

固定支保工式架設工法概論

鈴木素彦 Motohiko SUZUKI

(オリエンタルコンクリート株式会社技術部長)

1. 一般

固定支保工式架設工法は、地上から堅固に組み上げられた支保工上で、コンクリート橋を構築する工法で、PC 橋架設工法全体の基本をなすものである。支保工は、枠組、支柱、梁等の組立て解体が容易にできる比較的軽量の機材から構成される。支保工は一般に、橋梁1径間ごとに組み上げられ、その径間の橋体施工が完了すると解体される。多径間橋梁の場合には、次の径間で支保工が再び組み上げられ、橋体完成とともに解体される。以下同様の作業が繰り返されて橋梁が施工される。

機材は、我が国の場合、昭和30年代までは木製のことが多かったが、その後鋼製の枠組み、支柱、梁等が広く用いられるようになってきた。鋼製機材の利点としては、転用を考え、組立て解体に便利など種々の工夫がなされているため、特別な技術を必要とせず安全に支保工を構築できること、木製に比較して、一様で高い強度が期待できるので、枠組等は軽量で取扱いが容易であり、支柱等の変形が少ないことなどが考えられる。

固定支保工式架設の場合、コンクリート打設からプレストレス導入までの間、橋体に有害な変形を与えずに保持しなければならないので、支保工の良否が橋梁の出来映えを決めるうえで非常に重要である。

2. 固定支保工の形式と選定

一般に、固定支保工は、使用する機材の組合せにより次のように分類される。

2.1 支柱式支保工

支柱式支保工は、図-1に示すように、単管支柱、枠組み支柱、組立て断面支柱等の柱材と水平方向の変位を防止するための“筋違い”等と組み合わせたものである。比較的鉛直荷重が小さい場合には、取扱

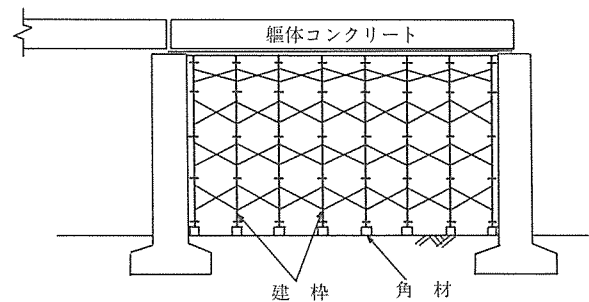


図-1 支柱式支保工

いが人力でも可能な単管支柱または枠組み支柱が用いられる。荷重が大きい場合には組立て断面支柱が用いられることが多い。

支柱式支保工は、①桁下空間に障害物がない、②桁下高さが比較的小さい、③支保工を支持する基礎地盤が良好である、④大型クレーン等の重機の進入が困難である、等の現場条件に適している。

地盤が良好な場合には、地盤上に直接枕木、角材、鋼矢板等を敷き並べて基礎とし、その上に支柱を組み立てる。道路上に支保工を組む場合には、舗装面を損傷せぬよう、砂やシート等を敷き、その上に支柱を組み立てる。やむなく軟弱地盤上に支保工を組み上げねばならないときには、基礎コンクリートを打設したり、載荷盛土をして圧密沈下を促進させるプレローディングをするなど特別な対策が必要である。

2.2 梁・支柱式支保工

梁・支柱式支保工は、梁と支柱で支保工を構成する。梁と支柱の組合わせ方法は、次の3種類に分類できる。

第1は、図-2、3に示すように、施工径間を1つの梁で跨ぐ形式である。一般には図-2に示すように施工径間両端の橋脚フーチング上に支柱を建て、その上に鋼製ガーダーなどの大型梁を設置する。大型クレーンなどの主材が進入できないような場合

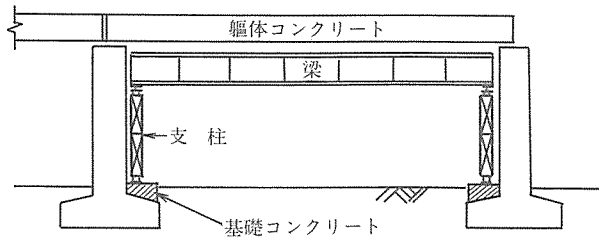


図-2 梁・支柱式支保工 (その1)

