

파이프 적층용접부 변형

The Deformation Generated by Multi-Pass Welding in Steel Pipe

장 경 호*, 양 성 철**, 박 정 응***

* 중앙대학교 건설환경공학과

** 중앙대학교 대학원 토목공학과

*** 삼성중공업 건설플랜트 연구소

1. 서론

산업이 발달함에 따라 압력용기, 해양구조물, 배관구조물, 도시 상하수도, 원자로 등의 원통형 shell 구조물 등이 많이 제작되고 있다. 이들 구조물들은 용접제작되고 있는 실정이다. 용접중의 국부적인 가열과 냉각과정은 원통관 용접부 근방에 불균일한 팽창과 수축을 유발하고, 이러한 현상에 의하여 용접 변형이 발생하게 된다. 구조물 제작시 발생하는 변형을 관리하는 문제는 중요한 사항이 되었으며 생산성 향상을 위하여 해결하여야 할 문제이다.^{1~2)} 따라서 본 연구에서는 강관 구조물 용접시 발생하는 변형을 열탄소성⁽³⁾ 해석을 통하여 예측하고, 용접변형의 크기 및 분포의 특성을 파악하였다.

2. 해석조건

2.1 해석모델과 용접조건

본 연구에 사용된 모델재료는 토목 구조용 강으로 많이 사용하고 있는 SM490 강을 사용하였으며, 800mm(길이)×219.1mm(외경)×12.7mm(두께)의 강관을 반모델로 하여 해석하였다. SM490의 항복응력은 320MPa, 인장강도는 490MPa이며, 해석모델은 Fig.1과 같다. 용접조건은 전압 30V, 전류 240A, 속도 6mm/sec, 열효율은 0.85이며 4Pass의 적층용접을 하는 것으로 하였다. 그리고, 4Pass 용접시 각 Pass 별 과도변형 및 잔류변형의 과정을 추적함으로써 변형의 거동을 파악하였다.

2.2 온도분포

3차원 비정상 열전도 해석을 수행하여 온도이력을 구하였으며, 그 결과의 한 예를 Fig.2에 나타내었다.

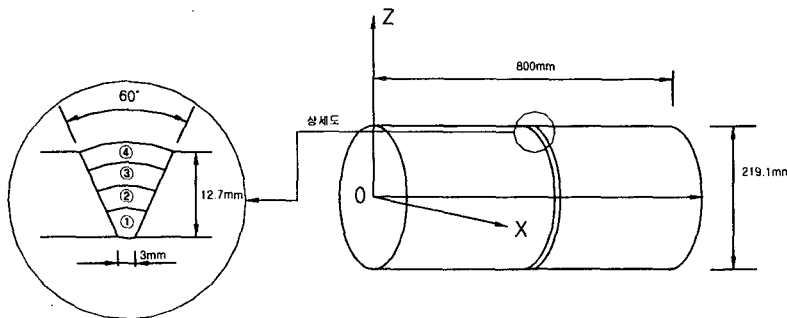


Fig.1 해석모델

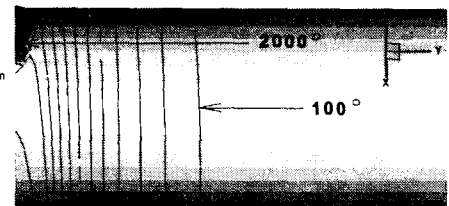


Fig.2 용접완료시 온도분포(4Pass)

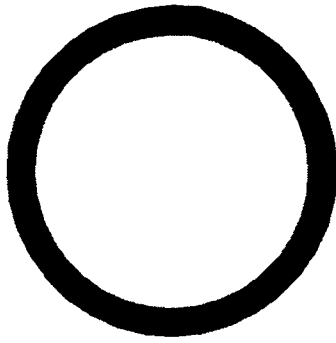


Fig.3 잔류변형($t=\infty$ sec)

