第 21 回 国土技術開発賞 創意開発技術賞

プレキャスト床版（ジャケット式桟橋上部工）

ジャケット式桟橋上部床版の工場プレキャスト化

〔受　賞　者〕　株式会社ヤマウ／九州大学
〔本稿執筆者〕　株式会社ヤマウ　生田（いくた）　泰清（やすきよ）

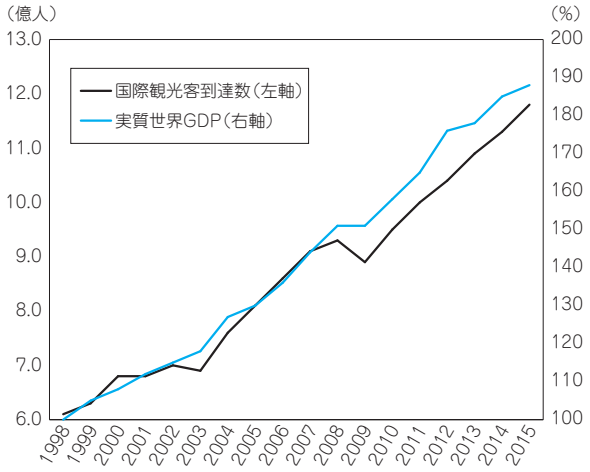
以下に，第 21 回 国土技術開発賞 創意開発技術賞を受賞した「プレキャスト床版（ジャケット式桟橋上部工）」を紹介します。

1.　はじめに

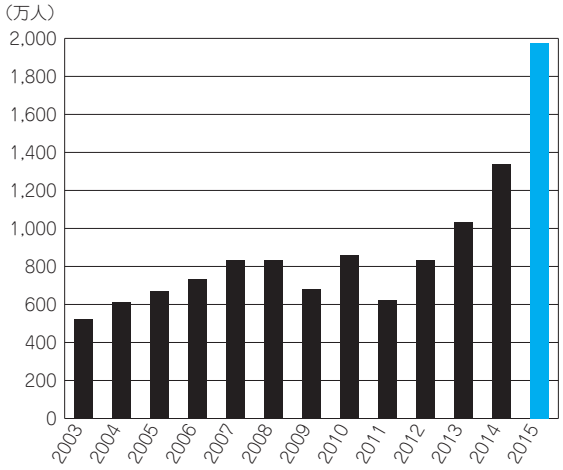
観光庁の HP によると，2015 年の国際観光客の数は 11 億 8,000 万人にのぼったと報告されている。また，図－1 に示すように，世界の GDP の推移にほぼ比例しており，過去において常に右肩上がりの増加となっている。日本に目を向けると，訪日外国人旅行者の数は 2012 年までは多くても 800 万人程度であったものが，2013 年の 1,036 万人から増加し始め，2015 年には 1,974 万人と急速に拡大した。図－2 にその動きを示す。

これは，中国の経済発展によるところが大きく，海外旅行を楽しむ富裕層の増加により，比較的近くて観光インフラが豊富な日本を目指す中国人が多くなった。その数は，現在約 500 万人となっているが，今後も一層の増加が予想されている。

そうした中で政府は，インバウンド新時代に向けた戦略的取り組みの中で，受け入れ環境の整備を進め，空港ゲートウェイ機能の強化や宿泊施設の供給確保，通信環境の改善などを提言してい



図－1　国際観光客到達数と実質世界 GDP の推移



図－2　訪日外国人旅行者数の推移

る。その一環として，「クルーズ 100 万人時代」の実現を目指し，クルーズ船受け入れの更なる拡充を図るため，係留施設の整備を重点的に推進している。

一方，国土交通省では，今後の生産年齢人口の減少による建設分野での生産性低下について対策が検討され，新しい取り組みとして i-Construction の推進が策定された。その中で，我々コンクリート製品業界に関連する項目として，建設物の工法決定に際して，コンクリート工の規格の標準化等，全体最適の導入を図ることを提唱している。これまでの決定方法では，イニシャルコストによる経済性の優劣が大きなポイントとなってきた。

