

구조 보강에서의 케미칼 앵커와 철근 후 시공



번역/ 박형준 이사
힐티코리아

자자/ 플리즈 원거

Hilti 구조보강 전문 선임 엔지니어(리히텐슈타인 본사 근무)

구조 보강의 중요성이 점점 증대해가고 있는 요즘, 구조물 신설에 쓸 수 있는 시간을 절약할 수 있는 새로운 수단 및 방법을 찾고 있는 건축가 및 구조전문가들은 기존 구조물에 새로운 콘크리트 부재를 접합할 수 있는 신뢰할 만한 철근 후 시공 공법을 점점 많이 필요로 하고 있다. 이러한 기존 구조물에 신규 콘크리트 부재를 접합하는 설계를 하는 경우 고려해야 할 주요 사항을 다음과 같이 정리해 본다.

어떻게 하면 새로운 콘크리트가 기존 구조물 부재에 믿을 만하게 접합 될 수 있을까? 구조 기술자가 설계 시에 어떤 것들을 고려해 주어야 할 것인가? Hilti는 철근 후 시공 공법의 현장 사용에 적합한 일체의 접착 몰탈 주입 시스템을 제공한다. 대부분의 경우에, 본 시공법에 의해 정착된 철근은 현장 타설 시 배근된 철근과 동일한 성능이 있는 것으로 여겨질 수 있다. 만약 철근의 항복 강도까지 최대한 구조 계산을 한 경우, 특히 철근간의 간격이 좁거나 부재 모서리에 가까이 배근된 경우에, 그리고 접착 몰탈이 매우 강한 부착력을 갖는 경우에는, 콘크리트의 제한된 인장 강도를 고려 시, 철근의 겹침 이음 길이(또는 정착 길이는 모서리로부터 멀리 떨어진 철근 보다는 길이가 상당히 증가되어야 한다. Hilti는 필요 시 현장과 유사한 조건에서 시스템에 대한 테스트를 실시하고, 이로부터 필요한 설계 규칙 및 규정들을 만들어내고 있다.

현장에서의 시공 역시 매우 중요하다. 현장 시공 시 실수를 피하기 위해, 적절한 설치용 공구가 필요하다. 완전하고도 경제적인 Hilti HIT 주입 시스템은 접착 몰탈에 의한 철근 후 시공 공법에서

의 실질적인 적합성을 증명한 바 있다. 현장의 적용 사례는 광범위하며, 모든 종류의 구조 중합체 시공(Monolithic Structural Additions/ Fig. 1)으로부터, 옹벽(Retaining Wall)에 구조체 접합(Fig. 2) 및 구조물 보강(Fig. 3) 등을 망라한다.

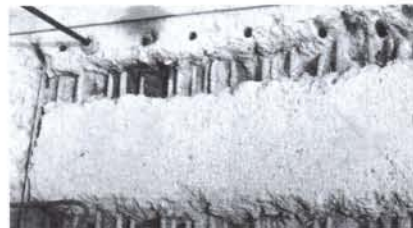


Fig1. Monolithic connection to a structure



Fig2. Retaining wall



Fig3. Structure repair

설계

일반적으로, 철근 콘크리트 구조물 부재에서의 힘의 배분을 분석할 때는 라멘 구조 같은 Strut-and-Tie(Fig. 4) Model을 적용한



다. 이 모델과 같이, 지점이 일례와 같이 고정 지점인 경우, 전단력은 대각선 방향의 압축 Strut에 배분된다. Strut로 이어지는 접합부 표면은 충분한 내부 마찰력이 힘을 전달할 수 있도록 거칠게 만들어져야 한다.

후 시공 철근에서의 힘의 전달은 현장 타설 철근 배근과 동일한다. 단, 부차 메커니즘과 관련하여, 사용된 접착 몰탈은 유사한 강도를 가져야 한다. 일반적으로, 사용된 접착 몰탈에 따라, 후 시공 철근의 인발력이 현장 타설 배근 철근 보다 더 높아진다. 그러나, 만약, 모서리로부터의 거리가 적은 경우, 콘크리트의 인장 쪼개짐력(Tensile Splitting Forces)이 매우 중요한 변수가 될 수도 있다.

통상, 철근콘크리트 구조 부재에서 철근은 크랙의 적절한 배분 및 최적의 휨(탄력성)을 위해 가능한한 콘크리트 표면 가까이 위치하도록 한다. 철근 겹침 이음은 콘스트러션 조인트에 적절한 접합을 확실히 해준다. 얇은 콘크리트 피복 두께 및 좁은 간격의 배근 등은 철근의 항복 강도까지 구조 계산이 된 경우, 상당한 정착 길이를 요구한다. 접합부 설계 작업은 따라서 현행 R.C. Construction Codes 및 Standard에 의해 따른다. 결국 이러한 요소들을 감안하여 부차 응력에 대한 설계값을 소극적으로 적게 잡거나, 또는 겹침 이음에 따른 증가 계수들을 명백히 고려하기도 한다.

