

プレキャストブロック工法による
プレストレストコンクリート道路橋
設計・施工指針(案)

平成7年12月

建設省土木研究所
構造橋梁部橋梁研究室
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

Copyright © (1995) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

プレキャストブロック工法による プレストレストコンクリート道路橋 設計・施工指針(案)

建設省土木研究所

構造橋梁部	部長	横山功一
構造橋梁部 橋梁研究室	室長	西川和廣
	主任研究員	神田昌幸
	研究員	内田賢一
		淵上優子

(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会

宮中	地條友清	義一
南川	光清	六
深山	村貞	広
野村	村一	樹
中熊	谷紳一	郎
渡辺	浩	良
井筒	浩	二
清水	俊	一
澤田	浩	昭

要 旨

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋は、労働力が不足する中で、施工の機械化が促進され、施工期間の短縮が期待できることや、優れた品質管理が期待できることから施工実績が増加している。しかし、この形式のコンクリート橋については、継目部の設計法等について不明確な点が残されていた。本研究では、プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の合理的な設計法の整備を目的とし、各種接合キーを配置した継目部のせん断およびねじり実験を行い、継目部の力の伝達機構を明らかにしてきた。本報告書は、これらの実験結果と現在までの設計および施工実績をもとに指針(案)としてとりまとめたものである。

キーワード：プレキャスト、ブロック、継目部、せん断、ねじり、接合キー、指針(案)

ま え が き

プレキャストブロック工法は、急速施工を必要とする工事や急峻な地形下における特殊な工法として位置づけられてきた。しかし、近年の技術労働者不足等の労働事情や合板型わくの消滅要望の背景も加わって注目を集めており、また、建設省においても、今後訪れるであろう高齢化社会に向けての社会資本整備の強化および施工の省力化に関する技術開発が進められている。プレキャストブロック工法は、これらの問題を解決する一つの有効な工法ではあるが、本工法を道路橋に適用する場合、継目部の力の伝達機構などに不明確な点が残されており、設計・施工に関する基準も十分に整備されていない現状にあった。

そこで、プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の合理的な設計を整備する目的で、建設省土木研究所と（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会は、平成3年度から3年間にわたって「プレキャストブロック橋の設計法に関する試験調査」として共同研究を実施してきた。

この研究は、各種接合キーを配置した継目部のせん断およびねじり実験を行って継目部の力の伝達機構を明らかにしたもので、これらの成果は、（社）日本道路協会より発行された『プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針（平成4年10月）』および『コンクリート道路橋設計便覧（平成6年2月）』に反映され、プレキャストブロック工法の設計、施工に関する基準も徐々に整備されてきた。

本報告書はこれを機に、現在までの設計、施工の実績および共同研究による実験結果をもとにしたプレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋に関して包括的な設計・施工指針（案）を作成することを目標としてとりまとめたものである。

この指針（案）に示すプレキャストブロック工法は、コンクリートげたをいくつかのブロックに分割して継目部に接合キーを配置したプレキャストブロックを工場もしくは製作ヤードで製作し、これを架設地点に運搬して接合面にエポキシ樹脂系接着剤を塗布して接合し、プレストレスを与えて一体化するものである。この際に使用する鋼製接合キー、コンクリート製接合キーおよび接着剤は、前述の共同研究で実験によって確認されたものを対象としている。この工法による場合、継目部において軸方向鉄筋が不連続となることから、ブロック継目部が構造物の弱点にならないように設計上および施工上の特別な配慮が必要となる。

この指針（案）は、プレキャストブロック道路橋を設計・施工するにあたって必要と思われる項目についての規定を条文形式で示し、さらに条文に解説を付してその意を明らかにしている。また、この指針（案）の適用に対して参考となる共同研究成果の概要、設計計算例、主要架設工法の実施例、けたの横座屈に関する検討、主要実績一覧、各国基準一覧およびプレキャストブロック工法に関する参考文献を付録に示しているので参考にされたい。

なお、最近の施工実績の増加に対し、この指針（案）プレキャストブロック工法の発展の一助となれば幸甚である。

平成7年12月

目 次

1章 総 則	1
1. 2 用語の定義	1
2章 使用材料	1
2. 1 一 般	4
2. 2 コンクリート	4
2. 3 接 着 剤	4
2. 4 鋼製接合キー	6
3章 計 画	7
3. 1 一 般	7
3. 2 設計計画	9
3. 3 施工計画	10
4章 設 計	20
4. 1. 一 般	20
4. 2 プレキャストブロックの継目部と接合キーの配置	22
4. 3 構造解析	24
4. 4 継目部の設計	25
4. 4. 1 一 般	25
4. 4. 2 曲げ応力度の設計	25
4. 4. 3 ねじりに対する照査	26
4. 4. 4 接合キーの設計せん断力	28
4. 4. 5 鋼製接合キーの設計	31
4. 4. 6 コンクリート製接合キーの設計	33
4. 4. 7 プレキャストブロックの吊上げ時および運搬時の検討	35
4. 5 構造細目	37
4. 5. 1 接合キー	37
4. 5. 2 補強鉄筋および接合キーの配置	39
4. 5. 3 PC鋼材の配置	40
4. 5. 4 柱頭部および閉合部の継目部	41
5章 施 工	42
5. 1 一 般	42
5. 2 プレキャストブロックの製作	43
5. 2. 1 一般	43
5. 2. 2 プレキャストブロックの製作ヤード	44

5. 2. 3	プレキャストブロックの製作台および接合面の型わく	44
5. 2. 4	シースの組立て	45
5. 2. 5	接合キー	46
5. 2. 6	コンクリートの打込み	47
5. 2. 7	コンクリートの養生	47
5. 2. 8	プレキャストブロックの分離	48
5. 2. 9	プレキャストブロックの接合面の処理	49
5. 2. 10	プレキャストブロックの保管	49
5. 3	プレキャストブロックの吊上げおよび運搬	51
5. 3. 1	吊上げ	51
5. 3. 2	運 搬	52
5. 4	プレキャストブロックの接合	52
5. 4. 1	一 般	52
5. 4. 2	接着剤の塗布	54
5. 4. 3	プレストレッシング	55
5. 4. 4	グラウト	56
5. 5	プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート橋の架設	57
5. 5. 1	一 般	57
5. 5. 2	Tげた橋の架設	57
5. 5. 3	箱げた橋の架設	58
参考文献		60

付 録

1.	共同研究成果の概要	61
2.	設計計算例	77
3.	実施例① Tげた橋	99
4.	実施例② 箱げた橋（張出し架設工法）	103
5.	実施例③ 箱げた橋（スパンバイスパン工法）	107
6.	けたの横座屈に対する安全性の検討	111
7.	主要実績一覧	127
8.	各国基準一覧	133
9.	プレキャストブロック工法に関する文献	137

1 章 総 則

1. 1 適用の範囲

この指針（案）は、接合材料にエポキシ樹脂系接着剤を用い、接合キーに鋼製接合キーまたはコンクリート製接合キーを用いて、プレキャストブロック工法により施工するプレストレストコンクリート道路橋の設計および施工に適用する。

この指針（案）に規定していない事項については、道路橋示方書によらなければならない。

プレキャストブロック工法は、T形断面（合成げた橋などのI形断面を含む）および箱形断面を代表とする種々の主げた断面形状や橋梁形式に用いられている。この指針（案）では、これら種々の断面形状を有する主げたをプレキャストブロック工法によって設計・施工する際に必要な事項について規定した。

プレキャストブロックの接合材料としては、エポキシ樹脂系接着剤、コンクリート、セメント系モルタル、セメント系ペーストなどが用いられるが、この指針（案）では実績の多いエポキシ樹脂系接着剤を用いる場合を対象とする。他の接合材料を使用する場合には、使用材料、継目部の設計など別途検討するものとする。

プレキャストブロック工法に用いる接合キーには鋼製接合キーとコンクリート製接合キーがあり、この指針（案）では鋼製接合キーにリング型鋼製接合キーを、コンクリート製接合キーに台形接合キー、波形接合キーおよび多段接合キーを配置したものを対象としている。これ以外の接合キーを使用する場合は、試験などによりその性能を確認することが望ましい。

1. 2 用語の定義

この指針（案）で用いる用語の意味は次のとおりとする。

- (1) プレキャストブロック工法…部材をいくつかのブロックに分けて製作したプレキャストブロックをエポキシ樹脂系接着剤を用いて接合し、プレストレスを与えて一体化する工法。プレキャストセグメント工法と呼称される場合もある。
- (2) 接合キー……………プレキャストブロック相互の位置を正しく固定し、一体性を確保するために継目部に設ける鋼製およびコンクリート製のかみ合わせ構造。
- (3) リング型鋼製接合キー……………一般構造用圧延鋼材SS400や球状黒鉛鋳鉄品FCD450を用いて製作された鋼製接合キーの一種。

- (4)台形接合キー……………コンクリート製の台形の突起を設け、鉄筋により補強して鉄筋コンクリート構造とした接合キー。
- (5)波形接合キー……………コンクリート製接合キーの一種で、波形の凹凸を多数に設けた接合キー。一般に補強鉄筋は配置しない。
- (6)多段接合キー……………コンクリート製接合キーの一種で、台形の凹凸を多段に設けた接合キー。一般に補強鉄筋は配置しない。
- (7)セパレーター方式……………プレキャストブロック工法において、継目位置に仕切り板を配置していくつかのブロックを同時に製作する方法。
- (8)マッチキャスト方式……………プレキャストブロック工法においてすでに製作されたブロックのコンクリート端面を型わくとして、隣接ブロックを製作する方法。
- (9)ロングライン方式……………半径間～全径間分の底型わくを連続的に敷設してプレキャストブロックを製作する方法。
- (10)ショートライン方式……………1ブロック分の底型わくを敷設してプレキャストブロックを製作する方法。一般にマッチキャスト方式と組み合わせて製作される。
- (11)仕切り板……………セパレーター方式において、プレキャストブロックを分け接合面を形成するために用いる板。

(3)～(6)の各接合キーの一般的な形状を図-解1.2.1に、(7)～(10)の各プレキャストブロック製作方式の概要を図-解1.2.2に示す。

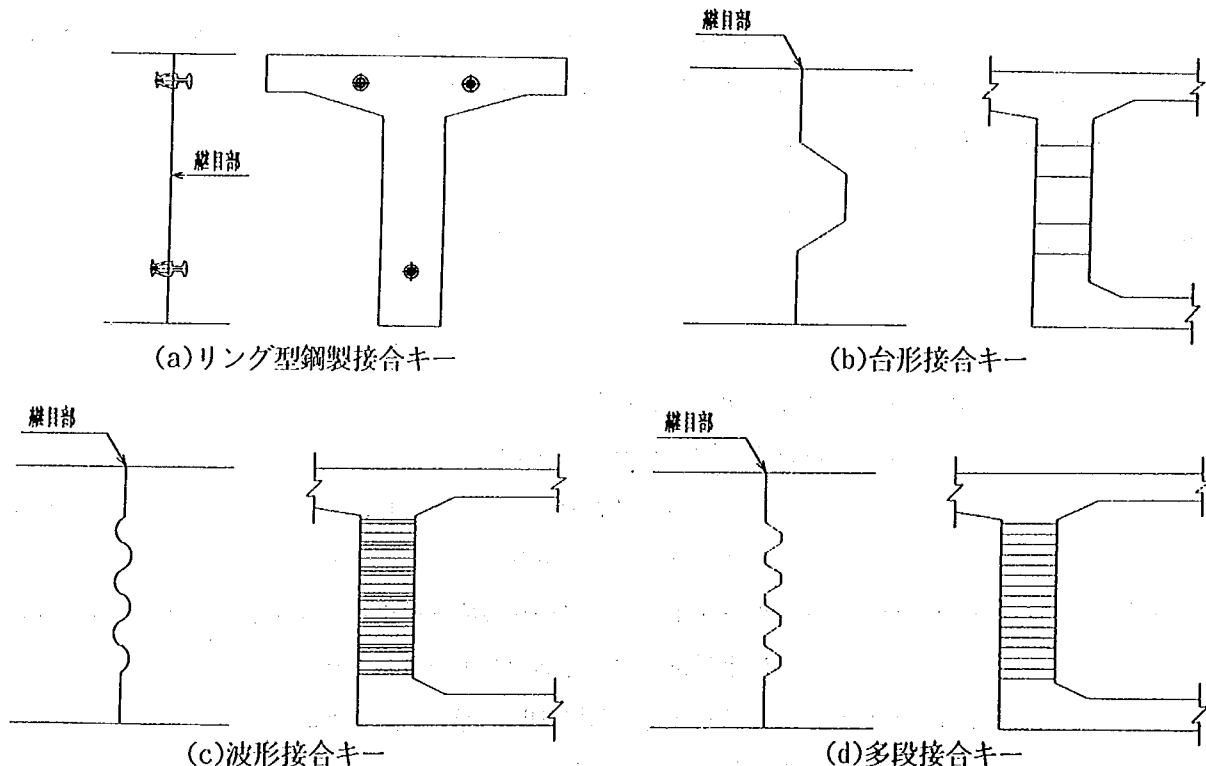
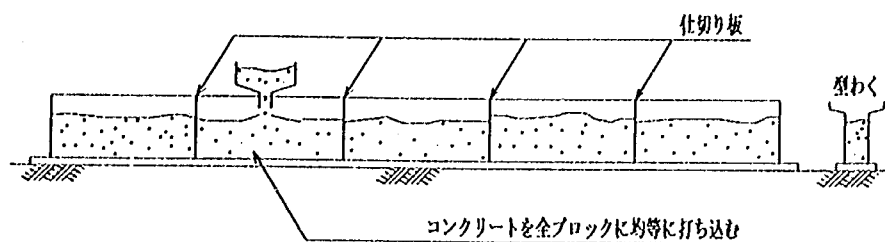
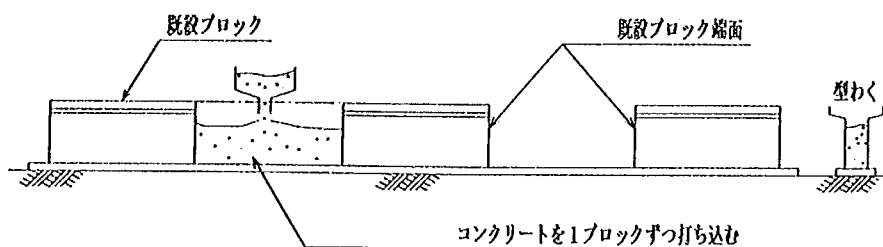


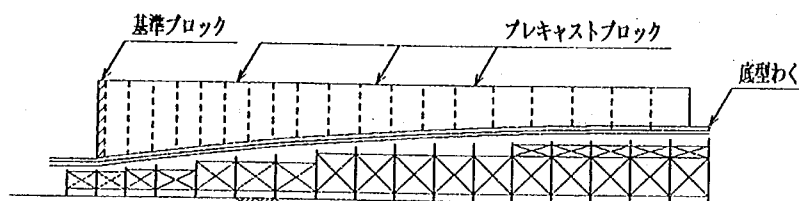
図-解1.2.1 接合キーの一般的な形状



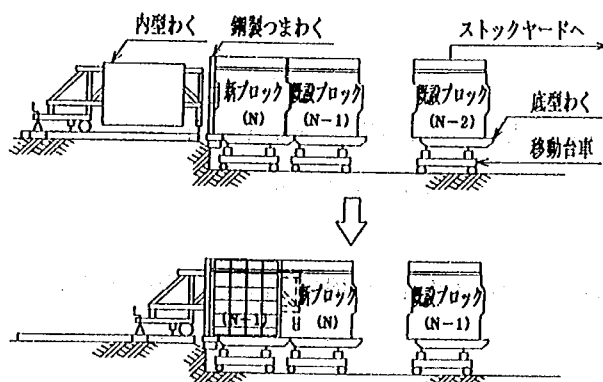
(a)セパレーター方式の例



(b)マッチキャスト方式の例 (Tげた：ロングライン方式)



(c)ロングライン方式の例



(d)ショートライン方式の例 (箱げた：マッチキャスト方式)

図-解1.2.2 プレキャストブロック製作方式の例

2章 使用材料

2. 1 一般

この指針（案）に規定していない材料については、道路橋示方書Ⅰ共通編3章および同Ⅲコンクリート橋編16.4によらなければならない。

プレキャストブロック工法は目地を有することを特長としており、継目部以外については道路橋示方書の一体打ちの材料と同一とした。

2. 2 コンクリート

プレキャストブロック工法に用いる主げたのコンクリートは原則として設計基準強度が 400kgf/cm^2 以上のものとする。

道路橋示方書Ⅰ共通編3.2.2に規定されているポストテンション方式のプレストレストコンクリート部材としての設計基準強度は原則として 300kgf/cm^2 以上となっているが、プレキャストブロック工法に用いる主げたのコンクリートは、接合キー部の局所的な応力、プレストレス導入前の移動、取り扱い上の安全を考慮して原則として 400kgf/cm^2 以上と規定した。

2. 3 接着剤

プレキャストブロックの接合に用いる接着剤は、エポキシ樹脂系接着剤で所要の強度、耐久性および水密性を有し、継目部の施工の条件に適合するものでなければならない。

プレキャストブロックの接合に用いるエポキシ樹脂系接着剤は次に示す条件を満足するものでなければならない。

- (1) 施工可能な時間である可使時間（ポットライフ）は、作業性を損なわない範囲であること。
- (2) 取り扱いが容易であること。

(3) 吸水率、収縮率が小さく、耐熱性、耐薬品性、耐候性が大きいこと。

(4) 接合面にある程度の水分があっても、硬化、接着に支障のないこと。

エポキシ樹脂系接着剤の品質規格を表-解2.3.1に示す。試験方法としては土木学会規準(平成6年)「プレストレストコンクリート用エポキシ樹脂系接着剤(橋げた用)品質規格(案)」によるものとする。

表-解2.3.1 エポキシ樹脂系接着剤(橋げた用)の品質規格(案)

