

生産性向上の推進

1. 標準化による生産性の向上

(1) 部材断面形状・寸法の単純化・標準化・規格化により、一層の生産性向上が図れる

① 未標準化構造の標準化および標準図の整備

現在、プレテン桁、コンボ桁は標準化（JIS 化）されているが、それ以外の構造は標準化されていない。以下の構造について官民の協力により標準図の整備等を図りたい。

- ・場所打ち構造（中空床版、箱桁橋など）
- ・プレキャスト構造（U型コンボ橋、ブロックホロー橋など）

② 形状の単純化

例）ハンチ形状、ウェブ形状、桁高変化等

③ 標準化された構造の活用に向けた橋梁計画

- ・橋梁区間が単純な道路線形となるような道路計画をしていただくよう提案したい。
（バチの排除や直線橋および直線に近い斜橋の採用など）
- ・架設現場に仮置き、組立ヤードを確保していただけるよう提案したい。

2. プレキャスト技術の拡大

(1) プレキャスト化することによる生産性の向上

〔※スパン 25～40m の場所打ち構造（中空床版橋、単純箱桁橋、連続版桁橋）のプレキャスト化（PC コンボ橋、U 型コンボ橋、ブロックホロー桁橋）を想定〕

- ・労務人員削減効果（労務工数が 40%減）
- ・安全性向上効果（災害リスクが 57%減）
- ・工程短縮（現場での工程が約 50%減）
- ・品質・耐久性の向上（表面から 35mm の位置で、塩化物イオン濃度が 1.2kg/m³ になるまでの年数は 1.8 倍以上）
- ・環境負荷低減（工場製作プレキャスト桁は場所打ち桁の CO₂ 排出量と比べ 11%減、さらに低炭素型セメント結合材を使用することで 20%減）
- ・機械化による生産性向上と更なる可能性（養生や緊張管理の ICT 化等）
- ・担い手不足に対応（工場での安定した就業、良好な就業環境の確保、女性の活用）

(2) 生産性向上・プレキャストの活用を進めるための課題と施策の提案

1) 構造選定の段階において、プレキャスト構造が適切に評価されるための環境整備

- ・プレキャスト構造の活用を進めるため、PC 建協会員企業の努力（機械化、省力化等）とともに、発注者側の施策の実現等により、初期コストを場所打ち構造と同等程

度にできるように目指す。

- ・併せて、構造型式の選定において、プレキャスト構造が適切に評価される総合評価の導入を検討し、提案したい。

〔評価項目〕初期コスト、環境配慮（施工中の環境負荷低減）、省人化・省力化（現場での労務）、工程短縮（短縮による社会便益性、通行止めによる外部コスト）、低炭素化（低炭素型セメントの使用による CO2 排出量削減）、耐久性・経済性（LCC）

2) 計画段階でのプレキャスト構造採用に向けた検討促進

① コンサルタントへの検討義務

コンサルタントへの業務委託契約時に、必要なものについては、プレキャスト構造を比較検討することを義務づける等について検討し、提案したい。

② 発注方式

詳細設計付き発注、デザインビルド、技術提案・交渉方式などの採用により、PC に関する専門技術力を活用し、コスト・工期・品質などの最適化が期待できる。これらについて検討し、国交省との勉強会を実施していただき、併せて試行工事の実施を提案したい。

3) 具体的な実務上の課題（コスト引き下げのための提案）

- ① セグメント継目部の設計基準見直し検討
- ② 鉄筋結束箇所、スポット溶接の規制見直し検討
- ③ 運搬に関する規制見直し検討

3. ICT 技術の活用

(1) CIM データの作成および運用に関するルール

どの段階でデータ作成を行い、こういった形式でどのように引き渡していくのかルールの整備を検討し、提案したい。

(2) 施工管理における ICT の活用

ICT 技術を活用した施工管理や承認手続きの効率化に向けた協力体制の構築を検討し、提案したい。

〔考えられる ICT 技術〕

電子書類による承認、動画送信による検査（立会検査、工場検査など）、タブレットを活用した現場管理（書類作成・提出の簡素化など）、クラウドサーバーを活用した電子書類の共有化、3次元レーザースキャナを活用した出来形計測、デジタル画像を活用した出来形計測、ドローンによる測量 など

以上

【生産性向上の推進】

1. これまでの生産性向上の取組み
2. 海外における生産性向上の事例
3. 生産性向上におけるコストダウン事例
4. 標準化による生産性向上
5. 構造・工法選定の最適化
6. プレキャスト構造選定における具体的な評価手法

(参考資料)

参考資料1：プレキャスト化を推進するための具体的課題

参考資料2：海外事例の関連記事

平成28年 3月 3日

生産性向上の推進

1. これまでの生産性向上に関する取組み

(1) プレキャスト構造における生産性向上の取組み

JIS桁（プレテンション桁）



品質の行き届いたJIS工場で製作。クレーン、架設桁等によって桁架設を行い、間詰め部を現場にて施工する。⇒作業性、品質向上。

プレキャストPC床版



橋軸方向に分割したプレキャスト部材（工場製作）を接合させて一体化したPC床版。⇒作業性、安全性の向上。品質向上。

プレキャストセグメント（PC箱桁）



あらかじめ工場や製作ヤードで分割して製作したプレキャスト部材を架設地点で接合しプレストレスを与えて一体化する工法。⇒作業性、品質向上。

PCコンボ橋（I桁）



主桁をプレキャストセグメント工法で製作し、床版にはプレキャストPC板を使用したPC合成床版を採用。⇒作業性、安全性の向上、品質向上。

PCコンボ橋（U桁）



防災構造物（スノーシェルター、ロック・スノーシェッド）



プレキャスト部材（工場製作）を接合させて一体化した防災構造物。⇒作業性、品質向上。



(2) 場所打ち構造における生産性向上の取組み

- ◆鉄筋のプレファブ化、定着部のプレキャスト化、型枠兼用PC板の活用、プレテンウェブの採用、など
- ・部分プレキャストを設計段階から考慮することにより生産性向上

鉄筋のプレファブ化



現場型枠内で配筋をするのではなく、別ヤード・工場等で鉄筋だけを組み立て（プレファブ化）現場に持ち込む。⇒作業性、安全性の向上。機械化の可能性が広がる。

定着部のプレキャスト化



鉄筋、シース、定着装置、定着部補強筋等で複雑な定着部をあらかじめ工場等で製作し、現場の型枠内にセットして施工する。⇒作業性、安全性の向上。品質向上。

型枠兼用PC板



工場製作の薄いPC板を型枠代わりに用いて施工する。合成構造の利点を活かしながら支保工、型枠の組みばらしが不要となる。⇒作業性、安全性の向上。

生産性向上の推進

1. これまでの生産性向上に関する取組み

プレテンションウェブ



桁桁等のウェブ部材を現場で施工するのではなく、工場製作プレテン部材を用いて施工する。軽量化、施工の省力化が図れる。⇒作業性、安全性の向上。品質向上。

プレキャスト壁高欄（橋面工）



地覆高欄をブロックに分割して工場で製作し、現場で組み立て、接合する。⇒作業性、安全性の向上。品質向上。

（3）架設機械による生産性向上の取組み

◆移動支保工、押出工法、スパンバイスパン工法など

移動支保工



1 径間分の支保工と型枠装置を有する設備（移動支保工設備）を用いて、橋体を 1 径間ごとに施工する架設工法。設備内での繰り返し作業。径間数が一定以上あれば経済的。⇒作業性、安全性の向上。

押出し工法



地上で橋体を製作し、これを押し出して所定の位置に設置する架設工法。鉄道や他の道路路上に架設する場合安全性が高まる。⇒作業性、安全性の向上。

スパンバイスパン工法

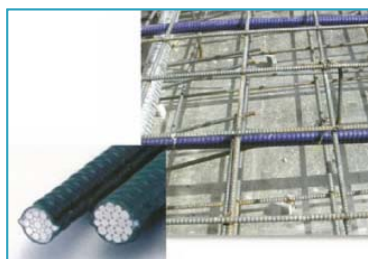


架設桁に 1 径間分のセグメントを吊り下げ、プレストレスを導入して一体化する架設工法。⇒現場施工の省力化、工期短縮。

（4）新材料を使用することによる生産性向上の取組み

◆プレグラウト PC 鋼材、締固め不要コンクリート、高強度コンクリートと高強度鋼材など

プレグラウト PC 鋼材



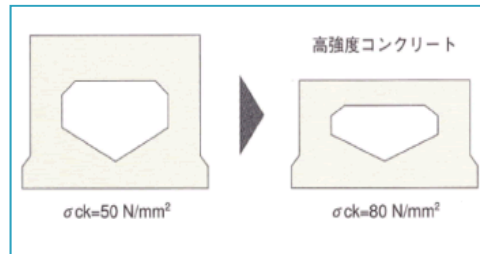
あらかじめ後硬化型の樹脂が塗布され、その外側をシースに包まれた PC 鋼材。現場でのグラウト作業が不要。⇒現場作業の省力化、工期短縮。

