(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0095713
(43) 공개일자 2013년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
E01D 2/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0094476
(22) 출원일자 2013년08월09일
심사청구일자 2013년08월09일

(71) 출원인
연정흠
인천광역시 연수구 한나루로158번길 31, 벽산빌리지 1동 202호 (옥련동)
(72) 발명자
연정흠
인천광역시 연수구 한나루로158번길 31, 벽산빌리지 1동 202호 (옥련동)

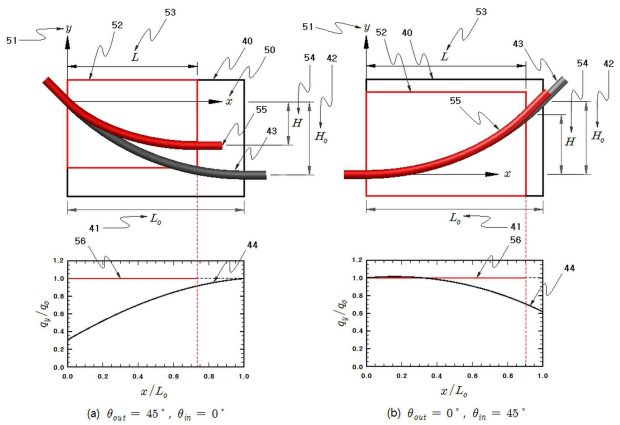
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **등분포 인발력이 작용하는 방향변환블록의 덕트 모양 설치 공법**

(57) 요 약

외부긴장력이 도입되는 PS 콘크리트 박스형 거더의 방향변환블록 또는 사장교 주탑의 새들의 덕트는 원의 호 형태로 만드는 것이 일반적이다. 그러나 긴장력 또는 케이블의 장력은 덕트의 곡률마찰에 의해 손실이 발생하며, 또한 접선각도의 변화 때문에 덕트에 작용하는 연직방향 인발력의 분포는 덕트의 종방향으로 일정하지 않게 된다. 이 발명에서는 곡률마찰에 의한 긴장력 또는 케이블 장력의 변화와 접선각도에 따른 연직방향 힘의 크기변화가 서로 상쇄되도록 방향변환블록 덕트의 곡률반경을 설정한다. 본 발명의 방향변환블록 덕트에 작용하는 등분포 인발력의 크기는 원형 덕트의 최대 단위길이 인발력과 같게 된다. 등분포 인발력의 작용으로 방향변환블록의 길이와 높이를 줄일 수 있으며, 감소하는 단면의 크기는 각도변화가 클수록 효율적이다. 또한 인출부의 접선각도가 증가할수록 삽입부의 접선각도의 증가보다 효율적이다.

대 표 도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

외부긴장력이 도입되는 PS 콘크리트 박스형 거더의 방향변환블록 또는 사장교 주탑 등과 같이 케이블의 방향을 변환하는 새들(saddle)부에서 긴장재 또는 케이블이 통과하는 덕트(duct)의 제작에서

인출부 접선각도(26)와 삽입부 접선각도(27)에 따라 [수학식 4]와 [수학식 5]를 적용하여 방향변환블록의 크기를 설계하고,

덕트를 만들기 위한 강관(20) 등의 쉬스(sheath)를 [수학식 4]와 [수학식 5]의 좌표를 적용하여 구부린 후 방향변환블록의 거푸집에 철근 배근과 함께 설치하고,

콘크리트를 타설 및 양생하여 덕트를 제작하는 공법

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 PS(prestressed) 콘크리트 박스(box)형 거더(girder)에서 긴장재가 박스형 단면의 복부나 플랜 외부에 배치되는 외부긴장(external prestressing) 공법의 긴장재 방향을 변환하기 위한 방향변환블록(deviation saddle)에 관한 것이다. 보다 상세하게는 방향변환블록 파손의 원인이 되는 긴장재의 방향변환에 의해 발생하는 인발력(pull-out force)이 교축 또는 종방향(50)으로 일정하게 분포하도록 긴장재가 통과하는 방향전환블록 내 덕트(duct)의 배치 형태에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 방향변환블록은 외부 긴장 PS(prestressed) 콘크리트 교량 또는 사장교의 주탑 및 케이블의 고정장치(비특허문헌 1) 등에서 강선의 방향변환에 의한 방향변환력을 지지하는 부재요소이다.