品質項目		単位	品質規格	試験温度	養生条件
未硬化の接着剤	外 観	—	有害と認められる異物の混入がなく、材料分離が生じていないこと	春秋用 : $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	—
	粘 度	cP {mPa·s}	$1 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$ { $1 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$ }	夏用 : $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	
	可使時間	h	2以上	冬用 : $10 \pm 2^{\circ}\text{C}$	
	だれ最小厚さ	mm	0.3以上		
硬化した接着剤	比 重	—	1.1~1.7	$20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	$20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 7日間
	引張強さ	kgf/cm ² {N/mm ² }	125以上 {12.5以上}		
	圧縮強さ	kgf/cm ² {N/mm ² }	500以上 {50.0以上}		
	引張せん断 接 着 強 さ	kgf/cm ² {N/mm ² }	125以上 {12.5以上}		
	接着強さ	kgf/cm ² {N/mm ² }	60以上 {6.0以上}		

備考 この表の中で{ }を付けて示してある単位および数値は、国際単位系(SI)によるものである。

2. 4 鋼製接合キー

プレキャストブロック工法に用いる鋼製接合キーの材料は、所要の強度、伸び、および加工性を有するものでなければならない。

プレキャストブロック工法に用いる鋼製接合キーの材質の機械的性質は、表-解2. 4. 1に示す引張強さ、降伏点、伸びおよび加工性を有するものでなければならない。一般にこの条件を満足する材料としては、一般構造用圧延鋼材（JIS G 3101）のSS400や球状黒鉛鋳鉄品（JIS G 5502）のFCD450がある。

なお、本指針（案）で扱うリング型鋼製接合キー（図-解4. 5. 1参照）以外を使用する場合は、機械的性質、形状等について試験などによりその性能を確認しなければならない。

表-解2. 4. 1 接合キーの機械的性質

引張強さ	4,100kgf/cm ² 以上
降 伏 点	2,200kgf/cm ² 以上
伸 び	10%以上

3 章 計 画

3. 1 一般

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の設計・施工にあたっては、継目部のない橋として計画するのに加え、プレキャストブロック工法に特有な設計・施工上の事項について留意して計画する必要がある。

プレキャストブロック工法によりプレストレストコンクリート道路橋を建設する場合には、場所打ち工法で施工する場合よりも制約条件が多くなる場合が多い。

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋は、架設場所以外の工場や製作ヤードでブロックを製作し、架設場所に運搬・接合して架設する工法であり、場所打ち工法の橋梁と比較して、特に考慮すべき事項がある。橋梁の計画を行う場合、設計・施工上では、以下の事項について総合的に考慮する必要がある。

設計に関する事項

- ①運搬および架設条件を考慮した継目部の配置（ブロック割り）の選定
- ②運搬および架設時の検討
- ③継目部の検討

施工に関する事項

- ①ブロック製作場所の選定
- ②ブロックの製作方法
- ③運搬・架設方法などの諸条件

計画時にこれらの事項についての検討が不足していると、施工が不可能になったり、施工条件が非常に悪くなる場合がある。

一般に、プレキャストブロック工法で橋梁を計画する場合には、鉄筋が不連続になる継目部に対してその安全性を確保するために、同一の条件の一体施工橋梁に比べて、けた高、断面形状、P C鋼材の配置などに変更を要する場合がある。このため、計画の段階でここに述べた条件を考慮する必要がある。

さらに施工に対しても、製作ヤードから架設地点までの運搬条件、架設機械の能力などをあらかじめ検討し、施工方法を立案しておくことにより、合理的、経済的に構造物を造ることができる。

プレキャストブロック工法を採用することによる優位性は、架橋地点の立地条件、環境条件、工事規模および工期といった条件によって生じる。

架橋地点の立地条件としては、都市内で、工事用の用地が確保できない場合や、山間部や離島など現地での施工が困難な場合に、プレキャストブロック工法が有利な場合がある。

環境条件としては、冬季に現場施工が困難な場合での適用に有利になることがある。すなわち、冬季間に屋内の工場内でブロックを製作しておき温暖期に一括架設することにより工期の短縮、労務の平準化などを図ることができる。

工事規模に関しては、プレキャストブロック工法では製作設備や運搬設備、架設設備など多くの仮設備が必要となることより、一般に大規模工事ほど合理的かつ経済的になる傾向を有している。

工期に関しては、一般にプレキャストブロック工法では、ブロックの製作を架設と分離して行うことができるので現場工程を短縮することができる。したがって、工期の短い場合、都市内あるいは代替道路がない道路等で道路交通の阻害期間を短くしたい場合などに有利である。

この章では、施工実績の多いTげた橋と箱げた橋をプレキャストブロック工法で計画する場合に、設計および施工上で考慮すべき事項について規定した。

3. 2 設計計画

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の設計計画にあたっては、製作・運搬・架設条件を考慮して、プレキャストブロックの分割方法、長さなどを決める必要がある。

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋のブロック1個の大きさは、スパン、製作方法、運搬および架設の条件や架設機械の能力等を考慮して決める必要がある。ただし、ブロック寸法はそれらの条件内で、できるだけ大きくする方が一般に施工性や経済性で有利となる。したがって、プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート橋を計画する場合には、あらかじめこれらの条件を十分に検討する必要がある。

以下に、Tげた橋と箱げた橋について計画時の留意点を述べる。

(1) Tげた橋

継目部のない通常のTげたについては、建設省制定の土木構造物標準設計第13～18巻（ポストテンション方式PC単純Tげた橋）として標準化されている。

プレキャストブロック方式のTげた橋を設計する場合には、この標準設計の断面形状などを参考に設計するのがよい。

Tげた橋の場合には、横方向の剛性が小さいので、特に架設時や運搬時の安定性について注意し、適切な補強を行う必要がある。

(2) 箱げた橋

プレキャストブロック箱げたは、連続げた形式、ラーメン形式などの各種構造形式の橋梁に適用される。ブロックの分割位置は、架設機材の能力や運搬機材の能力など施工現場の条件を考慮して決定し、設計を行うのが望ましい。

ロングライン方式やショートライン方式でブロックを製作する大規模な箱げた橋の場合には、型わくの転用、鉄筋の加工や配置方法が施工の作業性、経済性に大きな影響を与えるのでこれらの条件について十分に検討し、設計するのがよい。

プレキャストブロック箱げた橋の場合には、型わくを転用して、繰返し作業としてブロックが製作される場合が多い。この場合、型わくが単純になるような断面を選定することが重要で、これにより効率的な生産と工費の低減をはかることができる。

工費の軽減と工期の短縮に効果的な事項としては次のようなものがあるので、箱げた橋を計画する場合にはこれらの事項について考慮して設計するのがよい。

- (a) 製作ブロックの長さは一定とし、曲線橋の場合にも、ブロック自体は直線とする。
- (b) ブロック本体、およびせん断キーのような部品は脱型が容易な形状にする。
- (c) ウェブ厚は橋軸方向に一定にする。
- (d) 上フランジ厚は一定にする。
- (e) ウェブ付根部の上フランジ版ハンチ部の形状は一定にする。
- (f) けた高が変化する場合、下フランジ幅が一定になるように、ウェブは鉛直にする。
- (g) 定着体やインサート用にウェブやフランジの表面に突起や凹部などを設けることを避ける。
- (h) 鋼材位置や定着部は同じ配置パターンの繰返しとする。
- (i) 横げた・隔壁などの個数は極力少なくする。
- (j) 型わくを貫通する取り付け鉄筋などは極力避ける。

プレストレストコンクリート道路橋の舗装面の防水工は、海水の飛沫地帯や融雪剤を使用する地域での塩分のけた内への浸入を防止し、構造物の耐久性を向上させるために有効である。これらの地域では、塩分がコンクリート中に浸透して、床版の鉄筋やP C鋼材が腐食した事例も報告されていることから、プレキャストブロック工法を採用する場合でも計画の段階より橋面防水処理の方法などを十分に検討するのが望ましい。ブロック継目部、P C鋼材の後埋めコンクリート部、グラウトホースの橋面露出部および引張応力が生じる可能性のある連続げたの支点部などについては特に注意する必要がある。

3. 3 施工計画

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の施工に際しては、設計で意図された構造物の安全性、耐久性が確保されるように、また、合理的で経済的な施工ができるようにその計画を立てる必要がある。

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の施工計画に際しては、架設中は、完成系とその構造が異なるので、吊上げ、運搬などについて十分注意する必要がある。また、施工に先立って十分な計画を行うことにより、施工中の安全性を確保した合理的な施工法の選定が可能となる。

その架設工法を選定する場合には、架橋地点の地形、製作ヤード、運搬方法、架設機材などの条件を考慮する必要がある。

さらに、構造物の安全性・耐久性、合理的な施工法の選定については、設計図、設計計算書を理解することが必要である。

以下に、Tげた橋と箱げた橋について施工計画時の留意点を述べる。

(1) Tげた橋

プレキャストブロック工法によるTげた橋の施工計画を行う場合には、吊上げ、運搬など、架設中の落下、ひびわれ防止について十分注意する必要がある。一般に、ブロックは、鉄筋コンクリート構造であるので、吊上げ位置や、仮置き時の支持位置などについて検討する必要がある。

さらに、架設時には、けたの横方向の安定性について注意する必要がある。

(2) 箱げた橋

プレキャストブロック工法による箱げた橋の施工計画を行う場合には、架設中について、完成系とその構造が大きく異なるので、吊上げ、運搬などについて十分注意する必要がある。特に、吊上げ位置や、仮置き時の支持位置が上下床版部になる場合には、押抜きせん断についても検討する必要がある。

また、プレキャストブロック工法では、設計、製作、架設は相互に密接な関係がある。施工に先立って十分な検討を行うことにより、施工中の安全性を確保した合理的な施工法の選定が可能となる。設計で部材寸法を決める際に、通常は運搬方法や架設方法も同時に決められる必要がある。

施工計画時の留意事項

(1) ブロックの製作について

マッチキャスト部材の場合には、ブロックはロングライン方式または、ショートライン方式で打設される。

ロングライン方式とショートライン方式について簡単に説明する。

ロングライン方式

プレキャストブロックの製作方法：

すべてのブロックは正しい相対座標の長い底型わくで打設される。1つまたは、複数の側面型わくがロングライン底型わく上を移動する。型わくはすでに調整された端部型わくでガイドされる。この方式の例を図-解3.3.1～図-解3.3.3に示す。

利点：

- ・ブロック製作時の形状管理が容易である。
- ・型わくをはずした後、既設ブロックをすぐに移動する必要がある。

留意事項：

- ・十分な用地が必要となる。用地の長さは少なくとも橋梁の最大支間の半分以上は必要である。
- ・地盤は強固で、圧密沈下やブロック重量による沈下が生じないようにしなければならない。
- ・打設位置が移動するので打設や養生などの機器は、移動することができない。
- ・曲線橋の場合の底型わくは、橋の平面線形を考慮して設計・製作する必要がある。

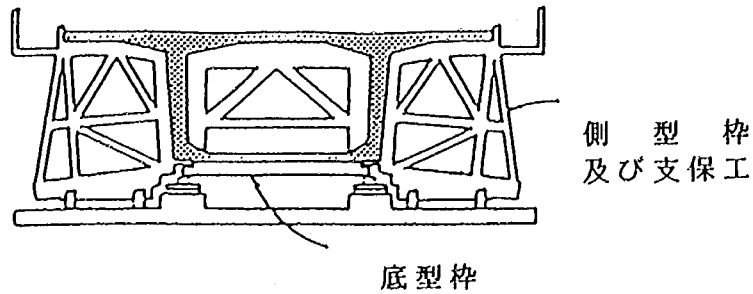


図-解3.3.1 ロングライン方式で用いられる型わくの断面

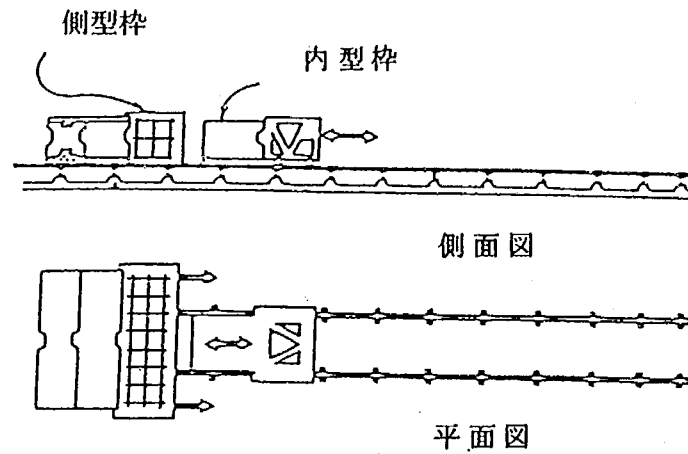


図-解3.3.2 打設開始時の型わく（ロングライン方式）

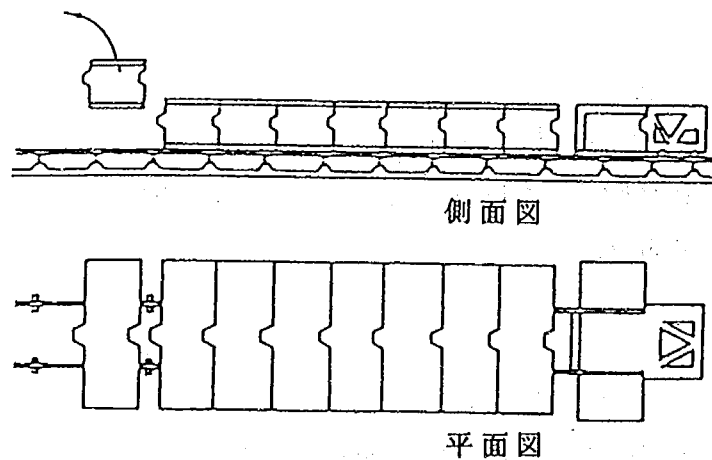


図-解3.3.3 数ブロック打設後の型わく（ロングライン方式）

ショートライン方式

プレキャストブロックの製作方法：

ブロックは固定型わくを用いて同じ位置で隣接ブロックを型わくとして打設される。打設後には、隣接ブロックは取り除かれ、打設ブロックは、型わくブロックとして移動し、次のブロックを打設する。

隣接ブロックを水平に置いて打設する方法を図-解3.3.4～図-解3.3.6に示す。この方法の他に鉛直に固定する方法もある。

利点：

- ・製作に要する用地は、ロングライン方式に比べて小さく、長さ方向にはブロック長の約3倍程度あれば良い。
- ・平面や、横断線形およびねじりについては、隣接（既設）ブロックの位置を調整することにより容易に対処できる。

留意事項：

- ・目標とする形状寸法を得るためには、旧ブロックはすべての打設の際に正確な位置に固定し、非常に精密な作業手順、品質管理が必要となる。

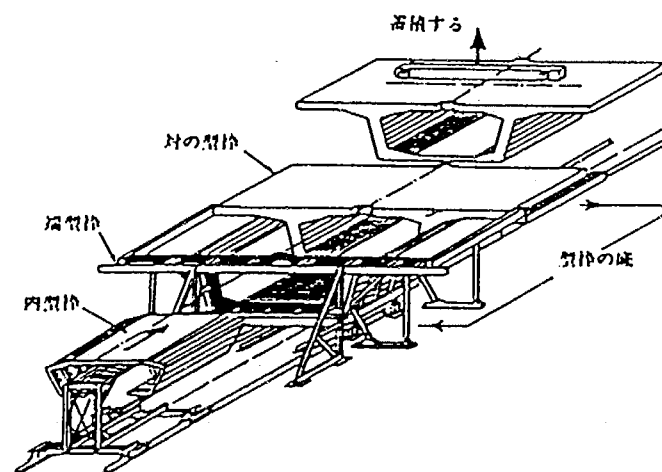


図-解3.3.4 ショートライン方式の型わく

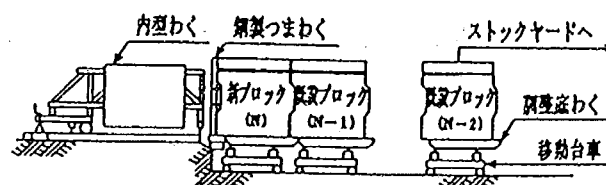


図-解3.3.5 ブロック分離直前の型わく（ショートライン方式）

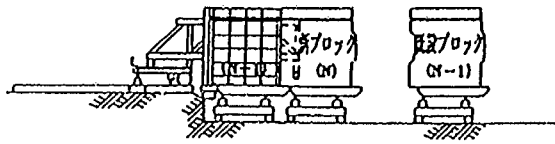


図-解3.3.6 ブロック打設直前の型わく(ショートライン方式)

(2) ブロックの運搬・保管について

ブロックは、取扱い時のコンクリートの材令強度に対応する許容応力度を考慮して衝撃を与えないように取り扱わなければならない。吊り金具やインサートの取付け位置は、取扱い中にブロックが損傷しないように決める必要がある。不陸のある地盤上での運搬では、静的や動的な応力が生じるので、これらの影響を考慮する必要がある。これは特に若材令の場合に重要である。運搬の際には張出し床版や突起部の損傷やひびわれに注意すべきである。

ブロックは、不等沈下による変形、特に、ねじれを防止するために健全な地盤上に保管しなければならない。保管の際には、ブロックが乾燥収縮や日射などにより不均一に収縮しないように留意するとともに、損傷、たわみやねじりなどの変形、錆汁などによる変色などがないように注意する。また、ブロックを多段に積む場合には、上段に積んだブロックの荷重により下段のブロックが損傷したり、上段ブロックが転倒するなどの危険性がないように十分に配慮しなければならない。なお、シース、インサート、定着具などの埋込み具は、腐食、寒中の雨雪の浸入や凍結に対して注意が必要である。

(3) ブロックの架設について

架設時や運搬時のプレキャストブロックの応力状態は、設計荷重作用時のものと異なることが多い。したがって、架設時や運搬時に、自重や衝撃などの影響によりひびわれなどの損傷を生じないように設計段階から適切な補強を施すよう配慮しなければならない。また、ブロック接合時にPC鋼材を緊張する場合は、プレストレス力がけたに完全に導入されるように、けたの変形が拘束されないようにしなければならない。

プレテンション方式などにより架設前にブロックの横締め鋼材を緊張する場合には、架設方法によってはプレストレス力が構造物に不利に働く場合があるので、設計時にこれらを考慮しなければならない。自重やプレストレス力による作用断面力は、支点条件、仮支承反力、施工機械などにより変動するため注意する必要がある。

プレキャストブロック工法による箱げた橋の架設方法には、通常のプレストレスコンクリート箱げた橋と同様に、支保工施工や、押出し工法などもあるが、わが国では、片持ち張出し工法による施工例が最も多