締固め不要コンクリート
（高流動コンクリート）



型枠に流し込むだけで、材料分離することなく充填されるコンクリート。コンクリート打設時の振動締固め作業が不要。⇒現場作業の省力化。

高強度コンクリートと高強度鉄筋の使用



高強度な材料を使用することによる断面の縮小化、部材の軽量化。⇒現場施工の省力化、スパンの長大化。

生産性向上の推進

2. 海外における生産性向上の事例

◆ベトナムでの生産性向上事例

架設機材の大型化・架設サイクルのシステム化により、
当初予定30ヶ月の工程を15ヶ月に短縮

- ・下部工より60トン門形クレーンを使用。桁架設時は門形クレーンで相吊りすることにより、桁10本架設（通常14日）を2晩で架設
- ・鋼製型枠の転用により架設サイクルをシステム化し、フーチング、橋脚、脚頭部の各サイクルを2～7日の短期間で施工
- ・スーパーT桁製作はベトナム初の蒸気養生設備を導入し、5日間を2日間に短縮

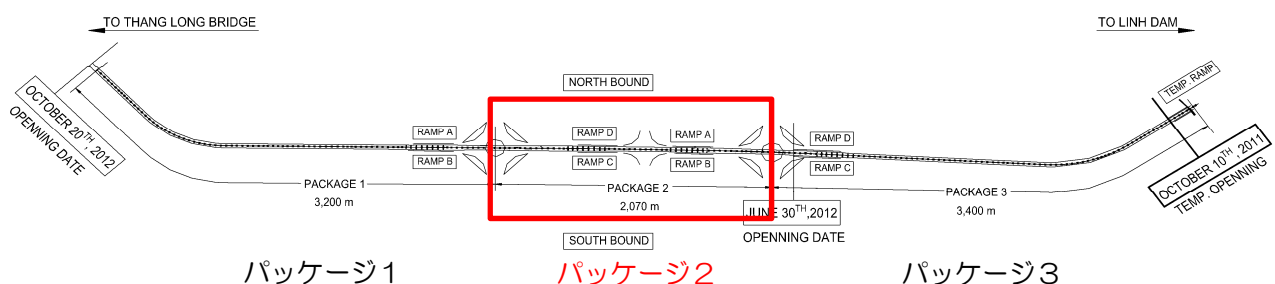
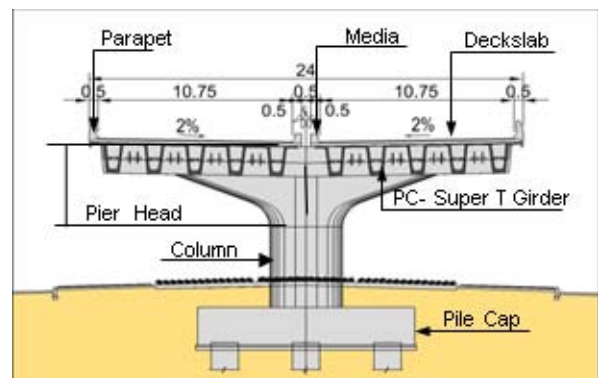
工事概要：ハノイ市環状3号線建設工事

（パッケージ2：チュン・ホア | C--タイン・スアン | C 工区）

橋梁延長：高架橋 2,070m + 4 ランプ橋 447.6m,
合計 2,517.6m

工 事 量：スーパーT桁 合計 600 本
場所打杭 合計 544 本
土工事 9,431 m³
舗装工事 55,408 m²

※当工事は3パッケージ中で最も遅くスタートした為、
当工事の完工次第で開通日が決定される状況であり、
早期開通のため工期短縮が要請された。

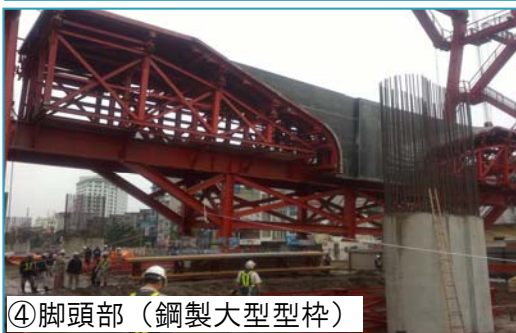


生産性向上の推進

2. 海外における生産性向上の事例

◆ベトナムでの生産性向上事例

①杭の施工



⑨舗装

生産性向上の推進

3. 生産性向上におけるコストダウンの事例

(1) PCコンボ橋の事例

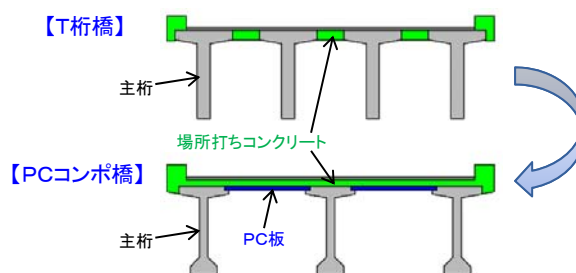
PCコンボ橋は、旧建設省土木研究所とPC建協の共同研究の成果で、高耐久化・省力化・コスト縮減が図れる構造です。

- ◆社会的要請（耐久性向上、コスト縮減〔ライフサイクルコスト低減〕）に応えるべく、建設省土木研究所（現国立研究開発法人土木研究所）と共同研究を行った成果（平成7年～平成9年）

※共同研究報告書：

コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書(Ⅱ)

ーPC合成げた橋（PC合成床版タイプ）に関する研究ー（平成10年12月）



【特長】

- ・高耐久（高品質）：工場製作のPC板の使用
- ・省力化（合理化）：主桁はプレキャストセグメント工法を基本とし、PC板を用いることにより全面吊り足場が不要（現場作業の減少により工期短縮）
- ・実績数：約700橋（1996年～2011年）
- ・経済性：場所打ちポストテンションT桁と比較して、5～15%程度のコスト縮減

《積算比較例（I桁：支間35m）》

建設省標準の1径間の橋体面積当たりの工事費を1.0とした時の工事費

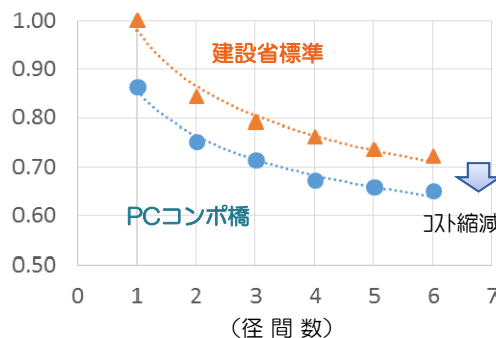
径間数	1	2	3	4	5	6
①PCコンボ橋	0.86	0.75	0.71	0.67	0.66	0.65
②建設省標準	1.00	0.84	0.79	0.76	0.74	0.72
比率(①/②)	0.86	0.89	0.90	0.88	0.90	0.90