[0003] 외부 긴장 박스형 거더는 일반적으로 [도 1]과 같이 콘크리트 박스(11) 내부에 블록(13)과 리브(rib)(14)형 또는 격막(diaphragm)(15) 등의 방향변환블록(deviation saddle)을 설치하여 콘크리트 단면 외부에 배치된 긴장재(12)의 방향을 변환한다. [비특허문헌 1]에 의하면 리브(14) 또는 격막(15)에 의한 방향변환은 블록(13)보다 안정적이나 이들에 의한 자중의 증가와 박스형 단면의 제작이 어렵기 때문에 지점부를 제외한 구간에서는 일반적으로 블록형 방향변환블록이 적용된다. 방향변환블록은 외부 긴장공법의 가장 핵심이 되는 요소로 외부 긴장재의 방향변환으로 발생하는 방향변환력(25)은 외부하중과 반대방향으로 외부하중에 의한 콘크리트 단면의 응력을 감소시키도록 설계된다.

[0004] 방향변환블록(13)에는 [도 2]와 같이 설계에 요구되는 반경(21)의 원의 호(arc)를 따라 미리 구부린 강관(steel tube)(22)을 콘크리트 타설 전에 매설하여 외부긴장재가 통과하게 될 덕트(20)를 제작한다. [비특허문헌 2]에서는 방향변환력(25)에 의한 방향변환블록의 파손을 방지하기 위해서 긴장재의 크기에 따라 덕트제작에 필요한 원의 최소 반경을 2.5~5.0m로 제한하고 있다. 도로교설계기준(비특허문헌 3)에서는 인발력을 지지하는 정착철근(28)의 응력을 항복응력의 50%로 제한하고 있으며, 정착철근의 간격은 40㎜와 굵은골재 크기에 13㎜를 더한 값 이상으로 제한하고 있다. 또한 전단마찰과 휨작용에 대한 추가 철근(29)을 배근하도록 규정하고 있으나, 비특허문헌 1에서는 인방력에 의한 정착철근의 파손이 가장 치명적인 것으로 판단하고 있다.

[0005] 방향변환블록과 관련된 특허출원으로는 [특허문헌 2와 3]이 있으나, [특허문헌 2]는 사장교의 주탑에서 케이블의 지수성 향상을 위한 충전제를 구비한 새들에 관한 것이며, [특허문헌 2] 또한 사장교 주탑의 새들에서 케이블의 위치 유지에 관한 것이다. 방향변환블록의 덕트형태는 원형으로 제작되며, 덕트형태에 관한 특허는 전무한 상태이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) [문헌1] 국내출원 10-2013-0043284 2013.04.19

(특허문헌 0002) [문헌2] 국내출원 10-2010-0026158 2010.03.24

(특허문헌 0003) [문헌3] 국내출원 10-2012-7025168 2010.03.26

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) [문헌1] Beaupre, R. J., Powel, L. C., Breen, J. E., and Kreger, M. E., "Deviator Behavior and Design for Externally Post-tensioned Bridge," External Prestressing in Bridges, Naaman, A. and Breen, J. Edited, Americal Concrete Institute, SP-120, 1990, pp. 257~288.

(비특허문헌 0002) [문헌2] VSL International LTD, External Post-Tensioning, VSL Report Series 1, Switzerland, Bernstrassed, 1992, pp. 9~11.

(비특허문헌 0003) [문헌3] 국토해양부, 도로교설계기준, 2011, pp.4-229~230.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] [도 3]은 임의의 곡률반경(30)과 접선각도(31)에서 긴장재가 미소각도로 방향을 변환하는 경우 [특허문헌 1]에서 유도된 긴장재의 방향변환에 의해 덕트에 발생하는 법선력(normal force)(32)과 마찰력(33)의 방향변환력에 의해 콘크리트 블록에 발생되는 인발력(34)과 수평력(35)의 계산공식이다. [비특허문헌 2]에 의하면 방향변환블록은 일반적으로 길이가 짧기 때문에 파상마찰계수(K)에 의한 손실은 고려되지 않으며, 곡률마찰계수(μ)만 고려된다. [도 2]와 같이 곡률반경(21)이 일정한 기존의 원형 덕트에 의한 연직방향 단위길이 인발력(34)은 [수학식 1]로부터 계산될 수 있으며, 접선각도에 대한 단위길이 인발력의 비는 [도 4]와 같다.

