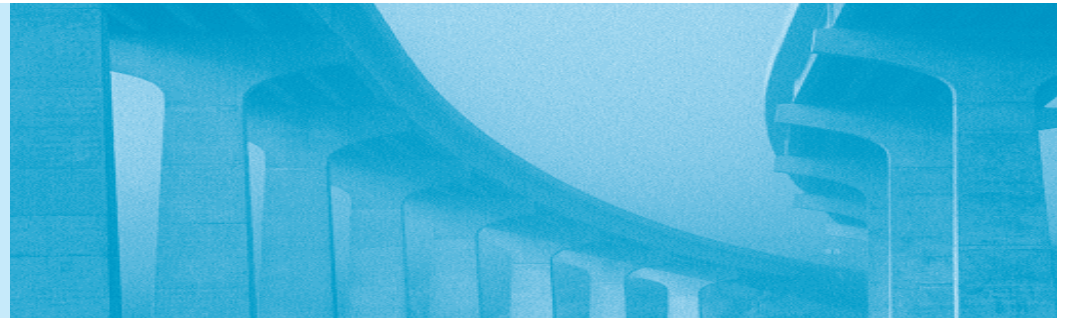


# SLIP FORM 시공시 콘크리트 관입저항시험에 의한 인상시기 결정

글 | 김 성 호 회원-상주고속도로 2공구 현장 043-285-3922 | 02shkim@ssyenc.com



## 1. 머리말

청원~상주간 고속도로 건설공사 노현1교 Slip Form을 시공함에 있어 Slip Form 상승시기 결정시 표면강도 0.5 ~ 1.0 kg/cm<sup>2</sup> 이상 유지될 때 상승토록 하고 있으나 현실적으로 표면강도 및 저항도의 측정이 불가능하기에 기능공의 경험치에 의한 철근관입에 의존하고 있는 현실이다.

Slip form 상승시기를 Con'c의 미관 및 내구성에 미치는 영향이 중대함에도 기능공의 경험에만 의존함으로써,

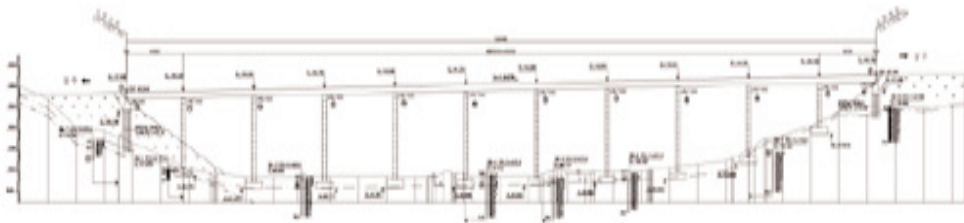
- 철근관입 숙련공의 한정
  - 주·야간 교대자간 및 개인오차 과다
  - 불균일한 상태에서의 상승시기 결정에 따른 Con'c 미관 및 내구성 저하
  - 시험 근거 Data에 의한 통제 불능 등
- 문제점이 발생하여 당 현장에서는 Con'c관입저항 시험기

를 자체 개발하여 현장에 적용함으로써 시험근거 Data에 의한 상승시기를 결정하여 기능공의 관리 체제 확립 및 균일한 상태에서의 상승시기 결정으로 품질의 확보와 원가절감 및 Con'c 내구성 증대와 안전관리 확보를 도모하고자 함.

## 2. Slip Form 공정현황

### 1) 설계조건

- ① 교량형식 : Prestressed Concrete Box Girde교
- ② 경간장 : 40,00+9@50,00+40,00 = 530,00m
- ③ 폭 원 : 12,14m
- ④ 교량 Skew : 90,0°
- ⑤ 하부구조 : 교대(역T형 파일기초), 교각(중공교각 직접



## 2) Slip Form 공정 과정



기초+파일기초)

- ⑥ 교량받침 : 면진받침(L,R,B)
- ⑦ 콘크리트 : Footing, Column, Coping fck = 240 kgf/cm<sup>2</sup>  
Slab fck = 270 kgf/cm<sup>2</sup>
- ⑧ 철근 : fy = 3,000 kgf/cm<sup>2</sup>

### 3) 시공순서도

- ① 교각의 기초위에 1단 철근 조립 및 Slip Form 가조립을 한다.
- ② 하단부 Form이 조립되면 Form내에 철근 조립을 한다
- ③ 철근조립이 끝나면 Jack 및 Rod를 설치한다
- ④ 상부 Form을 설치 후 콘크리트 타설용 분배기를 설치한다
- ⑤ 상승시 교각의 수직도를 확인하기 위하여 수직레이저, 수평레이저, 연직기를 설치한다
- ⑥ 준비과정이 끝나면 철근검측을 하고 펌프카와 대형크레인을 사용하여 콘크리트를 타설한다
- ⑦ Form 상승 후 대기온도에 의하여 양생시 갈라짐을 방지하기 위하여 살수양생을 한다.

