

콘크리트 新工法 長大橋梁의 現況

鄭 岐 澤 韓國産業安全工團

概 要

長大橋梁의 新工法은 近來 많은 발전을 거듭해왔고 특히 1950年 代初에 free cantilever 工法이 開發되면서 종래의 동바리 架設工法이 變形改善되어 勞賃절약과 工期短縮은 물론, 橋梁 架設의 惡條件인 下部 支障物 區間에 특히 有效하게 적용되고 있는 실정이다.

또한 종래의 steel box girder 構造에서 近間에는 많은 長大橋梁이 cantilever 構造形式의 콘크리트 슬라브 구조로 그 施工法이 改善되고 있음도 괄목할 만한 事實이다.

下部 支保工없이 施工되는 長大橋梁을 施工法上 크게 分類하면 現場打設工法과 precast 工法으로 나눌수 있다.

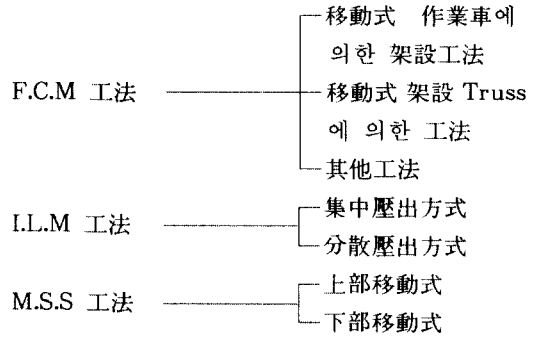
漢江과 首都圈을 中心으로 현재 시공중인 新工法 콘크리트 長大교량에 대하여 간략하게 架設工法의 特性과 構造의 差異點에 對하여 記述하고저 한다.

1. 工法上的 概略的 分類

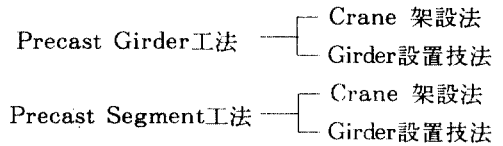
동바리를 사용하는 工法(Full Staging Method)과 동바리를 사용하지 않는 工法으로 大分類되며 本章에서는 前者에 對하여는 생략하기로 하고 後者에 對하여 記述하기로 한다.

○ 工法分類

1) 現場打設工法



2) Precast 工法



2. 架設工法의 特性

前述한 가설공법에서 現場타설공법을 주로 고찰하기로하며 수도권을 中心으로 현재 시공중인 교량중 F.C.M 工法, I.L.M 工法, M.S.S 工法 및 上記橋梁의 合成橋에 대하여 公法의 特性및 構造의 特性에 對하여 記述하고저 한다.

2.1 F.C.M 工法(Free Cantilever Method)

가. 工法의 導入

“Dywidac工法”으로 불리워지며 1950年代에 西

獨의 Dycker Hoff & Widmann 社에 의해 關係된 이래 現在까지 改善 活用되어 왔으며 國內에서는 1981年 원효대교에서 최초시공 되었고 상진교, 청풍교, 운암교의 시공에 이어 '88올림픽대교, 강동대교가 현재 시공중에 있다.

나. 工法概要

上部施工時 동바리 支保工이 必要로 하지 않고 既施工된 교각으로 부터 左右로 평행을 유지하면서 form traveller 나 moving gantry를 이용하여 3-5m 길이의 segment를 順次的으로 施工하는 工法으로서 주두부 양측에 각각 1台式의 (2台 1組) form traveller를 설치하고 거푸집 조립, 철근및 쉬스관(sheath)조립, 타설, 전진의 順次的반복 cycle 工程으로 進行되는 工法이다.

콘크리트 소요강도의 80%정도 養生에서 sheath관 內에 strand를 삽입후 긴장하고 prestress 方式을 적용한다.