[0009] [도 4]에 의하면 원형의 덕트에 작용하는 연직방향 단위길이 인발력(34)은 접선각도(Θ)와 곡률마찰계수(μ)에 따라 변하는 값을 보인다. 마찰계수가 0.05로 작으면 접선각도 +1.4도에서 인발력비는 1.01 그리고 큰 마찰계수 0.30에 대해서는 접선각도 +7.6도에서 1.02가 최대값이다. 원형 덕트의 반경(21)은 근사적으로 접선각도 0도에서 최대값을 가정하여 단위길이 허용 인발력 q_a보다 작도록 [수학식 2]의 반경(21)으로 설계된다.

[0010] 인출부와 삽입부의 접선각도가 15도보다 작으면 단위길이 인발력(34)의 차이는 10% 이내로 원의 반경(21) 및 원형 덕트의 설계가 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 인출부와 삽입부의 접선각도 변화가 크거나 특히 삽입부의 접선각도(27)가 작고 인출부의 접선각도(26)가 크면 종방향으로 인발력(34)의 불균형 분포로 필요 이상의 방향변환블록(13) 크기와 정착철근(28)이 사용되어야 한다.

수학식 1

[0011]

$$q_n(\theta) = \frac{P}{R_o} = P_o \cdot \frac{e^{-\mu(\theta+\theta_{out})}}{R_o} = q_o \cdot e^{-\mu\theta}$$

$$q_y(\theta) = q_o \cdot e^{-\mu\theta}(\cos\theta + 2\mu\sin\theta)\cos\theta$$

수학식 2

[0012]

$$R_o \geq P_o e^{-\mu\theta_{out}} / q_a$$

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명에서는 원형 덕트가 적용된 기존의 방향변환블록(13)의 불균형 인발력 분포(도 4)에 따른 문제를 해결하기 위해서 등분포 인발력이 발생하도록 덕트의 모양을 설계하고, 최적화된 방향변환블록을 제작하기 위한 것이다.

[0014] [도 2]의 일정한 곡률반경(21)이 적용되는 원형 덕트 대신에 [도 3]의 덕트 곡률반경(30)에 [수학식 3]을 적용하면 단위길이 인발력(34)은 접선각도(31)에 관계없이 원형 덕트의 최대 단위길이 인발력 [수학식 1]의 q_o로 일정한 값을 유지할 수 있다. [수학식 3]의 곡률반경(30)이 적용되면 [도 5]와 같이 긴장재의 인출부를 원점으로 하는 덕트의 수평좌표 x(50)와 연직좌표 y(51)는 [도 3]의 곡선길이 방향(s)과 접선각도(Θ)에 대해 [수학식 4]로 계산될 수 있다. [수학식 4]의 FX와 FY 함수는 [수학식 5]와 같으며, [수학식 5]는 [수학식 4]의 적분을 풀어서 유도되었다.

[0015] 긴장재 또는 케이블의 방향변환 각도가 상대적으로 크면 기존 원의 호 모양으로 제작되는 방형변환블록의 덕트에는 상당히 큰 인발력의 불균형 분포로 인해 방향변환블록의 과대설계의 원인이 될 수 있다. 따라서 본 발명은 원형 덕트의 이러한 문제를 해결하기 위해서 등분포 인발력의 분포가 되도록 덕트의 모양을 제작하는 데 그 목적이 있다.

수학식 3

[0016]

$$q_y(\theta) = P_o \frac{e^{-\mu(\theta+\theta_{out})}}{\rho} \cdot (\cos\theta + 2\mu\sin\theta)\cos\theta \le q_a$$

$$\rho(\theta) \ge P_o \frac{e^{-\mu\theta_{out}}}{q_a} \cdot e^{-\mu\theta}(\cos\theta + 2\mu\sin\theta)\cos\theta$$

$$= R_o \cdot e^{-\mu\theta}(\cos\theta + 2\mu\sin\theta)\cos\theta$$

수학식 4

[0017]

$$x = \int_0^s \cos\theta \cdot ds = \int_{-\theta_{out}}^{\theta} (\rho\cos\theta)d\theta = R_o \cdot [FX(\theta) - FX(-\theta_{out})]$$

$$y = \int_0^s \sin\theta \cdot ds = \int_{-\theta_{out}}^{\theta} (\rho\sin\theta)d\theta = R_o \cdot [FY(\theta) - FY(-\theta_{out})]$$