い。また、海外では、大型の架設機械を用いたスパンバイスパン工法や、漸進張出し工法なども開発され利用されている。

以下に、これらの架設方法について、その特徴と留意点について述べる。

- (1)片持ち張出し工法 (balanced cantilever)
- (2)スパンバイスパン工法(span-by-span)
- (3)押出し工法
- (4)漸進張出し工法

片持ち張出し工法(balanced cantilever)

この架設方法では、ブロックは各橋脚からバランスをとりながら、それぞれ支間中央まで張出し施工され、先に施工された片持ち張出し区間と閉合される。

それぞれのブロックは、既に架設されたブロックとすぐにポストテンションにより一体化される。この場合、すべてのP C鋼材が緊張されるまでは仮設P C鋼材を用いるなどの方法で接合面全体に圧縮応力が作用するように注意しなければならない。

片持ち張出し工法の利点としては、支保工などが不要なため環境に対して与える影響が少なく、橋梁の下での交通を阻害しないことのほかに、労働力的に小規模であること、架設速度が速いことが挙げられる。わが国でのプレキャストブロック工法で施工される箱げた橋のほとんどはこの工法で施工されている。

スパンバイスパン工法 (Span-by-Span)

この工法では、橋脚部から対称に施工される片持ち張出し工法とは異なって施工は橋梁の端部から他端に向かって、1 径間ごとに連続的に架設される。この施工法では施工中は移動式の支保工でブロックは支持される。フロリダの Long-Key 橋では、各径間をバージ上のクレーンで移動し、橋脚間の下面で支持する支保工トラスが用いられた。

ブロックは最終架設地点の支保工または陸上部で組み立てられるか、地上で組立られ吊り上げられるか、橋梁の側面位置で組み立てられ横方向に移動することで施工される。また、部分的に地上で組立て、その後支保工上に吊り上げて完全に組み立てる方法もある。

片持ち張出し工法に比べて、架設機材が大がかりとなるため、施工規模が大きくなるとこの架設工法の利点は発揮できず、現在施工中の重信川橋（日本道路公団）がわが国では最初の本格的なスパンバイスパン工

法により架設される橋梁となる。

押出し工法

プレキャストブロック工法の架設工法として、押出し工法がヨーロッパで開発された。この工法は、場所打ち工法としてわが国で広く利用されている。

プレキャストブロック工法の場合には、上部工のブロックは、橋台後方のヤードで組み立てられ、ポストテンション方式により一体化される。そして、次のブロックが組み立てられるスペースがヤードにできるまで橋梁を前方に押し出す。

これらの作業を繰り返すことにより橋梁を施工する。

わが国では、プレキャストブロックを押出し工法で施工した例は少ない。

漸進張出し工法

漸進張出し工法は先に述べたスパンバイスパン工法と同様に、橋梁の端部から他端に向かって連続的に施工する工法である。

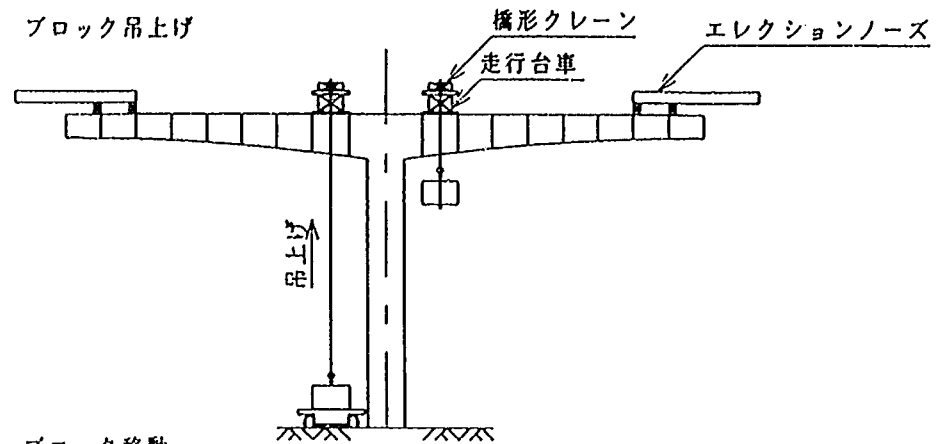
漸進張出し工法は片持ち張出し工法と基本的な考え方は同様である。この工法ではプレキャストブロックは、張出し工法で各橋脚の左右に組み立てられるのとは異なり、構造物の片側の橋台部から順次、他端の橋脚方向に連続的に組み立てられる。

この工法では、張出し長さが1径間長さとなり、けた高に対する制限から、架設時の応力が許容値を超えることがあり、この場合には一般に仮設用の斜材や支柱が必要となってくる。

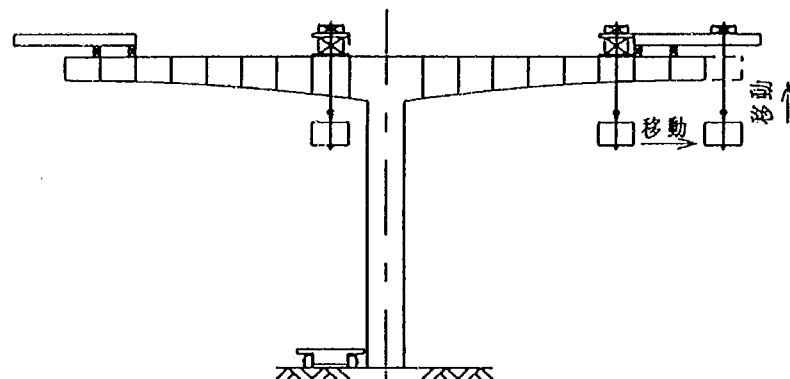
一般に大型の架設機械を必要とし、施工中の応力的な管理も複雑である。国内での施工実績はまだない。

片持ち張出し工法(balanced cantilever)による架設

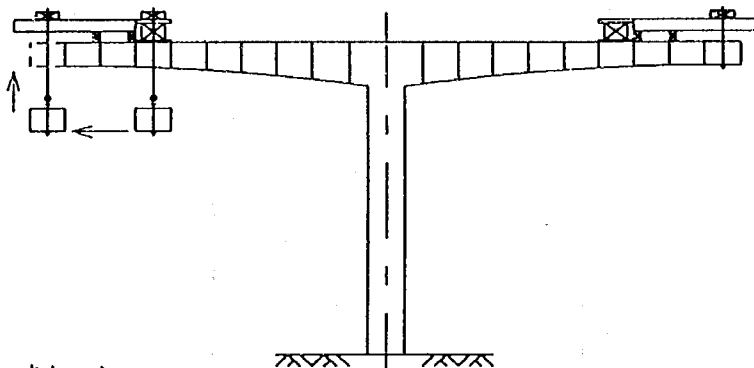
(1) ブロック吊上げ



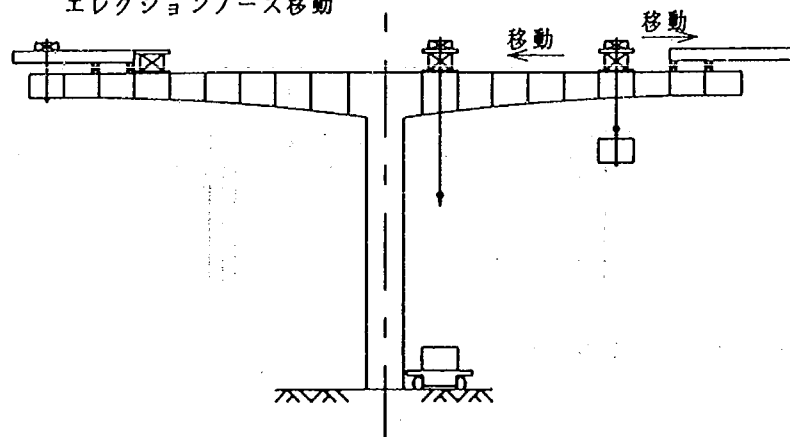
(2) ブロック移動



(3) PCケーブル緊張

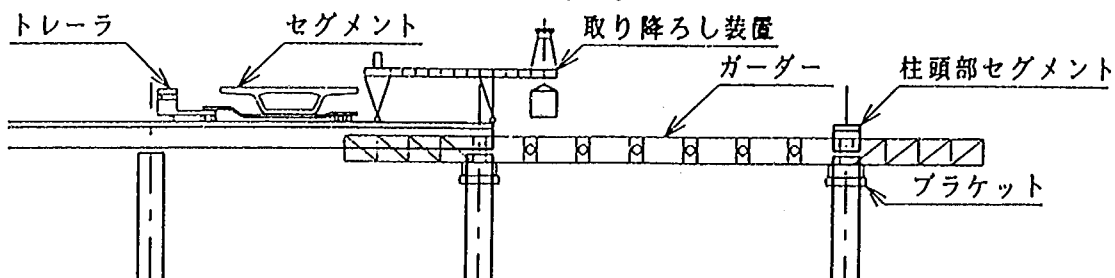


(4) クレーン,
エレクションノーズ移動

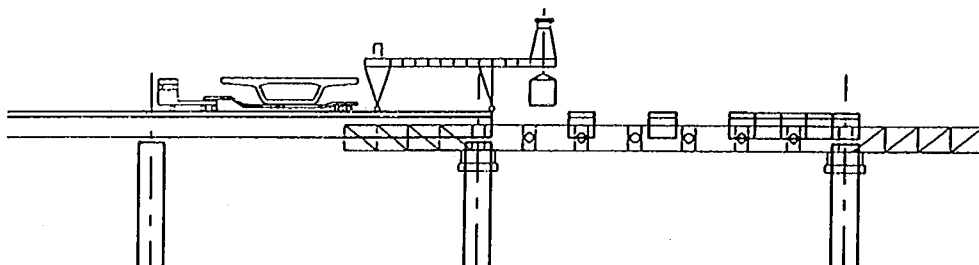


スパンバイスパン工法(Span-by-Span)による架設（重信川橋）

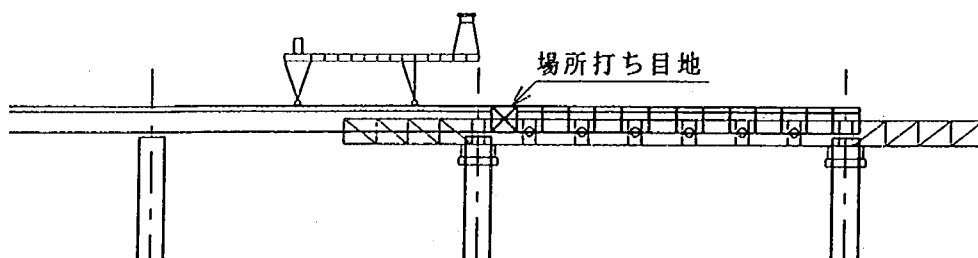
（１） 終点側の柱頭部セグメントを据え付ける。



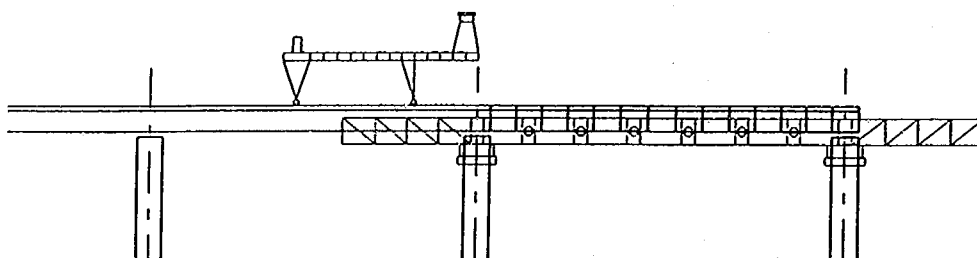
（２） セグメントをガーダー上に敷き並べる。



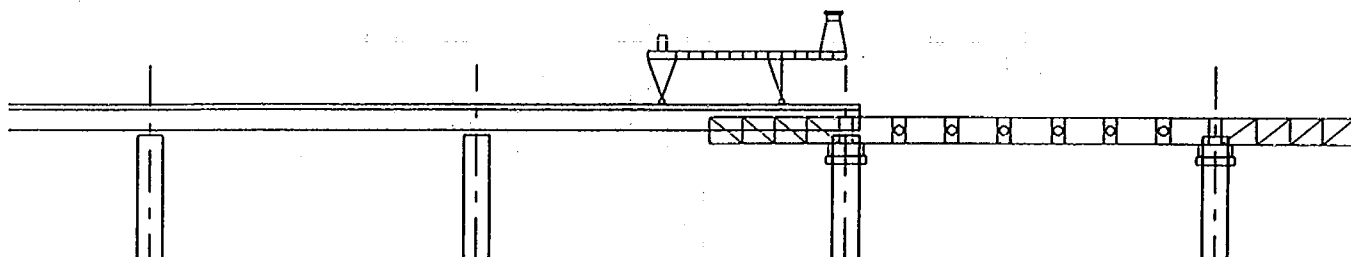
（３） 場所打ち目地のコンクリートを打設する。



（４） プレストレスを導入する。



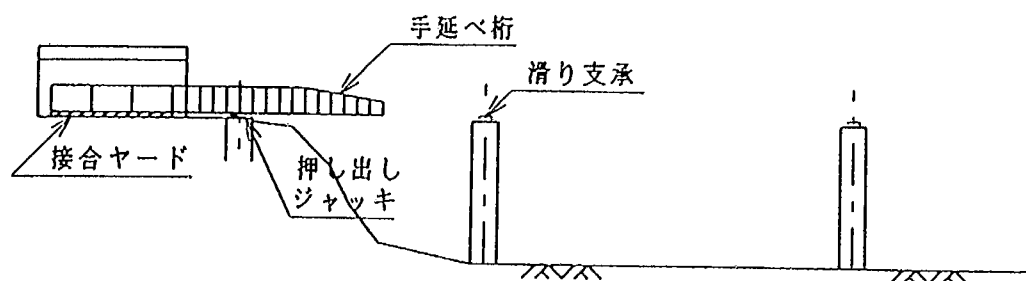
（５） ガーダーを次径間に移動させる。



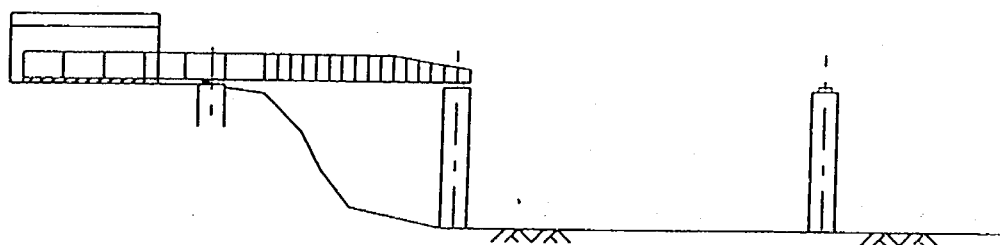
（６） （１）～（５）をスパン数繰り返す。

押し出し工法による架設

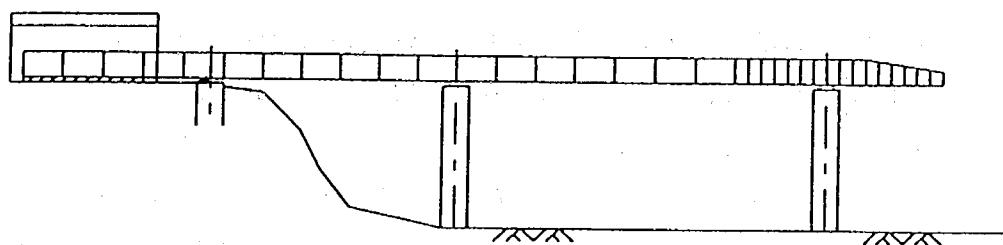
- (1) 接合ヤード上でブロック緊張後、手延べ桁を取り付ける。



- (2) 押し出し装置により前方へ移動させる。



- (3) 押し出しサイクルを順次繰り返しながら主桁を前方へ移動させる。



4章 設 計

4. 1 一 般

- (1) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の設計においては、継目部のないけたとしての設計を行うほか、プレキャストブロックの継目部について応力度および耐力の照査を行わなければならない。
- (2) プレキャストブロックは、吊上げ時、運搬時および架設時に生じる応力度の照査を行わなければならない。

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の一般的な設計のフローチャートを図-解4.1.1に示す。

- (1) プレキャストブロック工法による道路橋の安全度は、ブロック継目部の耐荷性能に大きく影響される。

したがって、プレキャストブロックの継目部を照査断面に含めて継目部の無い通常の部材として設計を道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編により行うとともに、本章に規定する曲げモーメント、せん断力およびねじりモーメントに対する検討を行い、接合キーのせん断耐力などについて安全性を照査しなければならない。

道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編においては、連続した鉄筋を有するプレストレストコンクリート部材を対象にしているため、ねじりモーメントについては立体トラス理論に基づき照査を行っている。プレキャストブロック工法によって架設するプレストレストコンクリート部材についてはこの理論を適用することは困難であるため、付録-1に示すような実験的研究を行い、ねじりモーメントに対する照査に必要な条件について詳細に検討した。本指針(案)では、この検討結果に基づき、ねじりモーメントに対する継目部の照査方法を提示している。

- (2) プレキャストブロックは、吊上げ時、運搬時および架設時で、部材の支持状態や荷重状態、あるいはプレストレス導入の有無などが異なることにより部材の応力状態が変化するのが一般的である。また、張出し架設やスパンバイスパン等の架設方法によっても応力状態が異なる。したがって、各段階におけるブロックの応力状態を十分に把握し、必要な補強を施して安全性を確保しなければならない。