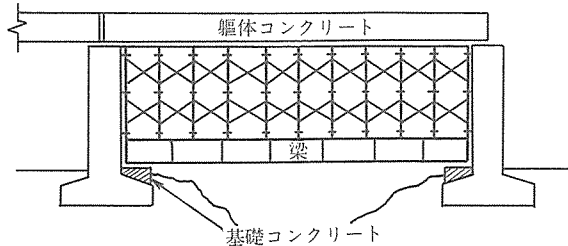


図-3 梁・支柱式支保工 (その2)

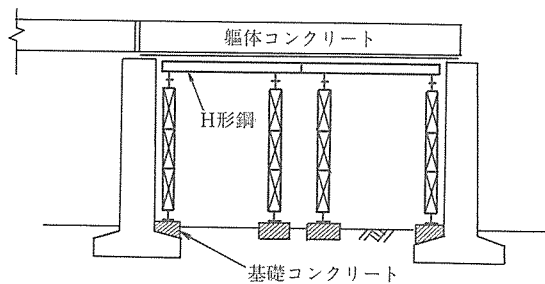


図-4 梁・支柱式支保工 (その3)

には、図-3に示すように、フーチング上に直接ガーダーを設置し、その上に支柱を組み上げる場合もある。

第2は、図-4に示すように、施工径間内に何箇所か支柱を建て、その上に一般にはH鋼等の比較的小型の梁を置く形式である。中間の支柱には比較的大きな鉛直荷重が作用するので、支柱の基礎には、基礎コンクリートを打つ、また、場合によっては杭を使用する等の配慮が必要である。

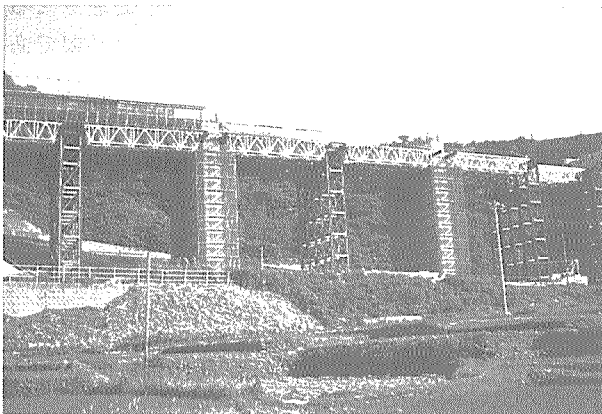


写真-1 梁・支柱式支保工の例 (その1)

写真-1の例では、比較的大型のトラス梁が用いられている。

施工例の写真-4～9に示すように、施工径間内に河川があり、クレーンなどの大型重機が入れない場合には、河川内に何箇所か支柱を建て、フーチング上面とこの支柱を利用して梁を渡し、その上に支柱式支保工を組み上げる場合もある。

第3は、写真-2に示すように施工径間の一部分に通路等の開孔部が必要な場合、両側に支柱を建て、その上に梁を置き、残りの部分は支柱式支保工で組み上げる形式である。

使用される梁は、梁支間に応じて変わるが、I形鋼、H形鋼、プレートガーダー、トラス梁等である。梁を支持する支柱には、組立て断面支柱が用いられることが多い。

梁・支柱式支保工が採用される現場条件として、次のような項目があげられる。

- 1) 桁下空間を一部確保する必要がある。
- 2) 桁下高さが比較的大きい。
- 3) 支保工を支持する基礎地盤がよい。
- 4) 支保工の組立て、撤去時にクレーンの使用が可能である。
- 5) 橋脚のフーチング上面が利用できる。
- 6) 小河川、水路または道路が交差している。
- 7) 埋設管やケーブル等の防護が必要である。

2.3 梁式支保工

梁式支保工は、梁のみで支保工を構成する。梁は図-5に示すように、橋台や橋脚にあらかじめ埋め込まれたI形鋼またはH形鋼に、またはボルト等で橋台や橋脚の壁前面に取り付けられたブラケットに、直接支持される。梁には、H形鋼、プレートガーダー、トラス梁等比較的大型の梁が用いられる。コンクリート中に埋め込まれた支持材やボルトの安全性に十分留意をする必要がある。