수학식 5

[0018]

$$F_1(\theta) = \cos\theta + \mu\sin\theta$$

$$F_2(\theta) = \sin\theta - \mu\cos\theta$$

$$F_3(\theta) = (3\cos\theta + \mu\sin\theta)\sin^2\theta$$

$$F_4(\theta) = (3\sin\theta - \mu\cos\theta)\cos^2\theta$$

$$FX(\theta) = \frac{e^{-\mu\theta}}{9+\mu^2}\left\{\frac{2}{1+\mu^2}[3F_2(\theta) - \mu(3+\mu^2)F_1(\theta)] + F_4(\theta) + 2\mu F_3(\theta)\right\}$$

$$FY(\theta) = -\frac{e^{-\mu\theta}}{9+\mu^2}\left\{\frac{3+\mu^2}{1+\mu^2}[F_1(\theta) - 2\mu F_2(\theta)] - F_3(\theta) + 2\mu F_4(\theta)\right\}$$

발명의 효과

[0019] 긴장재의 방향변환에 의한 인발력이 등분포하도록 덕트가 설계된 본 발명의 방향변환블록(52)의 효과는 [도 5]에서 기존 원형 덕트의 방향변환블록(40) 비교하였다. [도 5]에는 곡률마찰계수 0.25가 적용되었으며, 등분포된 인발력으로 인해 인출부 접선각도(26) 45도와 삽입부 접선각도(27) 0도에서 종방향 길이(53)는 26.5% 감소하였고, 덕트의 높이차는 이보다 큰 40%가 감소하였다. 인출부 접선각도(26) 0도와 삽입부 접선각도(27) 45도에 대해서 종방향 길이와 높이차 감소는 각각 10%와 17%로 인출부 접선각도(26)가 삽입부 접선각도(27)보다 큰 경우보다 방향변환블록 크기의 감소효과가 작았다.

[0020] [도 6]은 삽입부 접선각도(27)가 0도로 고정된 상태에서 인출부 접선각도(26)의 변화 그리고 인출부 접선각도(26)가 0도로 고정된 상태에서 삽입부 접선각도(27)의 변화에 대한 방향변환블록의 종방향 길이(53)와 덕트의 높이차(54)의 감소효과이다. [도 6]에 의하면 인출부와 삽입부의 접선각도가 증가할수록 단면의 감소효과가 증가하며, 삽입부의 접선각도(27)보다 인출부의 접선각도(26)에 보다 민감하다. 또한 덕트의 종방향 길이(53)보다 덕트의 높이차에 대한 감소효과가 켰다.

[0021] 위의 결과로부터 본 발명의 효과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

[0022] 1. 기존의 원형 덕트가 사용된 방향변환블록(40)에서는 [도 5]와 같이 인발력(25)의 작용점이 방향변환블록의 중심과 일치하지 않으나, 본 발명의 방향변환블록(52)에서 인발력(25)의 작용점은 방향변환블록의 중심과 일치하기 때문에 거더에 작용하는 인발력의 작용위치를 보다 정확하게 설계에 반영할 수 있다.

[0023] 2. 본 발명의 방향변환블록(52)에서 종방향 길이(53)와 덕트의 높이차(54)가 기존의 방향변환블록(40)보다 작기 때문에 방향변환블록의 중량(self weight)을 줄일 수 있다.

[0024] 3. 긴장재 또는 케이블의 각도 변화가 클수록 방향변환블록의 크기 감소효과는 증가하며, 특히 인출부의 접선각도(26)가 클수록 본 발명의 덕트 모양이 원형 덕트보다 효과적이다.

도면의 간단한 설명

[0025] [도 1]은 외부 긴장재(12)가 배치된 PS 콘크리트 박스형 거더(11)의 방향변환블록의 형태(13, 14, 15)를 보여주는 투시도이다.

[도 2]는 박스형 단면의 복부(web)와 플랜지(flange)의 접합부에 설치되고 원형의 덕트가 적용된 기존 방향변환블록의 상세도이다.