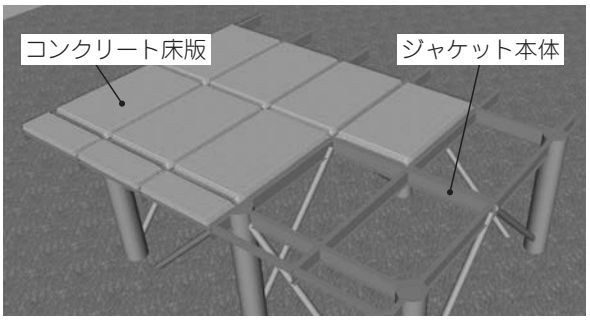
そのため，例えば，安価な現地での屋外生産が基本となり，気象条件に影響される場合が多く，安定的な生産への障害となってきたのも事実である。また，個別の最適設計や一品受注生産を最良の選択とする考え方が優先されていたため，生産性という観点では，必ずしも高いものとは言えなかった。そこで，これらについての解決策として，プロセス全体の最適化やイニシャルコスト以外の項目も含め，総合的に評価する決定手法の導入が通達された。

2. 技術の内容

(1) 技術の概要

本技術は，クルーズ船を係留するための桟橋工事に関する技術である。桟橋の構造には幾つかの種類があるが，最近では耐震性と施工性に優れているジャケット式桟橋の採用が増加しており，その構造は，図－3 のようにジャケット本体とコンクリート床版を一体化させた構造となっている。

現地での作業工程を大まかに分類すると，杭工事，ジャケット本体設置，コンクリート床版製作設置，そして最後に桟橋付帯設備工事である。この工種の中で，工程の大部分を占めるのがコンクリート床版の製作工であるが，通常は現地付近の製作ヤードに床版製作のための製作台を設け，サイトプレキャスト工法で製作する施工となっている。よって，桟橋の規模によっては床版の枚数が非常に多くなるために，広大な敷地を要することとなる。しかし，十分な広さを確保することはなかなか困難であり，その製作に数カ月を要しているのが現実である。



図－3　ジャケット式桟橋の構造

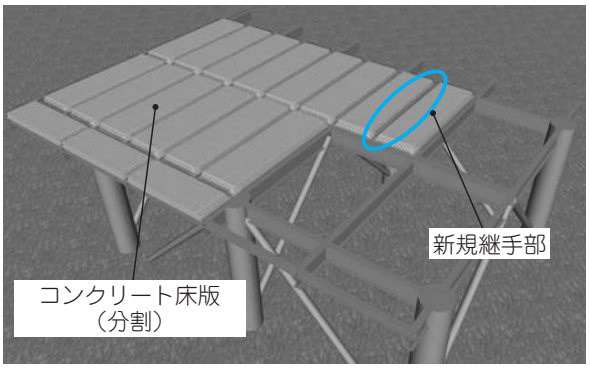
そこで，その解決策として，図－4 のように大型の床版を陸送できる寸法に分割したうえで，比較的短い期間で供給できる工場での床版製作への変更を提案した。検討するにあたっての，開発のコンセプトについて記述する。