※橋体幅 W=10.7m

※上記工事費は橋体工のみであり諸経費を含む。

注) PCコンボ橋開発当時（H10）に試算

（建設省標準の1径間の橋体面積当たりの工事費を1.0とした時の工事費比率）



生産性向上の推進

4. 標準化による生産性向上

◆部材の単純化・標準化・規格化により、設計（図面）、型枠、鉄筋加工・組立、コンクリート打込み容易性等において生産性向上

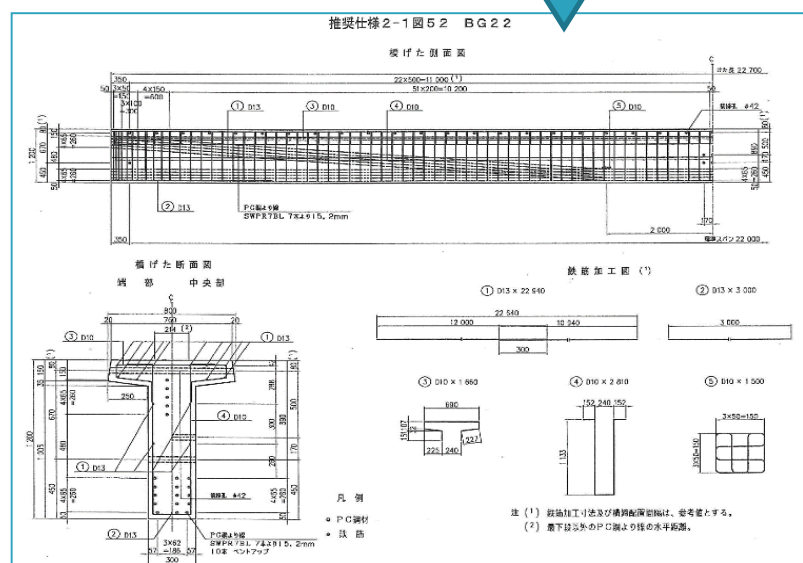
- ・現状では、プレテン桁（支間24m以下）、コンポ桁（支間25～45m）は標準化（JIS化）されており、標準図がある（PC建協発刊図書）。
- ・未標準化の構造について、標準化を拡大することにより生産性向上
 ⇒標準図の整備 場所打ち構造：中空床版橋、箱桁橋など
 プレキャスト構造：U型コブ橋、ブロック和桁など

（例）
【プレテンT桁の推奨仕様】
（JIS A 5373）

推奨仕様 2-1 表 2 けた橋げたの種類及びひび割れ試験曲げモーメント

標準スパン m	A 活荷重			B 活荷重		
	種類	けた高 mm	ひび割れ試験曲 げモーメント kN・m	種類	けた高 mm	ひび割れ試験曲 げモーメント kN・m
18	AG18	900	1 270	BG18	1 000	1 450
19	AG19	1 000	1 490	BG19	1 000	1 500
20	AG20	1 000	1 560	BG20	1 100	1 790
21	AG21	1 100	1 890	BG21	1 100	1 910
22	AG22	1 100	1 920	BG22	1 200	2 270
23	AG23	1 200	2 280	BG23	1 200	2 300
24	AG24	1 200	2 310	BG24	1 300	2 690

【標準図（PC建協発刊図書）】



生産性向上の推進

5. 構造・工法選定の最適化

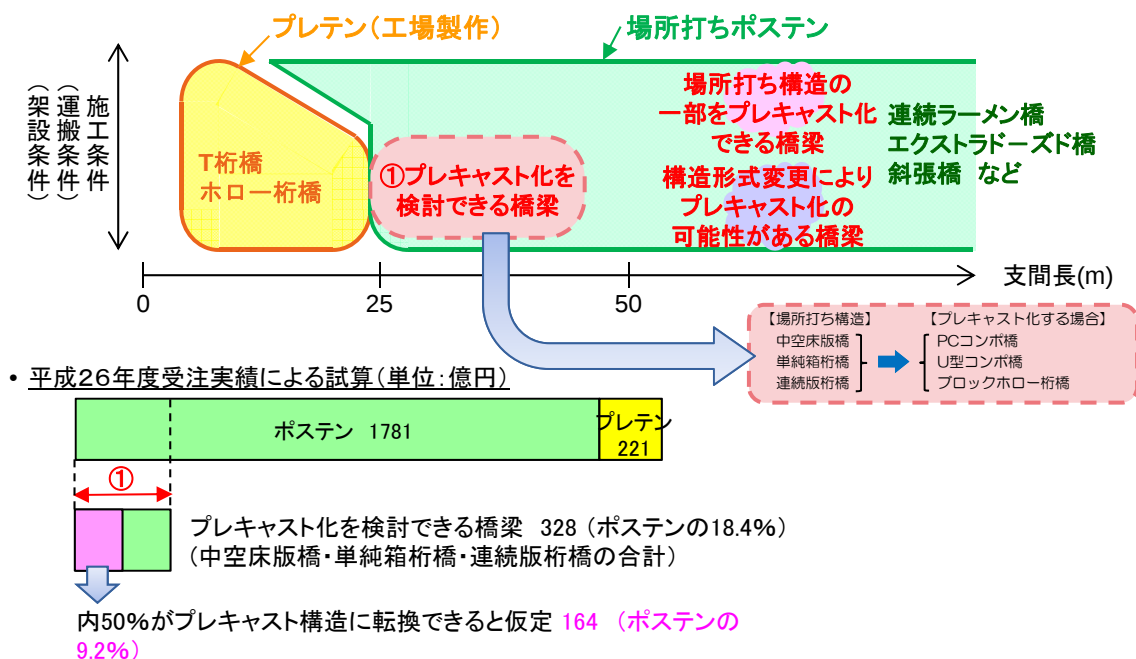
(1) プレキャスト構造の優位点

- ◆担い手不足に対応：工場での安定した就業、良好な就業環境の確保、女性の活用を図ることができる。
- ◆工期を短縮することができる。
- ◆安定かつ高い品質を提供することができる。
- ◆機械化等による生産性向上と更なる可能性（養生や緊張管理のICT化等）
標準化による型枠転用、生コン打設の効率化、緊張作業の効率化



(2) 場所打ち構造をプレキャスト化することによる生産性向上

- ◆プレキャスト化の対象となる橋梁（試算ではポステン橋の約10%）



- ◆労務人員削減効果（試算では40%減）

- ・場所打ち中空床版橋をプレテン中空床版橋にプレキャスト化する場合の積算を検討

【場所打ち】	現場施工労務工数	500 (100%)	とすると、	
	↓ プレキャスト化			40%削減
【プレキャスト】	工場労務工数	200 (40%)		
	現場施工労務工数	100 (20%)	300 (60%)	

生産性向上の推進

6. 構造・工法選定の最適化

◆安全性向上効果

- ・死亡災害を根絶（過去10年工場での死亡災害ゼロ）
- ・災害リスクは57%低減

	場所打ち	プレキャスト	備考
労務人員	100	工場40+現場20 = 60	
労働災害比率	1.75（現場作業）	1.00（工場作業）	PC建協調査
災害リスクの推定値	100	$40/1.75+20 = 43$	相対値で評価

（3）プレキャスト化を推進するための施策の提案（適材適所）

① 構造選定の段階において、プレキャスト構造が適切に評価されるための環境整備

プレキャスト構造の活用を進めるため、PC 建協会員企業の努力（機械化、省力化等）とともに、発注者側の施策の実現等により、初期コストを場所打ち構造と同等程度にできるように目指す。併せて、構造型式の選定において、プレキャスト構造が適切に評価される総合評価の導入する。

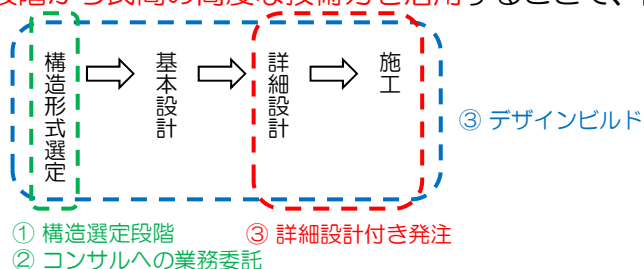
- ◆省力化・省人化が優位となるような評価
- ◆工程短縮による社会便益向上に対する評価（特に現場工期の短縮・通行止め期間の短縮等）
- ◆現場周辺の環境負荷の低減（騒音・振動等）に対する評価
- ◆工場製品とすることによる品質・耐久性向上に対する評価

② コンサルタントへの検討義務

コンサルタントへの業務委託契約時に、必要なものについては、プレキャスト構造を比較検討することを義務づける。

③ 詳細設計付き発注・デザインビルド

- ◆詳細設計と施工を一括で発注することで、民間の高度な技術力を活用し、コスト・工期・品質などを最適化する。
- ◆構造形式選定の段階から民間の高度な技術力を活用することで、高度かつ最適な構造物を提供する。