그리고 現場타설 form traveller 를 이동하는 方式과 precast로 制作된 segment를 form traveller없이 연결하여 precast를 導入하면서 順次的으로 組立進行하는 方式으로 分類할 수

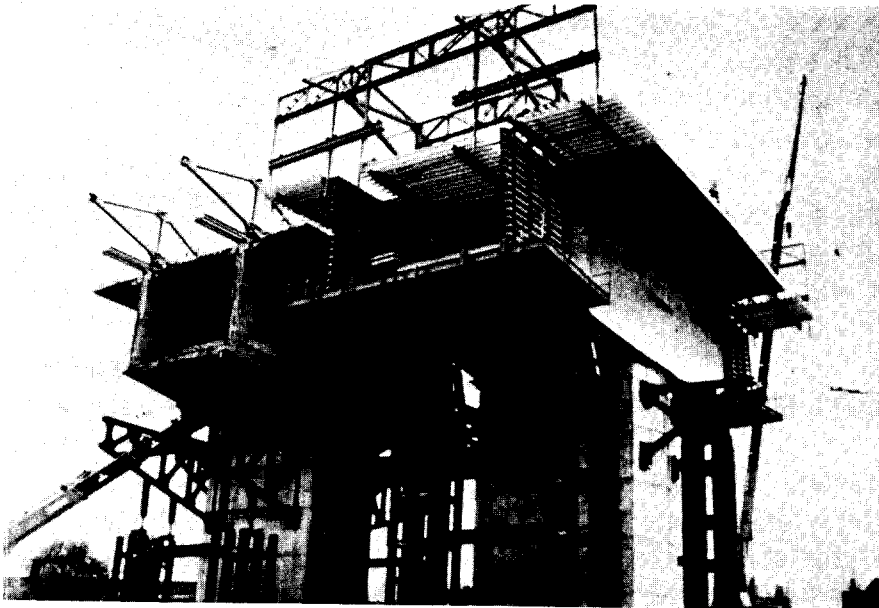
있다.

다. 工法의 特性 및 長点

- 깊은계곡 · 하천 · 해상 · 교통량이 많은 區間에 동바리 없이 施工
- 최적 경간장은 80-200m이며 F.S.M, M.S.S, I.L.M보다 긴 경간장의 施工이 가능하며 最大實積은 1978年 아르헨티나의 Paraguay 橋의 연장 270m이다.
- Form traveller를 이용, 3~5m의 segment 단위로 시공하므로 變斷面 施工에 有利하다.
- Form traveller 內部作業으로서 기후조건에 관계없이 品質管理, 工程管理가 不確實하다.
- 同一工程의 단순반복 이므로 시공속도가 빠르고 기능공의 숙련도가 높다.
- 構造的으로 경간 中央連結部의 연결점은 cantilever 구조이고 연결후는 連續構造가 되므로 支店部의 moment는 적어지는 반면 연결부에서는 正 moment가 발생하므로 이력에 對應하기 위해 下部에 鋼線을 配置한다.

라. 施工性 및 經濟性

- 架設工事로서 form traveller의 제작, 가설,



F.C.M. 교량시공전경

運搬 등의 運營費가 高價이므로 橋梁延長이 길수록 有利하며 길이가 1.0km이내의 교량은 비경제적으로 판단된다.

- 교각 높이가 높을수록 有利하여 교각높이가 15m 이내의 施工은 경제성이 낮은 것으로 판단된다.
- 既施工된 F.C.M 工法の 교량은 徑間中央에 hinge가 설치된 라멘 형식으로서 이 음부 평탄성이 良好하지 않은 단점이 있었으나 향후 경간중양을 연속 슬라브형식으로 이러한 단점은 보완될 수 있을 것으로 판단된다.

마. 구조적 안정성 및 安全管理

(1) 構造的 安定性

교각을 中心으로 左右로 均衡시공되므로 구조적 조적 안정성은 양호하다.