① 工期の短縮

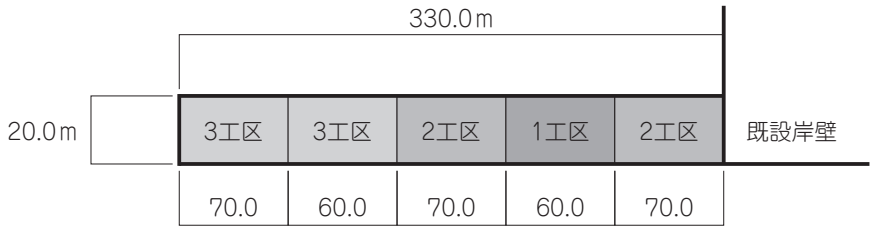
工期の短縮が最も重要な課題であり，できる限り短くすることが目的である。

② 施工性の向上

床版を分割することで，床版の枚数が増加し新たな継ぎ目も発生する。それにより，現地での施工性が低下することは本末転倒である。



図－4　床版の分割案



図－5　キープラン

③　i-Construction の推進

現地製作で常に課題となっている施工環境による影響等について解決し，品質の向上を図る。

以降に，博多港中央ふ頭に構築されたジャケット式桟橋の工事に関して，本技術について説明する。

図－5 に示すように，工事の規模は全長が 330.0 m，幅が 20.0 mである。床版の基本的な寸法は 7.5 m × 5.0 mと大型で，1 枚の重量は約 35 t となっている。工事は 3 つの工区に分けて発注され，1 工区目の床版は当初計画どおりの現場製作で施工された。床版の配置は全 48 枚（60 m）である。一方，2 工区目，3 工区目の床版は工場製作により行われたが，製造枚数は床版を分割するため 84 枚（60 m）と増加した。

ここで，床版を工場製作に変更する場合のメリットについて挙げてみる。

①　製作ヤードの削減

現地製作のために必要な敷地と製作台が不要であり，既存の工場内設備のみで製作できる。

②　気象条件対策

建屋内での製作であり，悪天候による作業の中止や施工管理の不備による品質の低下を防止できる。

③　飛来塩分対策

一般的に架設現場に近い場所に製作ヤードを設けて製作するので，必然的に飛来塩分の影響があり，対策が必要となる。しかし，工場製作の場合不要となる。

④　施工管理の省略

現場製作の場合，製作に関する施工管理が重要な業務となるが，工場製作では現場特有の煩雑な施工管理を省略することができる。

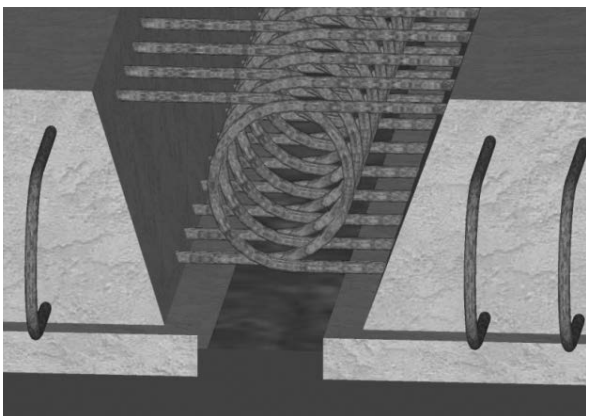
⑤　熟練技能者不足の解消

昨今，社会問題化している現地施工での熟練技能者の不足は，生産性と製品の品質確保に大きく影響する。工場製作であれば，専門の製作スタッフにより安定的に良質の製品を供給することができる。

以上のようなメリットが考慮され，工場での製作が採用されることとなった。

(2)　継手部の考案

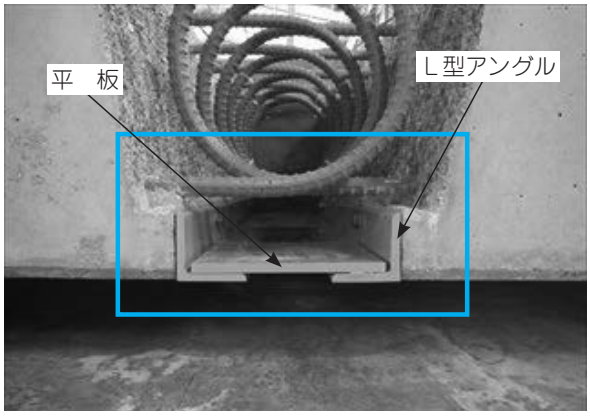
床版を分割することにより，新しい継手が発生する。既存の継手部はジャケット本体の受梁に支持された箇所にあるので，一体化するための場所打ちコンクリートを打設する際に，受梁が底型枠の役割を兼ねている。しかしながら，新しく発生する継手部は，**図－6** のように受梁がない中間位置にあるため，底型枠が必要となる。さらに，そのような位置に型枠を設置する場合，組立・解体



図－6　新規継手のイメージ

のための作業足場も必要となるが，開発のコンセプトで指摘した施工性の向上を著しく損なうことになる。そこで，新しい継手部の型枠には，解体不要の残存型枠を採用することとし，足場の設置も行わない計画とした。