生産性向上の推進

6. プレキャスト構造選定における具体的な評価手法

○プレキャスト構造選定における評価項目表（案）

	(1) ↑	(2) ↑	(3) ↑	(4) ↑	(5) ↑	
	環境 配慮	省力化 省人化	工期短縮	低炭素化	耐久性	経済性 (2)
場所打ち構造						
プレキャスト構造						
備考	施工中の環 境負荷低減	現場での労 務	短縮による 社会便益向上 通行止めによる 外部コスト	低炭素型 セメントの 使用による CO ₂ 排出量 削減	工場製品に よる耐久性 向上	LCC
	プレキャスト技術を用いることで向上する付加価値の評価項目					

○プレキャスト化による付加価値の評価

(1) 環境配慮 ⇒ 施工中の環境負荷低減に対して

①騒音・振動

定量的指標：騒音（振動）累積値 $= \sum (\text{各作業時間} \times \text{dB})$

②粉塵

定量的指標：粉塵発生の可能性 $= \sum (\text{粉塵発生作業時間})$

③水質汚濁

定量的指標：コンクリート打設時と仮定 $= \text{現場で打設するコンクリート体積}$

(2) 省力化・省人化

①労務

定量的指標：調達容易性 $= \text{現場での労務者延べ人数}$

②省力化・省人化

定量的指標：現場生産性 $= (\text{労務者数}) \times (\text{施工日数})$

③作業所全休日

定量的指標：休日確保 $= \text{作業所全休日}$

(3) 工期短縮

①早期開通による経済効果

定量的指標：社会的便益性（早期開通） $= \text{社会的コスト効果}$

②現場工期短縮による経済効果

定量的指標：社会的便益性（現場工期短縮） $= \text{外部コスト（通行規制期間の影響をコスト換算）}$

生産性向上の推進

6. プレキャスト構造選定における具体的な評価手法

(4) 低炭素化

- ①低炭素型セメント採用による効果

定量的指標：低炭素型セメント使用 = CO_2 排出量

- ②高強度コンクリート採用による効果

定量的指標：高強度コンクリート使用 = CO_2 排出量

(5) 耐久性およびLCC

- ①高強度コンクリート採用による効果（高炉スラグなどの混和材を用いた高耐久性コンクリートも同様）

定量的指標：高強度コンクリート使用 = 塩分浸透抵抗性、中性化速度

- ②工場製作により耐久性向上

定量的指標：工場製作による高品質化 = 工場で製作するコンクリート体積

プレキャスト化を推進するための具体的課題（設計・施工）

分類	重要性	施策の提案	現状・問題点	効果	補 足
全般	◎	部材の単純化・標準化・規格化 ・未標準化の構造について標準化を図り、標準図を整備して、活用できる枠組みを整備していただきたい。	・プレテン桁、コンボ桁は標準化（JIS化）されており、標準図がある（PC建協発刊図書）。 ・それ以外の構造は標準化されていない（標準図がない）。	・型枠転用、鉄筋加工・組立、コンクリート打込み容易性等において生産性向上が図られる。 ・機械化の可能性も広がる。	未標準化の構造： ・場所打ち構造（中空床版橋、箱桁橋など） ・プレキャスト構造（U型コンボ橋、ブロックロー桁など） 単純化の例：隅角部におけるハンチの省略
設計	◎	セグメント継目部設計基準の見直し ・道示では3.2(2)の規定(*1)の他に、17.3.2.(2)の規定(*2)があり、一定の条件下では後者を見直していただきたい。	・海外の規定は左記(*1)のみが多い。 ・左記(*2)の規定のため、海外に比べ桁高が高くなったり、鋼材量が多くなるケースがある。	・桁高、鋼材量等を合理化でき、コスト削減に繋がる。	セグメント継目部に対し、 ・(*1)活荷重に対し引張応力を認めない。 ・(*2)活荷重を1.7倍した荷重に対し、引張応力度を2.5N/mm ² 程度以下にする。 一定の条件下： 良好な環境条件、PEシースの使用、接着剤材料と施工の品質
		せん断に対する設計基準の見直し（プレストレスによる摩擦抵抗を正当に評価）	・プレストレスによる摩擦抵抗について安全率を3程度確保している。	・合理的設計ができる。コスト削減に繋がる。	新たな道示で部分係数法になれば、摩擦は考慮しなくなる可能性もあるとも聞いている。
		プレキャスト部材の設計手法の道示への反映	・PC工学会の設計規準でプレキャスト部材の設計手法はほぼ確立されているが、この内容が道示には反映されていない項目もある。	・計画設計段階でのプレキャスト採用のハードルが低くなる。	
製作		高強度材料の採用（道示への反映）	・高強度材料に関する規定が道示にない。	・断面を小さく標準化できる。下部工も含めて生産性の向上に繋がる。	
	◎	鉄筋結束箇所が省略できる規定等の整備 スポット溶接規制の見直し	・現状は全交点を結束を求められることが多い。 ・スポット溶接は原則として認められない（道示）。	・鉄筋組立における効率が向上し、生産性向上が図られる。 ・鉄筋のプレファブ化がし易くなり、生産性向上が図られる。 ・機械化の可能性も広がる。	・道示では「鉄筋の交点の要所を」「コンクリート打込み中に動かないよう」という規定。明確な規定がないので、全交点結束を求められることが多い。 ・道示では「原則として溶接を行ってはならない」と規定されている。
運搬		高流動コンクリートの採用（フロー値による管理規定の設定）	・工場製作なので均し面を水平にできるなど高流動コンクリートが採用しやすい。 ・スランプ規定が主になっているので高流動コンクリートを採用しにくい。	・コンクリート打込みにおける工数、工期が削減でき、生産性向上に繋がる。	
	◎	運搬に関する制約の見直し ①分割可能貨物の制限緩和の適用範囲をポールトレーラにも拡大 ②許可時間、連行禁止条件の制限緩和 ③トレーラ新規導入時の実際に運搬する貨物とセットでの申請緩和	・運搬に関する規制があり、プレキャスト製品の適用範囲に制約がある。 ・運搬効率が低い。	・運搬効率が上がり、プレキャスト製品の適用範囲が拡大し、プレキャスト化の促進が図られる。	①制限緩和：平成15年10月1日より、特殊車両（トレーラ連結車の特例8車種）の許可限度重量が44トンに。 ②許可時間：桁長が20mを越える場合、0:00～6:00という条件が付される場合が多く、運搬距離に制約を受ける。 ③長尺の桁はコンスタントに製作されないため、新規トレーラの導入がしにくい。
架設・現場施工		仮置き、組立ヤードの確保	・製作を現場での組立、架設状況に合わせて行ったり、工場内、周辺に仮置きヤードを確保したりしている。	・工場製作の効率化が図られ、生産性が向上する。	・土工区間の工期を調整して、そこにヤードを設ける方法もある。

プレキャスト化を推進するための具体的課題（発注形式・計画）

分類	施策の提案	現状・問題点	効果	補足
発注形式	詳細設計付き発注、デザインビルト、技術提案・交渉方式などの採用 (民間の高度な技術の活用)	・詳細設計が場所打ちでされている工事を、受注後にプレキャストに変更するのは設計を見直すことになり、難しい。	・コスト、工期、品質などの最適化が図られ、生産性向上が図られる。	
	工場製作に関する余裕工期の設定 (中期間の工期内でいつ製作しても良い自由度をもった発注とする)	・製作・架設共にぎりぎりの工期設定であり、生産性が低下する場合がある。	・工場の製作の平準化が図られ、生産性向上に繋がる。	
計画	プレキャスト構造が適切に評価されるための評価手法の導入	・初期コストに重きが置かれ、環境配慮、省人・省力化、現場工期短縮、耐久性・LCC等の初期コスト以外に及ぶ効果が適切に評価されていない。	・プレキャスト採用が進み、生産性向上が図られる。	
	計画段階におけるPC専門技術者の参画(委員会等) コンサルタントにPC専門技術者の意見照会を義務づけ	・計画段階でPC専門技術者の意見が取り入れられていない。 ・プレキャスト構造が適切に採用されていない。	・プレキャスト採用が進み、生産性向上が図られる。	
	道路線形等への生産性向上に関する配慮 (道路線形を工夫し、直橋もしくは直橋に近い斜橋にする)	・道路線形等に生産性向上への配慮が少ない。 ・斜角が導入され、桁の長さが1本ごとに異なる事例がある。 ・パチが用いられ、生産性向上に繋がらない事例がある。	・プレキャスト採用が進み、現場工期を短くでき、生産性向上が図られる。	・橋台位置を見直す方法もある
	現地製作サイトの導入 (建設区間が連続・近接していて、桁製作が一定以上ある場合、数工区分のプレテン桁製作サイトを現場付近に作ることを検討)	・工区ごとに検討されるので、プレキャスト構造が採用されにくい。	・運搬費が安くなり、プレキャストが採用され、生産性向上が図られる。	・現地の生コン業者から供給できる。