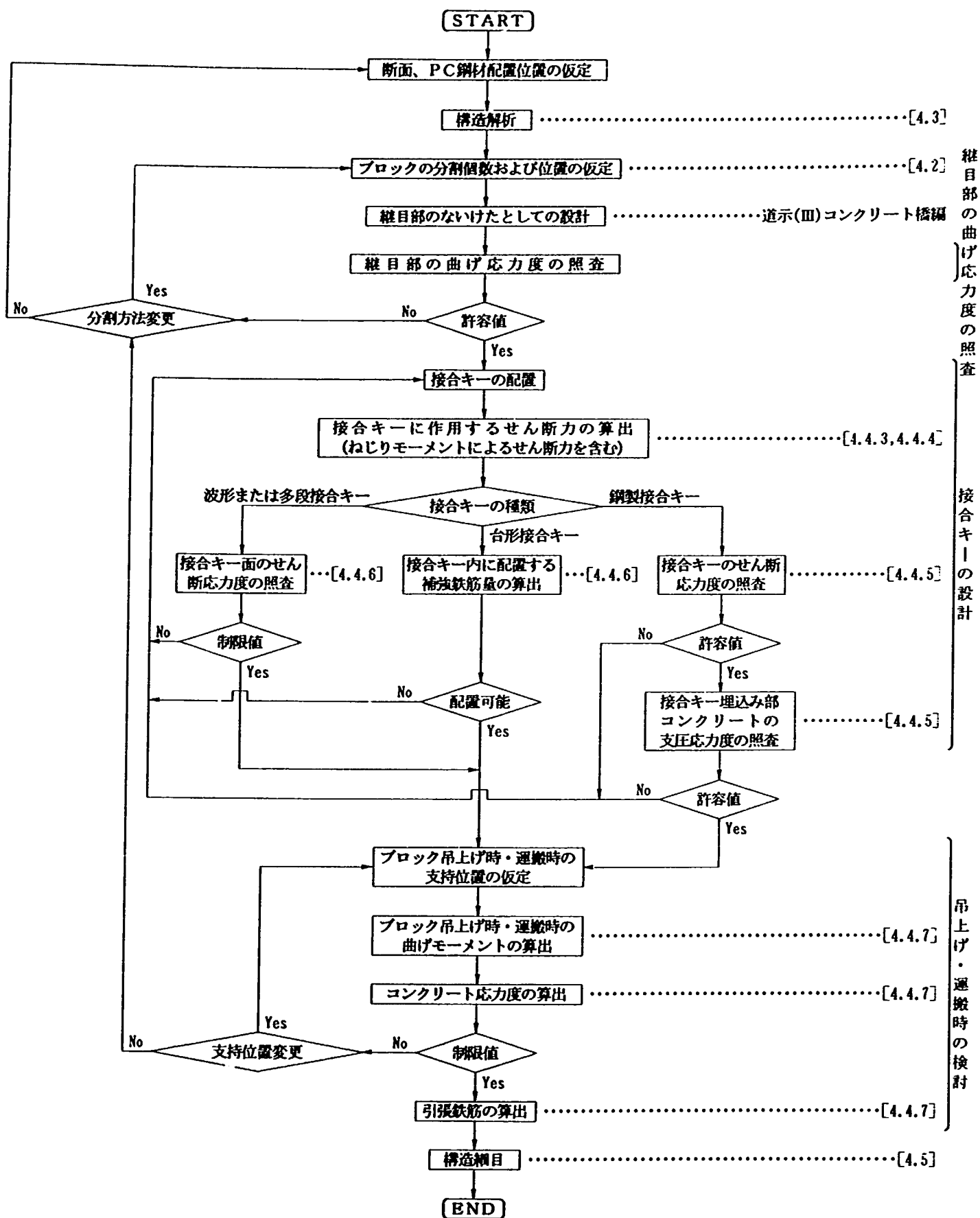


図-解4.1.1 一般的な設計のフローチャート

4. 2 プレキャストブロックの継目部と接合キーの配置

(1) プレキャストブロックの接合面

プレキャストブロックの接合面は、主げたの部材軸線に直角に設けるのを原則とする。

(2) 接合キーの配置

プレキャストブロックの接合キーは、2つのブロック面に有害なずれが生じないように接合面に直角に、1接合面あたり2箇所以上分散して配置するものとする。

(1) 接合面は、プレストレス力などの軸力によって接合面に沿った分力が生じないように、部材軸線に直角に設ける必要がある。また、横げたおよび床版横締めP C鋼材は、継目部を避けて配置するのが望ましい。

Tげた橋の接合面は、図-解4. 2. 1に示すように主げたの部材軸方向に直角に設けることを原則とする。また、Tげたのブロック分割数は、曲げモーメントが最大となる支間中央でのブロック継目を避けるために奇数個に分割するのが一般的である。

箱げた橋の接合面は、けた高が変化する場合には、接合面をけたの部材軸線に対して直角に設けることにより接合面に沿ったずれせん断が生じにくい構造となる。しかし、型わく組立ての容易さなどの施工上から鉛直に接合面を設けるのが一般的である。斜橋の場合には橋軸方向に対して直角に、曲線橋の場合には平面的に法線方向に接合面を設けるのが望ましい（図-解4. 2. 2参照）。

(2) プレキャストブロックの継目部には、ブロック相互の位置を正しく固定し、一体性を確保するための接合キーを設けなければならない。また、接合キーはプレキャストブロックの接合を容易にするためのガイドとしての機能も有している。

鋼製接合キーは、Tげた橋および箱げた橋の両方に対して実績があるが、主にTげた橋について多く使用される。鋼製接合キーが接合面に対して直角でない場合には、ブロックの分離、接合作業時に接合キー部分のコンクリートに損傷が生じたり、接合キーの耐力が低下するので、接合キーは接合面に直角に配置する必要がある。

上フランジ幅が広いTげたの場合、鋼製接合キーの配置は上フランジに2箇所以上、ウェブ内に1箇所以上配置するのがよい。上フランジ幅が狭く接合キーの配置が困難なIげたなどの場合には、上フランジに1箇所、ウェブ内に1箇所以上配置するのがよい（図-解4. 2. 3参照）。

コンクリート製接合キーは、箱げた橋に対して主に使用される。コンクリート製接合キーは、通常の場合図-解4. 2. 4に示すように、床版と各ウェブに設けられる。床版の接合キーは横方向の調整およびねじりモーメントなどによる床版のせん断力を伝達する目的で配置し、ウェブの接合キーは上下方向の調整および接合部のせん断強度を確保するためのものである。床版の幅員が広い場合は、床版に図中の (b) および (c) に示すような接合キー（スラブキー）を採用する場合もある。この場合は、輪荷重などによるせん断力により接合キーが破壊しないようにせん断応力度および支圧応力度等を別途検討する必要がある。なお、

床版とウェブの接合キーの組み合わせについては、断面計上等の各種状況を考慮して決定するものとする。

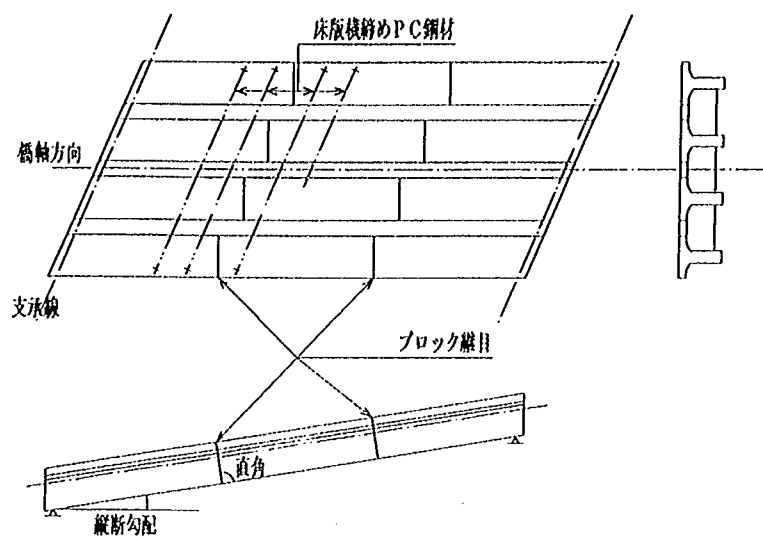


図-解4.2.1 Tげた橋におけるブロック継目の配置

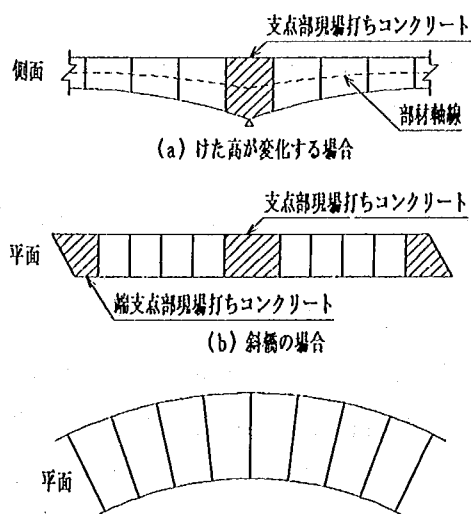


図-解4.2.2 箱げた橋におけるブロック継目の配置

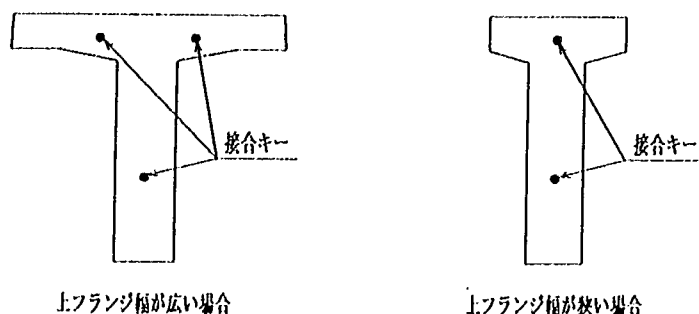


図-解4.2.3 鋼製接合キーの配置例

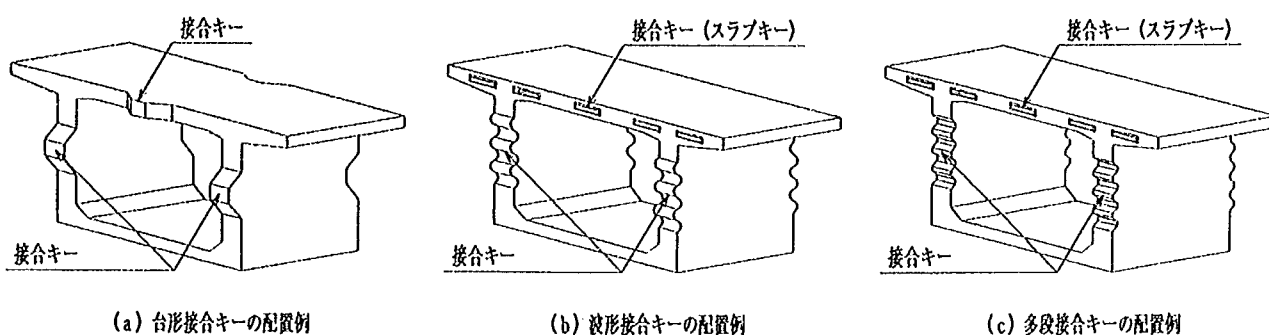


図-解4.2.4 コンクリート製接合キーの配置例

4. 3 構造解析

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の構造解析は、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編に従って行うものとする。

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の構造解析は、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編に従い継目部のないけたとして行ってよいものとする。

Tげた橋の場合は、格子構造理論により算出することを原則とし、主げたおよび横げたのねじり剛性を無視して解析してよいものとする。ただし、斜角が 70° 未満の場合にはねじりの影響が大きく現れるため、ねじり剛性を考慮して格子構造理論により解析を行うものとする。また、曲線げた橋の場合は、交角が 5° 程度以下では、曲線長を支間とする直線橋として解析してよい。交角がこれを越える場合は、曲線の影響やそり拘束ねじりの影響等を適切に考慮できる方法によって解析を行うものとする。

これらの解析によって生じるねじりモーメントについては、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編によって検討を行うほかに、終局荷重作用時の接合キーの設計に対しては、4.4.3によってねじりの影響を考慮するものとする。

4. 4 継目部の設計

4. 4. 1 一般

プレキャストブロックの継目部は、一般のプレストレストコンクリート部材としての応力度や耐力などの照査の他に、本節で規定する事項について照査を行わなければならない。

プレキャストブロックの継目部の種類には、エポキシ樹脂系接着剤を接合面に薄く塗布して一体化させる「エポキシ樹脂系接着剤を用いる継目」、目地厚を数十cmにしてその区間で鉄筋をラップし通常のコンクリートで間詰めをする「コンクリートを用いる継目」、接合面に厚さ数cmのモルタルを塗布して接合する「モルタルを用いる継目」などがある。

このうち、エポキシ樹脂系接着剤を用いる継目は、継目が作られたのち短時間でプレストレスが導入できるため、急速施工を目的とするプレキャストブロック工法には適した継目構造とすることができる。

この節では、我が国での実績がもっとも多いエポキシ樹脂系接着剤を用いた継目構造を持つプレキャストブロックの設計について記述している。したがって、エポキシ樹脂系接着剤を用いる以外の継目部や閉合部を設計するにあたっては、せん断耐力などについて安全性を別途検討しなければならない。

4. 4. 2 曲げ応力度の照査

(1) プレキャストブロックの継目部は、設計荷重作用時およびプレストレス直後において、引張応力が生じないように設計しなければならない。

(2) プレキャストブロックの継目部においては、式(4. 4. 1)により算出されるコンクリートの引張応力度について照査しなければならない。この場合の許容曲げ引張応力度は表-4. 4. 1に示す値とする。

$$\left. \begin{array}{ll} 1) \text{ 主 げ た} & \sigma_0 + 1.7\sigma_L \\ 2) \text{ けた床版部} & \sigma_0 + 1.7\sigma_{L_s} + 0.5\sigma_k \end{array} \right] \dots\dots\dots (4. 4. 1)$$

ここに、 σ_0 : 活荷重および衝撃以外の主荷重による主げたの曲げ応力度 (kgf/cm²)

σ_L : 活荷重および衝撃による主げたの曲げ応力度 (kgf/cm²)

σ_{L_s} : T荷重 (衝撃を含む) による床版下縁 (または上縁) の曲げ応力度 (kgf/cm²)

σ_k : 活荷重および衝撃による床版下縁 (または上縁) 位置の主げたの曲げ応力度 (kgf/cm²)

表-4.4.1 プレキャストブロック継目部の許容曲げ引張応力度 (kgf/cm²)

コンクリートの設計基準強度	400	500
許容曲げ引張応力度	25	30

- (1) プレキャストブロックの継目部は、けたの軸方向鉄筋が連続していないので、設計荷重作用時には部材に引張応力が生じないように設計する。また、プレストレッシング直後においても、継目部の接着剤が完全に硬化していないことから、引張応力が生じないように設計することとした。
- (2) プレキャストブロックの継目部は、通常の活荷重をこえる大きな活荷重が作用した場合でも、ひびわれが集中して発生しないようにしておく必要がある。したがって、設計荷重作用時の照査を行ったうえで、さらに過載荷重時の照査として、式 (4.4.1) によって算出されたコンクリートの引張応力度についての照査を行うこととした。

なお、B活荷重を用いる場合、T荷重による床版の曲げ応力度は、〔道示Ⅲ〕(平成6年2月)表-5.5.2、表-5.5.3に示す割増し係数を考慮せずに表-5.5.1によるものとしてよい。一般に床版に対する照査は、連続げた橋の中間支点付近の上床版が対象となる。

また、A活荷重を用いる場合は、大型車の交通量が少ないことから、表-5.5.1に示す曲げモーメントを20%低減してもよい。

4.4.3 ねじりに対する照査

継目部のねじりに対する照査は省略することができる。ただし、終局荷重作用時において部材のねじり剛性を考慮して設計する場合、接合キーの設計は、ねじりモーメントの影響を考慮して行わなければならない。

一般にプレストレストコンクリート部材は、設計荷重作用時のねじりやせん断によるひびわれを発生させないように斜引張応力度を制限しており、さらにプレキャストブロックの継目部では、本節4.4.2の規定により、曲げ引張応力度を制限している。

また、文献⁴⁻¹⁾の実験結果によれば、接合キーを有する継目部のプレストレスによるねじりに対する補強効果は大きく、通常のプレストレスレベル($\sigma_{cp}=20\sim30\text{kgf/cm}^2$ 以上)であれば、一体の部材と同様な設計を行えば、ねじりに対して十分な安全性が確認されている。よって、継目部におけるねじりに対する照査は省略できるとした。ただし、終局荷重作用時において部材のねじり剛性を考慮して設計する

場合や、接着剤が硬化する前の架設時において接合部にねじりが作用する場合、本指針(案) 4.4.4に示す接合キーの設計せん断力の算出は、ねじりモーメントの影響を考慮して行わなければならない。

ただし、プレキャスト部材の継目部は、導入したプレストレスによるねじりに対する補強効果⁴⁻¹⁾があるため、その影響を考慮して接合キーの設計を行ってよい。

すなわち、終局荷重作用時の継目部における接合キー設計のためのねじりモーメント M_{1u} (kgf・cm)は次の式で求めることができる。

$$M_{1u} = M_{1u0} - \alpha M_{1p} \quad \cdots \cdots \cdots (解4.4.1)$$

ここに、 M_{1u0} : 終局荷重作用時の荷重による継目部のねじりモーメント (kgf・cm)

M_{1p} : プレストレスによるねじりモーメントに対する補強効果 (kgf・cm)

α : ねじりモーメントとせん断力が同時に作用した場合に、ねじりせん断応力やせん断応力の作用方向による低減係数で、荷重の作用条件などで最大1.0の値となる。本節での接合キーの設計においては、 $\alpha = 0.5$ としてよい。

(箱げたの場合)

$$M_{1p} = 0.3 \sigma_{cp} \cdot K_1 (\text{min}) \quad \cdots \cdots \cdots (解4.4.2)$$

ここに、 σ_{cp} : 断面に導入されている平均プレストレス (kgf/cm²)

$K_1 (\text{min})$: ($= 2 A_m \cdot t (\text{min})$)

A_m : [道示Ⅲ] 表-解2.4.1参照

$t (\text{min})$: 箱形断面内で最も薄い部材厚さ (cm)

箱形断面の場合は、閉断面としてせん断応力を算出しており、接合面においても[道示Ⅲ] 15.2.2に規定するねじりモーメントに対する軸方向PC鋼材を配置する必要がある。なお、この場合、部材断面の破壊抵抗曲げモーメントに余裕があれば、曲げモーメントに対するPC鋼材の一部をねじりモーメントに対するPC鋼材と見なしてよい。

(Tげたの場合)

$$M_{1p} = 0.3 \sigma_{cp} \cdot \frac{\sum h_1 \cdot b_1^3}{3.5 \cdot b (\text{min})} \quad \cdots \cdots \cdots (解4.4.3)$$