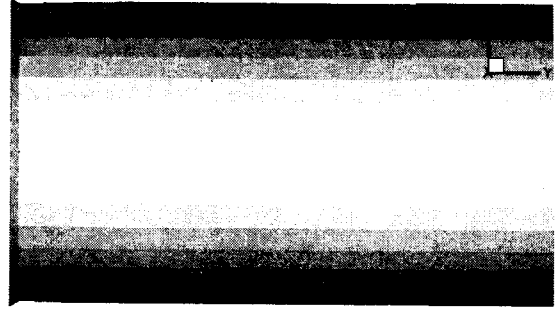
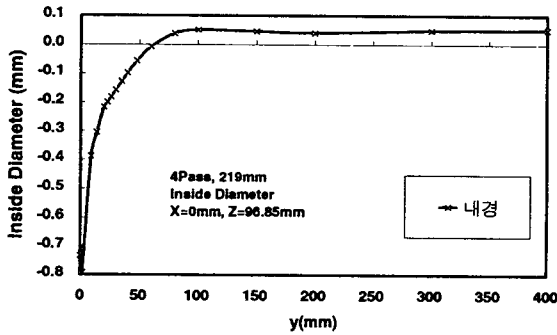
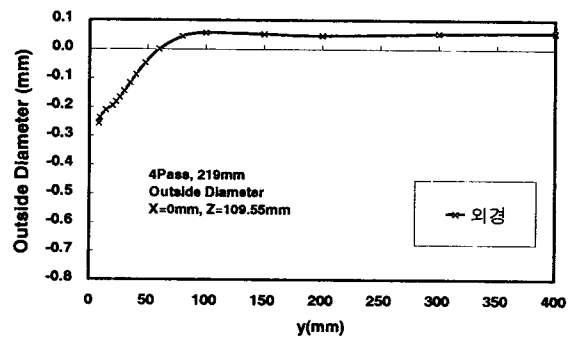


Fig.4 잔류변형($t=\infty$ sec)

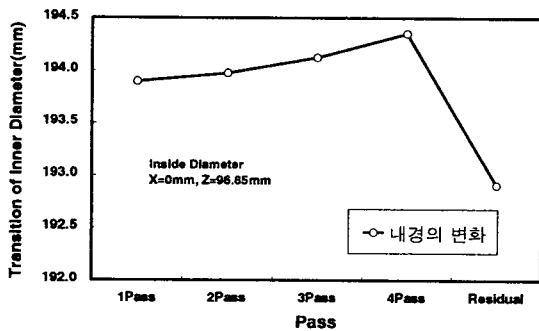


(a) 강관의 내경 수축량(4Pass)

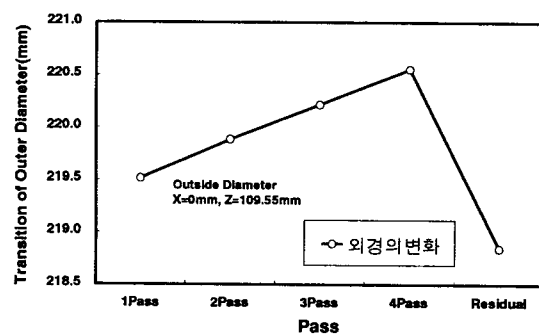


(b) 강관의 외경 수축량(4Pass)

Fig.5 잔류변형



(a) 강관의 내경의 Pass별 변화



(b) 강관의 외경의 Pass별 변화

Fig.6 과도변형

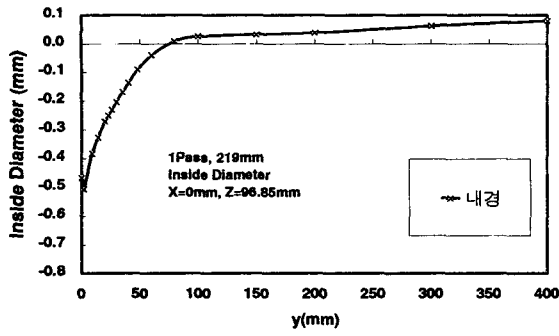
3. 적층용접부 잔류변형의 거동

3.1 잔류변형

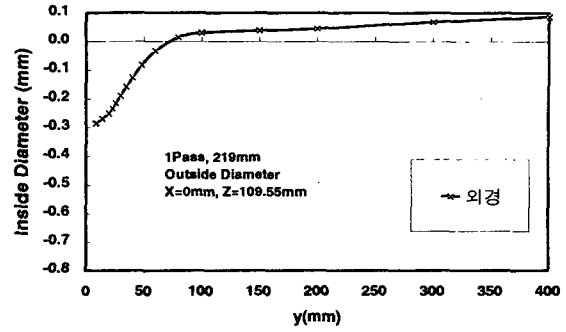
온도이력을 바탕으로 3차원 열탄소성 해석을 수행하여 잔류변형을 얻었다. Fig.3 과 Fig.4의 결과는 용접을 완료한 후 완전히 냉각되었을 때의 변형을 나타낸 것이다. 이 결과는 변형을 10배하여 나타낸 것이며 Fig.3에서 선으로 나타낸 것은 용접전 관의 초기상태이다. Fig.5의 결과는 4Pass 적층용접을 했을 때 내경과 외경의 잔류변형량이다. 이 결과에서 내경이 외경보다 더 수축하였다는 것을 알 수 있다. 이 때문에 내측이 외측에 비하여 변형의 크기가 더 크게 발생한다. 이러한 변형은 용접지점으로부터 80mm지점까지 발생하고 있다.