残存型枠の素材は，耐久性と塩害への対策を考慮して塩化ビニールとした。構造は，図－7に示すように，両側の床版の先端にＬ型のアングルをセラミックインサートで固定する。そして，それぞれの床版を所定の位置に据え付けた後，両方のＬ型の上に底型枠となる平板を横方向から挿入した。こうすることで，仮設足場を設置することなく，上面からの作業を可能にした。その後，現場打ちコンクリートを打設したが，型枠のずれや破損もなく，良質な施工を行うことができた。



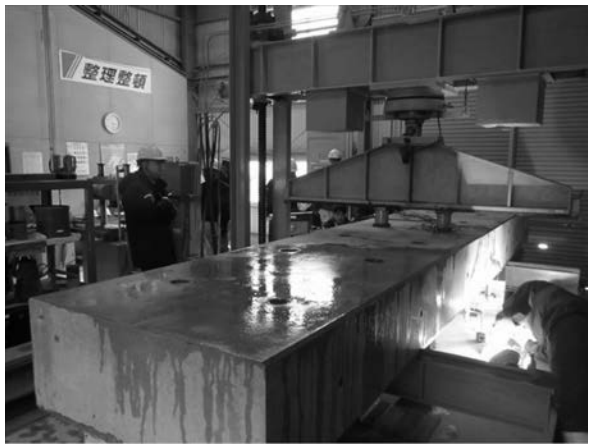
図－7　新規継手の構造

(3)　継手の安全性の確認

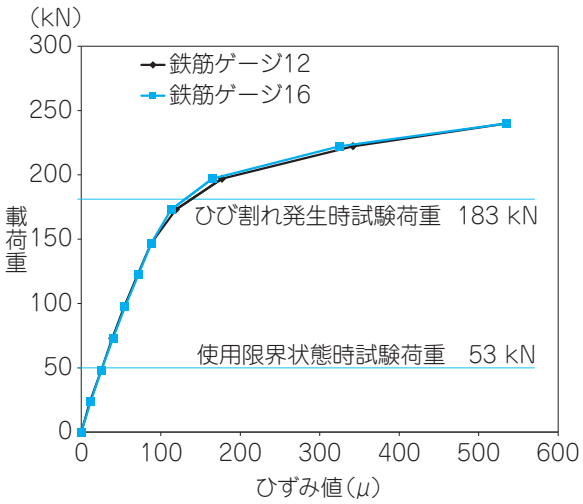
耐久性，施工性と共に，新しい継手の耐荷性能を確認しておく必要がある。そこで，設計計算書に沿って所要の荷重を算定し，載荷試験を行った。

設計計算では，限界状態設計法により，使用時と終局時の各制限値とひび割れ幅の算定が行われている。そこで，その際の作用曲げモーメントとなる載荷荷重を実験体に合わせて計算すると，P= 53 kN となることが分かった。写真－1は，載荷実験の状況である。

図－8は，実験結果を示すグラフで，縦軸が載荷荷重，横軸が継手部の下側鉄筋のひずみ値を示している。近接目視および鉄筋のひずみ値の変化により，約 183 kN で，ひび割れが発生したものと判断された。すなわち，設計計算により設定された値の約 3 倍の耐荷力性能があることが分かり，安全性についても十分満足していることを確認することができた。



写真－1　載荷試験状況



図－8　荷重と鉄筋ひずみ値

3.　技術の効果

床版の製作を工場製作に変更したことによる効果について検証してみた。対象として，1 スパン 60 m × 20 mのブロックについて，現場製作との比較検討を行った。

表－1　現地製作工程（1サイクル）

工　種	日　数	計
型　枠　工	2	14
鉄　筋　工	1	
コンクリート工	1	
養生工（製作台）	5	
脱　枠　工	1	
仕　上　げ　工	3	
転　置　工	1	
養生工（ストック）	17	

表－2　工程比較結果

	現地製作	工場製作
製作日数	77	24
据付日数	3	4
合　計	80	28
比　率	1	0.35

(1)　製作工期

床版の製作期間について比較検討する。まず，現場製作での製作工期については，**表－1**に示すように，床版1枚の製作サイクルの日数を算出したところ，14日となった。これに雨天休日等を考慮した稼働率1.4を乗じると20日となる。今回は，全48枚に対して16台の型枠を設けて製作したので，3回転となり，出荷までの養生日数17日を加えて77日（20日×3＋17日）が製作の全日数となった。