梁式支保工が採用される現場条件として、次のよ

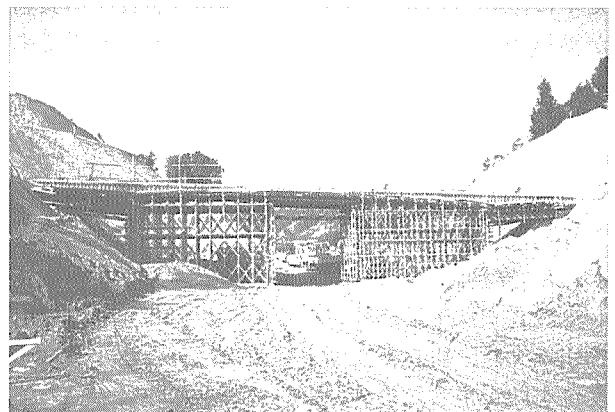


写真-2 梁・支柱式支保工の例 (その2)

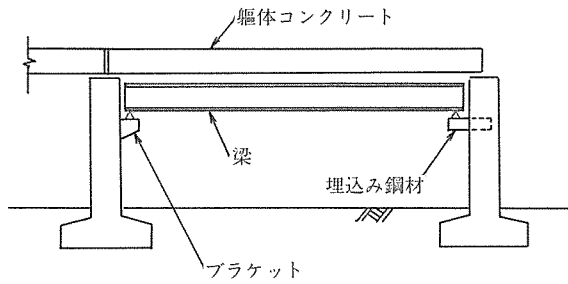


図-5 梁式支保工

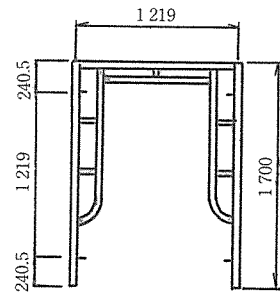


図-6 代表的な鳥居形建柱

うな項目が考えられる。

- 1) 桁下空間を十分に確保する必要がある。
- 2) 桁下高さが非常に大きい。
- 3) 基礎地盤が悪い。
- 4) クレーンの設置・使用が可能である。
- 5) 橋脚に予め支持金物を埋め込むことができる。
- 6) 小河川や水路または道路が交差している。
- 7) 大口径の埋設管等があり, 支柱を建てることできない。

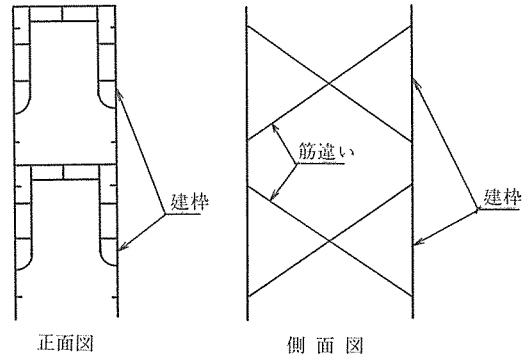


図-7 建柱の組立て例

3. 支保工の機材

支保工主要材料の代表例を数例示す。H形鋼等の一般材料は紙面の都合で省略し、主要機材のうちで多用されているもの、比較的最近開発されたものの一部の紹介にとどめる。

3.1 柱組み支柱の例

柱組み支柱用の建柱の例を示す。建柱は図-6に示すように鋼管 ($\phi=42. \text{mm}$, $t=2.3 \text{mm}$, 材質 STK 51) を主材に、鳥居形または梯子形に成形されている。上方には、ピンを用いて何段にも重ねて組み立てることができる。前後方向には、筋違いを用いて同じ種類の建柱を連結していくことができる。

幅、高さについては、現場の条件に応じて選択できるように、種々なものが用意されている。

標準的な形状では、鳥居形で幅 1.219 m、高さ 1.700 m、組立て間隔 1.800 m である。たとえば建柱 4 基と筋違い 4 本を用いて組み立てると図-7に示すような立体ユニットができる。連結ピンを用いれば上方に、筋違いを用いれば前後方向に任意の大きさに拡大できる。建柱 1 基当りの重量は 15~20 kg で、1 人で容易に取り扱うことができる。許容荷重は載荷位置で大きな差異がでるが、一柱当り 1 t~5 t の範囲である。

