

프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 파일

Pretensioned Spun High Strength Concrete Piles



정 용*

1. 배 경

건설공사가 증가함에 따라 건설 구조물의 고층화, 중량화로 기초구조를 보강하여야만 하는데, 이러한 기초구조를 보강하기 위하여 콘크리트 파일이 사용되고 있다.

콘크리트 파일은 대부분 원심력을 이용하여 제조하며, 그 종류는 원심력 철근 콘크리트 파일(이하 RC 파일), 프리텐션 방식 원심력 PC 파일(이하 PC 파일), 프리텐션 방식 원심력 고강도 콘크리트 파일(이하 PHC 파일)이 주류를 이루고 있다. PC 파일은 RC 파일에 비하여 항타 및 이상하중에 대한 균열발생이 적고 모멘트 파일로서 적당하며, 또한 처짐이 적은 동시에 부식에도 저항할 수 있는 파일이어서 지금까지 주로 사용되어 왔다.

그러나 최근에 영종도 국제공항건설, 서해안 개발사업, 부산의 인공도시등의 해안지방 배립공사와 같이 종래의 건설구조물의 입지로서 경원시되었던 연약지반에의 건설도 활발해지고 내진설계법의 도입과 같이 구조물 안전성에 대한 인식도 달라짐에 따라 기초구조 보강을 위하여 사용되는

파일은 보다 지반 깊숙이 들어가고 보다 큰 지지력을 필요로 하게 되었으며, 또한 지금까지 강관 파일이 이러한 용도에 사용되었으나, 부식저항성이 약한 강관파일에 비하여 부식에 대한 저항성이 크고 가격이 저렴한 PHC 파일의 필요성이 대두되었다. PHC 파일은 휨과 충격에 대한 저항성이 우수하여 종래의 PC 파일로서는 시공할 수 없었던 중간층의 관통이나 장대파일의 시공이 가능하다.

지진과 연약 해안지방이 많은 일본에서는 1968년도에 PHC 파일이 처음으로 시판된 이래 종래 PC 파일(500 kgf/cm² 이상)보다 상당히 높은 압축강도(800 kgf/cm² 이상)의 콘크리트를 사용한 PHC 파일이 전체 파일 생산량의 95% 이상을 차지하게 되어 생산량이 급격히 떨어진 PC 파일은 JIS상 규정이 유명무실하게 되어 1993년 5월에 삭제되었다.

PHC 파일은 PC 파일에 비하여 설계지지력이 크고 타격에 대한 저항성이 높으며, 부식에 대한 저항성이 우수하다. 또한 파일 선단의 슈에 있어서도 파일 항타시 지반중 호박돌등의 장애물에 의해 휘기 쉬운 결점을 내포한 펜슬형의 슈가 아닌 패쇄형 평탄 슈를 개량한 마빌라형 슈를 채택하여 항타시 파일선단부의 파손을 방지하고 수직관입

* 성희원, 동양중앙연구소 주임연구원

으로 안전하게 최종 지지층까지 도달시키며 높은 내하력으로 전체 항타 파일수의 감소 및 항타비용을 줄일 수 있는 경제적 잇점도 있다.

최근 국내에서도 상술한 사회적 요망에 따라 일부 선발 업체에서 PHC 파일을 생산중에 있으며 전체 파일시장 점유율에서 PHC 파일을 점유율이 급속히 신장되고 있는 실정이다.

2. PHC 파일 제조

PHC 파일의 제조방법은 치밀한 콘크리트의 제조를 위하여 원심력을 이용하여 성형한다는 면에서는 PC 파일과 동일하지만 콘크리트 압축강도가 500 kgf/cm^2 이상인 PC 파일에 비하여 콘크리트 압축강도가 800 kgf/cm^2 이상인 PHC 파일을 제조하기 위해서는 사용하는 재료와 양생방법에 있어서 차이가 있다.

사용재료에 있어서는 콘크리트 압축강도가 800 kgf/cm^2 이상인 고강도 콘크리트를 제조하기 위하여 실리카 분말, 고성능감수제, 특수혼합재가 사용된다. 또한, PC 파일과 동일한 상압증기양생을 하는 경우는 PC 파일에 사용되는 강선과 동일한 PC 강선을 사용하지만, 오토클레이브 양생(고온고압증기양생)을 하는 경우 PC 강선의 프리스트레스 손실량 감소를 위하여 저 리락세이션(low relaxation) PC 강선을 사용하여야 한다.