때로는, Fig. 5와 같이 강결합(Rigid Frame Nodes)에서 현장 타설 배근 철근이 철근을 통해 반대편 단부에 힘을 통해 인장력을 전달하는 경우, '후 시공 철근'에서는 철근 접합이 끝이 곧게 퍼진 일직선 형태의 철근으로만 된다는 것을 명심해야 한다. 이러한 형태의 대표적인 사례로 정화조(Fig. 6)의 기존 기초판에서 새로운 옹벽을 신설할 때 바닥에서의 힘 모멘트의 전달을 들 수 있다.

Hilti는 뮌헨 기술대학의 콘크리트 건설위원회(Chair for Concrete Construction at the Technical University of Munich)와 본 형태의 결점에 대한 완성된 Strut-and-Tie 모델의 상세 설계 개념의 개발을 위해 오랫동안 협력해 왔으며, 구조 부재들에 대한 벌림력에 의한 모멘트(Opening Moment)와 닫힘력에 의한 모멘트(Closing Moment)를 검토해 왔다. 동 형태의 결점에서의 2차 Strut-and-Tie 모델(Fig. 7)은, 가장 중요한 요소로, 휨 인장 철근(힘 F_s)에 의해 생성되는 인장 Struts, 휨 압축력(힘 F_c)에 의해 생성되는 압축 Struts, 그리고 사 압축 Struts(힘 D)로 구성된다. 이에 더하여 인장 쪼개짐력(S_0)도 존재하며, 바닥판에서는 콘크리트에 부담되거나, 그렇지 않으면 철근에 부담되어야 한다.

일례로, Fig. 8은 벌림력 모멘트(Opening Moment)가 작용하는 시험체 R1을 보여준다. 바닥판에서의 철근과 콘크리트 추가된 구

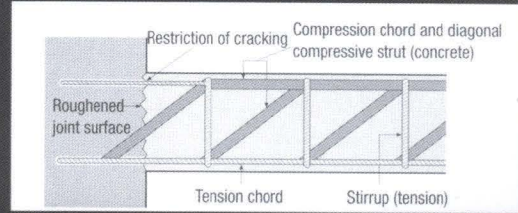


Fig. 4: Strut-and-tie model

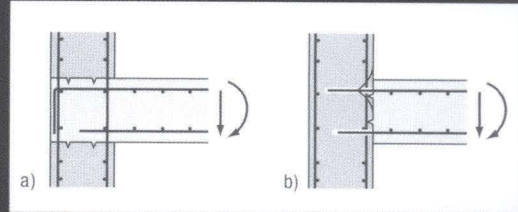


Fig. 5: A bending moment transferred through cast-in(fig.a) and post-installed(fig.b) reinforcement.

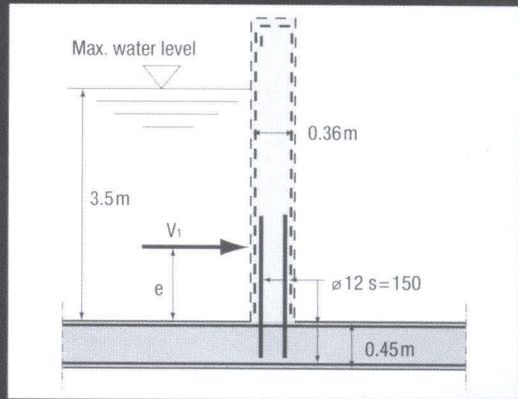


Fig. 6: Post-installed, rigid wall connection

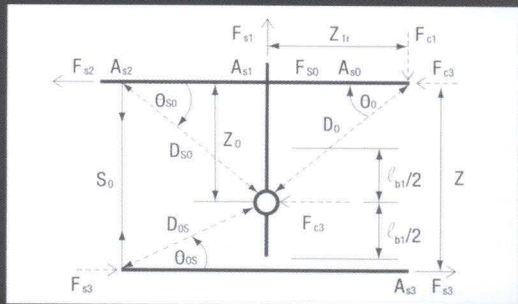


Fig. 7: Secondary strut-and-tie model for frame nodes with straight-end rebars

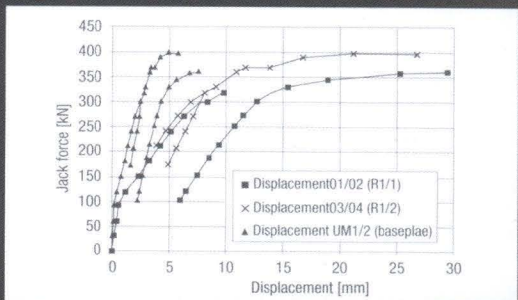


Fig. 11: Force-deformation plot for opening moment



조물은 Strut-and-Tie 모델내의 힘의 흐름에 따라 배치되었다. 콘 크리트 추가 구조물에 접합되는 철근의 바닥판 연결에 한쪽에는 Hilti HIT HY-150을 사용하였고 다른 한쪽에는 Hilti HIT RE-500을 사용했다.