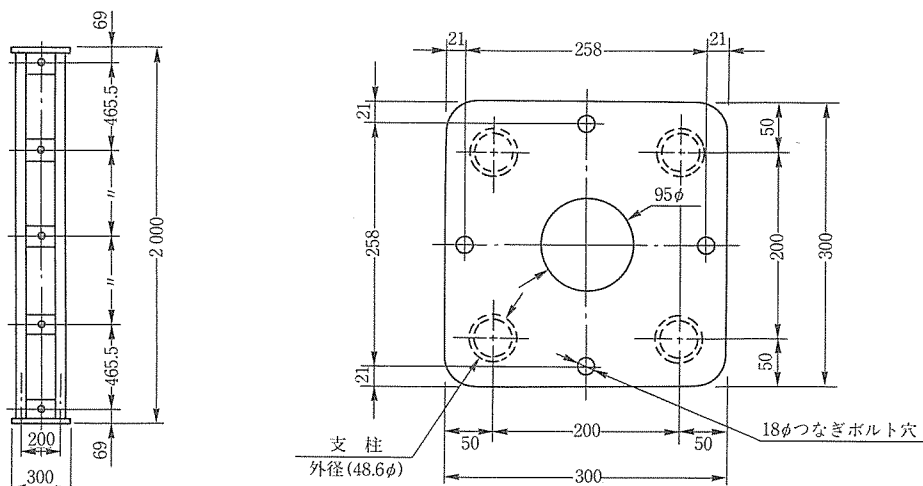


図-8 組立て断面支柱の例

3.2 組立て断面支柱の例

組立て断面支柱の一例を図-8に示す。この例では、 $\phi 48.6$ mmの鋼管4本を1組にして、上下端のベース部と中間のつなぎ板で一体にしたものである。断面形状は1種類で、高さは0.65 m~3.0 mの範囲で5種類用意されている。組み合わせることにより高さを調整することができる。1本当りの重量は25 kg (0.65 mもの) ~55 kg (3 mもの)である。一般には、この支柱を複数本組み合わせて用いる。横方向の安定性は単管およびクランプで互いに緊結する。許容荷重は支柱1本当り20 t。

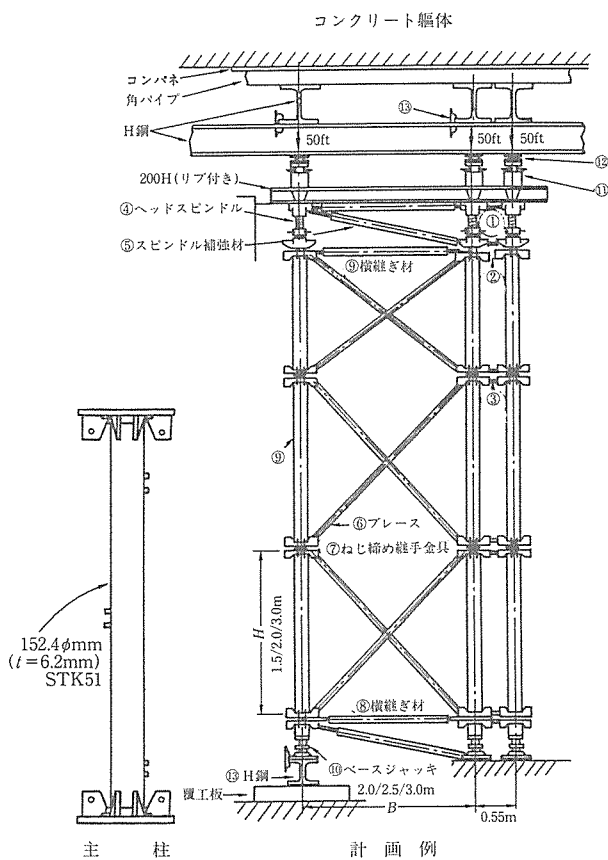


図-9 大型組立て断面支柱の例

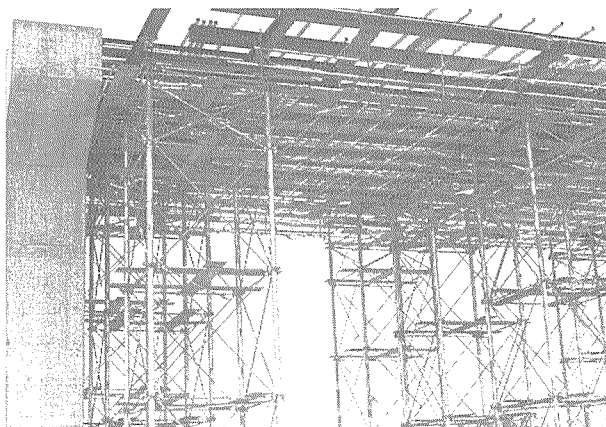


写真-3 大型組立て断面支柱の使用例

3.3 大型組立て断面支柱の例

大型組立て断面支柱の一例を図-9, 写真-3に示す。この例では太径鋼管 ($\phi 152.4$ mm, $t=6.2$ mm, 材質 STK 51)の上下端にベースプレートを取り付けた支柱を、例えば4本、鋼管製つなぎ材またはブレース材で組み立て、1つのユニットとして用いる。支柱は長さ1.5 m, 2.0 m, 3.0 mの3種類が用意され、高さ調整ができるようになっている。1本当りの重量は65 kg~100 kg, 最大許容荷重は50 tである。