양생방법에 있어서는 오토클레이브를 사용하는 고온고압증기양생방법과 비교적 최근에 개발된 기술로서 오토클레이브를 사용하지 아니하고 기존의 PC 파일 제조시 사용하는 양생방법과 동일하게 상압증기양생만으로 제조하는 상압증기양생방법이 있다.

PHC 파일의 일반적인 제조공정은 그림 1과 같다.

2.1 고온고압양생(오토클레이브)법

PHC 파일에 사용되는 콘크리트의 제조 방법으로서 우선 가장 고전적인 방법으로서 오토클레이브를 사용하여 고온고압양생하는 방법이다. 이 양생방법은 시멘트를 오토클레이브내의 고온 고압

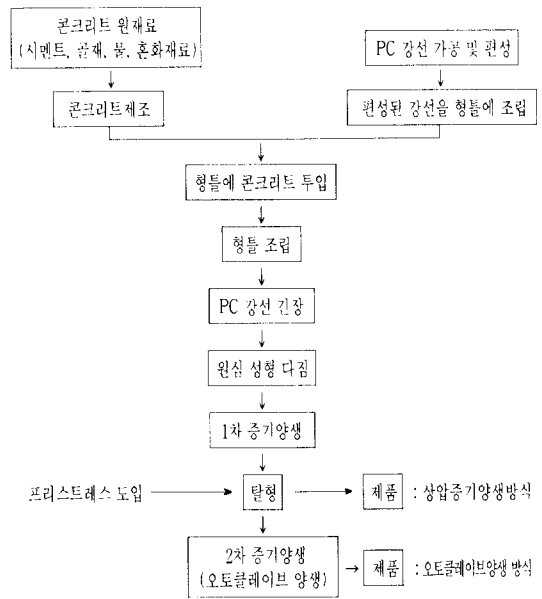


그림 1 PHC 파일 제조 공정도

하에서 양생 중 시멘트중의 칼슘실리케이트계 광물이 토버모라이트(tobermorite) 결정이라는 섬유상의 수화물을 생성한다는 데에서 착안된 것이다.

원재료로서 시멘트, 골재 및 고성능감수제를 사용하여 물-시멘트비를 낮추고 토버모라이트의 생성량을 증대시켜 강도 증진 효과를 최대한 얻기 위하여 실리카 분말을 시멘트 중량의 약 30% 또는 그이하를 혼입하여 10기압, 180℃ 전후의 포화수증기의 고온고압하에서 양생하여 소요의 콘크리트 압축강도를 얻는다.

한편 이 양생법은 오토클레이브 양생(고온고압증기양생)을 하므로 프리스트레스 손실량 감소를 위하여 저 리락세이션(low relaxation) PC 강선을 사용하여야 하며, 오토클레이브설치를 비롯한 초기 설비투자비가 크고, 향후 예상되는 파일의 대구경화(大口徑化) 추세에 있어서는 오토클레이브의 크기에 생산량의 제약을 받을 수 있다.

2.2 상압증기양생법

이 방법은 10여년전 일본에서 개발되어 널리 쓰이고 있는 양생방법이다.