ハノイ市環状3号線建設工事パッケージ2



支保工・足場一体化鋼製大型型枠(システム型枠)



支保工・足場一体化鋼製大型型枠(システム型枠)



高架下より橋脚、上部構造下端



門型クレーンの相吊りによるPC桁架設工



工区全体俯瞰



下部工 施工状況



上部工 施工状況

システム施工で契約工期を半減 ーハノイ市環状3号線建設工事パッケージ2ー

三井住友建設(株)
常務執行役員 国際支店
ハノイ事務所長 兼 リングロード2作業所長
田原 一光



はじめに

ハノイ市の外環状線は、ノイバイ国際空港から南下し、東へ向かって国道1号線を横断してから北上し、紅河の本流と支流を横断して同空港の南で併合する総延長76kmの自動車専用道路です。この外環状線は通称「環状3号線」と呼ばれ、ここから国道1号線、3号線、18号線、西部のホアラク工業団地を結ぶラン・ホアラク高速道路が放射状に出ています。

今回の「環状3号線建設工事パッケージ1～3」は、環状線の南西部に位置し総延長8.9km、片側2車線の高架橋道路です。側道として両側に各2車線の既存一般道が走っており、北部はノイバイ国際空港へ、南部はベトナム第三の都市ハイフォン市へ続く幹線道路と直結するため、交通量はハノイ市内で最も多く、昼夜を問わず自動車、バイクで溢れています。

2002年から当社は、この環状3号線の一部である「タインチ橋建設工事パッケージ1、3および3A(総延長約12km)」の連続工区を施工、竣工しましたが、今回の「環状3号線建設工事パッケージ2」はその北西部への延長線上約3kmに位置する工事延長約2kmの高架橋道路建設工事です。

当工事の特徴は、30か月の契約工期を半分の15か月で完工したことです。地元企業が施工した隣接パッケージ1と3の両工区も、施主からの要請で早期完工し、全パッケージの施工日数1,324日を870日(66%)で完工し、供用を開始しました。ここではその施工内容を紹介します。

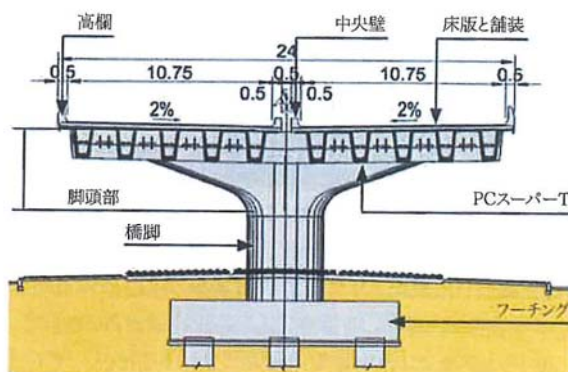


図-2 高架橋標準断面図

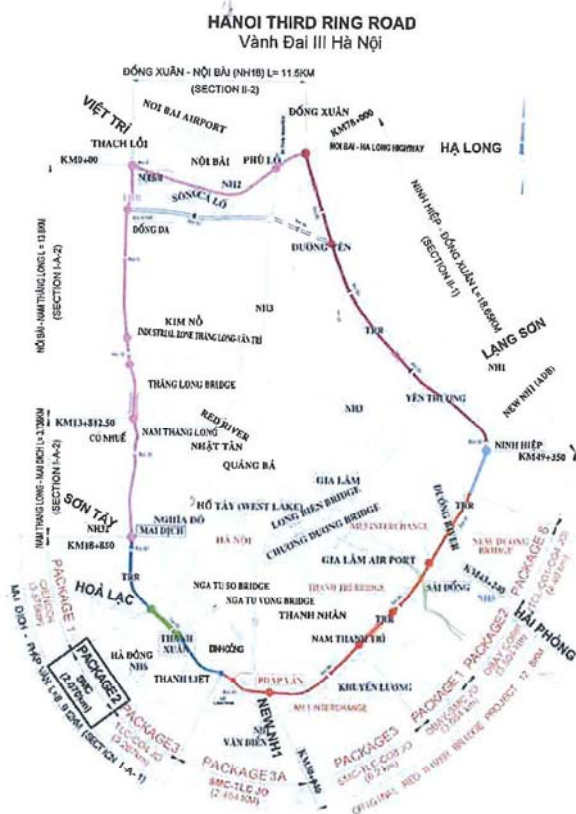


図-1 工事位置図

施工方法選択の経緯

(1) 施工上の問題点

施工場所はハノイ市の新都市部と呼ばれる地区で、住宅が密集した旧都心地区とは対照的に高層ホテルやオフィスビル、新都市鉄道等の建設が活発に進められています。

当社の施工区間「パッケージ2」は3パッケージ中の中間に位置し、両端に主要な大交差点を有し最も交通量が多い工区です。

このような場所では、第三者災害の防止と一刻も早い道路の供用開始が最大の使命となり、それを実現できる施工方法の選択が必須条件となりました。

(2) 工法選択のための好条件

上記問題点がある一方、工法選択のための好条件もあり

ました。

まず、当社施工の「パッケージ2」は、ほぼ直線工区であり、また構造物形状が一定で、システム施工に非常に適していました。加えて、以前施工した「タインチ橋建設工事パッケージ3A」で集積した施工ノウハウを、最大限活用できる状態でした。

工期短縮のための省力化工法

(1) システム型枠を使用した下部工

フーチング施工、橋脚施工、次いで脚頭部施工、全ての工程で鋼製大型型枠を採用しました。

橋脚施工においては、橋脚用鋼製型枠に加え、支保工・足場を一体化した作業台を製作し、本線部分全53基の橋脚施工場所へ転用、利用することで作業の効率化・省力化を図りました。

脚頭部施工においては更に、支保工・足場・型枠の全てを一体化した鋼製大型型枠(システム型枠)を製作、使用しました。鉄筋は専用架台であらかじめ地組みをし、一体吊込を行い、現場組立時間を短縮しました。従来工法では分割



図-3 フーチング施工



図-4 橋脚施工



図-5 脚頭部施工(作業台)



写真-1 鉄筋一体吊込



図-6 脚頭部コンクリート打設工

施工を必要とした部分を、1回のコンクリート打設での施工が可能となりました。

上記の一体化した作業台、システム型枠施工を可能としたのが、60トン吊大型門型クレーンです。門型クレーンは、トラッククレーン、クローラクレーンと比較して吊能力が大きい上に安定性が高く、現場への車両搬入が不要なことから、交通災害等第三者災害の防止にも有効な工法でした。



写真-2 支保工・足場・型枠一体化鋼製大型型枠(システム型枠)

下部工施工はフーチング、橋脚、脚頭部の各サイクルが2～7日の短工期で施工されました。特に脚頭部は、その支保工足場一体化型枠の施工の状況が「たい焼きの焼き型」を連想させます。あらかじめ地組みした鉄筋は「アンコ」に、打設するコンクリートは「練った小麦粉の生地」に見たてられ、現場ではこれを「たい焼工法」と呼びました。また、架設材の大組化は現場の整理整頓に大きく貢献し、施工は整然とした環境下で安全かつスピーディに進行了しました。

(2) 桁の急速製作・急速架設を実施した上部工

当工事では、スーパーT桁と呼ばれる長さ28～38mの東南アジア特有のPC桁を合計で600本、製作、架設を行いました。

PC桁の製作にはベトナム初の現場蒸気養生システムを採用し、桁製作ベッド数を削減することも可能としながら、現地で一般的に必要なとされる桁1本あたりの製作日数5日を最短2日強の驚異的スピードで急速製作し、大幅な工期短縮に貢献しました。

架設においても、通常では1径間10本のPC桁架設工に14日要するのに対し、2台の40トン吊大型門型クレーンの相吊工法で、わずか2晩で架設することができ、工期短縮に最も貢献した作業となりました。