3.4 梁の例

梁については、支間が小さい場合はH形鋼を用い、大きい場合にはエレクトリオンガーダーを転用することが多い。ここでは、固定支保工専用の大型トラス梁の例を図-10に示す。梁長は13.5 m~18.0 mまで0.5 mピッチに対応できる。端部トラスと中間トラスユニットを組み合わせることで梁長を調整する。中間トラスは10種類用意されている。ユニットどうしの連結は、上弦材については、つき合せボルト接合で行い、下弦材についてはガセットプレートをピン結合する。所要荷重は1トラス当り13 t/m~8 t/mの範囲である。

4. 支保工に作用する荷重

4.1 鉛直方向荷重

鉛直荷重として、構造物の自重、型枠の自重、支保工の自重および作業荷重を考える。構造物の自重は、コンクリートの単位容積重量を2.5 t/m³として算出する。型枠・支保工の自重は使用部材の重量を計算して求める。作業荷重は作業員、施工機械、その衝撃荷重である。労働安全衛生規則では150 kg/m²と規定しているが、労働省産業安全研究所では部材の負担領域の大きさに応じて、150 kg/m²から最大350 kg/m²まで変化させることを提案している。道路協会コンクリート道路橋施工便覧では、衝撃の影響も含めて、250 kg/m²以上の等分布荷重を考慮

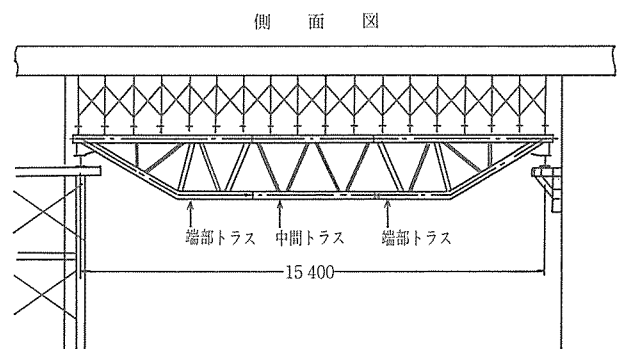


図-10 トラス梁の例

しておくのがよいとしている。

4.2 水平方向荷重

水平方向荷重としては、構造物の傾斜、施工中の振動や衝撃、不等載荷の影響、施工誤差、風圧、流水圧、施工中の地震の影響等がある。水平方向荷重に対する配慮の不足が、支保工の事故の原因となった場合が多いので、支保工の計画にあたっては、十分慎重な検討が必要である。しかし正確に水平荷重を求めることは、非常に困難なので、便宜上、鉛直方向荷重の5%が支保工頂部に水平に作用するものとして、安全性を検討する。この検討を行えば、一般の場合、風荷重および施工中の地震の影響に対する照査を省略できる。ただし、支保工が非常に高いときには、一般の場合 40 kg/m²、台風の場合 150 kg/m²の風荷重を考慮する。また、支保工を非常に長い期間存置する場合は、本体構造物の設計震度の1/2程度を考慮する。

河川の流水圧の作用や車の衝突の恐れがある場合には、別途安全性を照査するか、または防護を施し、支保工にこの影響が及ばないようにする。

5. 使用材料の許容値

支保工の主要材料である木材および鋼材の許容応力度および梁の許容たわみ量を示す。

5.1 木 材

(1) 繊維方向

(a) 木材の繊維方向の許容応力度

許容応力度を表-1に示す。

(b) 木材の繊維方向の許容座屈応力度

許容座屈応力度は次の式で求められる。

$$l_k/i \leq 100 \quad \sigma_k = \sigma_c \cdot \left(1 - 0.007 \frac{l_k}{i}\right)$$

$$l_k/i > 100 \quad \sigma_k = \frac{0.3\sigma_c}{\left(\frac{l_k}{100i}\right)^2}$$