3.2 과도변형

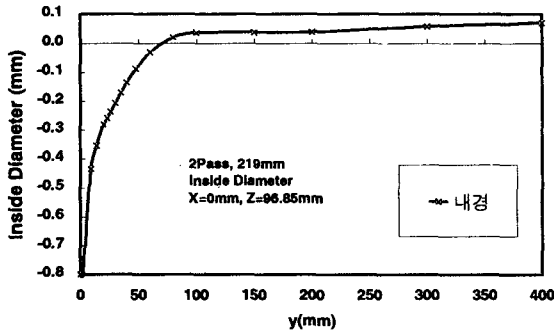
총 4Pass 용접시 각 Pass 용접이 끝날때마다 과도 변형을 살펴보았다. Fig.6의 결과는 총 4Pass의



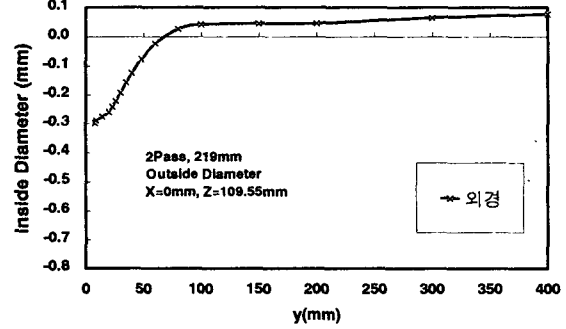
(a) 강관의 내경 수축량(1Pass)



(b) 강관의 외경 수축량(1Pass)



(c) 강관의 내경 수축량(2Pass)



(d) 강관의 외경 수축량(2Pass)

Fig.7 적층의 영향

용접을 할 때 각 Pass가 끝났때마다의 과도 변형을 내경과 외경의 변화로 나타낸 것이다. Pass가 늘어날수록 관경의 크기는 커지고 있고 최종 잔류변형은 용접전보다 작아지고 있다. 또 외경이 더 급한 기울기를 보이고 있다. 이는 내측부터 용접이 시작되면서 내측에서 더 큰 팽창이 일어나기 때문이다.

4. 적층의 영향

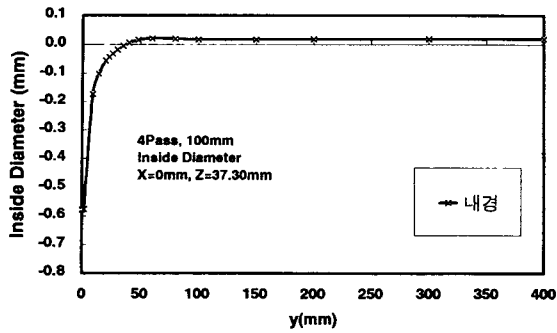
위와같은 잔류변형이 다른 용접조건일 경우에도 같은 형태로 나타나는가에 대해 검증하기 위해 다음과 같이 검토를 실시하였다. 즉, 같은 두께와 관경의 강관을 동일한 용접조건에서 Pass수만을 1Pass 와 2Pass로 다르게 했을 때의 변형을 검토하였다. Fig.7은 Fig.1의 모델과 같은 강관을 1Pass로 용접 하였을때와 2Pass로 용접하였을때의 잔류변형 분포이다.

결과를 보면 Pass 수가 증가하면 용접부에서 내경의 수축량이 증가하고 있으며, 외경의 수축량은 거의 차이를 보이지 않는다. 그리고 2Pass와 4Pass의 경우 거의 같은 값을 나타내고 있다.