(2) 작업시 安全處理對策 主眼點

- 강봉취급 및 조립작업시 특별관리
- 유압펌프 사용시의 안전관리
- 인장기 취급시의 안전관리
- Grouting작업시의 안전관리
- Form traveller 설치시 풍력·편심하중·

wire 긴결및 인장에 의한 특별관리 대책.

- 고소작업 안전수칙 준수

2.2 I.L.M 工法(Incremental Launching Method)

가. 工法の 導入

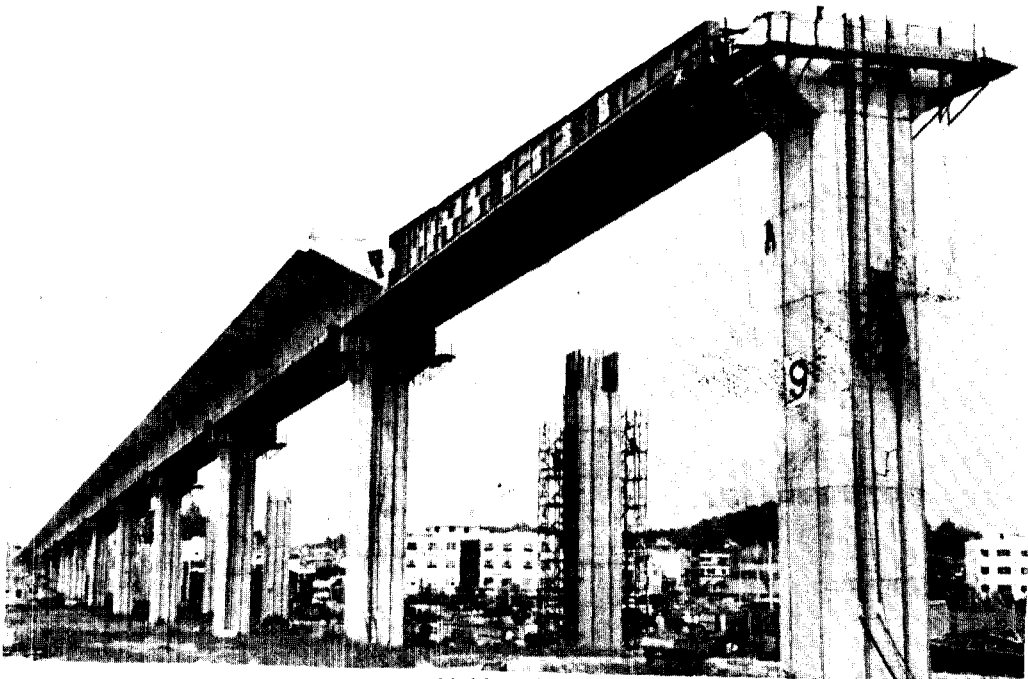
교량의 上部 構造物(P.C Box Girder)을 교량 後方의 製作場에서 1分切(segment)씩 제작하여 橋軸方向으로 밀어내어 架設하는 工法으로서 도입과정은 아래와 같다.

- 1960年初개발 : Leonhardt & Andra 社에 의함.
- 1961 - 1963 : Venegueta의 Rio-Caroni橋가 장시적으로 施工됨
- 1965 - 현재의 工法으로 개발
- 1984 - 湖南高速道路 金谷川橋(L=320m)
- 1987 - 中部高速道路에서 本格的 施工
- 1989 - 판교 - 구리 고속도로의 거여고가교 시공 중