Fig. 9는 최대 하중치하에서의 시험 결과 시험체 전체의 크랙 형태를 보여주며, Fig. 10은 끝이 끝은 철근의 후 시공에 따른 정착 범위 내에서의 크랙 형태를 보여준다. 바닥판에서의 접합 철근과 인장 철근은 모두 항복 강도를 초과하였으며, Fig.11의 힘-변형 곡선에서 보듯이, 접합의 연성 효과(Ductile Behavior)를 실증해 보였다.

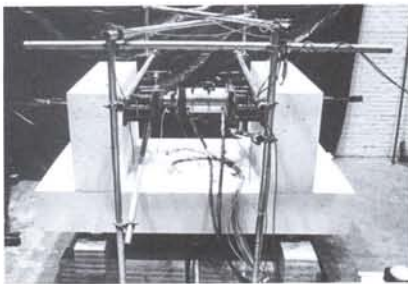


Fig. 8: Test specimen for opening moment

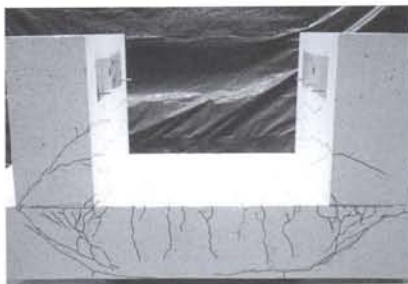


Fig. 9: Cracking mode after test for opening moment

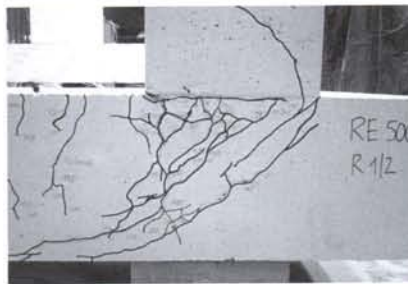


Fig. 10: Cracking mode at anchorage zone after opening moment



Fig. 12: Hilti HIT adhesive mortar being injected into rebar holes.

현장 시공

후 철근 시공 공법에서 접착력은 매우 중요하므로, 현장 시공은 상당히 고품질의 품질 관리가 요구된다. 이러한 문제 때문에, Hilti는 현장 시공을 위한 일체의 공구를 제공하고 있다. 구멍 천공전에 기존 철근의 위치는 Hilti 페로스캔 FS-10 또는 보다 저가 제품의 간단한 철근 탐사기인 Hilti PS-20 등을 사용하여 표시해 놓는다. 일반적으로, 구멍은 Hilti TE 76-ATC 같은 전기 해머 드릴을 사용하여 뚫는다. 이후에 천공된 구멍은 콤푸레서 에어 및 특수 Brush로 청소를 한다. 주입은 Fig. 12와 같은 몇가지의 Hilti 공구(디스펜서)를 사용할 수 있는데, Hilti HIT-P 5000 HY 디스펜서는 약 2 미터까지의 주입이 가능하다. 요구되는 깊이까지 주입이 완성되면, 즉시 철근을 구멍에 끼워 놓는다.

결론

Hilti HIT 주입 시스템은 전세계적으로 철근 후 시공 공법에 수 년 동안 매우 성공적으로 사용되어 왔다. Hilti HIT 주입식 시스템은 DIN-1045 및 유럽 철근 콘크리트 건설 기준 유로코드 2(European Reinforced-concrete Construction Standard Eurocode 2)에 근거하여 2000년에 세계 최초로 DIBt(독일 건설 감독청/General Supervisory Authority)로부터 철근 접합 공법에 대하여 승인을 득하였다. 이에 따라, 접합부 설계 시 개선적으로 철근은 현장 타설 시와 같은 조건으로 고려될 수도 있으며, 최종 설계는 현행 철근 콘크리트 건설 코드에 따르면 된다.

현장 적용에서는, 오직 끝이 일직선 형태의 철근만 심어질 수 있다. 철근이 필요에 따라 원래로 심어질 경우에는 힘의 전달이 적합한지 여부는 시뮬레이션을 통해 적합성 여부를 검토 해보아야 할 것이다. 여기서 제안된 Strut-and-Tie 모델은 시험 및 그에 따른 설계 조건 및 규정에 따라 검증된 것으로, 철근 콘크리트 성능 향상을 위한 경제적이고 새로운 가능성을 열어 주게 되었다. 특히, 휘거나 가구 형태의 철근 콘크리트 부재도 Hilti HIT 주입 시스템으로 끝이 일직선 형태의 철근으로 강결합될 수 있다. 시험 결과, 정착 물탈의 성분도 결합 부위의 거동에 매우 중요한 영향을 미치며, 관련 규칙 및 조항은 시험된 제품에 대해서만 효과를 갖는다.

현장에서 시공 기준에 따라 접착력은 많은 영향력을 받는다. 이러한 관점에서, Hilti는 기술 자문 및 교육, 사용하기 쉬운 시스템의 공급을 통하여 현장에 가능한 많은 도움을 주고자 한다. **KSEA**