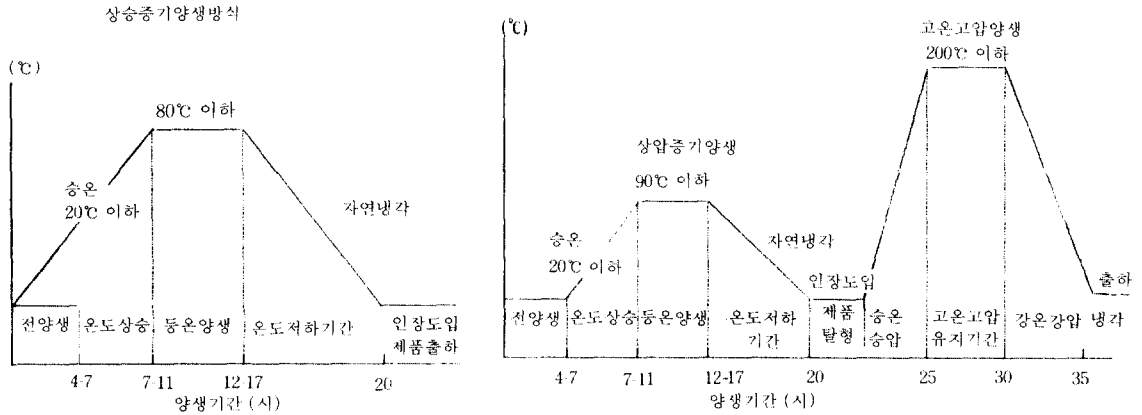


그림 2 고온고압(오토클레이브)양생과 상압증기양생

보통 시멘트에는 석고가 이수석고의 형태로 3% 정도 포함되어 있는데 시멘트중의 칼슘알루미늄에이트계 광물과 석고가 반응하여 에트링자이트(ettringite)라는 침상의 수화물이 생성되면서 피막을 형성하여 시멘트의 급결을 억제하는 역할을 하고 있다. 그러나 이 에트링자이트의 생성시기와 생성량을 조절하는 것에 의해 시멘트에 초속경성, 조강성, 무수축성, 팽창과괴등의 효과를 부여할 수 있다.

따라서 이 양생방법은 원재료인 시멘트, 물, 골재 외에 석고계의 혼합재를 5~15% 정도 첨가하고 고성능감수제를 사용하여 물-시멘트비를 낮추어서 상압증기양생만을 행하여 석고계혼합재와 칼슘알루미늄에이트계 광물과 반응하여 침상의 치밀한 에트링자이트(ettringite)를 생성시켜 비약적인 고강도화를 기하는 방법이다.

이 방식의 PHC 파일은 고온에서 양생하지 않으므로 PC 강선의 리락세이션이나 프리스트레스 도입시 콘크리트의 탄성변형, 크리프등에 의한 PC 강선의 응력 손실량이 고온고압양생방법보다 적고, 콘크리트 내구성도 오토클레이브양생방법과 동등 할 뿐만 아니라 기존 PC 파일 제조설비를 그대로 이용하여 제조가 가능하므로 초기투자비가 거의 들지 않는다.

또한 전체 양생기간면에 있어서도 PHC 파일 생산회사에 따라 차이는 있으나, 고온고압양생방법은 1차양생(상압증기양생)과 탈형후 2차양생

(고온고압양생) 총 35시간 정도가 소요되나, 상압증기양생방법은 14시간 정도에 소요강도를 발휘 시킴으로 단시간내의 출하가 가능하여 양생 에너지

표 1 파일의 콘크리트 설계기준값

	RC파일		PC파일		PHC파일	
	상시	지진시*	상시	지진시*	상시	지진시*
압축강도, σ_{ck} (kgf/cm ²)	400		500		800	
인장강도, σ_{tk} (kgf/cm ²)	-		40		55	
휨인장강도, σ_{bk} (kgf/cm ²)	-		60		75	
허용축압축응력, σ_{ca} (kgf/cm ²)	100	150	125	190	200	300
허용휨압축응력, σ_{ca} (kgf/cm ²)	140	210	175	265	280	420
허용휨인장응력, σ_{ct} (kgf/cm ²)	40 ≤ σ_{ca} < 70		-	0	0	30
	70 ≤ σ_{ca}		-	0	0	50
압축과괴변형도, ϵ_{cu} (%)	0.25		0.25		0.25	
인장과괴변형도, ϵ_{tu} (%)	-		0.018		0.018	
탄성계수, E* (kgf/cm ²)	3.5 × 10 ⁵		4.0 × 10 ⁵		4.0 × 10 ⁵	
크리프계수, Ψ	-		2.0		2.0	
긴조수축률, ϵ_s	-		20 × 10 ⁻⁵		20 × 10 ⁻⁵	

* 허용축압축응력과 허용휨압축응력의 지진의 경우에는 상시에 대해 1.5로 하였음.
** 도로교 표준시방서에서는 PHC 파일의 경우 3.5 × 10⁵ kgf/cm² 을 사용하여도 된다고 하였음.

지를 절약할 수 있고 대구경화(大口徑化)에 따른 제조설비상의 제약을 받지 않는 장점이 있어, 일본에서는 기존 오토클레이브 설비를 갖춘 업체에서도 대구경 파일 생산과 주문된 생산량과 남기를 맞추기 위하여 특수혼합재를 사용하는 상압증기양생 방식을 병행한 생산체제를 갖추고 있다.