[도 3]은 긴장력의 방향변환에 의한 마찰손실과 콘크리트 단면의 단위길이 단면력의 평형조건과 이들의 계산식으로 [특허문헌 1]에서 유도되었다.

[도 4]는 기존 원형 덕트의 접선각도에 따른 연직방향 단위길이 인발력(34)의 허용 인발력에 대한 비율로 인출부 접선각도(26)와 삽입부 접선각도(27)의 크기에 따른 인발력의 분포도이다.

[도 5]는 방향변환블록에 적용된 기존의 원형 덕트와 본 발명의 덕트 형태 및 단위길이 인발력의 비율을 비교이다. (곡률마찰계수 0.25 적용)

[도 6]은 본 발명의 덕트 형태가 적용되는 경우에 인출부 접선각도(26)와 삽입부 접선각도(27)의 증가에 따른 방향변환블록의 길이 및 높이에 대한 감소효과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명에 의한 외부긴장력이 도입되는 콘크리트 PS 상자형 거더의 방향변환블록 제작은 다음과 같이 실행된다.

[0027] 1. 인출부의 접선각도(26)과 삽입부의 접선각도(27)에 따라 [수학식 4]와 [수학식 5]로 방향변환블록의 종방향 길이(53)과 덕트 높이차(54)를 결정하고, 정착철근과 추가 철근의 배근 및 피복두께를 고려하여 방향변환블록의 크기를 설계한다.

[0028] 2. [수학식 4]와 [수학식 5]의 좌표로 강관(22)을 구부리고, 이 강관을 철근 배근과 함께 거푸집에 삽입한다.

[0029] 3. 콘크리트를 타설하여 본 발명의 덕트(20)를 만든다.

[0030] 4. 방향변환블록의 양생이 끝나면 필요한 시기에 긴장재 또는 케이블을 덕트의 삽입부에 삽입하고, 인출부에서 긴장재를 당겨서 방향변환블록에 방향변환력 또는 인발력을 도입한다.

부호의 설명

[0031] 11. PS 콘크리트 박스형 거더(prestressed concrete box girder)

12. 외부 긴장재(external tendon)

13. 블록형 방향변환블록(deviation saddle)

14. 리브(rib)형 방향변환블록

15. 격벽(diaphragm)형 방향변환블록

20. 덕트(duct)

21. 기존 덕트의 곡률반경(radius)

22. 강관(steel tube)

23. 인출부 긴장력

24. 삽입부 긴장력

25. 방향변환력(deviation force) 또는 인발력(pull-out force)

26. 인출부 접선각도

27. 삽입부 접선각도

28. 인발력에 대한 정착철근

29. 전단마찰과 휨에 대한 추가철근

30. 곡률반경(curvature radius)

31. 접선각도(tangent angle)

32. 단위길위 법선력(unit length normal force)

33. 단위길이 마찰력(unit length friction force)

34. 연직방향 단위길이 인발력(unit length pull-out force)

35. 단위길이 수평력(unit length horizontal force)