## 3. Slip Form 상승시기 결정방법 개선

### 1) 기존방법

- ① 철근관입봉 : 길이 180cm의 13mm 일반 철근
- ② 측정방법 : 숙련공이 여러개소를 관입시킨 후 감각에 의해 상승시기 결정
- ③ 현장적용 : 노현1교
- ④ 문제점
  - 철근관입봉 사용자 한정
  - 주·야간 교대자간의 오차 및 개인오차 과다발생
  - Con'c가 불균일한 상태에서 상승으로 면상태 불량

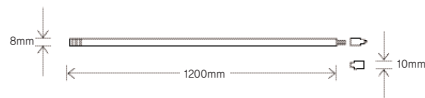
- 객관적인 Data 확보 곤란



### 2) 개선방법

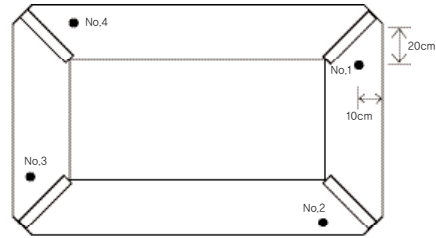
#### ① 시험기 제작

- 구성 : 인디게이터, 로드셀, 관입봉
- 최대측정용량 : 300N(30.6kg)
- 관입봉 : 스테인레스 봉강
  - 현장관입용(원뿔형)
  - 압축강도 환산용(원통형)
- 전력 : 220V



### ② 측정위치

• 측정위치



### ③ 측정방법

- 시험기 자중과 손을 얹은 정도의 무게로 수직방향에서 서서히 관입
- Con'c 경화부위에 도달하면 관입이 중지(구분이 뚜렷함)되며 이때의 하중과 관입깊이를 측정
- NO.1 ~ NO.4에서 Peak상태의 하중값과 관입깊이를 측정(상·하행선 8개소를 측정후 평균값 적용)
- 측정 방법은 현장에서 계시 및 숙지 시켜 숙련공외에 누구나 간편하게 사용토록 함.

### ④ 철근 관입봉에 의한 상승시 관입저항시험기 Data확보/콘크리트상태

구분	관입			1일 양생후 Con'c면 상태
	철근깊이(cm)	시험기 깊이	저항치	
1차	34.4	36.0	16.4	색상진함(과다양생)
2차	44.3	46.3	19.2	일부흐름(양생부족)
3차	36.1	40.6	16.8	색상진함(과다양생)
4차	37.6	38.6	19.9	상태양호
5차	32.1	33.6	15.5	다소진함(과다양생)
6차	35.8	37.0	17.2	색상진함(과다양생)
7차	46.5	48.8	20.8	일부흐름(양생부족)
8차	45.5	47.3	20.4	일부흐름(양생부족)
9차	39.3	41.1	20.5	색상, 상태 매우양호
10차	34.6	36.0	20.0	다소진함(과다양생)

### ⑤ 측정결과

- 철근관입에 의한 상승시 과다한 편차 발생(관입깊이 32~47cm)
- 1일 양생후 콘크리트 면의 색상이 진한현상(과다양생)
- 콘크리트 표면이 일부 흐르면서 열은 색상(양생부족)을 반복하여 Con'c표면이 층을 형성하여 미관 불량

### ⑥ 관입저항 시험기에 의한 인상시기 결정

- 최상의 Con'c 선정(오차 5% 범위내에서 현장 적용)
- 관입깊이 : 41.1cm (38 ~ 43cm)
- 관입저항치 : 20.5kg (19.5 ~ 21.5kg)

### ⑦ 관입깊이에 의한 표준편차 및 변동계수 비교

구분	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
경험치에 의한 값	34.4	44.3	36.1	37.6	32.1	35.8	46.5	45.5	39.3	34.6
관입시험기에 의한 값	39.4	41.1	41.3	40.5	41.0	42.3	39.8	41.4	40.2	41.3

(관입시험에 의한 값은 최적의 상태에서 5% 오차를 적용시킨후 Slip Form 상승시의 실제값임)

구분	경험치에 의한 값	관입저항 시험기
표준편차	4.837	0.814
변동계수	12.5	2.0
범위(R) X max - X min	14.4	2.9