그림 2는 상압증기양생 방식과 고온고압양생 방식의 양생 사이클을 나타낸 것이다.

3. RC, PC, PHC 파일의 콘크리트 설계기 준 값

도로교 표준시방서와 국내에 소개된 문헌에 의거하여 파일단면의 파괴회모멘트의 산출에 이용되는 설계기준값을 표 1에 나타내었다.

4. 원심력 콘크리트 파일 시공

4.1 시공법의 종류

파일은 지금까지 '타격에 의해 지중에 타입한다'는 개념으로 타입공법에 의해 시공 되어왔다. 이러한 개념도 파일 타입시에 발생하는 소음과 진동이 건설공해라는 사회적인 문제로 거론되면서 개선대책이 요구되어, 이를 해결하기 위한 저공해 공법으로서 여러종류의 매입공법이 개발되어 왔다.

표 2 콘크리트 파일 시공법의 분류

타입 공법	타격공법 (직타공법)	디젤햄머
		드롭햄머
		유압햄머
매입 공법	Pre boring 병용 타격공법	디젤햄머
		드롭햄머
		유압햄머
매입 공법	Pre boring	Pre-boring 최종 타격공법
		Pre boring 하부고정공법 (시멘트말린)
		Pre boring 확대 하부고정공법
	중굴(中掘)	중굴타격공법
		중굴하부고정공법
	중굴확대하부고정공법	
	회전 하부고정 공법	

기성 콘크리트 파일의 시공법의 분류는 표 2와 같다.

4.2 시공법의 개요

4.2.1 타격(직타)공법

타격(직타)공법은 파일의 두부를 햄머로 타격하여 지중에 타입하는 공법이다. 이 공법은 타공법에 비하여 능률적이고 보다 경제적이며 지지력면에서 신뢰성이 높다. 그러나 시공에 의한 진동과 소음이 인근의 환경에 악영향을 미쳐 사용이 제한되고 있다.

타격공법에 사용되는 햄머를 표 3에 나타냈다.

사용되는 햄머는 디젤햄머가 대부분이었으나 최근 유압햄머가 개발되어 저소음 공법으로 높은 평가를 받고 있다. 디젤햄머에는 소음과 매연의 미산을 저감시키기 위하여 방음, 방연 커버가 장착된 것도 있다.

타격공법은 지지 지반에 파일을 타입할 때 파일의 관입량 및 리바운드량 등을 측정하여 동력학적 지지력 산정식으로 추정할 수 있는 공법이다.

표 3 햄머

종 류	햄머의 구조
디젤햄머	디젤엔진 자체가 햄머로 되어 있고 램(피스톤)의 낙하충격에 의한 에너지와 분사되는 연료의 연소 폭발력을 응용하고 있다.
드롭햄머	드롭햄머를 원자로 끌어올린 후 항타햄머의 리드에 의해 낙하시킨다.
유압햄머	유압으로 램을 상승시켜 램의 자유낙하에 의해 말뚝위로 타격에너지를 가하는 것과 유압램을 상하로 하는 것이 있다.

4.2.2 Pre-boring 병용 타격공법

Pre-boring 병용 타격공법은 먼저 굴삭한 공(孔)내에 파일을 타입하는 공법이다.

Earth Auger를 이용하여 먼저 지반에 굴삭공을 만들고 여기에 파일을 삽입하여 타격공법과 동일하게 파일에 타격을 가하여 지지력을 발전시키는 공법이다. 이 공법은 종래에는 타격이 불가능한 중간층이 있을 때 이용해 왔다. 그러나 최근에는 진동, 소음을 저감시키는 공법의 하나로서 이용되고 있다. 타격공법에 비하여 굴삭공이 설치되

어 있으므로 타격횟수가 적게된다.

4.2.3 Pre-boring 최종 타격공법

Pre-boring 최종 타격공법은 Pre-boring 병용 타격공법과 동일하게 미리 굴삭한 孔내에 파일을 매설하는 공법이다.