ここに、 $\sum h_1 \cdot b_1^3$: [道示Ⅲ] 表-解2.4.1参照

$b (\text{min})$: T形断面の中の分割長方形で最も薄い短辺の幅 (m)

Tげたの場合、軸方向鉄筋が接合面で連続していないのが一般的であるが、本指針(案)に準拠した補強および接合キーの配置を行った継目部は、ねじりに対して十分な耐力とじん性を有することが確認されており⁴⁻¹⁾、接合面を貫通したねじりに対する軸方向補強筋を特に配置する必要はない。

4. 4. 4 接合キーの設計せん断力

接合キーは、プレキャストブロック架設時および終局荷重作用時に作用するせん断力に対して、所要の強度を有するように設計しなければならない。

接合キーは、各接合面において、プレキャストブロック架設時および終局荷重作用時のせん断に対して、所要の強度を有するように設計する。架設時の検討においては、架設方法を考慮して設計せん断力を算出しなければならない。以下に、プレキャストブロックの一般的な架設方法である箱げた橋の片持ち架設の場合とTげた橋の場合について、せん断力の算出方法を示す。

1) 架設時のせん断力

(箱げた橋の場合)

接合キーはブロック重量 W 、あるいはプレストレスによる鉛直分力 P_v に対して抵抗し得るように設計するが、接合キーに作用するせん断力 S_T は以下のように算出してよい。

$$S_T = S / N_w \text{ (kgf)} \quad \dots\dots\dots \text{(解4.4.4)}$$

$S = W$ または、 $S = W - \sum P \cdot \sin \alpha$ のうち大きい方の値

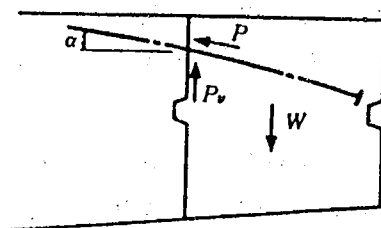


図-解4.4.1 接合キーに作用するせん断力

ここに、 S_T ; 接合キー1箇所あたりのせん断力 (kgf)

N_w ; ウェブに配置されている接合キーの個数 (波形接合キーおよび多段接合キーの場合は各ウェブのキーの個数はそれぞれ1個を原則とする)

α ; PC鋼材の曲げ角度 (図示の方向を正とする)

(Tげた橋の場合)

同一形状の接合キーを用いる場合の架設時の接合キー1箇所あたりのせん断力 S_T は、次式により算出してよい。

$$S_T = (S_1, S_2, S_3 \text{ のうち最大値}) / N \quad \dots\dots\dots \text{(解4.4.5)}$$

$$S_1 = W/2$$

$$S_2 = |S_d - P_1 \cdot \sin \alpha_1|$$

$$S_3 = |S_d - \sum (P_i \cdot \sin \alpha_i)|$$

ここに、

S_1, S_2, S_3 : 作用せん断力 (kgf)

W : 隣り合うブロックのうち重量の大きいブロックの重量 (kgf)

S_d : ブロック継目位置に作用する自重によるせん断力 (kgf)

P_1 : 1 番目に緊張する P C 鋼材の緊張力 (kgf)

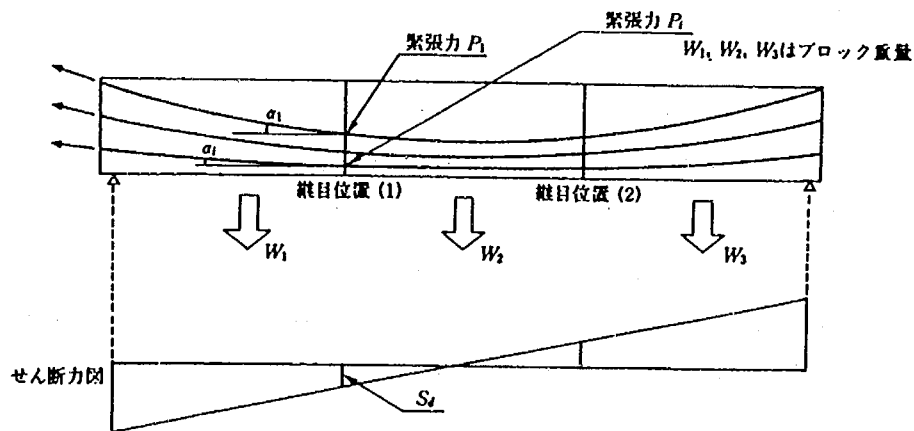
α_1 : 1 番目に緊張する P C 鋼材の継目位置での曲げ角度

P_i : i 番目に緊張する P C 鋼材の緊張力 (kgf)

α_i : i 番目に緊張する P C 鋼材の継目位置での曲げ角度

N : 同一形状の接合キーの個数

なお、 S_2 は、緊張作業中に、けた端部の支点で支持される状態での緊張済みの P C 鋼材本数が明らかな場合には、それらを有効として算出してもよい。



継目位置 (1) について

$$S_1 = (W_1 \text{ または } W_2 \text{ のうち大きい方の重量})/2$$

$$S_2 = |S_d - P_1 \times \sin \alpha_1|$$

$$S_3 = |S_d - \sum (P_i \times \sin \alpha_i)|$$

図-解4.4.2 架設時の作用せん断力

2) 終局荷重作用時のせん断力

ねじりモーメントが作用する場合は、終局荷重作用時の同一形状の接合キー 1 箇所あたりのせん断力は、以下のように算出してよい。

$$S_k = S_{s,i} + S_{t,i}$$

$$S_{s,i} = \frac{S_u}{N}$$

$$S_{t,i} = \frac{M_{t,u} \cdot d_i}{\sum_{i=1}^N d_i^2} \dots\dots\dots (解4.4.6)$$

ただし、

S_k : 着目している接合キーの接合キー 1 箇所あたりのせん断力 (kgf)

$S_{s,i}$: 終局荷重作用時のせん断力による接合キー 1 箇所あたりのせん断力 (kgf)

$S_{t,i}$: 終局荷重作用時のねじりモーメントによる接合キー 1 箇所あたりのせん断力 (kgf)

S_u : 終局荷重作用時の継目部のせん断力 (kgf)

$M_{t,u}$: 終局荷重作用時の継目部のねじりモーメント (kgf・cm)

N : 有効に作用する同一形状の接合キーの総数

N_s : せん断力に有効に作用する同一形状の接合キーの総数

N_t : ねじりモーメントに有効に作用する同一形状の接合キーの総数

d_i : せん断中心からそれぞれの接合キーまでの距離 (cm)

上式の d_i を求めるためのせん断中心については、構造解析では一般に断面図心を構造軸線として解析することが多く、その場合、図心軸まわりのねじりモーメントが算出されることや、左右対称の箱げたや T げた断面では、図心軸とせん断中心が大きく異ならないなどを考慮して、近似的に断面図心に一致するとしてよい。

4. 4. 5 鋼製接合キーの設計

(1) 鋼製接合キー 1 箇所あたりの所要断面積は、架設時および終局荷重作用時について次式により算出し、いずれか大きい方の断面積以上を配置することを原則とする。

$$\left. \begin{array}{l} 1) \text{ 架 設 時} \quad A_R \geq S_T / \tau_a \\ 2) \text{ 終局荷重作用時} \quad A_R = (S_k - S_{pf}) / \tau_a \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4. 4. 2)$$

ここに、 S_{pf} : 鋼製接合キー 1 箇所あたりのプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗力 (kgf)

$$S_{pf} = 0.3 \cdot P_a \cdot \cos \theta / N$$

$P_a \cdot \cos \theta$: 全 P C 鋼材の引張力の軸方向分力 (kgf)

A_R : 鋼製接合キー 1 箇所あたりの所要断面積 (cm²)

N : 同形状の接合キーの個数

S_T, S_k : 4. 4. 4 で算出される架設時、終局荷重作用時の接合キー 1 箇所あたりのせん断力 (kgf)

τ_a : 接合キーの受持つことができるせん断応力度で表-4. 4. 2 の値としてよい (kgf/cm²)

表-4. 4. 2 鋼製接合キーの受持つことができるせん断応力度

材 質	架設時	終局荷重時
SS400, FCD450 相当の場合	1, 000	2, 400

(2) 鋼製接合キーは、埋込み部コンクリートに作用する支圧応力に対する照査を行わなければならない。

(1) 設計荷重作用時には、継目部は引張応力が生じないように設計されており、プレストレスの摩擦抵抗力が十分期待できるため、作用するせん断力に対する接合キーの検討は行わなくてよい。

接合キーの一般的な構造を図-解4. 4. 3に示す。 ϕ_3 は接合キー 1 箇所あたりの所要断面積を満足するように決定される。ただし、一般に25mm以上とする。 ϕ_1, ϕ_2 および L_1, L_2 は埋込み部コンクリートに作用する支圧に対して安全性を確保するように決定される。ただし、一般に L_1, L_2 は50mm以上とする。

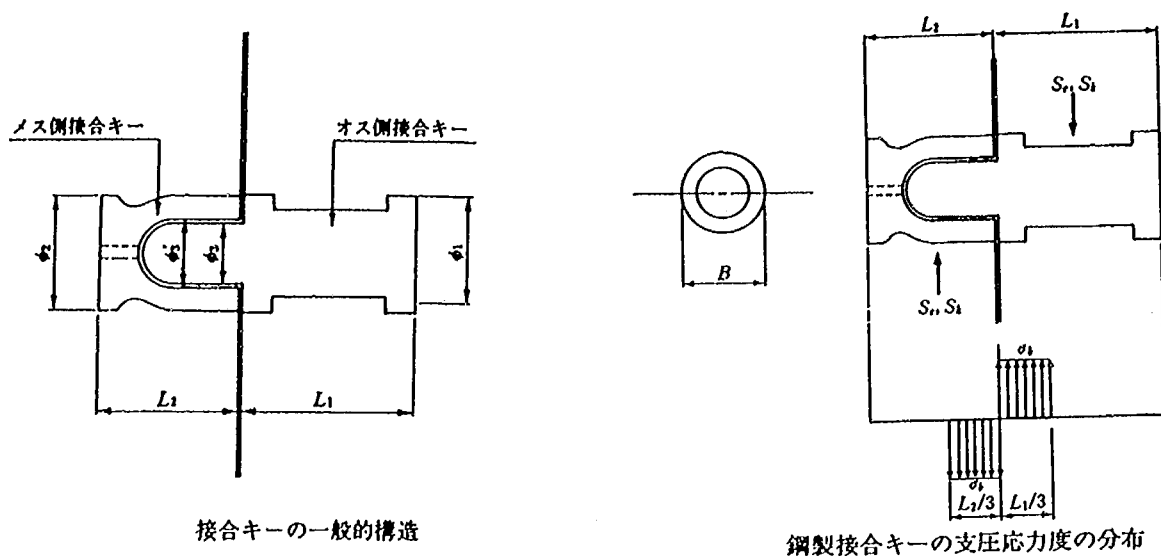


図-解4. 4. 3 一般的な接合キー

(2) 接合キー周辺のコンクリートには、作用せん断力により高い支圧応力が発生するため、埋込み部コンクリートの安全性を確認する必要がある。

この支圧応力に対する安全性は、鋼製接合キーの形式ごとに模型実験等により確認することが望ましいが、リング型鋼製接合キーを用いた場合は、以下に示す方法で安全性を照査することができる。

1) 架 設 時

$$\sigma_{tb} = \frac{S_T}{B \cdot (L/3)} \leq \sigma_{tba} (=1.5\sigma_c)$$

2) 終局荷重作用時

$$\sigma_{ub} = \frac{Sk - S_{pf}}{B \cdot (L/3)} \leq \sigma_{uba} (=2.0\sigma_{ck})$$

……(解4. 4. 7)

ここに、 σ_{tb} : 架設時にコンクリートに作用する支圧応力度(kgf/cm²)

σ_{tba} : 架設時にコンクリートが負担できる支圧応力度の限界値(kgf/cm²)

σ_c : 架設時のコンクリートの圧縮強度(kgf/cm²)

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度(kgf/cm²)

σ_{ub} : 終局荷重作用時にコンクリートに作用する支圧応力度(kgf/cm²)

σ_{uba} : 終局荷重作用時にコンクリートが負担できる支圧応力度の限界値(kgf/cm²)

S_T, Sk : 架設時、終局荷重作用時の接合キー1箇所あたりのせん断力(kgf)

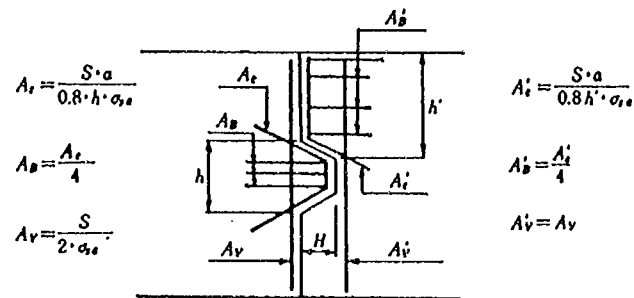
S_{pf} : 接合キー1箇所あたりのプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗抗力(kgf)

B : 接合キーの外径(図-解4. 4. 3参照)(cm)

L : 接合キーの埋込み長さ(図-解4. 4. 3参照)(cm)

4. 4. 6 コンクリート製接合キーの設計

(1) 台形接合キーは、図-4. 4. 1に示すように補強鉄筋量を算出してよい。



ただし、 A_s, A'_s : 補強鉄筋断面積 (cm^2)
 A_B, A'_B : スターラップ断面積 (cm^2)
 A_v, A'_v : 垂直方向補強鉄筋断面積 (cm^2)
 σ_{sa} : 鉄筋許容応力度 (架設時の場合は割増し係数 1.25, 終局荷重作用時は $\sigma_{sa} = \sigma_{sy}$ としてよい) (kgf/cm^2)
 S : 接合キー 1 箇所あたりのせん断力 (kgf)
 a : 支点から荷重作用点までの距離 ($H/2$) (cm)

図-4. 4. 1 台形接合キーの補強鉄筋

(2) 波形および多段接合キーは、接合キー面のせん断応力度を架設時には 15 kgf/cm 程度以下、終局荷重作用時には 20 kgf/cm 程度以下にするのが望ましい。

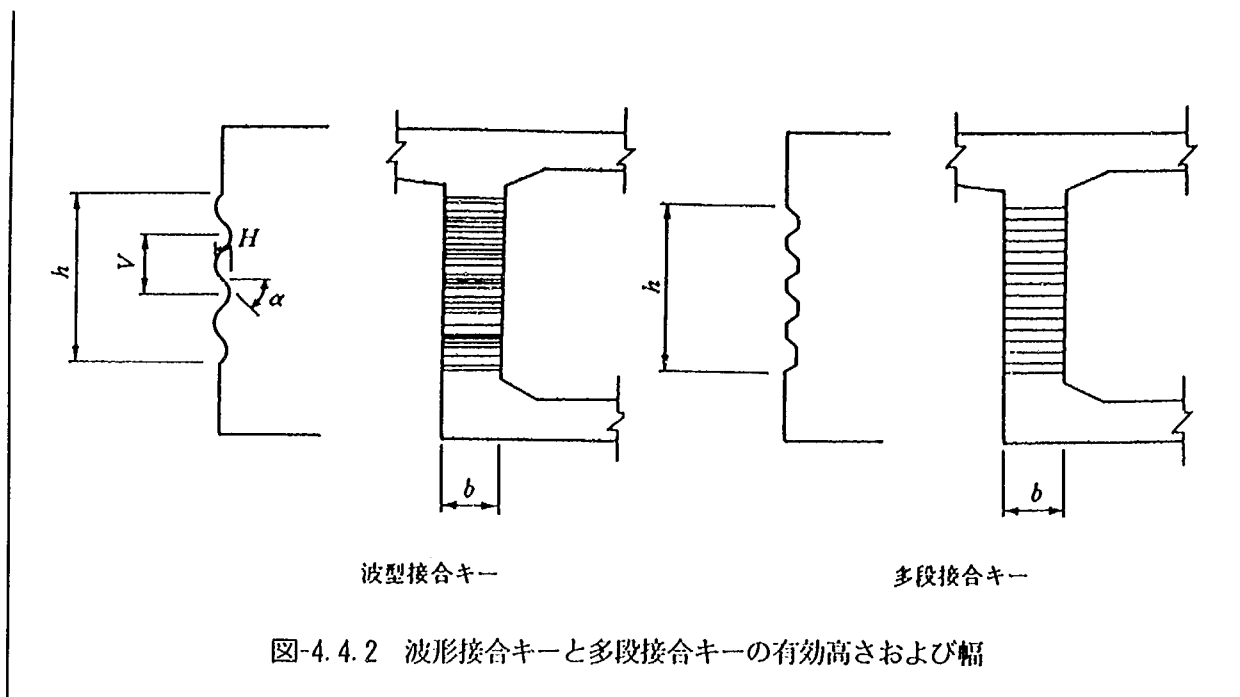
$$\tau = \frac{S}{b \cdot h} \quad \dots\dots\dots (4. 4. 3)$$

ここに、 τ : 接合キー面のせん断応力度 (kgf/cm)

S : 接合キー 1 箇所あたりに作用するせん断力で、架設時は S_T 、終局荷重作用時は $S_h - S_{pf}$ としてよい。 (S_T, S_h, S_{pf} については 4. 4. 4 参照)

h : 接合キーの有効高さ (cm)

b : 接合キーの幅 (cm)



(1) 終局荷重作用時における接合キーの設計作用せん断力は、下式に示すプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗力を考慮して算出してよい。この摩擦抵抗力は、文献⁴⁻²⁾の実験結果を参考にしたものである。

$$S = S_k - S_{pf}$$

ここに、 S_{pf} ：接合キー1箇所あたりのプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗力 (kgf)

$$S_{pf} = \mu \cdot P_e \cdot \cos \theta / N \quad \cdots \cdots \cdots (\text{解4.4.8})$$

$P_e \cdot \cos \theta$ ：全PC鋼材の引張力の軸方向分力 (kgf)

μ ：プレストレス力の摩擦によるせん断抵抗係数 (図-4.4.2に示す形式の接合キーを用いる場合は $\mu = 0.3$ としてよい)