⑧ 현장적용

- 청원 ~ 상주 2공구 노현1교
- 서천 ~ 공주 3공구 (2004. 04. 현재 사용중)

4. 적용효과

개선사례	기존방법	개선방법	절감효과
SF 인상시 관입시험기에 의한 인상시기 결정	- 콘크리트면 보수비용 4인 + 크레인 50Ton 1대 + 기타비용 = 1,200,000원/일	- 보수작업일(5일) 1,200,000원/일×5일 = 6,000,000원 - 관입시험기 제작비 = 1,500,000원	면보수 작업 단축 (40 → 5일)  40,500,000
	- 보수작업일(40일) 1,200,000원/일×40일 = 48,000,000원		
계	48,000,000	7,500,000	40,500,000

5. 기대효과

• 기존



• 개선



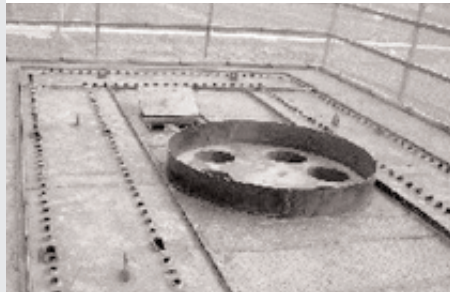
1) 관입저항시험기로 비교 결과 경험지에 의존한 철근탐침  
봉은 과도한 오차발생의최소화 (특히 주,야간 교대시)

- 2) Conc가 균일한 상태에서 상승되므로 내구성 및 면의 신  
뢰성확보
- 3) 누구나 사용가능
- 4) Data에 근거한 상승 오차의 최소화로 품질확보
- 5) 시공상태 비교

6. 결론

- 1) 당사 및 협력업체의 콘크리트 품질관리 효과  
(2003년도 한국도로공사 개선사례 선정)
- 2) 자료화를 통한 기술력 축적 효과 및 원가절감 효과
- 3) 발주처에 당사의 품질개선 의지 전달로 대관 신뢰도  
증진
- 4) 향후 추진 계획
  - 시험기 보완 (Data 출력, 취약부(봉) 보완, 소형화)
  - 시험을 통한 강도 측정의 신뢰도 확보후 실용신안 추  
진 계획

7. Slip Form 관련 개선사례



- 1) 슬립폼 상부데크에 이물질 및 빗물혼입 방지턱 설치
- ① 개선방법  
상부데크와 철근 체결구멍에 높이 3cm정도의 턱을 설치.

② 기대효과

우기시 등에 의한 빗물 및 기타이물질이 하부 콘크리트로  
혼입되는 것을 최소화 함으로써 품질의 신뢰성확보에 도움  
이 됨.

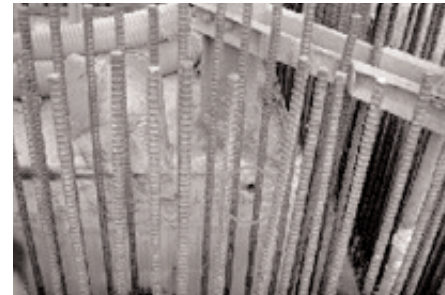
2) 내부폼에 천공(4개소)을 하여 블리딩수 제거

① 개선방법

내부폼에 4개소를 천공하여 상부의 블리딩수를 슬리폼 내  
부로 흐르게 하여 과도한 블리딩수를 제거함.

② 기대효과

과다한 블리딩수 발생시 자동으로 제거됨으로써 품질의  
신뢰성을 확보할 수 있으며 인력소모감소로 인해 경제적인.



3) 콘크리트 자바라 타설방법개선



자바라 콘크리트받이를 제작하여 설치

② 기대효과

철근간격 유지가 용이하며 콘크리트가 주변으로 넘치는

것을 최소화

4) 자동레이저 수평레벨기 설치

① 개선방법

Form에 자동레이저 수평레벨기(LP 30)를 설치하여 시공함

② 기대효과

Form의 수평이 틀어지는 것을 detector에서 수치 및 부저  
음으로 확인함으로써 항상 Form을 수평으로 유지하여 시공  
의 신뢰도를 도모함



5) 스폰지 장착으로 물탈흐름방지



① 개선방법

슬립폼 하부에 스폰지를 장착함으로써 갑자기 흐르는 물  
탈을 방지

② 기대효과

폼 공극사이로 흐르는 물탈을 예방함으로써 콘크리트면의  
미관과 품질의 신뢰성 확보