Earth Augar와 Rod를 이용하여 지지층까지 굴삭하여 파일 주변 고정액등을 이용하여 굴삭공을 형성시킨다. 파일을 삽입한 후 드롭햄머를 이용하여 파일에 가벼운 타격을 가하여 孔내에 설치하는 공법이다.

이 공법은 파일의 설치 때만 타격하는 것이므로 타격횟수가 적어 저공해 공법으로서 이용할 수 있다.

4.2.4 Pre-boring 하부 고정공법

Pre-boring 하부 고정공법은 Pre-boring에 의한 방법의 일종으로 Augar와 Rod를 이용하여 파일구경보다 크게 굴삭하여 하부고정액 또는 파일 주변 고정액을 채운 孔내에 파일을 삽입하여 설치하는 공법이다.

Earth Augar와 Rod로 미리 굴삭할 곳의 孔壁의 붕괴 방지를 위하여 파일주변 고정액을 Bit 선단에서 분출한다. Bit가 소정의 심도에 도달했을 때 하부 고정액으로 바꾸어 주입하여 분출시키면서 Earth Augar를 서서히 끌어올린다. 파일길이 긴 경우는 다시 파일주변 고정액으로 바꾸어 주입하여 굴삭공을 축조한다. 축조된 굴삭공에 파일을 삽입하고 지지층에 파일선단을 확실하게 정착시키기 위하여 파일을 압입하거나 드롭햄머로 가볍게 타격하는 공법이다. 이 공법의 하나로서 시멘트 밀크공법이 있다.

4.2.5 Pre-boring 확대 하부 고정공법

Pre-boring 확대 하부 고정공법은 Pre-boring에 의한 沈設, 설치방법의 일종으로 특수 Augar와 Rod로 굴삭하여 지지층에 확대 하부고정부를 만들어 孔내에 파일을 삽입하여 설치하는 공법이다. 특수 Augar와 Rod를 이용하여 선단에서 물 또는 파일주변 고정액을 토출해 가면서 굴삭공을 축조한다. Bit가 지지층에 도달하면 확대 굴삭장

치등을 작동시켜 시멘트밀크를 토출하여 확대 하부고정부를 축조한다. 이 굴삭공에 파일을 세워놓고 파일의 자중 또는 파일의 회전으로 확대 하부고정에 파일을 정착하는 공법이다. 이 공법의 하나로서 확대구경 파일(파일선단에 확대구경단면이 있는 파일)을 설치하는 공법도 있는데 이 경우는 하부파일으로 확대구경파일을 이용하므로 파일주위에는 파일주변 고정액이 충전되어 있지 않으면 안된다.

4.2.6 中掘 타격공법

中掘 타격공법은 선단개방의 파일중공부를 통하여 선단부의 지반을 굴착하면서 토사를 배출하여 침설한 후 최종공정에서 타격하는 공법이다.

파일중공부에 삽입한 Earth Augar를 회전시켜서 Bit에 의해 굴삭되어진 토사는 중공부를 통하여 파일상부로 배출한다. 파일을 자중 및 압입장치로 소정심도까지 沈設한 후 햄머로 두부를 타격하여 파일선단을 지지층에 타입하여 지지력을 발현시키는 공법이다.

이 공법은 종래에 사질층 등 붕괴가 현저한 토층에 沈設할 때에 이용되었으나, 최근에는 진동, 소음을 저감시키는 공법의 하나로 이용되고 있으며 소정의 심도까지 파일을 沈設할 수 있으므로 타격횟수가 적어도 된다.

4.2.7 中掘 하부 고정공법

中掘 하부 고정공법은 파일중공부를 이용하여 선단부의 토사를 배출하여 沈設하고 최종공정에서 파일선단부에서 시멘트 밀크를 토출하여 하부를 고정하는 공법이다.

파일 중공부에 삽입한 Earth Augar를 회전시켜 Bit로 굴삭되어진 토사를 파일중공부를 통하여 파일상부로 배출한다. 파일의 자중 및 압입장치로 소정의 심도까지 沈設한 후 Bit에서 시멘트 밀크를 토출하여 지지층의 모래 또는 자갈과 혼합하여 하부를 고정시키는 공법이다.

4.2.8 中掘 확대 하부 고정공법

中掘 확대 하부 고정공법은 파일중공부를 통하여 파일선단부의 토사를 배출하여 沈設하고, 최종

공정에서 파일선단부에 확대 하부고정부를 축조하는 공법이다.