N ：同一形状の接合キーの個数

S_k ：終局荷重作用時の接合キー1箇所あたりのせん断力 (kgf)

なお、構造細目で示した継目部補強スターラップは垂直方向補強鉄筋 (A_v , A_v') とみなしてよい。

(2) 文献⁴⁻²⁾の実験結果によると、多段接合キーおよび波形接合キーのせん断耐力は、一般のプレストレスコンクリート橋のプレストレスレベルである平均応力 $\sigma_{cp} = 20 \sim 40 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で、平均せん断応力として $\tau_u = 78 \sim 98 \text{ kgf/cm}^2$ となっている。この値は、〔道示Ⅲ〕が許容している「コンクリートの平均せん断応力の最大値」を大きく超えており、これらの形式の接合面が他の部材に先行して破壊するようなせん断力が作用することは考えにくい。ただし、接着剤が未硬化の状態や接着効果が低下するなど接着剤の状態によって接合キーの破壊形態やせん断耐力が異なることや、これらの形式の接合キーは一般に凹凸部内部には補強筋を配置していない構造であることなどを考慮して、終局荷重作用時に対する安全率を3.0以上確保できるように、接合キー面のせん断応力度に対して本文に示す制限を設けた。

4. 4. 7 プレキャストブロックの吊上げ時および運搬時の検討

(1) プレキャストブロック吊上げ時および運搬時のコンクリートの曲げ引張応力度は次式によって算出してよい。

$$\sigma_r = M_d / z \quad \dots\dots\dots(4.4.4)$$

ここに、 σ_r : コンクリートに生ずる曲げ引張応力度 (kgf/cm²)

M_d : プレキャストブロックの吊上げおよび運搬時に生ずる曲げモーメント (kgf・cm)

z : 全断面を有効としたときの断面係数 (cm³)

(2) 吊上げ時および運搬時に引張応力が生じるプレキャストブロックの部材断面には以下に示す所要断面積以上の引張鉄筋を配置しなければならない。

$$A_s = T_r / \sigma_{sa} \quad \dots\dots\dots(4.4.5)$$

ここに、 A_s : 引張鉄筋の所要断面積 (cm²)

T_r : コンクリートに生じる引張応力の合力 (kgf)

σ_{sa} : 引張鉄筋の架設時の許容引張応力度 (kgf/cm²)

(3) 吊上げ時および運搬時のコンクリートの圧縮強度は、それぞれ250kgf/cm²および300kgf/cm²以上とする。

(1) 吊上げ時および運搬時のプレキャストブロックは、一般にプレストレスが導入されておらず鉄筋コンクリート部材となっている。このため、吊上げ時および運搬時に有害なひびわれが発生しないようにコンクリートの曲げ引張応力度を制限することとした。この場合のコンクリートの曲げ引張応力度の制限値は表-解4.4.1に示す値としてよい。

表-解4.4.1 吊上げ時および運搬時のコンクリートの曲げ引張応力度の制限値

	(kgf/cm ²)			
吊上げ時および運搬時の圧縮強度	250	300	400	500
制 限 値	20	22	25	28

なお、プレキャストブロック吊上げ時の曲げ引張応力度の照査については、吊上げ時の衝撃が20%程度で運搬時の衝撃よりも小さいので、ブロックの支持条件が運搬時と大幅に異なる場合を除き、一般には行わなくてよい。

運搬時の曲げモーメントの算出は、プレキャストブロックの支持方法、使用機械、運搬路の状況などによって異なるが、一般には以下の仮定により行ってもよい。

支持方式	2点支持
衝撃係数	0.3（砂利道などの悪路の運搬では0.4）
計算支間長	ブロック支持点間距離

- (2) 微小なひびわれが発生した場合でも、ひびわれが十分に分散するように、引張応力が生じる部材断面には引張鉄筋を配置することとした。引張鉄筋は、〔道示Ⅲ〕2.2.5の規定にしたがって求めた鉄筋量を配置するのが望ましい。なお、その場合の鉄筋の許容応力度は25%割増ししてよい。
- (3) 吊上げ時のコンクリート強度は、吊上げ時の衝撃が運搬時のそれよりも小さいことや、過去の実績を考慮して 250kgf/cm²以上とした。

4. 5 構造細目

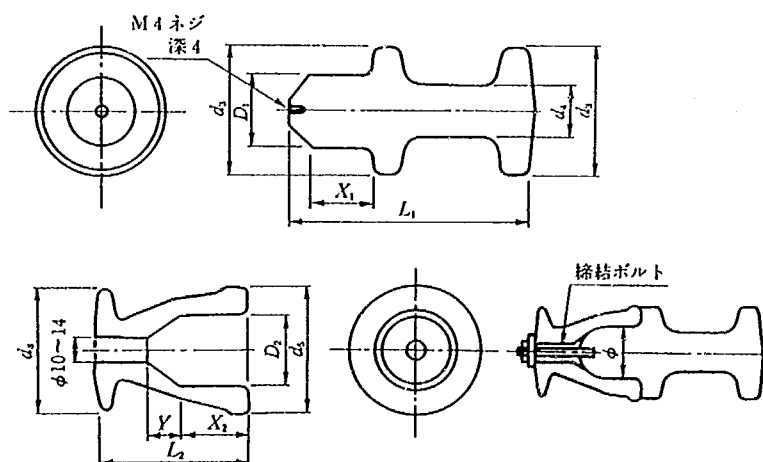
4. 5. 1 接合キー

プレキャストブロックの継目部には、確実にせん断力を伝達し、ブロックの接合作業を確実に、また容易に行うために鋼製またはコンクリート製の接合キーを設けなければならない。

プレキャストブロックの継目部には、鉄筋が通過していないので、ブロック相互の位置を正しく固定し、一体性を確保するための接合キーを設けなければならない。また、接合キーはプレキャストブロックの接合を確実にまた容易にするためのガイドとしての機能を有するものでなければならない。

プレキャストブロック工法に用いる接合キーには、鋼製接合キーとコンクリート製接合キーがある。箱げたなどのマッチキャストで製作するブロックでは、コンクリート製接合キーを設置することが多い。一方、Tげたや小規模の箱げたのようにブロックをセパレーター方式で製作する場合には鋼製接合キーを使用することが多い。

1) リング型鋼製接合キーの構造例



型 式	L_1	D_1	d_3	d_4	L_2	D_2	d_5	X_1	X_2	Y	備考
$\phi 28$	93	28	50	20	59	28.3	50	25	27	13	
$\phi 32$	105	32	60	30	55	32.3	60	30	32	11	
$\phi 50$	172	50	80	40	79	50.3	80	35	37	17	リブ付き

(注) 材質：SS400またはFCD450 単位：mm

図-解4.5.1 リング型鋼製接合キーの構造例

2) コンクリート製接合キーの構造例

(a) 台形接合キー

台形接合キーの形状は以下を標準とするのがよい。また、斜めウェブに接合キーを設ける場合は、ウェブ部材軸方向に直角に設けるのがよい。

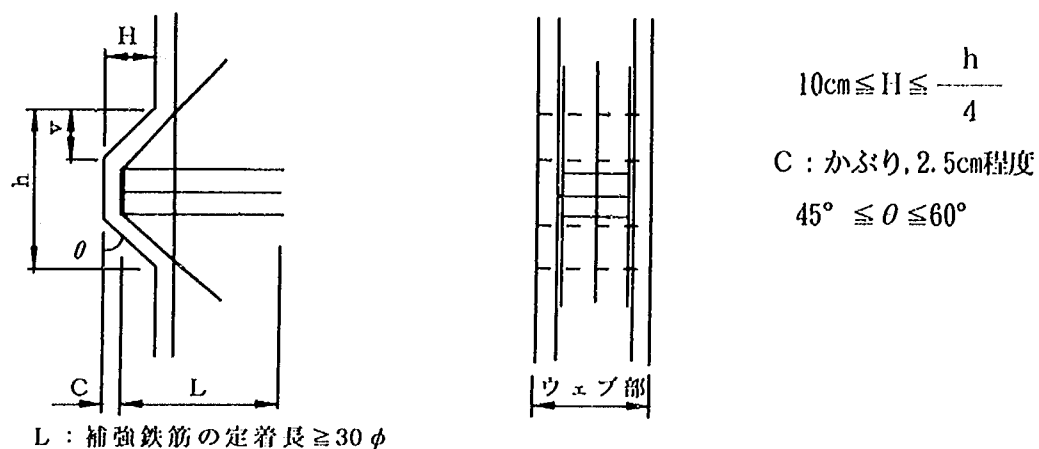


図-解4.5.2 台形接合キーの構造例

台形接合キーの高さHについては、10cm以上1/4h以下にするのが望ましい。なお、実験によってH=1/3h程度でも十分な耐力を有することが確認されている（付録-1 共同研究成果の概要 参照）。

(b) 波形および多段接合キー

波形および多段接合キーの形状は以下を標準とするのがよい。

$$3\text{cm} \leq H \leq 10\text{cm}$$

$$3H \leq V \leq 5H$$

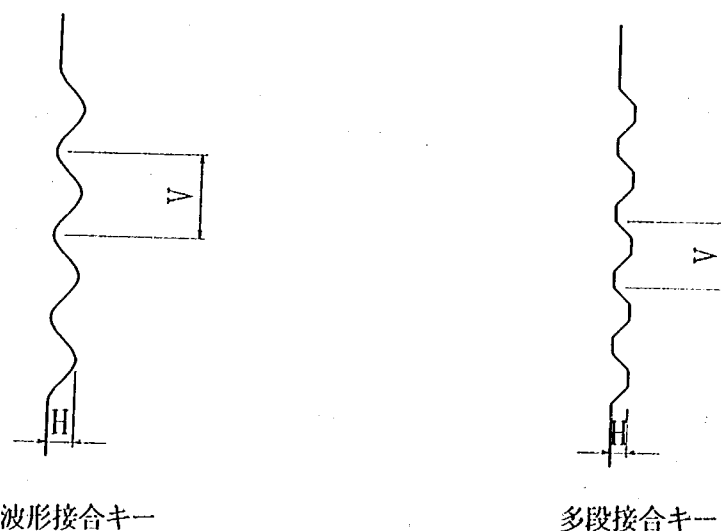


図-解4.5.3 波形および多段接合キーの構造例

4. 5. 2 補強鉄筋および接合キーの配置

- (1) プレキャストブロックの継目部には補強鉄筋を配置しなければならない。
- (2) 鋼製接合キーのかぶりや鋼製接合キーとシーすとのあきは適切に確保しなければならない。
- (3) コンクリート製台形接合キーは部材の圧縮縁側に配置するのがよい。

(1) プレキャストブロックの継目部は、接合面や接合キーの近傍に局部的な応力が発生する可能性があるため、鉄筋により補強しなければならない。継目部付近のスターラップ間隔は、継目部以外のスターラップの間隔の1/2、または10cm以下とし、その補強範囲は鋼製接合キーを用いたTげたの場合は、けた高の1/4程度、または30cm以上、箱げた橋の場合30cm程度とするのが望ましい。また、Tげたの場合セパレーター方式で製作されることが多く、応力が集中する可能性があるため10cm間隔程度でくし形に加工したD10程度の補強鉄筋を接合面近傍に全面に配置することが望ましい。補強鉄筋やスターラップなど、接合面に対する鋼材のかぶりは25mm程度が望ましく、このかぶりが大きくなると、接合キーなどに対する補強効果が低下するので注意する必要がある。

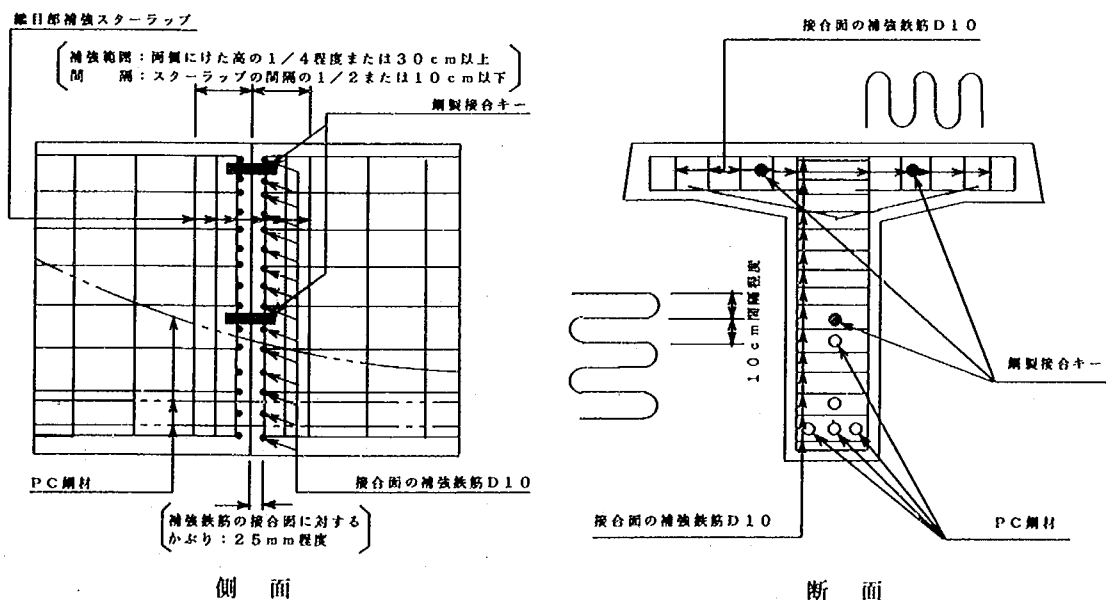


図-解4.5.4 継目部における補強鉄筋の配置例（Tげた橋）

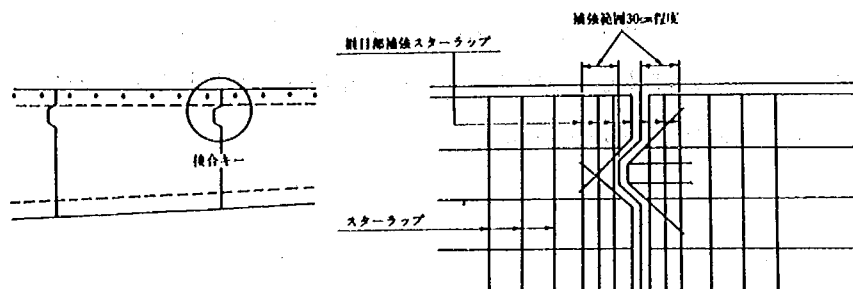


図-解4.5.5 継目部における補強鉄筋の配置例（箱げた橋）

- (2) 鋼製接合キーのかぶりや鋼製接合キーとシースのあきは、局所的な応力によってコンクリートに有害な損傷を与えないように定める必要がある。これまでの実験によると、継目部の破壊は鋼製キーによる支圧応力度の増加による圧壊が原因であると考えられ、破壊耐力は接合キーのかぶりやシースとのあきにより影響を受ける。したがって、一般に接合キーのかぶりは7cm以上、シースとのあきは7cm以上となるように配置しなければならない。

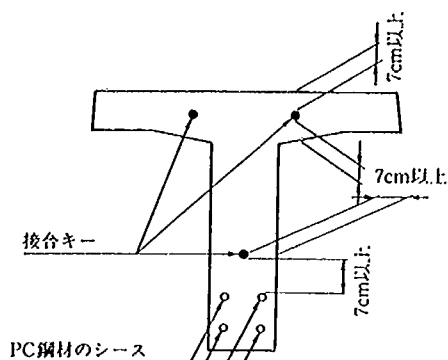


図-解4.5.6 接合キーとシースの配置

- (3) 継目部の接合キーは、終局荷重作用時にも有効に作用するために部材の圧縮縁側に配置するのがよい。

4. 5. 3 PC鋼材の配置

- (1) PC鋼材は継目部を避けて定着することが望ましい。
 (2) ブロック接合部ではシースとシースのあきを十分に確保しなければならない。

- (1) プレキャストブロックけたのPC鋼材は、ブロック継目部に大きな応力変化や過大なせん断力を発生させないように継目部を避けて定着することが望ましい。継目部の手前で定着しなければならない場合には、継目部への影響を検討するとともに、PC鋼材定着部の補強が十分できるように定着位置などについて検討する必要がある。継目部の手前のPC鋼材を緊張する場合は、継目部を通過するPC鋼材を先に緊張し、継目部を圧縮域にしてから緊張するのがよい。
- (2) 継目部ではシースが連続していないため、シースとシースのあきが小さいとグラウトが連通し、グラウト不良の原因となる。したがって、シースとシースのあきは4cm以上とらなければならない。特に、張出し施工においては、その継目で定着するPC鋼材の箱抜きと通過PC鋼材のシースとのあきが小さくなる場合があるので注意する必要がある。

4. 5. 4 柱頭部および閉合部の継目部

プレキャストブロック工法による箱げた橋の場合、柱頭部や閉合部などでエポキシ樹脂系接着剤を用いる継目以外の場所打ちコンクリート目地やモルタル目地を用いる場合がある。その場合でも継目部は確実にせん断力を伝達し、構造上の弱点にならないようにしなければならない。

本指針（案）の適用範囲は、継目部にエポキシ樹脂系接着剤を用いたプレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート橋であるが、箱げた橋の場合、柱頭部の基準ブロックの接合部や、径間部の閉合部にブロック相互の位置を固定し、ブロック相互を完全に一体化し、施工誤差を修正するための場所打ちコンクリート目地やモルタルの目地が用いられる。この場合その継目部は確実にせん断力を伝達し、構造上の弱点にならないようにしなければならない。

場所打ちコンクリート目地は、一般に、鉄筋が連続して配置されている。その区間長は短いほうが構造的・施工的にはよいが、バイブレータの挿入やシース接続作業の作業性を考慮してその区間長を定めなければならない。一般に、直筋の重ね継手の場合、鉄筋の定着長以上とするのがよい。コンクリート打設時にドライジョイントを防ぐためブロック端面にチッピングなどの処理を十分に施せば、一体構造物とみなすことができる。

モルタル目地は、一般に鉄筋は配置されてなく、モルタルのみの構造である。したがって、大きなせん断力が発生する箇所を避けるのが望ましい。モルタル目地においても、式（4.4.1）により算出されるコンクリートの引張応力度について照査しなければならない。この場合の許容曲げ引張応力度は母材のコンクリートの設計基準強度に関係なく 20kgf/cm^2 とする。この値は文献⁴⁻⁶⁾の実験データを参考にして定めたものである。また、継目部のせん断の伝達を確実にするために接合キーを配置するのがよい。目地幅が過度に大きいとせん断力の伝達耐力が低下する場合があるので、区間長は50mm程度とするのがよい。