32. 임의 위치의 접선각도

40. 기존의 원형 덕트가 적용된 방향변환블록

41. 기존 방향변환블록(40)의 원형 덕트 종방향 길이

42. 기존 방향변환블록(40)의 원형 덕트 연직 높이차

43. 기존 방향변환블록(40)의 원형 덕트

44. 기존 방향변환블록(40)의 원형 덕트에 작용하는 인발력비 분포

50. 종방향(교축방향) 좌표축

51. 연직방향 좌표축

52. 본 발명의 등분포 인발력(56)이 작용하는 방향변환블록

53. 본 발명이 적용된 방향변환블록(52)의 덕트 종방향 길이

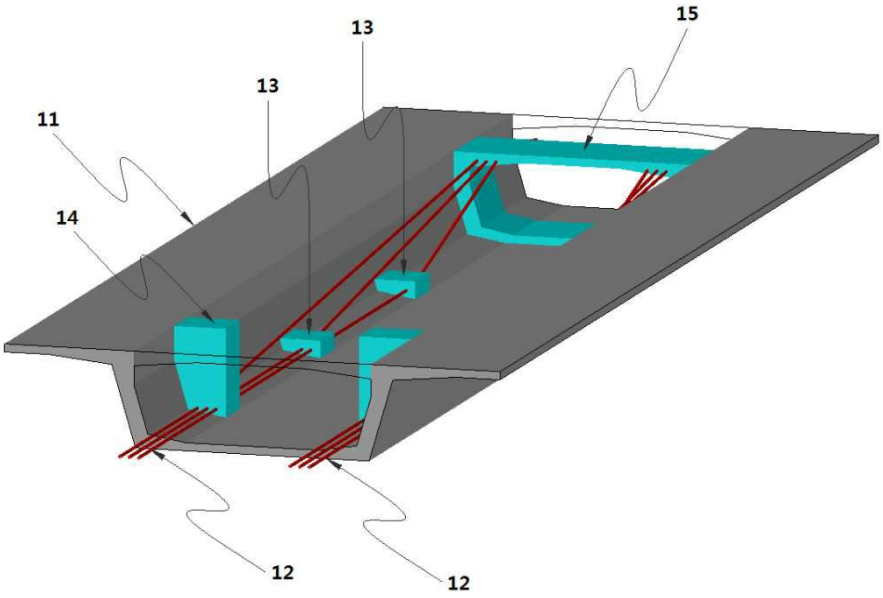
54. 본 발명이 적용된 방향변환블록(52)의 덕트 연직 높이차

55. 본 발명이 적용된 방향변환블록(52)의 곡선 덕트

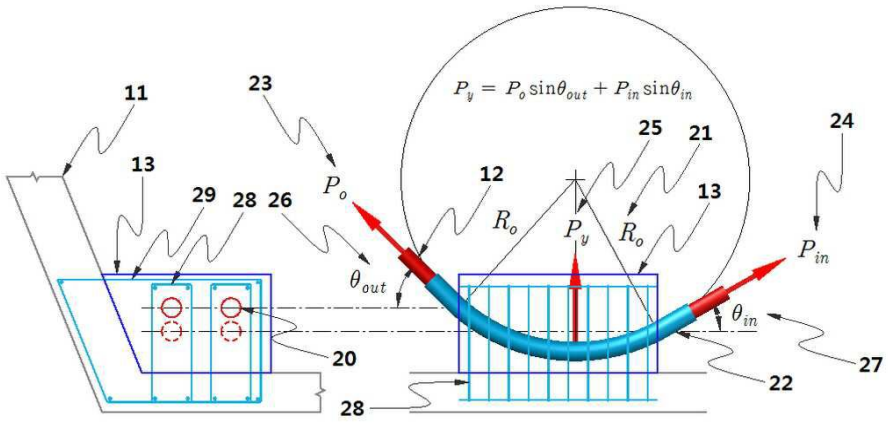
56. 본 발명이 적용된 방향변환블록(52)의 덕트에 작용하는 등분포 인발력