図-7 上部工スーパーT桁架設

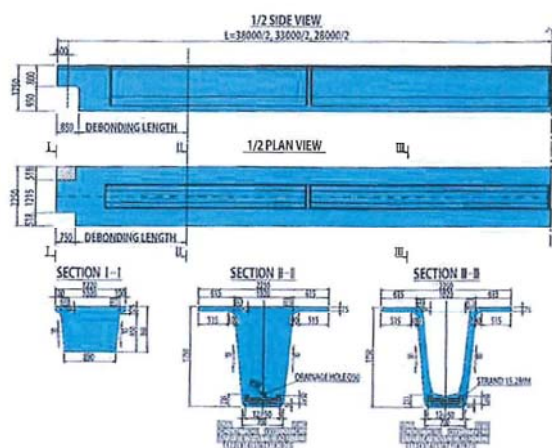


図-8 スーパーT桁

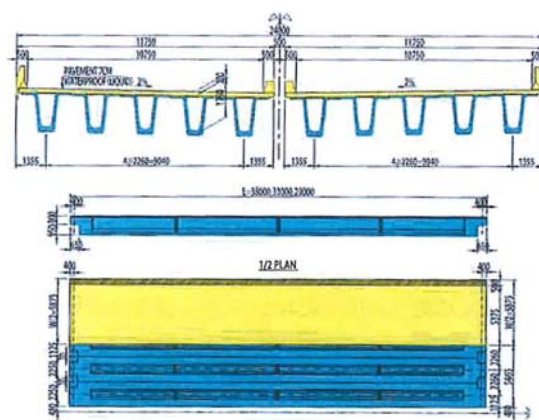


図-9 上部工桁架設図

まとめと今後の展望

今回当社が実践した施工内容は、実際には「新技術」とはいえず「工法の工夫と改善」というべきものです。しかしこれらは施工速度の向上、高品質の確保、安全施工の確保等、現在のベトナム建設業界で最も求められているものに対応しており、顕著な効果を上げることができました。

システム型枠の利用やPC桁の急速製作工は、施工速度(施工期間)の短縮のみならず、均一で高品質な構造体の出来形を確保する成果も導きました。

最後に、今回の工事の施主、コンサルタント、当社の日本人・現地人スタッフ、下請け業者のほとんどが前工事(タインチ橋建設工事パッケージ3A)と同じメンバーであり、その経験と実績を生かして計画し、これら関係者が同一の方向性を持って施工できたことは、ベトナムにおいて事業を継続してきた成果の結実であると思います。

今後も現地で導入が容易な工法の工夫と改善に一層取り組み、インフラ建設を通してベトナムの発展に寄与してまいります。

タンロンJVだ(タンロンはベトナム交通運輸省傘下の大手建設会社)。

異例ではあるが、強い期待を背負った現場でもある。鉄建は12～14年度の新中期経営計画で海外工事を担う人材の育成をテーマに掲げ、今年度から海外OJT(職場内訓練)制度を始めた。ドンホイ作業所では3カ月間の予定で研修生を受け入れ中。鉄建にとって、まさに今後の足掛かりとなる工事だ。

戦争や汚物の垂れ流しで損傷

南北統一鉄道ハノイーホーチミン間は1935年に完成。延長は1730km、所要時間は29時間だ。区間内の約1300橋梁の中には、ベトナム戦争で損傷した橋も少なくない。車両のトイレから垂れ流している汚物も、鉄骨の腐食を早めている。

現在、列車が橋を渡る際には安全性を考慮して時速15～30kmで徐行運転しているが、必要な改修をすべて終えればハノイーホーチミン間の所要時間が約5時間短縮される。

改修を要する44橋梁は四つのパッケージに分割された。鉄建JVが担うCP1D工区の7橋は、クアンビン省ドンホイ市以南の約106kmの範囲に点在する。この地域では10月～11月の2カ月間、雨季で工事がストップしがち。11年12月～14年2月の工期中に2回の雨季に遭遇する。余裕を持って竣工できるように5カ月の工期短縮を目指す。

理屈を考えないローカルスタッフ

「ヘルメットはどうした。何度



NO.16橋梁では、横取り架設に向けて桁を施工している。重機が載っているのは仮設の棧橋だ



ベトナムの南北統一鉄道は非電化、単線。列車を運行しながら工事が進む。写真はNO.16橋梁



鉄建がCP1D工区に先立って手掛けたダナン市のCP2工区(10橋の改修)では、10月10日に完工式を迎えた(写真:鉄建)

CP1D工区的位置



言ったら分かる」「人が下にいるのにクレーンを動かすんじゃない」。

10月初旬、下部工事の最盛期を迎えた現場に功刀所長の怒号が飛ぶ。「作業員が因果関係を考えずに

行動するので危険極まりない」(功刀所長)。一事が万事、そんな調子だから、初歩的なミスが後を絶たない。指示するだけでなく、理由を繰り返し説明する必要がある。

「その飛び出た鉄筋は、いったんコンクリートをはつってから切って埋め戻せ。理由は分かるか」(功刀所長)。ベトナム人技術者が答えに窮すると、功刀所長の右腕である本島浩孝工事主任が、すかさずヒントを出す。「鉄筋が錆びると、膨張

してコンクリートが割れるだろ」。

JVを組むタンロンの上層部の意識改革も図ろうと、同社の技術部長らを連れて鉄建が手掛ける東京と東北の工事現場を見学して回ったこともある。そんな努力のかいがあつてか、成果も出てきた。9月の大雨で

河川が増水した際のことで、場所によっては水位が3mも上昇したが、現場では資機材を高い位置に整理整頓していたので流されずに済んだ。

日本の現場を見学したタンロンのホー・タイ・ズン副所長は「我々も日本の現場に近づけるように努力している。あなた(記者)が今度、ベトナムに取材に来るときまでに、日本との違いが分からないぐらいにレベルアップしたい」と意気込む。

先を見据えながら工事に取り組んでいるのは、功刀所長も同じだ。「プロジェクトマネジャーが1人で現地スタッフを使って現場を回す基盤をつくり、若い連中にバトンを渡す」。



鉄建JVドンホイ作業所のメンバー。ハノイなどの大都市から離れているので、通訳の確保には苦労した。中央がベトナム語と日本語の通訳を担当する女性。月給は約400米ドルだ

■ 手に入る資材を加工して工事に再利用

1 古いレールで線路を補強



線路の下に橋台を施工する箇所では、5本の古いレールを抱き合わせて補強している

2 シートパイルで「H形鋼」を製作



コの字形のシートパイルを背合わせに溶接して「H形鋼」に。以前、鉄建のエンジニアリング本部に所属していた本島工事主任が強度を検証済み

先発組：三井住友建設

工期半減で「お手本」示す

土地収用の遅れに現場作業の遅れ。ベトナムで工事が遅れるのは当たり前と見なされている。作業の遅延は建設会社が国営であることが一因。遅れても「身内」である発注者に泣きつけばいい、というわけだ。

そんななか、30カ月の工期を15カ月に半減したのが、ハノイ市で建設が進む環状3号の南西部分、延長約2kmの高架道路の現場だ。手掛けたのは三井住友建設。1994年にベトナムに進出し、13のPC(プレストレスト・コンクリート)橋梁を施工した先発組だが、単独施工は今回が初となる。工事名称は「ハノイ市環状3号線パッケージ2」、契約金額は約1兆200億ドン(約40億円)。

この工区は、パッケージ1とパッ



理が大変になる。管理のために日本人スタッフを多く投入すれば、結局はコストアップにつながる。従って、作業員は少ない方が望ましい。

現場では、下部工事と上部工事の両方に60t吊りの門形クレーンを用いた。クレーンの作業能力を落とさず、安全に作業できるからだ。工区が直線だったことを生かした。

例えば橋脚頭部の施工では、支保工と足場、型枠を一体化した鋼製の大型型枠を製作。53ある施工箇所にはクレーンで移動させながら、コンクリートを打設した。こうした工夫で、

フーチングと橋脚、橋脚頭部はそれぞれ2～7日間という短いサイクルで施工できた。本来、最も神経を使うはずの桁の架設は、門形クレーン2基による相吊りで最も楽な工程となった。10本の架設に2週間掛かるころ、2晩に短縮できた。

施工速度に負けないように、合計600本に及ぶプレキャストコンクリートの桁の製作も高速化。ベトナム初となる現場蒸気養生を採用し、地元企業が1本当たりの製作に5日掛かるところを、半分以下の2.3日に縮めた。

発注工区が日本に比べて長い、上部工事と下部工事で施工者を分けない、デザインに凝らない、クレーンなどの設備は日本の3分の1のコストで調達できる、公共工事への理解があるので夜間工事が可能——。

田原所長らが工期を半減できたのは、豊富な経験を生かして現地事情を読み解き、施工戦略に大胆に反映した点にある。門形クレーンを使った即席の「道路工場」で延長2kmの高架橋を一気に構築する方法は、ベトナムをはじめとする東南アジアの国々で応用が利きそうだ。

Courage and Hope Gained through Cutting the Construction Period by Half of an Overseas Project — Hanoi City Ring Road No.3 Project Package 2 —

半工期施工で得た海外工事での勇気と希望
— ハノイ市環状3号線パッケージ2工事 —



*Kazumitsu TAHARA, Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.