表-1 支保工材料の許容応力度標準

	木 材 の 種 類	許容応力度 (kg/cm ²)		
		曲げ	圧縮	せん断
針葉樹	あかまつ、くろまつ、からまつ、ひば、ひのき、つが、べいまつ、べいひ	135	120	10.5
	すぎ、もみ、えぞまつ、とどまつ、いすぎ、べいつが	105	90	7.5
広葉樹	かし	195	135	21
	くり、なら、ぶな、けやき	150	105	15
合	板 (5 プライ以上)	165*	135*	10.5*

* 「土木工学ハンドブック、第27編 施工技術」参照。

* 印以外の値は、労働安全衛生規則第241条で規定されている「型わく支保工」に使用する木材の許容応力度の値である。

表-2 木材の繊維に直角(70°~90°)方向の許容応力度

樹 種	許容めり込み応力度		許容圧縮 応力度
	$a > d$	$a > d$	
針葉樹	$\sigma_c/5$	$\sigma_c/2$	σ_c
広葉樹	$\sigma_c/3$	$\sigma_c/4$	σ_c

σ_c : 許容圧縮応力度

ただし、

l_k : 支柱の長さ (支柱が水平方向の変位を拘束されているときは拘束点間の長さのうち最大の長さ) (cm)

i : 支柱の最小断面2次半径 (cm)

σ_c : 許容圧縮応力度 (kg/cm²) (表-1の値)

σ_k : 許容座屈応力度 (kg/cm²)

(2) 繊維に直角(70°~90°)方向の許容応力度

木材の繊維に直角に荷重が作用する場合の許容めり込み応力度および許容圧縮応力度を表-2に示す。

5.2 鋼 材

支保工に使用する鋼材の許容応力度を決めるにあたっての考え方ならびにそれに基づき求めた許容応力度の一覧表を表-3に示す。

1) 鋼材の許容曲げ応力度および許容圧縮応力度は、当該材料の降伏点 (降伏点の値が明らかでないものは引張強度の1/2) の2/3以下とする。

2) 鋼材の許容せん断応力度は当該鋼材の許容引張応力度の4/5以下とする。

3) 以上について、一般に支柱として用いられている鋼材について整理すると表-3のようになる。

4) 鋼材の許容座屈応力度は次の式で求められる。

$$l_k/i \leq 100 \quad \sigma_k = \sigma_c - (\sigma_c - 1000) \left(\frac{l_k}{100i}\right)^2$$

$$l_k/i > 100 \quad \sigma_k = \frac{1000}{\left(\frac{l_k}{100i}\right)^2}$$

ただし、

l_k : 支柱の長さ (支柱が水平方向の変位を

表-3 鋼材の許容応力度 (kg/cm²)

	曲げ	引張	圧縮	せん断
一般構造用鋼材: SS 41	1 600	1 600	1 600	915
一般構造用鋼管: STK 41	1 600	1 600	1 600	615
構造用形鋼: SSC 41	1 400	1 400	1 400	915

