

## 순응 기구를 이용한 곡관 검사용 디바이스의 설계

김석태\* (연세대 대학원 기계공학과), 최용제(연세대 기계공학과)

주제어 : 순응 기구(Compliant Device), 이동 로봇(Mobile Robot), 곡관(Curved pipes), 초음파 센서 (ultrasonic sensor)

고온의 유체가 흐르는 곡관(Curved Pipe)의 경우 심한 마모가 생기기 때문에 정기적인 비파괴 검사(Non-destructive examination)가 필요하다. 그러나 작업 공간의 위험성으로 인해 사람을 대신하여 검사를 수행할 수 있는 로봇의 필요성이 대두되고 있다. 비파괴 검사는 초음파 센서(Probe)에서 초음파 신호를 보낸 후 매질의 차이에 의해 반사되어 오는 신호를 받아 곡관의 두께를 검사하는데, 이 때 초음파 센서는 곡관에 대해 법선 방향의 일정한 힘 이상으로 접해야 정확한 검사가 가능하다. 그러므로 비파괴 검사에 있어서 초음파 센서를 파이프 곡면에 대해 법선 방향으로 세우는 것은 필수적이라 할 수 있다. 이 논문에서는 아래와 같은 개념 설계를 통해 초음파 센서를 핸들링 하려고 한다. 아래 그림에서 보면 1자유도(DOF) 순응 기구와 훅 조인트(Hook's joint)로 구성된 디바이스가 있다. 1자유도 순응 기구로는 z축의 반력(reaction force)을 측정하고 훅 조인트는 x축과 y축으로 회전이 가능하다. 특히 훅 조인트의 경우 회전축이 초음파 센서의 아래쪽에 위치하고 회전축이 교차하는 곳에 초음파 센서가 삽입될 수 있도록 설계된다. 그리고 이 디바이스를 구동하기 위해서 DC 모터를 사용하여 초음파 센서를 곡면에 이동시켜 파이프 곡면에 접하게 한다. 이때 디바이스가 곡면에 닿으면 반력이 발생하게 되고 xy평면에서 볼 때 초음파 센서의 아래부분 중 회전축이 일치하지 않는 부분에 곡면이 닿게 되면 발생하게 된 반력은 모멘트를 발생시켜 초음파 센서를 회전축을 중심으로 회전시키게 된다. 초음파 센서의 끝단은 x축과 y축으로 모두 회전 가능하기 때문에 반력이 모멘트를 발생하지 않을 때까지 회전하게 된다. 즉, 반력이 작용하는 점이 회전축과 일치하여 오프셋이 없으면 모멘트가 발생하지 않게 된다. 이렇게 반력의 작용점이 일치하면서 어느 정도 힘 이상으로 접촉을 유지하기 위해 모터를 제어해야 하는데, 이때 순응 기구에 걸리는 힘과 x축과 y축으로 회전한 각도를 이용하여 실제로 이 디바이스가 곡관의 곡면을 얼마의 힘으로 누르고 있는지를 계산할 수 있고 이것을 근거로 하여 모터를 제어하여 그 접촉력(contact force)을 파이프 곡면에 수직하게 유지할 수 있게 설계한다.

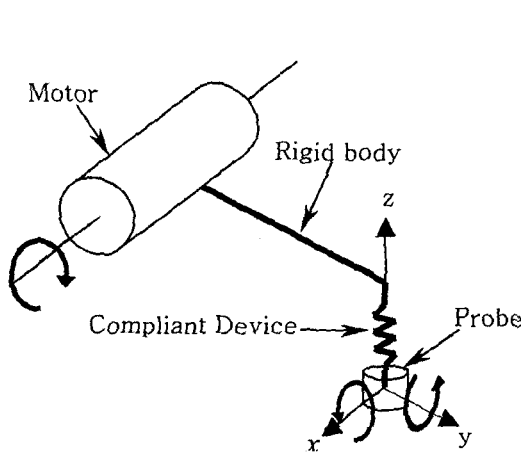


Fig. 1 Concept Design with compliant device for inspecting curved pipe.

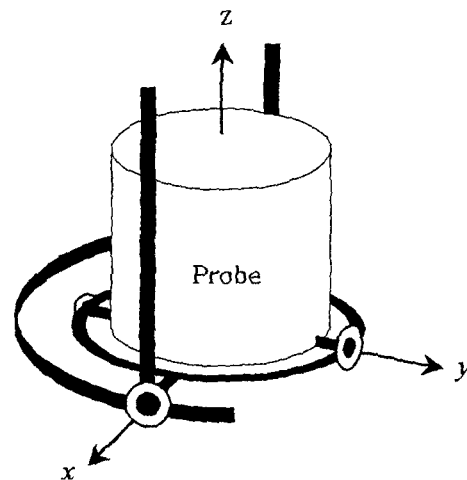


Fig. 2 The enlarged view of Special Hook's joint and probe Part