田原 一光, 技術士 (建設部門): 三井住友建設株式会社

Contact: ktahara@smcon.vn

Keywords: Half Term Construction.

DOI: 10.11474/JPCI.NR.2014.73

Synopsis

Our Contract Package 2 of Hanoi City Ring Road No. 3 Project is one of the three packages in all planned for the purpose of easing a heavy traffic in the new downtown of Hanoi City. The Original construction period was 30 months, but driven by strong desires of the Owner and users of the project, we made a bold challenge to cut the construction period by half.

Structural Data

Structure: 3-5 continuous span Super-T Girder bridge
Bridge Length: Main 2,070m plus 4 ramps 448m

Span length: 28m, 33m and 38m (3 types)

Width: 24.0m (4 lanes)

Bored pile: Diameter 1.0 and 1.5m / 544pcs.

Owner: Ministry of Transport, Socialist Republic of Vietnam

Designer: Oriental Consultant

Contractor: Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.

Construction Period: 20 Oct. 2009 – 20 Jan. 2014

1. Introduction

Hanoi City Ring Road No. 3 is a road located from Noi Bai International Airport down to South to crosses over Highway No. 1 and round up to North to close the ring at the South of Noi Bai Airport. The total length is 70km and it is from this Ring Road that Highway No. 1, No. 3, No. 18 and Hoa Lac road branch out in the radial direction.

Particularity of this project was the reduction of the construction period from 30 months to 15 months achieving such an early traffic opening.

This achievement was recognized as revolutionary in the construction industry in Vietnam where construction period is not commonly kept. This paper reports how the contractor overcame the problems and shorten the construction period.

2. Problems in the project

- (1) Project Site was located at the urban center of Hanoi with round-a-clock heavy traffic.
- (2) The existing frontage roads were running on the both sides of the project site allowing only 28m width working area.
- (3) Heavy equipment were not allowed to enter the working area in day time.
- (4) Any accident of falling could always cause a serious accident with third parties involved.

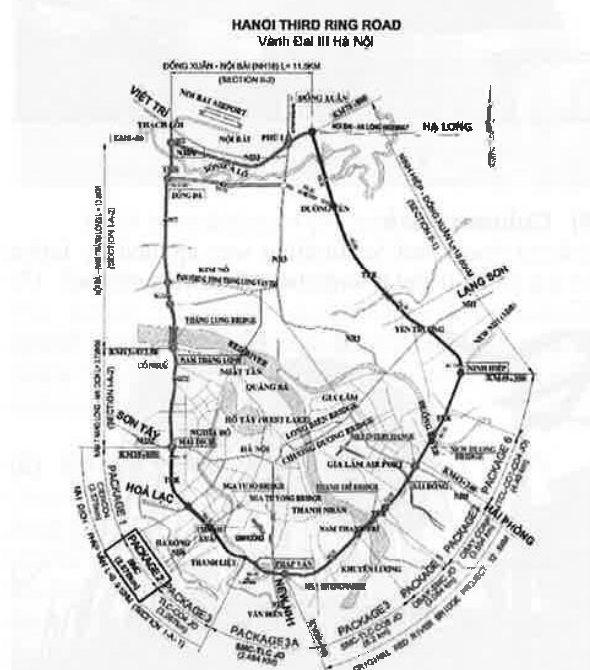


Fig.1 Map of ring road

- (5) There were many obstructions such as 110KVA electric cables, telephone and telecommunication cables, water and drainage pipes.
- (6) Our contract package being the last one among total three packages of the project, our completion date was decisive in terms to complete the project of the three packages as a whole.
- (7) It was necessary to modify our standard subcontract to match the locality.

3. Decision of Methodology statement

The contractor applied < Labor Saving Method > in all of work items due to below reasons.

- (1) The work was ordered 2 km long at once including substructure and superstructure so that there was scale merit to apply daring method.
- (2) The figures of the structures did not have novelty and variety like Japan but unified designs.
- (3) Night work was possible.
- (4) Fabrication cost of steel facility was less costly.
- (5) Land acquisition was almost settled and remaining obstructions were solved in early time.
- (6) The client and the consultant co-operated with us to shorten the construction period.
- (7) Our staff and subcontractors were almost the same members as for our past project two years ago.

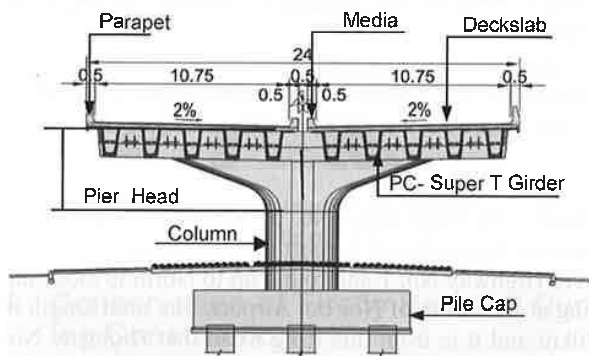


Fig.2 Section of bridge

4. Construction

The concrete < Labor Saving Method > is shown in below explanations with pictures.

(1) Setting of Site Slogan

At first, we had to appeal our intention to apply the Labor Saving Method to all persons concerned this project so that the authors set the slogan of < Speed, Beauty with Safety >. Later, this slogan was applied to all of our company's sites of civil and building section in Vietnam.



Fig.3 Slogan

(2) Substructure work used 60t Gantry crane

The working area was very narrow and any accidents caused falling down of heavy equipments had to be avoided absolutely so that the Big Gantry Crane was applied due to the view of its stability and safety. The ground condition was not so bad so that the railing system was installed on Steel Sheet Pile with 20 cm concrete and 40 cm gravel base.

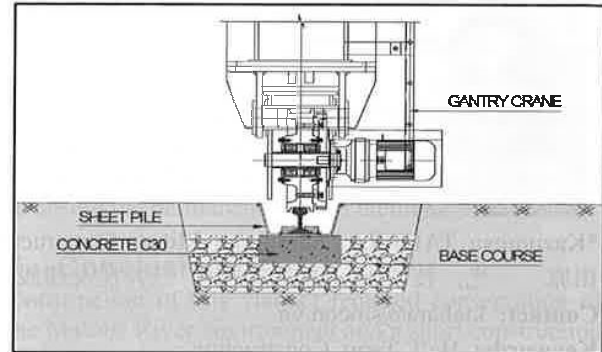


Fig.4 Section of gantry crane

(3) Pile cap work

Form was applied at the bottom open style as Labor Saving Method without dismantled into four pieces. It took two days on average.



Fig.5 Form of pile cap

(4) Column work

Column Form and Scaffolding was applied by Labor Saving method and it took three days on average.

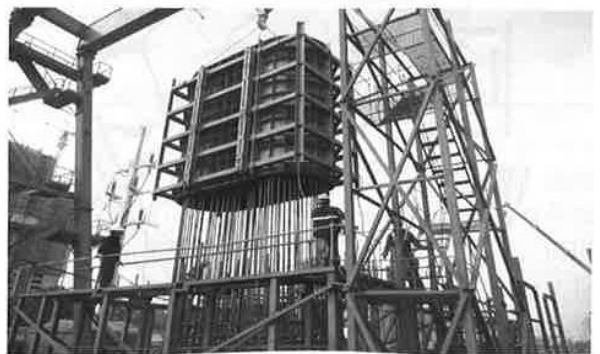


Fig.6 Form of column

(5) Form of Pier Head work

Commonly, form of pier head takes a long time to execute so that we combined Form with Scaffolding and Supporting as Labor Saving Method. It took seven days only on average.