また，工場製作については，鋼製の型枠を4台準備して全84枚を製作したが，蒸気養生を行うことで1日/サイクルとなり，全24日の製作日数となった。

一方，据付に要する架設日数は，現場製作の場合3日，工場製作の場合4日となる。これは，分割することで床版1枚の重量が1/2になるが，それに伴い起重機船の規格も変更され，架設能力も変わる。それらを考慮した標準積算歩掛により，算出された日数である。製作日数と架設日数を合計すると，**表－2**のような結果となり，本工事では約35%に削減することができた。その効果は非常に大きいことが分かった。

(2)　概算工費

工費の比較については，全体工費を対象に行うことが，より正確であり妥当性があるが，個々の工事により施工条件が異なるので，ここでは，床

表－3　概算工事費比較

	工　種	仕　様	単　位	数　量	単　価	金　額
現地製作	床版製作工					39,770,000
	製作台	コンクリート基礎	基	16	197,000	3,152,000
	床版製作					34,635,600
	大床版	7.5 × 5.0	枚	24	1,075,000	25,800,000
	中床版	5.0 × 3.0	枚	12	433,700	5,204,400
	小床版	5.0 × 2.0	枚	12	302,600	3,631,200
	転置工		回	48	41,300	1,982,400
	床版据付工	起重機船 200 t 吊	式	1		3,081,000
	現場管理費	床版製作	式	1		4,500,000
	合　計					47,351,000
工場製作	床版製作工					50,677,200
	大床版	7.5 × 2.5	枚	48	807,500	38,760,000
	中床版	2.5 × 3.0	枚	24	287,200	6,892,800
	小床版	5.0 × 2.0	枚	12	418,700	5,024,400
	床版据付工	起重機船 150 t 吊	式	1		3,489,000
	合　計					54,166,200

版製作工と据付工に関する直工費と現場管理費について着目して比較してみた。

その結果を表－3に示すが，現地製作での工事費は，床版製作工，床版据付工，そして製作に関する現場管理費を合計すると，約47,351千円となる。また，工場製作での工事費は，床版製作工と床版据付工で約54,166千円となり，15%程度の増額となった。これは，工場製作での製作単価が割高なことと，工場から現地までの運賃が加算されることが主な原因である。工場で使用される型枠は組立・解体が容易で，回転数を多くする必要があることから，強固な鋼製の型枠を用いるため，その製作費が高価になる傾向にある。

⑶　その他の効果

前述した，工場製作でのメリットについても効果がみられたが，それ以外の項目についても以下のような効果が明確になった。

①　出来形誤差の少ない製品の安定的な供給

それぞれの床版には，互いの連結のための鉄筋が150 mm間隔で配置されているが，この配置精度が据付けの作業性に大きく影響することが予想されていた。そこで，工場製作時に厳密な管理を行うことで配置精度を高め，据付け作業を円滑に進めることができた。

②　環境負荷低減

現地製作であれば，製作台の基礎工や大量の木製型枠の廃材など，製作設備に関して廃棄すべき資材が発生することになる。しかしながら，これらの設備を削減することで，環境負荷低減に寄与したものと考える。

以上のような効果が明らかとなり，この技術の有効性を再確認できた。

4.　おわりに

建設現場において，技術者や技能者の不足は，高齢化と新規参入者の減少により非常に深刻な問題となっている。しかしながら，生産性の効率化やコスト削減など，検討すべき項目の数は少なくなく，難題も多い。

今回の技術は，新しい技術を開発したわけではないが，既存の技術を組み合わせて，要求される項目に対して一つの解決方法を提案したものである。今回は，海洋構造物であるクルーズ船の係留桟橋に関する開発であったが，技術的には橋梁建設に使われているものを応用して開発した工法である。このような他分野の技術とのコラボレーションを進めることは重要であり，また，今一度技術の棚卸しをしてみることも必要であると考える。

今後も，i-Construction の推進のために，コンクリート構造物の一つの命題である継手の構造について，新たな開発に取り組んでいきたい。