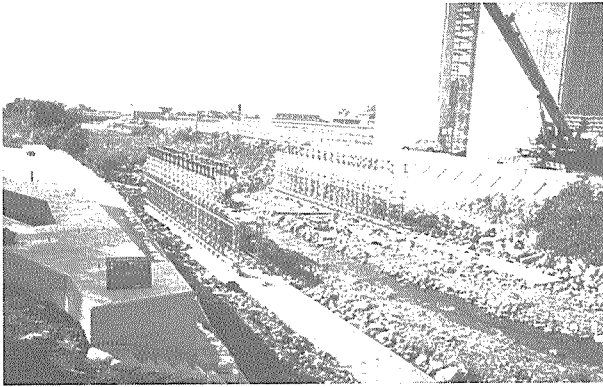


写真-4 河川内に基礎コンクリートを打ち、その上に支柱を立てる

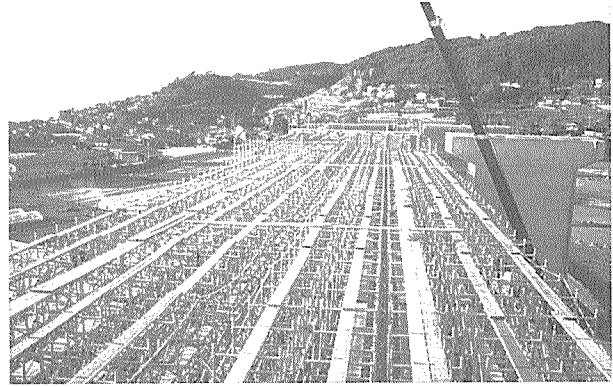


写真-7 建枠が天端まで組み上がる

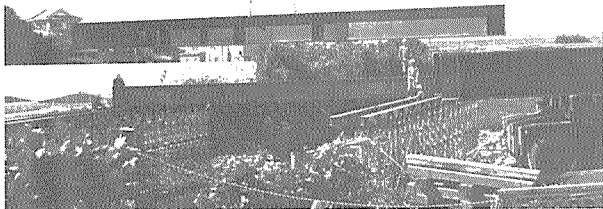


写真-5 支柱の上に鋼製の梁を置く

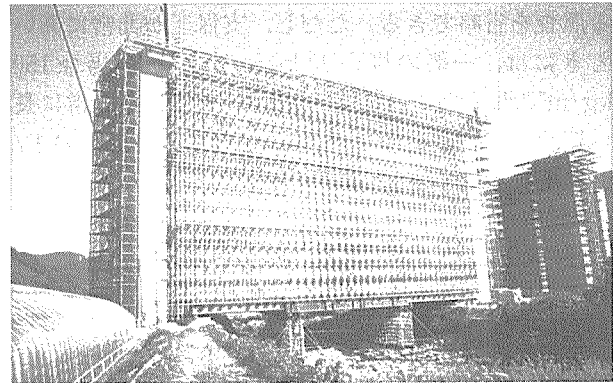


写真-8 支保工全景

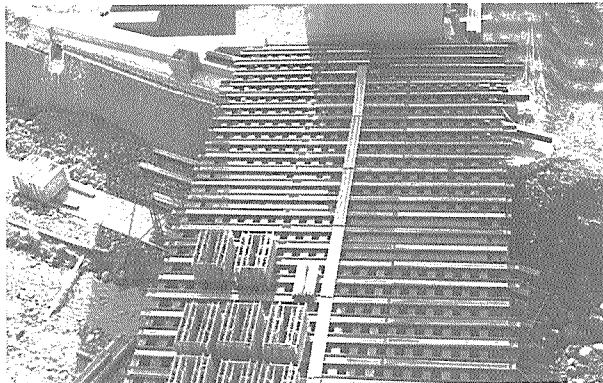


写真-6 梁に直角に鋼矢板と足場板を重ねて敷き、建枠の基礎とする

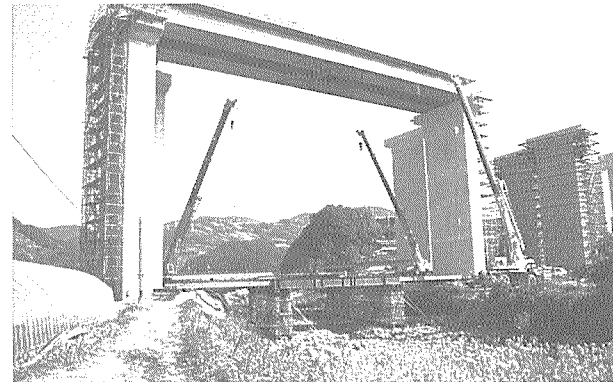


写真-9 橋体が完成し、建枠を撤去する

拘束されているときは、拘束点間の長さのうち最大の長さ) (cm)

i : 支柱の最小断面2次半径 (cm)

σ_c : 許容圧縮応力度 (kg/cm^2)

σ_k : 許容座屈応力度 (kg/cm^2)

5.3 梁の許容たわみ量

支保工の梁のたわみは、構造物の仕上り精度に影響するので、支保工の計画の際にはできるだけ小さくするのがよい。表-4に許容たわみ量を求める場合の目安を示す。

表-4 許容たわみ量の目安

支間: l (m)	梁式支保工				型枠
	5m以下	10m以下	15m以下	15m以上	
許容たわみ量	$l/200$	$l/300$	$l/400$	$l/500 \sim l/800$	3 mm

6. 施工例

梁・支柱式支保工の施工例を写真-4～9に示す。高速道路が比較的高い位置で小河川を跨ぐこの現場では2.2の梁・支柱式の採用条件を1)から6)まで満たすので、梁・支柱式支保工が採用された。