Fig.7 Labor saving method

(6) Rebar of Pier Head

It also takes a long time to install at actual site so that Labor Saving Method was applied. Two sets of rebar pre-fabrication cages were made on the ground. The rebar cage was transferred to pier column and set by the 60t gantry crane. Transferring and setting work at the pier took a half day only on average.



Fig.8 Installation of pre-assembled rebar

(7) Bearing and Diaphragm work

The design width of superstructure was gradually spread so that the adjustable scaffolding was made as Labor Saving Method for setting rubber bearing and making diaphragm.

(8) Girder Erection

Commonly, the girder erection work is the most dangerous step in a bridge construction. However, two sets of 40t gantry crane for erection work as Labor Saving Method were applied so that it became the easiest and safe work for us. By the reason of public traffic control, it was started from 22:00 midnight and it took only two nights for 1 span-10 girders. As compared with our Labor Saving Method, other two



Fig.9 Adjustable scaffolding

packages took 14 days per 1 span-10 girders by the reason of using erection girder.

The handrail on the outside girder were installed previously so that bridge surface work was immediately started keeping safety condition.



Fig.10 Erection of super-t girder

(9) Slab Concreting work

The slab concrete was casted faithfully with design division of 2-4 span continuous girders. Therefore, working area became huge and it was quite difficult to keep the deck surface flat. In case slab concrete surface was uneven, asphalt loss increased even the value is within an allowable range. Accordingly the concrete surface finishing machine was installed.



Fig.11 Finishing of slab-surface concrete

(10) Parapet work.

The outer parapet was designed as the precast product. However, it was divided into 2.5 m and the weight was too heavy so that it is quite dangerous to set nearby frontage road. Therefore, the authors requested the client to change it into Cast-In-Situ type and it was approved. Gondola system was applied as Labor Saving Method not only at outer parapet but also at inner parapet.



Fig.12 Parapet work by gondola

5. Opening Ceremony

As the result, this project was completed by 10th of October and prepared the opening ceremony. At 9:00 on 20th October 2012, the opening ceremony was gloriously held by the client with attendance of Vice Prime Minister, Minister of Transportation, our President Director from Japan and other so many guests. The completion date was just earlier by 15 months of contracted period and after ceremony, the traffic was immediately opened in 8.9 km length from Package1 to 3.

In this ceremony, the contractor were appreciated for this unprecedented achievement. Vietnam government even gave us a testimonial.

During the construction period, mass-medias of TV, radio, magazine and newspaper came to the site for interview.

6. Effect of applying Labor Saving Method

In developing countries, the numbers of staff and workers with sufficient knowledge, skill and experiences are not enough. If the work is prolonged, a risk of unforeseen accident, fluctuation of currency and prices is higher. The said risk is even higher if the project site is in a downtown area.

In view of eliminating such a risk, a labor-saving method to complete the work earlier has a merit not only for the contractor but also to the local industry as it contributes to technology transfer, which is one of the major purposes of Japanese ODA by JICA, Japan International Cooperation Agency. Fifteen months earlier traffic opening gave social benefit of about 65 million US\$ as estimated value and reset the value of time in the minds of the client and contractors.

It is valuable to keep in our mind that the biggest reason of this success in the project was good human relations and cooperation beyond the borders between Vietnam and Japan. It gave us not only a great pleasure for an immediate success but also big courage and hope for our future overseas work.

The author would like to express many thanks to all the concerned persons by taking this opportunity. Thank you very much and BRAVO Vietnam!



Fig.13 Completion and traffic open

概 要

ハノイ市環状3号線パッケージ2工事は、発注工事の90%が工期遅延するとも言われるベトナム国において、30箇月の工期を15箇月に半減して交通解放を果たした画期的なものである。そのため施工中から二十社を超えるテレビ、新聞、ラジオ、雑誌等のマスメディアで報道され、早期の交通解放の社会便益は工事請負金額の1.5倍に相当する65億円と試算された。これは施主や業者だけでなく一般市民へも大きな衝撃となり、今までの工事に対する概念を大きく変えるものとなった。

この快挙は決して元請業者だけで為し得たものではなく、施主、コンサルタント、ローカルスタッフ、協力業者、更には地元住民の強い思いと夢が大きな力の結集となって実現出来たものであり、様々な苦難に見舞われる海外工事に対して、関係者に大きな自信と勇気を与えた。

14 ハノイ市環状3号線 高架橋

半工期施工で得た、
海外工事での勇気と希望



ベトナムと聞いて思い浮かべる物は何でしょうか。アオザイ姿の細身の美女、生春巻きやフォーなどの低カロリーで健康的なベトナム料理、マッチ箱の様な家が立ち並ぶ街並み、世界遺産のハロン湾等、挙げればきりが有りませんが、意外と知られていないのが交通渋滞です。ここベトナムでは主な移動手段がモーター・バイクであり、バイクによる渋滞が頻繁に発生します。更に近年の急速な経済発展により自動車も急増して、交通事情は益々悪化しており、一刻も早いインフラ整備が急務とされています。

このハノイ市環状3号線高架橋工事も、渋滞緩和を目的とした自動車専用高架橋の建設でした。施工場所は、ハノイの新都心部と呼ばれる地区で、モダンな高層ビルが立ち並び、建設場所の両側の側道はハノイ市内で最多の交通量を有し、昼夜問わず自動車、バイクで溢れています。このような都市部での施工では、一般の人を巻き込む第三者災害の防止と、工事中に交通の流れを阻害しないこと、そして一刻も早い完成による道路の供用開始が最大の使命となりました。

その為、今までの既成概念にとらわれることなく施工方法を一新し、全ての作業で省力化を行いました。具体的に言うと、建設工事に必要



足場・型枠・支保工のシステム化



上部工の施工

不可欠な仮設工事である、足場、支保工、型枠、更に鉄筋本体も出来るだけ大組化して、大幅な施工時間の短縮を行いました。大組化で問題となるのは、それを自在に扱うことが出来る揚重機械ですが、これも日本の常識を超えた規模の大型門型クレーンを、現地で製作して対応しました。この様な大規模施工が可能な背景には、海外工事の利点とも言える、昼夜兼行の作業が可能なこと、付近住民の理解と協力が得やすいこと、更には現地での大型機材の製作費が、日本と比較して格段に安いことが挙げられます。また橋梁の主桁も現場の速い

「三井住友建設(株) 田原一光」

この早期解放が生んだ経済効果は数十億円と計算され、発注工事の90%が工期を守れないと報道されているベトナム国の建設業界へ、大きなインパクトを与えました。この工事の成功の最も大きな要因は、やはり人の和とコミュニケーションです。日本国とベトナム国の技術者と作業員が、大きな目標達成に向かって一心同体となつて努力できたことは、海外で建設に携わる私達に大いなる喜びと、未来への勇気と希望を与えてくれました。皆さんありがとう、そしてベトナム万歳！



現地スタッフ



ハノイの交通渋滞状況

橋名	ハノイ市環状3号線高架橋 (はのいしかんじょう3ごうせんこうかきょう)		
発注者名	ベトナム運輸省		
施工会社名	三井住友建設(株)		
施工場所	ベトナム ハノイ市		
工期	平成23年7月～平成24年10月		
構造形式	PC3-5径間 連結スパーT桁橋		
本線部 橋長	2,070.0m / 最大桁長 38.0m		
架設工法	門型クレーン架設工法		
ランプ部 橋長	447.6m / 最大桁長 38.0m		
架設工法	トラッククレーン架設工法		

施工速度に追従させる為に、ベトナム国では初の現場蒸気養生システムを採用して、通常の製作サイクルを半分に短縮しました。

これらの極限まで考え抜いた工夫と改善による施工設備は、狭小な作業エリア内で周囲の交通の流れを阻害することなく、また熟練作業員でなくても誰でもが容易に扱え、安全、快適かつ最速で作業を進めることが出来ました。その結果、当初目標に掲げた通りの30箇月の契約工期を半分の15ヶ月にまで短縮でき、全線9kmが予定より15ヶ月間早い交通解放を果たしました。