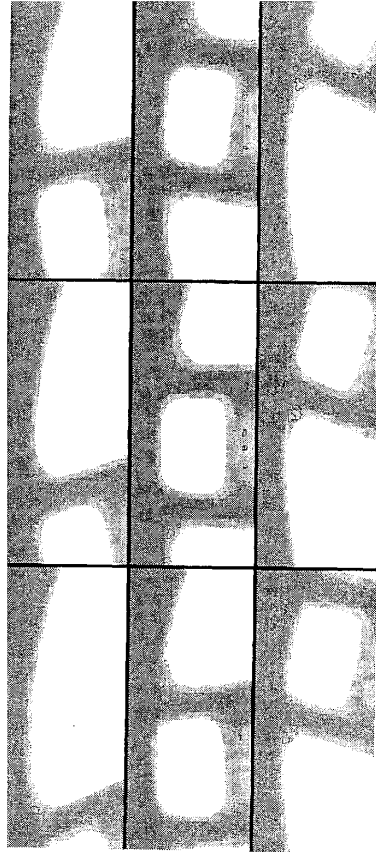


(b) 이상 구조 결함



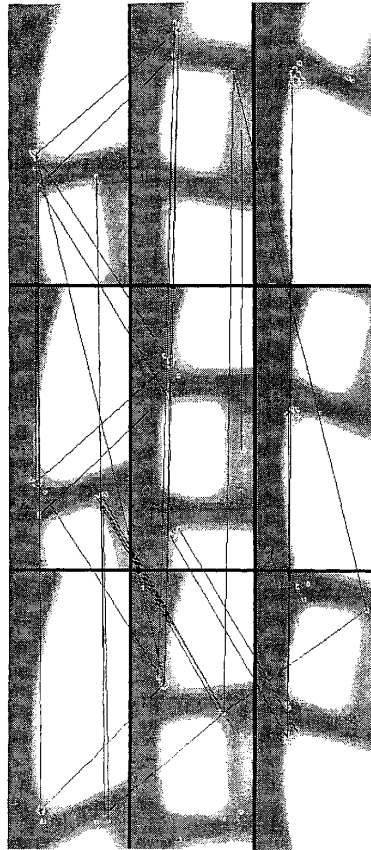
3.8

도 3.8로부터 이미지 시퀀스에 있어서의 구성 요소 간의 분할을 개략적으로 도시

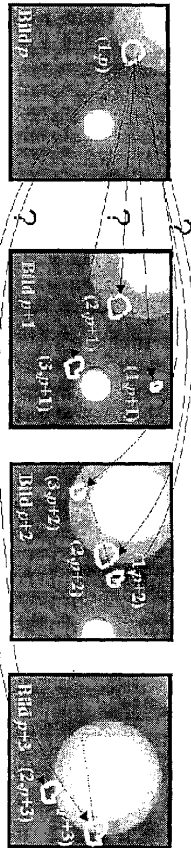


4.1

이 도면은 본래의 구조를 설명하기 위하여 작성된 것으로, 실제 구조물의 세부 구조는 현장에 의해서 결정된다.



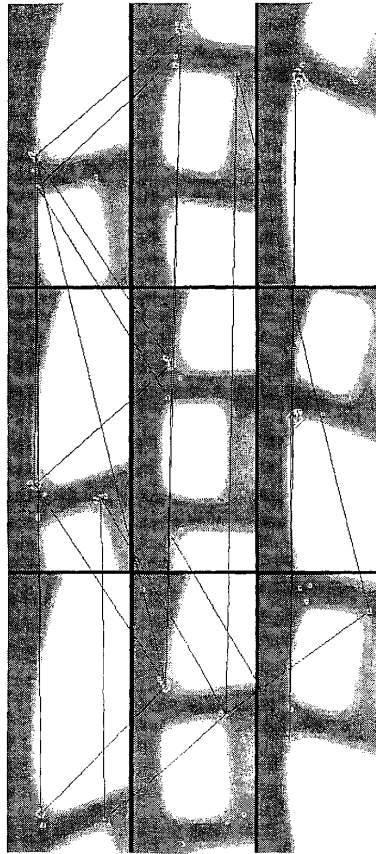
4.2



영역 $(1, p)$ 이 매칭되는 4개의 이미지를 포함하며, $(1, p)$ 의 중력 중심의 에피폴라 직선이 이미지 $p+1, p+2, p+3$ 에 예시됨