파일 중공부에 삽입한 Earth Auger를 회전시켜 Bit로 굴삭된 토사를 파일중공부를 통하여 파일상부로 배출한다. 파일의 자중 및 압입장치로서 소정의 심도까지 沈設한 후 확대 굴삭장치를 작동시켜 시멘트밀크를 분출하여 확대 하부고정부를 축조하는 공법과 Bit에 부착된 노즐로 고압분사하여 확대하는 공법이 있다.

4.2.9 회전 하부 고정공법

회전 하부 고정공법은 파일중공부에 Rod를 삽입하여 파일선단에서 물의 분사 및 파일의 회전으로 沈設하여 최종공정에서 시멘트밀크를 토출하여 하부를 고정하는 공법이다.

일례로 파일선단에 특수 슈(굴삭 Cut과 불 및 하부고정액을 분출하는 노즐이 장치된 슈)를 먼저 용접한 후, 파일중공부에 삽입한 Rod와 특수 슈를 연결하여 파일의 회전과 분출수로 굴삭하여 沈設한다. 소정의 심도에 도달하면 굴삭수를 시멘트밀크로 전환시켜 하부고정을 실시한다. 지지층 내부로 파일선단의 정착을 확실히 하기 위하여 파일을 최종 회전 압입을 시키는 공법이다.

4.3 파일 시공의 주의점과 대책

콘크리트파일의 타입공법은 타입에 의한 효과로 지지력, 경제성이 우수하지만, 소음, 진동 등의 공해문제로 적용하는데 환경적인 제약을 받는 실정이다.

그러나 현재까지 이 공법을 많이 사용하고 있기 때문에 본 기사에서는 이 공법에서 발생할 수 있는 파일 향타시 주의점과 대책에 대하여 간략히 기술하기로 한다.

4.3.1 파일 두부 파손

1) 과도한 타격에 의한 파손

(1) 적정 햄머와 낙하고

타입 파일을 지지 지반에 충분히 근입시키기 위하여 N ≥ 50 인 층에 무리하게 파일 선단을 도달시키려 한 결과, 표면의 모래층이나 중간 모래

층, 모래자갈층을 타공시키기 위하여 과도한 햄머와 과도한 낙하고를 선택하여 파일을 타격할 경우 파일 두부의 압축파괴를 초래할 수 있다.

이 경우는 적정햄머의 선택과 타격횟수의 제한으로 대부분 대응할 수 있다. 적정햄머와 타격횟수의 기준은 표 4, 5를 참조하되, KS F 7001 원심력 콘크리트 말뚝의 시공표준에 따라 시공하여야 한다.

(2) 중간층의 타공과 지지층의 근입(根入)

중간층의 타공이 필수적이고 적정햄머로도 타공할 수 없을 때는 Pre-boring과 中掘의 병용이 유효하다.

표 4 파일직경별 해머

파일직경(mm) 햄머직경(mm)	300	350	400	450	500	600	700 ~ 800
22 ~ 25	○	○	△	×	×	×	×
32 ~ 35	×	△	○	○	△	△	×
40 ~ 45	×	×	△	○	○	○	△
60 ~ 70	×	×	×	×	×	△	○

표 5 제한 타격횟수

파일의 종류	RC	PC	PHC
제한 총 타격횟수	1,000이하	2,000이하	3,000이하
최후의 10M 제한 타격횟수	500이하	800이하	1,500이하

① Pre-boring 병용

점성토에서는 공(孔)벽이 비교적 안정된 상태로 Pre-boring 하는 것이 가능하지만, 모래질 지반에서는 공벽이 붕괴되어 결국 Pre-boring 효과를 발휘할 수 없는 경우에는 굴삭공 보호를 위하여 벤토나이트, 섬유찌꺼기, 이토(泥土)를 공벽에 도포하는 등의 방법을 취한다. 또한 최종 지지층에는 파일직경의 2배 또는 1M 정도 타입하여 지지력을 확보할 필요가 있으며, 최종 근입시 시공 관리는 침하량, 타격횟수, 근입깊이를 설정, 관리하여 파일두부의 압축파괴등이 일어나지 않도록 하여야 한다.