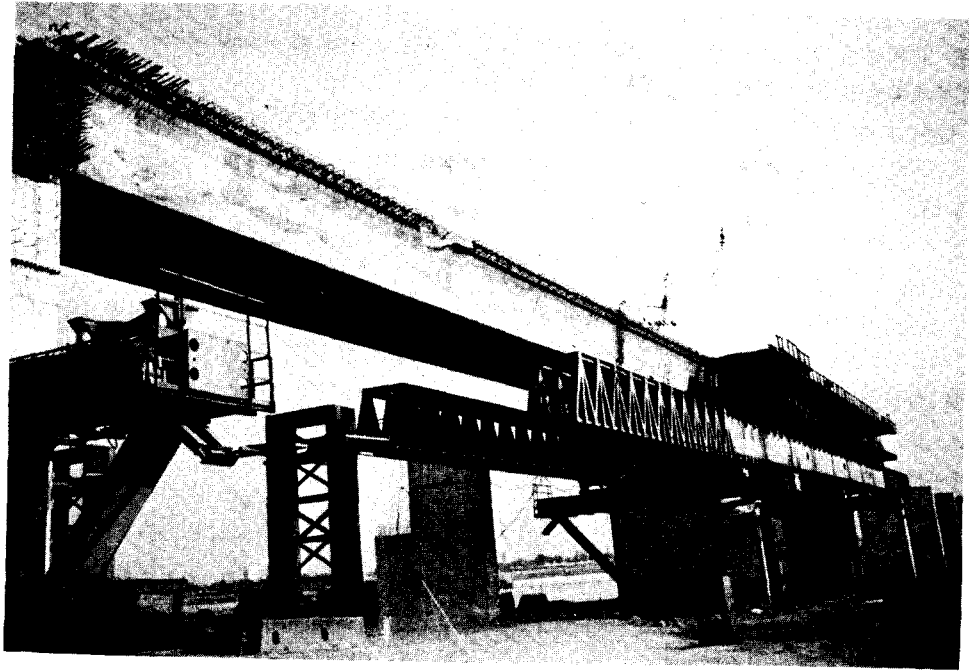
나. 方式에 의한 工法分類

(1) Lift & Pushing 工法

- 上部 girder 아래에 있는 lift jack과



I.L.M 교량 시공전경



M.S.S. 교량 시공전경

○上部 girder 아래에 있는 lift jack과 pushing jack의 相互작용으로 girder를 들어올려 밀어내는 工法

(2) Pushing 工法

○引張用 jack과 strand를 利用, 上部 girder를 끌어당겨 밀어내는 工法

다. 工法적용의 長短點

(1) 長點

- 비계작업 불필요
- 거푸집 大量生産가능, 공사비 절감
- 전천후 施工에 따르는 공기단축
- 상부구조 延積으로 走行性 良好
- 同一 工程의 反復작업으로 勞賃費 절감효과

(2) 短點

- 線型制限性으로 직선및 單曲線 교량만 시공.
- 교대 후방에 상당면적의 작업장(launching house area)이 소요됨.
- 교량연장에 짧을 경우는 비경제적임.
- 엄격한 품질 및 規格 管理를 要함.

라. 구조적 안정성 및 안전관리

(1) 構造的 安定性

교대후방의 launching louse에서 제작후 segment단위로 壓出하며 nose의 연장은 支間の 3/4정도이므로 cantilever구조에 의한 편심안정 조건은 양호하나 추진코(nose)부의 긴결및 제작상의 결점이 수반될 경우 대형사사고가 불가피한 점에 유의해야 한다.

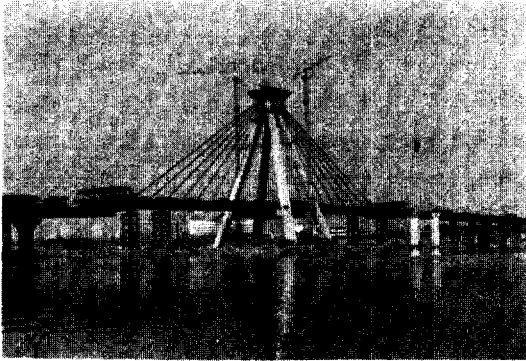
(2) 安全管理의 主眼點

○下部조건에 전혀 지장을 받지 않으므로 가장 安全度가 높으나 아래사향의 安全管理 對策이 要求된다.