閉合部をモルタル目地とする場合、母材のコンクリートと同等以上の強度と品質を保証する必要がある。この場合、一般に、透水性の低い無収縮モルタルを使用するのがよい。透水率の高いモルタルを使用すると、そこが水道となり、鋼材の腐食の原因となるので注意しなければならない。床版の継目部の防水処理や鋼材の防錆処理を併用することによって耐久性は向上する。凍結融解の起こる地域や凍結防止剤を散布する必要がある地域では特に注意が必要である。

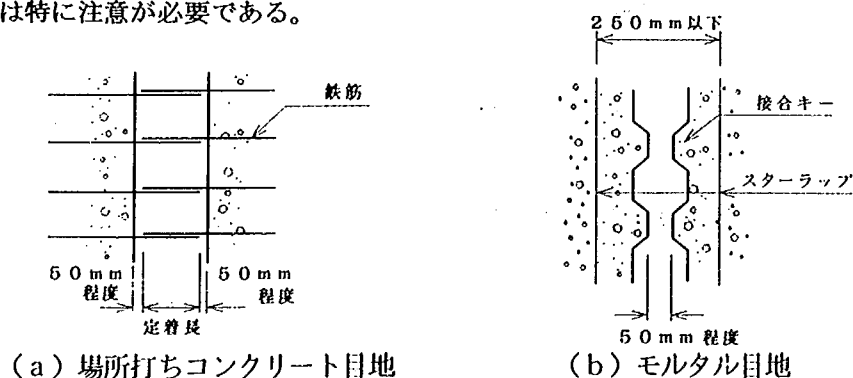


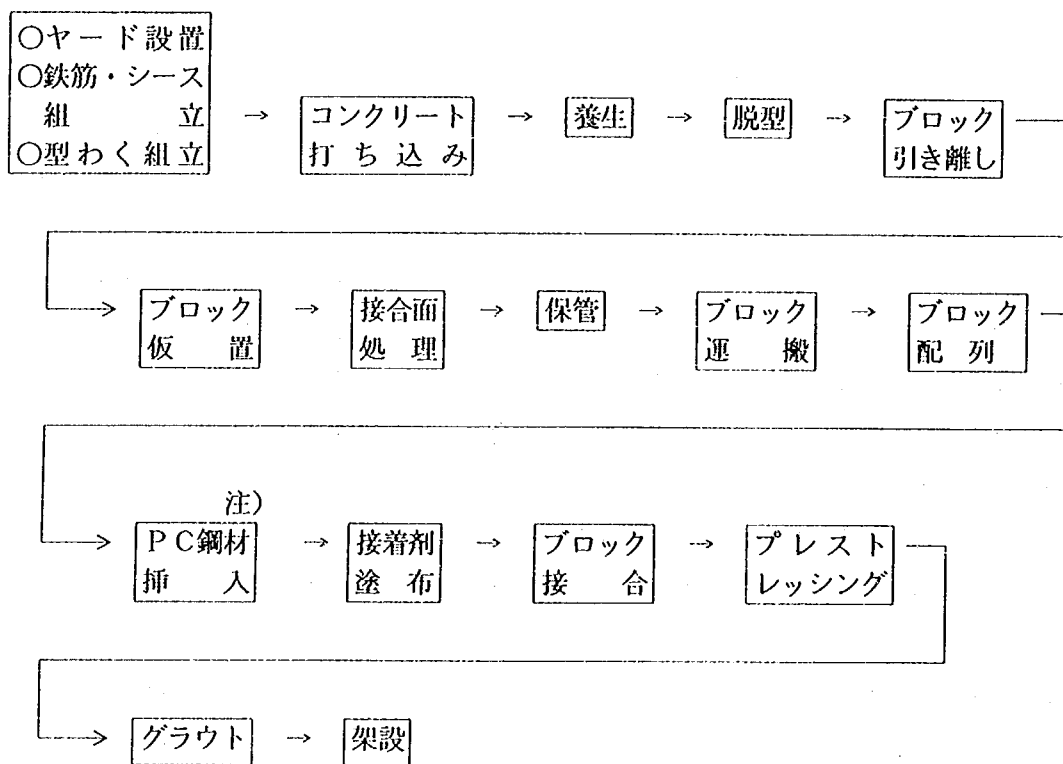
図-解4.5.7 エポキシ樹脂系接着剤以外を用いる継目部

5 章 施 工

5. 1 一 般

プレキャストブロックの施工にあたっては、設計で意図された構造物の安全性、耐久性などが確保されるように、プレキャストブロックの製作、取扱い、運搬および接合作業を行わなければならない。

プレキャストブロック工法によりけたを施工する場合の一般的な施工手順を、単純Tげたと連続箱げたを例に、図-解5. 1. 1および図-解5. 1. 2に示す。



注) P C鋼材の挿入は接着剤塗布の後に行う場合もある。

図-解5. 1. 1 単純Tげたの一般的な施工手順

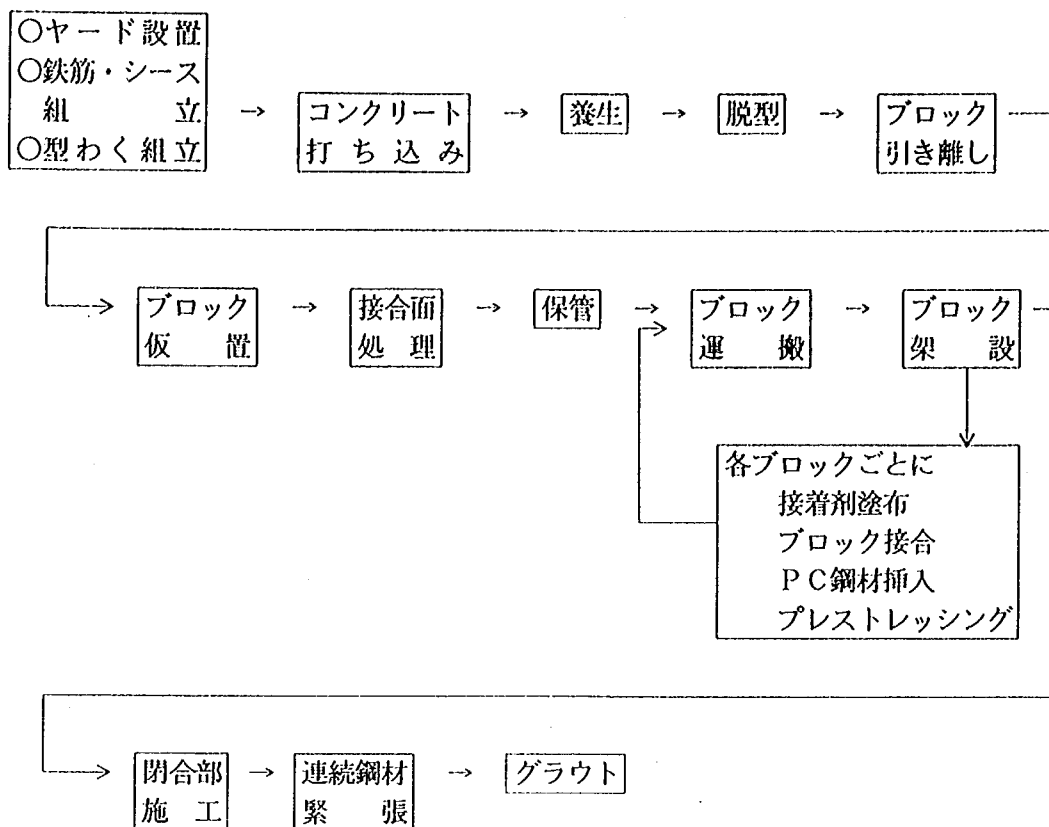


図-解5.1.2 連続箱げたの一般的な施工手順

5. 2 プレキャストブロックの製作

5. 2. 1 一般

プレキャストブロックの製作は、道路橋示方書コンクリート橋編 16.9.1 にしたがって行うものとする。

プレキャストブロックの製作にあたっては、ブロックおよび接合面の形状、寸法、シースの位置等が正確になるように製作しなければならない。なお、接合したブロックにプレストレスを与えると、そりや収縮等の変形を生じ、さらに時間の経過とともにコンクリートのクリープ、乾燥収縮による変形が生じるので、あらかじめこれらの変形を考慮して、ブロックを製作しておかなければならない。

5. 2. 2 プレキャストブロックの製作ヤード

プレキャストブロックの製作ヤードは所要の製作設備を備えていなければならない。

プレキャストブロックの製作は、既設の工場で行う場合と、現場付近に一時的に設けられた製作ヤードで行う場合とがあるが、いずれの場合にも十分な製作設備が必要である。この製作ヤードの選定は、地盤の条件、プレキャストブロック運搬路の条件などを考慮して行わなければならない。Tげた橋の場合には工場で作製されることが多い。

なお、プレキャストブロックの製作において必要な製作設備は、一般につぎのようなものがある。

○材料置場 ○鉄筋加工組立場 ○型枠加工場 ○製作ベース ○クレーン設備
○養生設備 ○動力設備 ○給排水設備 ○部材搬出設備

5. 2. 3 プレキャストブロックの製作台および接合面の型わく

- (1) プレキャストブロックの製作台は、ブロックの自重によって有害な沈下が生じないものでなければならない。
- (2) プレキャストブロックの接合面に用いる型わくは、接合時に相互に確実に密着するように形成しなければならない。
- (3) マッチキャスト方式での側型枠は、ブロック側面に確実に密着するように据え付けなければならない。
- (4) 接合面に用いる型わくのはく離剤は、接着剤の接着強さおよび耐久性を損なうことがなく、できるだけ薄膜ではく離効果の良いものでなければならない。

- (1) 製作台はコンクリートの打ち込みによって不等沈下を生じたり、養生水等により地盤が緩んだりすることがない構造とする必要がある。そのため、あらかじめ地盤条件、地質を調査し、ブロックの製作中に受ける鉛直荷重、横方向荷重等を考慮して不等沈下等が生じないように製作台を製作しなければならない。
- (2) 接合面の不陸などのため接合したブロックが十分に密着しない場合には、局部的な支圧によるひびわれの発生、あるいは継目部の強度の低下などのおそれがあるので、ブロックの接合面は相互に密着するように製作しなければならない。なお、セパレーター方式で用いる仕切り板は、鋼製で継目のない一枚板で作製され、その厚さは一般に6mm以上のものが使用されている。
- (3) 側型枠が確実に密着していないと、接合面に段差が生じてコンクリートの剥離、欠損の原因となるため、ブロック側面に確実に密着するように据え付けなければならない。

(4) ブロック製作の場合その接合面の施工が重要となるが、剥離材の使用により接着抵抗を小さくし、ブロック引き離しの際のコンクリートの剥離、欠損が生じないようにする。なお、剥離材の使用条件を考慮して、石けん、滑石粉等が一般的に用いられている。

5. 2. 4 シースの組立て

- (1) シースは、ブロック継目部で形状の連続性を確保するように配置しなければならない。
- (2) シースは、接合面に損傷を与えることなくブロックの切り離しができるように適切な処置を講じなければならない。

(1) プレキャストブロックの製作においてシースを配置する場合、ブロック端面では仕切版または既設ブロックによって固定される。コンクリート硬化前にシースが移動すると、接合面でシースの角折れが生じ、P C鋼材緊張時にコンクリートが剥離したり、摩擦係数が過大になる場合がある。このため、保持金具等で強固に固定する必要がある。打設中のシース位置を確保するために、剛性（肉厚）の大きなジョイントシースの使用や、シース内にあらかじめP C鋼材や可とう性パイプ等を入置しておくことも有効である。

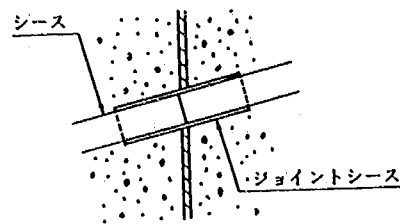


図-解5. 2. 1 角折れ防止の一例

(2) ジョイントシース等を使用した場合、ブロックの切り離しが容易にできるようにあらかじめスリットを入れておくことは有効である。

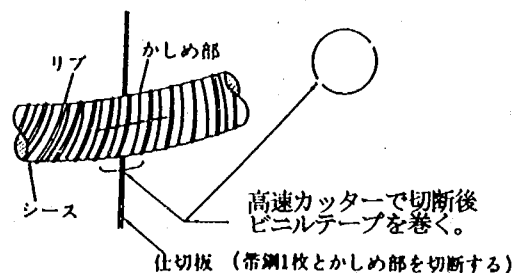


図-解5. 2. 2 シースにスリットをいれる

5. 2. 5 接合キー

- (1) 鋼製接合キーの取り付けは、仕切り板の所定の位置に直角に固定しなければならない。
- (2) コンクリート製接合キーの型枠は、所定の形状寸法となるように、型枠を据え付けなければならない。

(1) 接合キーは、コンクリートの打込みの際に移動しないように、ボルトとナットなどで仕切り板に固定しなければならない。セパレータ形式の場合の接合キーと仕切り板との固定方法の例を図-解5. 2. 3に示す。

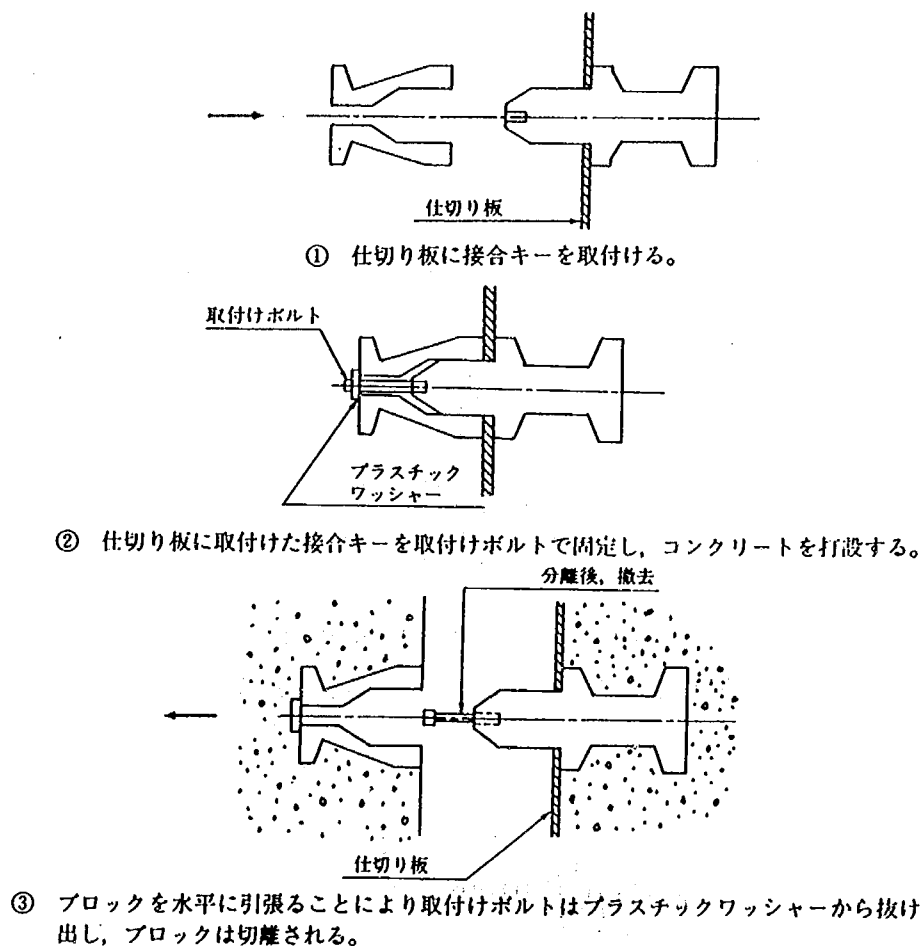


図-解5. 2. 3 接合キーと仕切り板との固定例

- (2) コンクリート製接合キーの形状には、台形、波形、多段等があるが、コンクリートの打込みの際に型枠が有害な変形を生じないように、十分に固定しなければならない。

5. 2. 6 コンクリートの打込み

- (1) セパレーター方式におけるコンクリートの打込みは、仕切り板に有害な偏圧が作用しないように連続して打込まなければならない。
- (2) マッチキャスト方式におけるコンクリートの打込みは、既設ブロックに有害な影響を与えないように行わなければならない。

(1) セパレーター方式の場合は、コンクリートを片側のブロックのみに打込むと、仕切り板が大きな側圧によって変形し接合時に不陸が生ずる恐れがある。したがって、仕切り板両側の打設コンクリート高さが均等になるようにコンクリートを打込まなければならない。図-解5.2.4にその概要を示す。

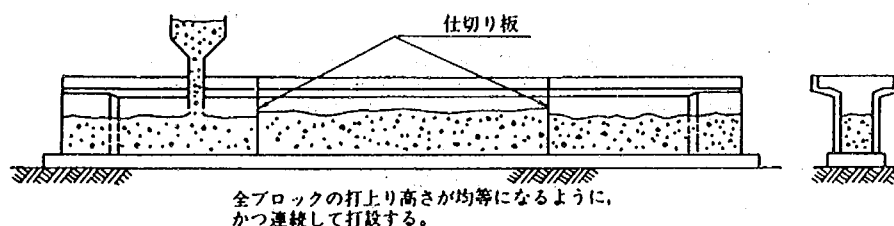


図-解5. 2. 4 セパレーター方式によるコンクリート打込み

(2) マッチキャスト方式の場合は、既設ブロックの端面を型わくとして使用することになる。したがって、コンクリートの打設にあたっては、打設コンクリートの側圧によって型枠がはらんだり、バイブレーターの振動によって有害な損傷を与えないよう留意しなければならない。なお、コンクリートを打設する際の既設ブロックのコンクリート強度は 140kgf/cm^2 以上とすることが望ましい。