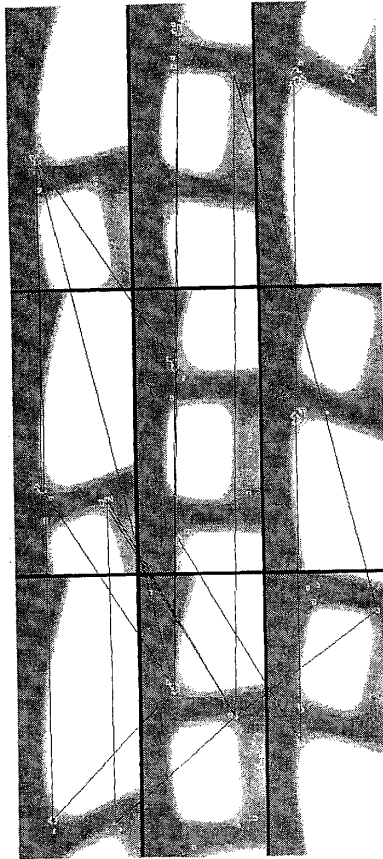
4.3

3개의 이미지에서 기상 구조 결함의 후적을 개략적으로 도시



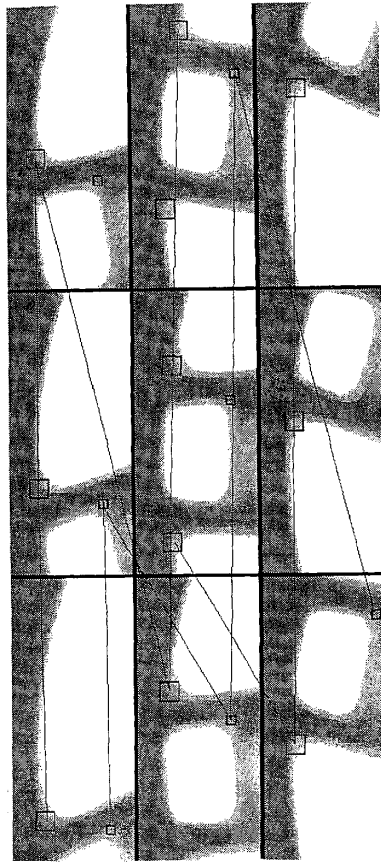
4.4

4개의 이미지에서 가장 구조 결함의 특징을 개략적으로 도시

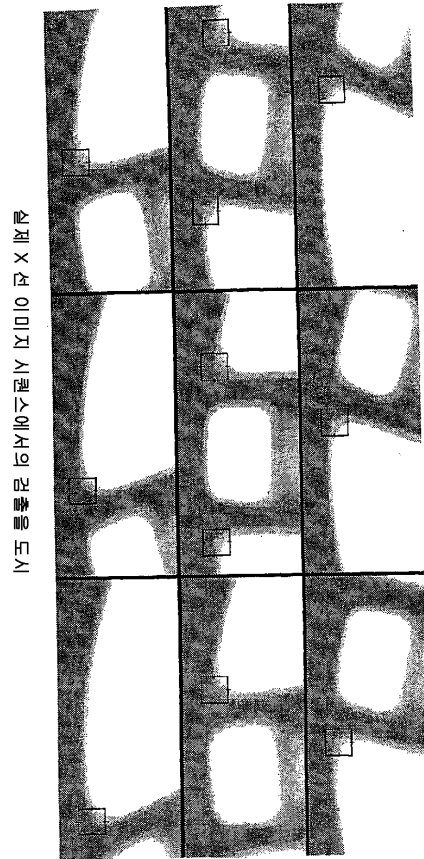


4.5

기상 구조 결면의 조면면 개략도



4.6

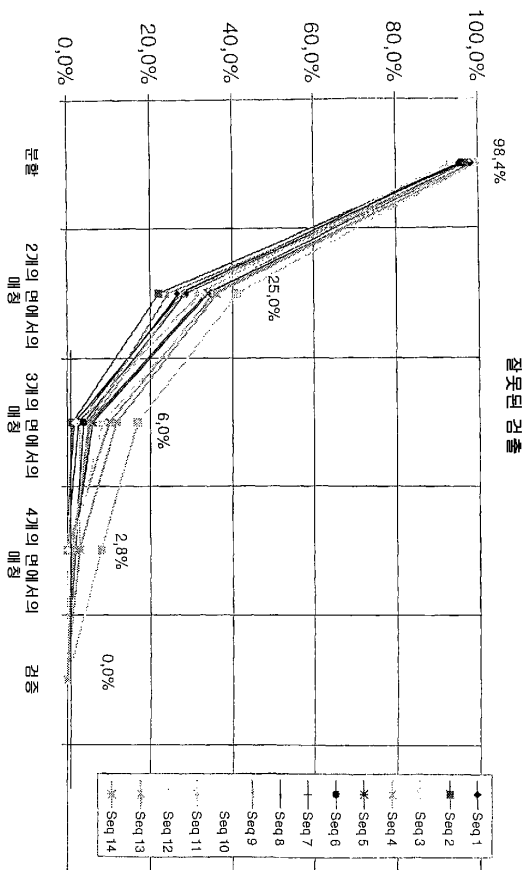


5.1

Seq.	X선 이미지	주조결함	시공결함	합		합	주조 거짓
				본 거짓	합계		
1	10	2	12	12	249	2	0
2	9	1	9	8	238	1	0
3	9	3	23	19	233	3	0
4	8	1	8	4	413	1	0
5	6	1	6	6	554	1	0
6	8	1	8	8	196	1	0
7	3	3	18	14	445	3	0
8	6	0	0	0	178	0	0
9	9	0	0	0	256	0	0
10	8	0	0	0	150	0	0
11	8	0	0	0	345	0	0
12	6	0	0	0	355	0	0
13	6	0	0	0	365	0	0
14	9	0	0	0	313	0	0
Total	108	12	84	71	4310	12	0
				84.5%	98.4%	100.0%	0%

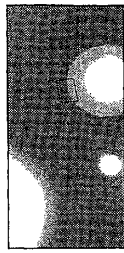
표 1: 실제 X선 이미지 시퀀스에서의 결함률 도식

5.2



도 5.1의 14개의 실험 이미지 시퀀스에서의 잘못된 견출을 그래프로 도시하고 있고, 분할된 가장 주조 결함의 수는 100%에 상응하며, 각 스텝의 평균은 곡선 위에 도시되어 있고.

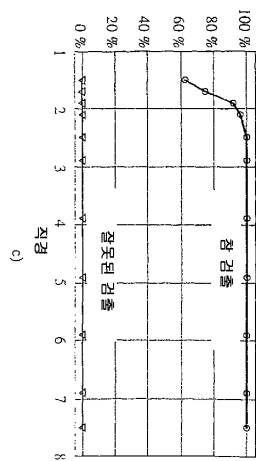
5.3



a)



b)



c)

반합성의 X선 이미지 시퀀스에서의 검출을 나타내며,
a) 검사 구역, b) 주조 결함의 사이즈, c) 참 검출과 잘못된 검출의 평균을 도시