○Nose 제작시 부재 검사. 긴결(용접 및 볼팅)부의 특별점검

○Nose 部 荷重에 대한 weight check가 요구되며 부재 보강 등에 의한 重量 balamce에 유의해야 한다.

○상부高所작업이므로 segment추진시 특별수칙의 준수가 요구된다.



合成橋 시공전경

2. 3 M.S.S 工法(Movable Scaffolding Method)

가. 工法概要

이동식 거푸집 방식을 뜻하며 hydraulic jack에 의해 전진, 후진, 구동이 가능하도록 main girder와 거푸집을 上, 下, 左, 右 조정이 가능하도록 고안된 機械化 施工法이다.

本工法적용의 施工中인 '88올림픽 대교의 M.S.S. 구간의 실례를 보면 교가에 지지대로 사용되는 bracket, scaffold에 해당되는 main box girder(구동장치포함), 및 form work 부분으로 구분되어 시공되고 있다.

나. 構造的 特性

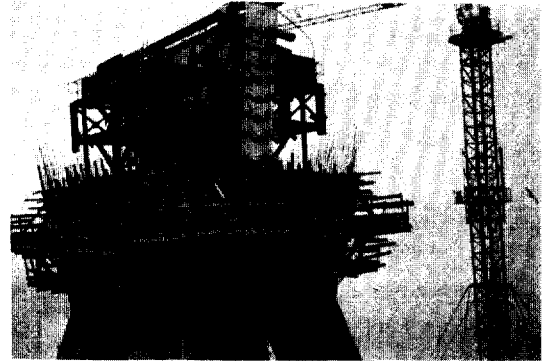
Launching할때 cantilever moment를 감소시키기 위하여 설치된 truss girder를 nose(추진코)라 부르며 교각양측에 일반적으로 길이 24m로 제작 되어있다. 또한 처짐을 고려하여 box부분보다 약 40cm높게 설계되어 있다.

Bracket의 설치는 이미 마련된 pier의 구멍을 통하여 조립된 렌턴을 bracket 및 pier의 구멍을 통하여 조립된 렌턴을 bracket 및 pier를 관통하여 삽입하도록 되어있다.

이때 강선조립은 최초로 실시되며 creasing device를 PE house에 삽입시킨후 anchorage를 설치하게 된다. 인장력 導入은 tendon당 450 bar(141.9 Ton)가 일반적이다.

다. M.S.S 工法の 상부시공에 적용되는 1 Span 1 Cycle의 기준 공정

Launching이 완료된 후 M.S.S는 콘크리트타설위치로 이동조정되며 1 span, 1 cycle 공정은



아래와 같다.

- ① 전방 pier의 bracket설치 (4일소요)
- ② M.S.S이동 (5일소요)
- ③ 바닥 및 벽체철조조립 및 강선삽입 (8일소요)
- ④ 내부거푸집 조립 (4일소요)
- ⑤ 상판 철근조립 및 강선삽입 (4일소요)
- ⑥ 청소및 검측 (1일소요)
- ⑦ 콘크리트 타설 (1일소요)
- ⑧ 콘크리트 양생 (3일소요)
- ⑨ 강선인장 (3일소요)장
- ⑩ grouting (2일소요)

라. 國內 施工實績

既施工된 노량대교에 이어 '89년11월 준공예정으로 현재시공중인 '88 Olympic대교의 연속교구간의 상부 가설공법으로 채택되어 시공이 완료된 상태이다.

마. 構造的 安定性 및 安全管理

(1) 構造的 安定性

Hydraulic jack에 의하여 main girder와 거푸집을 상하 좌우 조정하는 기계화 system으로서 급격한 위치이동 및 부재의 결함이 없으면 安定性이 높다.

(2) 安全管理 對策

Form과 steel box의 truss-girder형식이므로 조립, 해체시 부재별 안전관리 대책이 重要하다. 특히 nose 추진시 jack의 變位 및 이탈등에 checkpoint를 설정하여 중점 관리하여야 한다.