도면

도면1

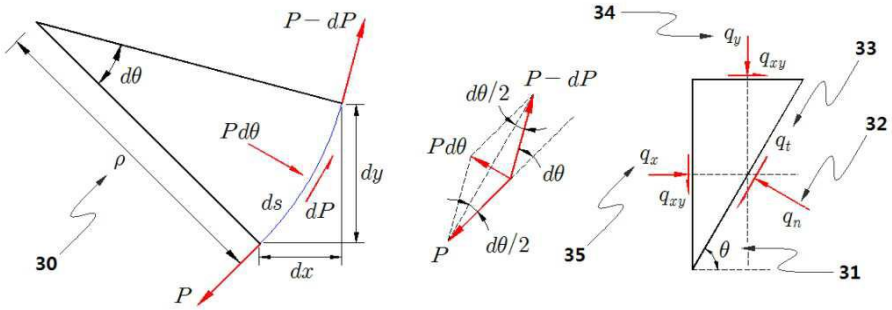


도면2



(a) 방향변환블록 정면도 (b) 방향변환블록 측면도

도면3



(a) 마찰에 의한 케이블 인장력 변화 (b) 케이블 평면의 단위길이 단면력

$$ds = \rho d\theta \qquad dP = P\left[1 - e^{-(\mu d\theta + K ds)}\right]$$

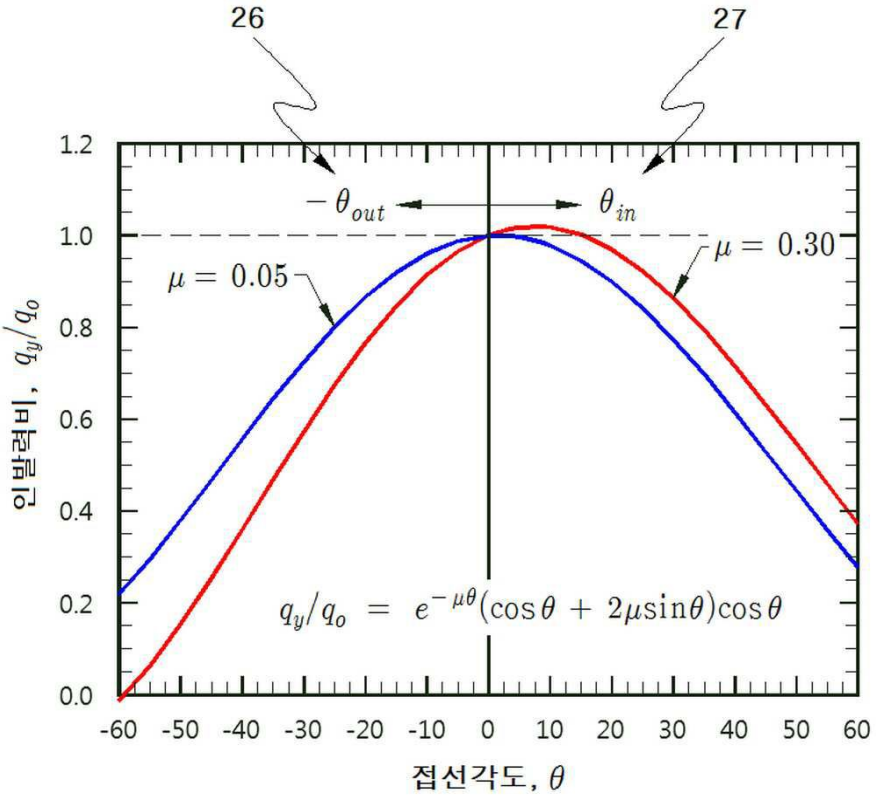
$$q_n = P\frac{d\theta}{ds} = \frac{P}{\rho} \qquad q_t = -\frac{dP}{ds} = (\mu + K\rho) \cdot q_n$$

$$\begin{bmatrix} q_x \\ q_y \\ q_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin^2\theta & \cos^2\theta & -2\sin\theta\cos\theta \\ \cos^2\theta & \sin^2\theta & 2\sin\theta\cos\theta \\ \sin\theta\cos\theta & -\sin\theta\cos\theta & \sin^2\theta - \cos^2\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_n \\ 0 \\ q_t \end{bmatrix}$$

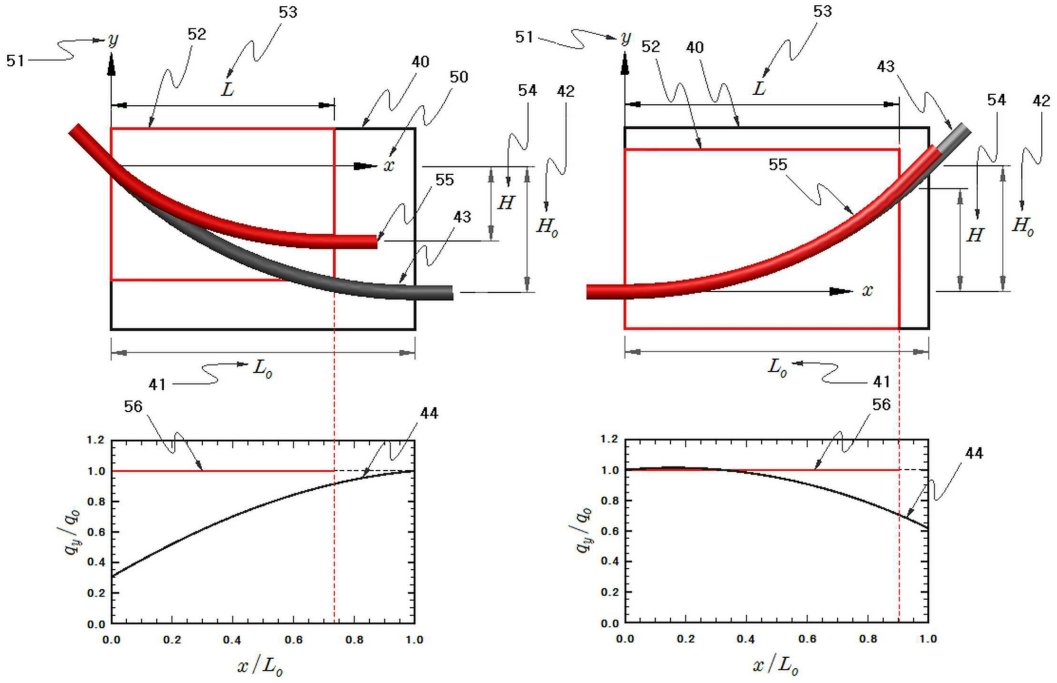
$$= q_n \begin{bmatrix} [\sin\theta - 2(\mu + K\rho)\cos\theta]\sin\theta \\ [\cos\theta + 2(\mu + K\rho)\sin\theta]\cos\theta \\ 0.5\sin 2\theta - (\mu + K\rho)\cos 2\theta \end{bmatrix}$$