② 中掘의 병용

中掘의 병용은 모래자갈층을 포함, 전지반에 유효한 방법이다. 이 방법은 파일선단의 지반을 느슨하게 이완시키므로 지지력을 얻기 위해서는 파일직경의 2배 또는 1M 정도 지지층에 타입하여야

한다.

(3) 쿠션재

쿠션재를 사용하지 않았거나, 편감소한 것을 사용하는 경우 햄머의 대형화에 따라 파일 두부의 압축파괴를 초래할 수 있으므로 쿠션재가 편감소한 것은 자주 교환해주어야 하며, 쿠션재의 사용은 필수적이며 가능한 한 두께 5cm, 2장을 겹치는 것이 좋다.

2)편타에 의한 파손

편타에 의한 파일 두부의 파손은 쿠션재의 편감소와 같이 햄머의 축중심선과 파일의 축중심선이 일치하지 않은 것이 대부분이다. 따라서 항타기를 설치할 때 부터 서로의 축중심이 일치하도록 하여야 하며, 처음에는 일치하였다 할지라도 항타중 암석, 지중장애물, 지반개량 모래파일, 지지지반의 경사에 의하여 축중심이 서서히 일치하지 않게 되어 파일 두부에 손상을 초래하게 된다.

이에 대한 대책으로 미끄러지기 쉬운 펜슬형 슈 대신에 플랫폼형 또는 마빌라형 슈를 사용하거나, 플랫폼형 슈 선단에 열십자로 보강하면 된다. 또한 개방형 또는 반개방형 슈를 사용하는 경우에는 슈 선단에 길이 30cm 정도의 강관을 파일끝에 부착한다. 단, 이때 파일내공의 폐쇄효과에 의한 내압으로 선단부에 종 균열이 일어나지 않도록 보강개량이 필요하다.

4.3.2 파일 중간부의 파손

1) 종균열

종균열의 원인은 中掘 중의 내압(토압, 공기압), 편타, 쿠션재의 편감소가 주가 된다.

中掘 타격의 경우 파일공내의 흙이나 공기의 내압에 의해 파일 중간부가 종균열을 일으킬수 있으므로 中掘 중에 파일내에 토압이 커지지 않도록 시공속도, 오기의 지름, 토출공기량 등 시공상의 배려를 하여야 하며, 공기압에 의한 균열발생 방지를 위해서는 햄머 카에 공기구멍을 두는 등의 대책이 필요하다.

2) 횡균열

타입중에 횡균열, 심한경우 이에 기인하는 본체 파손의 원인 대부분이 시공중에 파일이 휘거나 경사와 축중심이 어긋남에 의해 압축력과 휨력의 복합응력의 발생에 기인한다. 이 대책으로는 파일이 휘지 않도록 타입하여야 할 것이다.

3) 둥글게 끊기는 균열

타입중에 타격력에 의해 파일에 인장력이 발생하는데 이것이 파일본체의 인장강도를 초과하면 파일에 둥글게 끊기는 균열이 발생한다. 특히 연약층의 타입이나 연약층에 타입하는것과 동일한 경우(Pre-boring 병용공법, 中掘공법)의 타입시에 예상된다.

이 대책으로는 지반조건, 햄머의 제원, 쿠션재의 제원에 따라 파일규격을 재 선정할 필요가 있다.

4.3.3 파일 선단부의 파손

파일 선단부의 파손은 종균열에 의한 파손, 압입선단에 의한 파손, 휨에 의한 파손이 주가 되므로 이에 대한 대책으로는 中掘 중에 파일내에 토압이 커지지 않도록 시공속도, 오기의 지름, 토출공기량 등 시공상의 배려를 하여야 하며, 공기압에 의한 균열발생 방지를 위해서는 햄머 카에 공기구멍을 두는 등의 대책이 필요하며, 플랫폼 슈나 마빌라형 슈의 사용을 권장한다.

5. 맺음말

끝으로 PHC 파일이 국내에서도 고층 아파트, 초고층 건물의 기초 공사, 매립지의 공사등에 사용되어 왔던 기존의 PC 파일, 강관 파일을 대체하여 수요가 증가할 것으로 예상되므로, PHC 파일에 대한 계속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 생각되며, 전술한 PHC 파일의 제조, 시공상의 주의점 등이 개략적이긴 하나 건설공사의 PHC 파일 사용에 조그마한 도움이 되었으면 한다. □