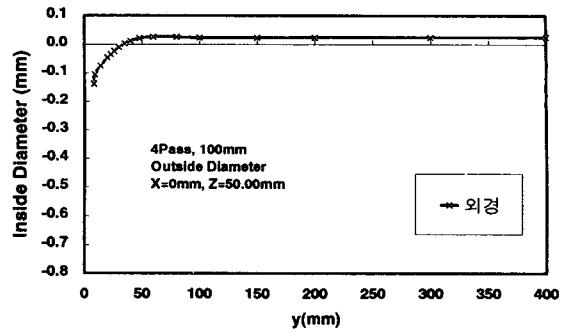
5. t/D의 영향

또한, 강관의 직경 및 두께의 변화에도 어떠한 잔류변형이 어떠한 변화를 보이는지도 살펴보았다. 즉 제원 파라미터인 t/D의 영향을 고려하기 위하여 t(두께)를 7mm로 고정하고 D(외경)를 100mm (t/D = 0.0700), 219mm (t/D = 0.0319), 300mm (t/D = 0.0233)로 변화시켜 가면서 해석을 수행하였다. Fig.8 (a) ~ (d)는 원통관의 t/D가 용접잔류변형에 미치는 영향을 검토한 결과이다.

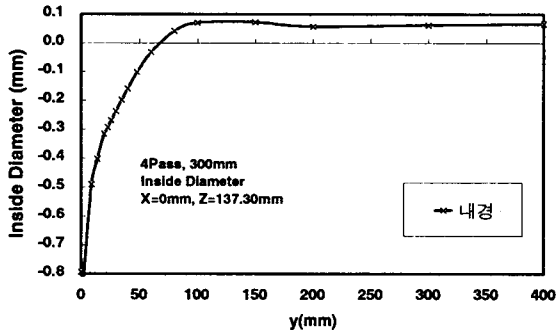
Fig.8 (a) ~ (d)에서와 같이 t/D값이 작아질수록 내경과 외경의 수축량이 커지고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 100mm관에서는 40mm부근까지 변형이 발생하고 있으나 300mm관에서는 80mm 부근까지 변형이 발생하고 있다. 이와같이 변형이 발생하는 이유는 D값이 커질수록 관의 둘레의 길이도



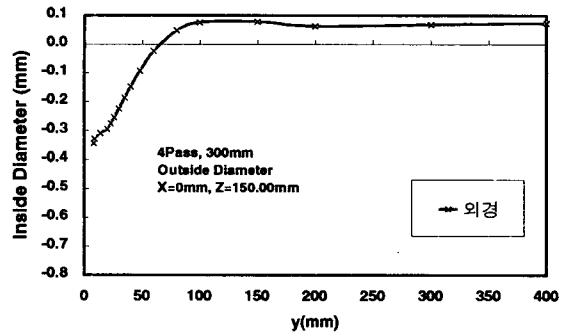
(a) 강관의 내경 수축량(100mm)



(b) 강관의 외경 수축량(100mm)



(c) 강관의 내경 수축량(300mm)



(d) 강관의 외경 수축량(300mm)

Fig.8 t/D의 영향

커지고, 용접후 수축변형의 크기도 따라서 커진다.

6. 결론

본 연구에서는 파이프 적층 용접시 발생하는 변형의 거동을 검토하였다. 또한 용접조건과 강관의 두께와 직경의 비(t/D)가 다른 경우에 강관 용접부에 발생하는 변형은 어떠한 차이를 보이는지 검토하였다.

- (1) 강관 용접부 잔류변형에서 내경의 수축변화량이 외경의 수축변화량보다 크게 발생한다.
- (2) 용접시 발생하는 강관의 과도변형은 Pass수가 증가할수록 팽창이 크게 발생하지만 최종 잔류변형은 초기 상태에 비해 더 수축하게 된다.
- (3) 강관용접부 잔류변형은 1Pass로 용접했을때보다 2Pass로 용접했을때가 더 큰 변형을 보이지만 Pass 수가 더 많아지면서 변형의 크기는 거의 변화를 보이지 않는다.
- (4) 강관의 t/D 값이 작아질수록 잔류수축변형의 크기도 커진다.

6. 참고문헌

- (1) 장경호 : 적층용접에서 발생하는 변형 및 잔류응력의 특징, 한국강구조학회 학술발표회 논문집, 1999년 6월, pp.194-198
- (2) 장경호, 이상형 : 공용중 보수용접에 의한 용접부의 응력 및 변형의 거동, 한국 강구조학회 논문집, 12권 3호, 2000년 6월, pp.26-279
- (3) 장경호, 양성철 : 파이프 적층용접부 잔류응력의 거동, 대한용접학회 학술발표회 논문집, 2000년 10월, pp.114-117