(c) 케이블 평면 축방향 단위길이 단면력 유도

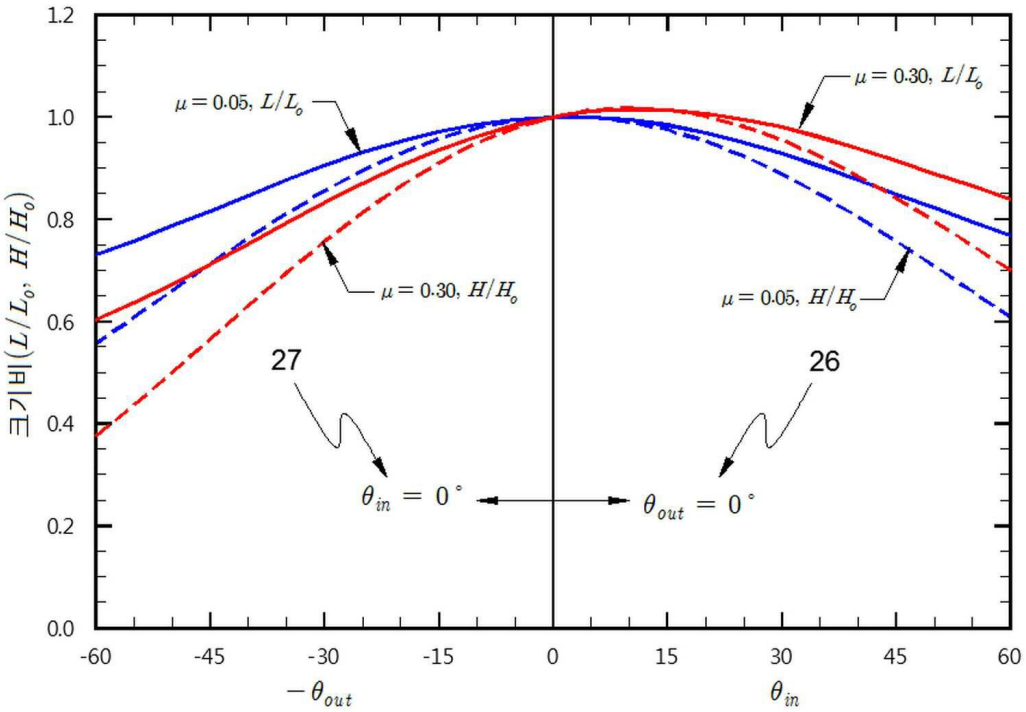
도면4



도면5


51
y
52
53
L
40
50
54
42
x
55
43
H
H_o
L_o
41
56
44
q_y/q_o
x/L_o
(a) $\theta_{out} = 45^\circ$, $\theta_{in} = 0^\circ$
(b) $\theta_{out} = 0^\circ$, $\theta_{in} = 45^\circ$

도면6


크기비 $(L/L_o,\ H/H_o)$
$\mu = 0.05,\ L/L_o$
$\mu = 0.30,\ L/L_o$
$\mu = 0.30,\ H/H_o$
$\mu = 0.05,\ H/H_o$
27
26
$\theta_{in} = 0^\circ$
$\theta_{out} = 0^\circ$
$-\theta_{out}$
θ_{in}