2. 4 F.S.M, M.S.S, F.C.M 및 Cable Stayed System의 合成橋

가. 施工 概要

斜張橋(cable stayed bridge)형식과 con'c 연

속교 형식의 組合成 橋梁이라 할수 있으며 斜張橋 區間은 single plane fan type의 PC box girder이고, 連續橋는 PC box girder로된 橋梁으로서 現行 國內의 施工은 현재시공중인 '88올림픽대교가 국내에서는 그 효시라할 수 있다. 또한 本橋梁은 支保工法이 필요로 되지 않는 F.C.M 이主工法이나 江南北 接續區間은 F.S.M (full staging method)이고 中央部の 斜張橋 區間은 (L=300m) F.C.M 工法, 그리고 斜張橋 양단에서 abut I, II 추 구간(L₁=300m, L₂=350m)은 각각 M.S.S 工法으로 設計, 施工되었음이고 特徵이라 할수 있다.

특히 中央部の 主塔은 높이 88.0m의 四柱式 形象이며 콘크리트 구조로된 國內 最大및 最初의 斜張橋라는 점이 괄목 할 만하다.

나. 施工上の 特性

(1) M.S.S 工法구간은 종래의 steel box girder 형식의 구조로 되어 왔으나 本橋梁구간에서는 span 250m 구간씩 M.S.S 工法으로 導入되어 콘크리트 슬래브 形式으로 施工되었다는 점이다.

(2) 斜長橋의 경우 종래에는 plate girder나 steel box girder 構造였으나 획기적으로 콘크리트 slab 구조의 施工으로 橋梁施工上の 개혁을 의미하기도 한다.

다. 施工上の 問題點 및 장래 기술발전예의 提言

(1) 施工上の 問題點

本橋梁은 종래형식의 steel plate나 box girder에서 콘크리트 構造로 혁신됨에 따라 國內에서는 施工中, 施工後의 deflection, creep, shrinkage 등의 管理實測 및 computer 입력 data 등의 高度管理基準이 無在한 實情이므로 austria의 V.C.E(vienna consulting engineers)에 의해 기술자문 用役 체결이 된 바 있었다.

(1) 向後提言

本橋梁의 경우 1 segment(L=5.0m) 打設을 基準으로 하여 施工토록 되어 있으며, 종전의 鋼構造에서는 前述한 構造의 管理體系인 deflection, creep, shrinkage 등의 data管理가 可能하였으나 콘크리트 슬래브 교량의 施工, 特히 cable stayed system과의 合成橋의 構造는 初有의 case이기 때문에 本橋梁과정에서 많은 시행착오와 隘路가 지대하였으리라 判斷되며, 이와 同時에 左右에 合成橋 및 콘크리트 슬래브 교량시공의 시급적이 될 수 있었다는 교훈도 크게 重視되고 있다.

이는 先進技術의 重要技法과 핵심적 factor를 습득하는 好機로 받아들여지며 國內土木工事の 長大및 複合 橋梁施工에 공헌할수 있는 土木技術人들의 良識이 될수 있음도 기대해 마지 않는다.

3. 結 言

本章에서 記述된 新技術, 新工法에서 고찰되었듯이 近間의 長大橋, 合成橋의 추세는 가까운 장래에 더욱 發展, 改善되어 완벽한 橋梁의 施工이 到來될것을 믿어 의심하지 않는다. 다만 前述한대로 콘크리트 슬래브 橋의 prestress system의 완벽한 기술개발, 또한 合成橋의 施工에 있어 콘크리트의 제반 應力의 變化에 대응하는 첨단 data의 축척및 진일보된 合理化 方案이 더욱 기대되고 있다.

工程分析및 短縮, 品質의 현격한 진보, 工事費의 경제성지향 安全管理의 制度的 體系確立 등이 向後의 課題라 하겠다.