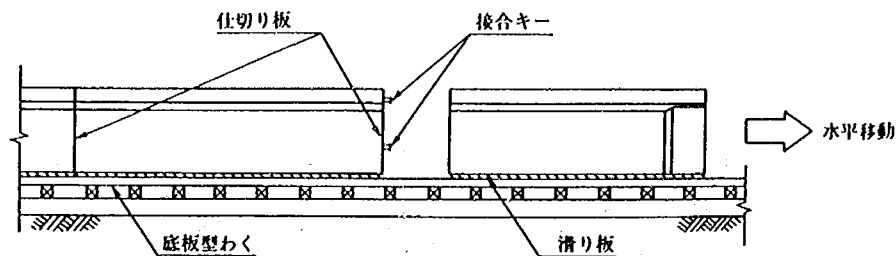
5. 2. 7 コンクリートの養生

コンクリートの養生は、道路橋示方書コンクリート橋編 16.6.5 にしたがって行うものとする。

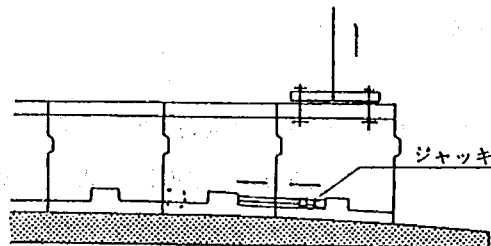
5. 2. 8 プレキャストブロックの分離

- (1) プレキャストブロックの分離は、ブロックを接合面に直角に移動することによって行わなければならない。
- (2) プレキャストブロックの分離は、コンクリートの強度が 250kgf/cm^2 以上であることを確認した後に行わなければならない。

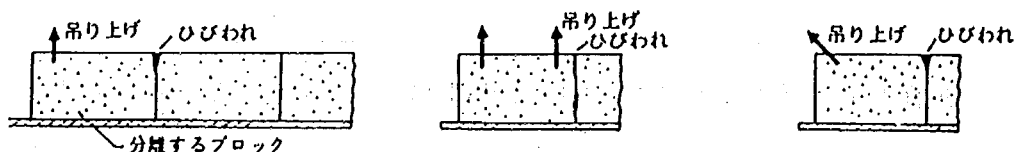
(1) ブロックを接合面に平行方向、あるいは斜めに吊上げて分離すると、接合キーや接合面に過大な応力が生ずることがあるので一般には好ましくない。従ってブロックの分離作業は、接合キーが抜け出すまでは、接合面に直角な移動のみが起こるように行うこととし、型枠の構造にもこれらを十分に考慮する必要がある。(図-解5. 2. 5参照)



(a) Tげたの例



(b) 箱げたの例



(c) 好ましくない例

図-解5. 2. 5 ブロックの分離方法の例

- (2) ブロックには分離する際に引張応力が生じたり、分離後吊上げ作業を伴う場合に曲げ引張応力が生じるので、コンクリート強度は 250kgf/cm^2 以上とする。

5. 2. 9 プレキャストブロックの接合面の処理

プレキャストブロックの接合面は、接合効果に悪影響を与えるものを除去しなければならない。

プレキャストブロックの接合面は、分離、仮置き後速やかにはく離剤、レイタンス、ごみなどを除去しなければならない。また、油、グリースなどは、アセトンなどの溶剤で完全に除去しなければならない。

5. 2. 10 プレキャストブロックの保管

- (1) プレキャストブロックの保管にあたっては、ブロックに過大な応力が生じないように支持するとともに、転倒防止の処理を行わなければならない。
- (2) プレキャストブロックを長期間保管する場合は、シースや接合キーに有害な錆を生じさせないように適切な処置を講じなければならない。
- (3) プレキャストブロックを積み重ねて保管する場合は、その安全性を十分検討する必要がある。

- (1) ブロックを保管する場合は、設計で定められた支持点で支持しなければならない。保管場所については、あらかじめ地質調査などを行い、必要に応じて適当な基礎工事を行っておく必要がある。また、地盤の不等沈下、地震、風などによって、部材が傾いたり、転倒したりしないように処置しておかなければならない。図-解5. 2. 6にその一例を示す。

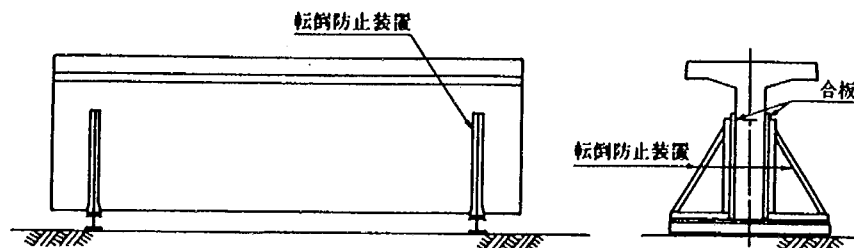


図-解5. 2. 6 ブロックの転倒防止装置の例

- (2) プレキャストブロックを長期に保管する場合は、接合面に雨水等が直接かからないようにしなければならない。また、寒冷地で、シース内に水が流入すると、氷結して部材にひびわれを生じさせる原因となる。したがって、長期間保管する場合は、あらかじめダクトの低いところに排水孔を設けたり、木栓あるいはゴム栓などを用いて水が流入しないようにしておく必要がある。
- (3) プレキャストブロックを積み重ねる場合は、地盤の支持力および部材の安全性を確認しておく必要がある。

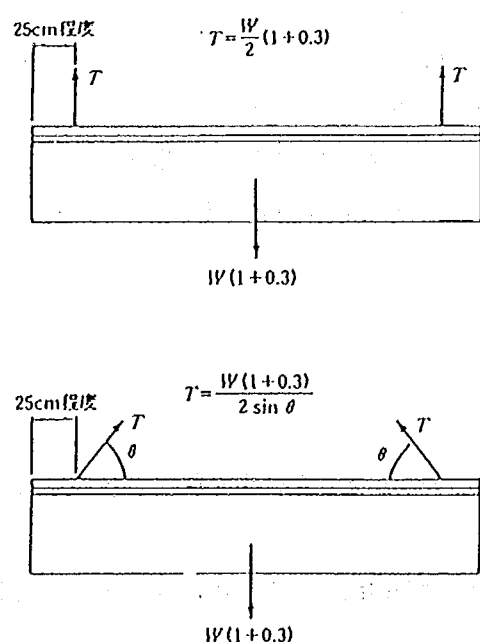
5. 3 プレキャストブロックの吊上げおよび運搬

5. 3. 1 吊上げ

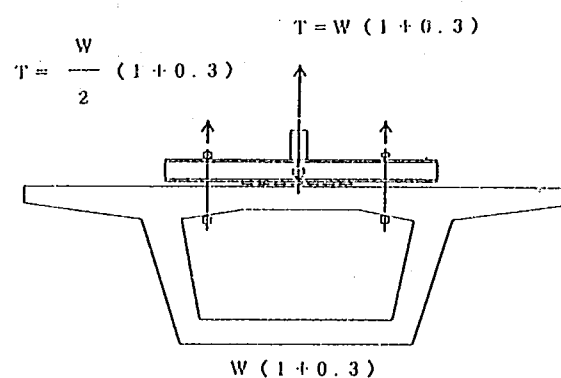
プレキャストブロックの吊上げには、ブロックに有害な応力が生じないように方法や吊り位置を決定しなければならない。

プレキャスト部材の吊上げは、設計で定められた吊り位置で行わなければならない。一般に吊上げ時の衝撃は20%程度といわれているが、吊り金具の検討に用いる荷重は、吊上げ作業の安全を考慮して30%とするのがよい。なお、ブロックの取扱い中に吊上げ角度が生じる場合は、この影響も考慮しなければならない。

吊り金具は、所要の強度をもつとともに埋込み部のコンクリートが損傷しないようにしなければならない。また、将来腐食などにより部材に有害な影響を与えないように、接合完了後適切な方法で防錆処理などを行う必要がある。



Tげたの場合



箱げたの場合

図-解5. 3. 1 吊り金具の設計荷重

5. 3. 2 運 搬

プレキャストブロックの運搬は、コンクリートの強度が設計で定められた強度以上であることを確認した上で、ブロックおよびその接合面に有害な損傷を与えないように行わなければならない。

ブロックの運搬は、接合面が損傷しないように十分に注意して行わなければならない。さらに必要な場合には、防護板を用いるなどして保護しなければならない。

5. 4 プレキャストブロックの接合

5. 4. 1 一 般

プレキャストブロックの接合は、ブロック相互の端面、シースおよび接合キーを接合面で正確に一致させ一体化できるように行わなければならない。

ブロックの接合は、部材の端面やシースが接合面で正確に一致し、緊張材が容易に通るようにするため、ブロック位置の微調整ができるようにしておかなければならない。また、接合作業およびプレストレッシング中に、ブロック相互のくい違いやねじれが生じないようにしなければならない。

プレキャストブロックの接合に必要な設備は、部材の弾性変形などに対応でき、接着剤を塗布した後に安全でかつ直ちにプレストレッシングを開始できるような構造を有するものでなければならない。

T げたブロックの引寄せ作業の例

- ① 自重およびプレストレッシングによって有害な沈下や変形が生じないようなブロック接合設備、およびその基礎構造とする。
- ② 接着剤塗布後、プレストレッシング時のブロックの移動が円滑にできる接合用台車または滑動板を用いる。
- ③ 接合用台車または滑動板に置いたブロックをレバーブロック、ジャッキなどの引寄せ装置によって移動させる。
- ④ ブロックを接合するときにはジャッキ等を用いて接合面を正確に合わせる。
- ⑤ ブロックを接合用台車または滑動板で移動する際には転倒防止設備を設ける。

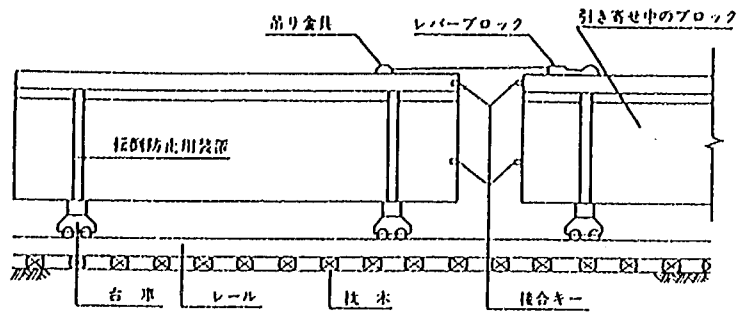


図-解5.4.1 Tげたブロックの引寄せ作業の例

箱げたブロックの引寄せ作業の例

- ① 接着剤塗布後、レバーブロック、ジャッキ、引寄せ用PC鋼材によって引き寄せる。
なお、引寄せ時は、 $2\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度のプレストレスを導入するのが望ましい。
- ② 上フランジのガイドキー、ウェブの接合キーおよび橋軸方向基準線に合わせて引き寄せPC鋼材を緊張してブロックを接合し、仮固定する。
- ③ 主ケーブルの緊張は、架設機の前足場を利用して行い緊張完了後、上フランジの引寄せPC鋼材を開放し、下フランジの引寄せPC鋼材は、次のブロック架設までそのままとする。
これは主ケーブルを緊張することにより圧縮応力が上縁に集中し、そり変形の原因になることを防ぐために、下フランジの引寄せ鋼材を開放しないものである。
- ④ 接合完了後、ブロック目地より押出された接着剤の掃除とシース内の掃除を行う。

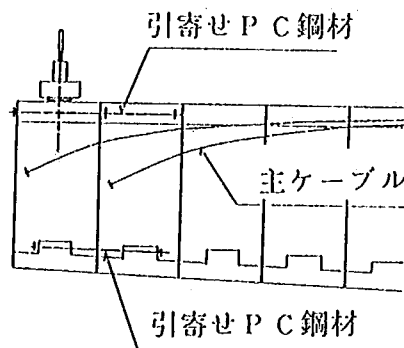


図-解5.4.2 箱げたブロックの引寄せ作業の例

5. 4. 2 接着剤の塗布

- (1) 接合面は接着剤を塗布する前に、ごみ、油などを取り除かなければならない。
- (2) 接着剤は適切な温度のもとで接合面を乾燥させた状態で使用しなければならない。
- (3) 接着剤は接合面の両面全体に塗布するのを原則とする。

- (1) 接合面の処理方法は、道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編16. 9. 5(1)のとおりとする。

プレキャストブロックの接合は、使用する接合材料に最も適する施工方法を検討し、強度、耐久性、水密性等所用の品質が得られるよう入念に行わなければならない。

接合面は、豆板などの不良なコンクリート部分を、部材と同程度以上の品質のモルタルで補修するとともに、シース末端のまくれ出しなどの凸のきず、レイトンス、ごみ、剥離剤、油脂類などを確実に除去しなければならない。

- (2) 接着剤を接合材料として用いる場合、接着剤の品質がよくても、接合面の処理の方法が悪いと、接合効果を十分に期待できないので、接合面は乾燥状態とする。また接合面にプライマー処理を行う場合は、あらかじめその効果を試験により確認する必要がある。

接着剤は、室内で密閉して保管し、原則として製造後6カ月以上経過したものは使用してはならない。接着剤の塗布は、可使時間内に上記に示す処理をされた接合面に一様に塗布するものとする。なお、エポキシ樹脂系接着剤の作業性などは、温度に敏感に影響されるので、あらかじめ、その特性をよく調べておく必要があり、また雨天の時の作業は中止もしくは雨水のかわらない措置をしなければならない。

- (3) 接着剤の塗布は、一般にゴムベラやゴム手袋等でコンクリート面に適当な力を加えて行い、厚みむらができるだけないようにしなければならない。また、PC鋼材の挿入やグラウトの注入が困難になるので、シース周りに厚く塗布しないような配慮を行い、さらに、シース内に浸出した接着剤については、硬化前に撤去しなければならない。

接着剤は接合面の両面全体にむらなく塗布するのを原則とするが、マッチキャスト方式でブロックを製作する場合には、接合性が非常に良好であるため、片面の塗布のみで対処することが可能である。

5. 4. 3 プレストレッシング

- (1) プレストレッシングにあたっては、すべての接合キーがかみ合ったことを確認した後に作業を開始し、接着剤の可使時間以内に全断面に圧縮応力が作用する状態にしなければならない。
- (2) 最初に緊張するP C鋼材は、部材断面の水平および鉛直図心軸に近いものを選定するのが望ましい。
- (3) プレストレッシングにともなう主げたの変形によって、主げたに有害な応力が発生しないよう適切な処置を講じなければならない。
- (4) プレストレッシングが終了したのち接着剤が硬化するまで、主げたには自重以外の荷重を作用させてはならない。

- (1) 接着剤は、可使時間を過ぎると流動性がなくなり接合面の余分な接着剤が押し出されなくなったり、一部にすき間ができるので、作業時間と接着剤の可使時間との関係を事前に調べておき、可使時間以内に全断面に圧縮応力が作用する状態にしなければならない。なお、プレストレッシングにより接合部から押し出された接着剤は、外観上好ましくないので、これを取り除かなければならない。
- (2) 最初に緊張するP C鋼材は、ブロックを正確に密着させる必要があるので、できるだけ水平および鉛直図心軸近くに配置しているものを選ぶのが望ましい。
- (3) プレストレッシングにより、プレキャストブロックは変形を生じる。とくにTげたの場合は、弾性縮みやそりによって主げたに有害な応力が発生しないよう配慮しなければならない。
- (4) 接着剤の硬化中に主げたに大きな荷重が作用すると、硬化中の接着剤に悪影響を及ぼし接着強さが低下することもあると考えられるので、プレストレッシングが終了したのち接着剤が硬化するまで、主げたには自重以外の荷重を作用させてはならない。

なお、ここでいう接着剤の硬化は、土木学会規準「プレキャストコンクリート用エポキシ樹脂系接着剤（橋げた用）品質規格（案）」に示すR C I式乾燥時間測定器、またはこれと同等以上の性能を有する試験機器を用いた針跡結果での硬化完了時点とする。

この硬化完了時点は使用する接着剤ごとの試験結果をもとに使用時の気温などを考慮したうえで判断する必要がある。

5. 4. 4 グラウト

- (1) グラウトは、接着剤の硬化後に行わなければならない。
- (2) グラウトが、隣接するシース内に流入しないよう、また接合部から流出しないよう適切な配慮をしなければならない。

(1) グラウトを注入するにあたっては、あらかじめシース内に水を通して洗浄し十分に湿潤状態にする必要があるので、グラウト作業は接着剤への影響を考慮して接着剤の硬化後に行わなければならない。

(2) グラウトの注入作業にあたっては以下のことに配慮しなければならない。

- ① プレキャストブロック継目部ではコンクリートが不連続であることから、シース間においてコンクリート面への接着剤の塗布が不十分な場合や、張出し架設に用いるブロックでシースとPC鋼材定着用箱抜きとのあきが不十分な場合に、グラウトが接合面を介して隣接するシース内へ流入する連通が生じる危険性がある。プレキャストブロック工法ではこのような連通が生じないように十分に配慮しなければならない。
- ② グラウトの注入は下方のケーブルから行う。
- ③ シースの配置群毎にグループ分けをして、1グループが終了してから次のグループの注入を行う。

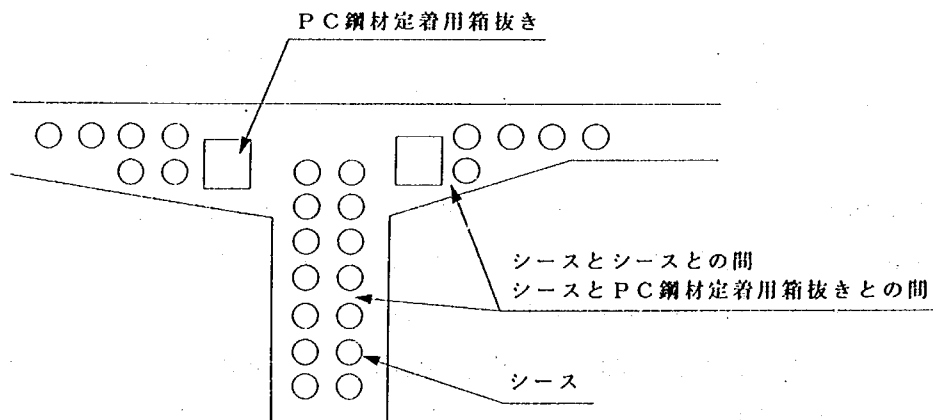


図-解5. 4. 3 連通を防止するために接着剤を塗布する時に特に注意しなければならない箇所

5. 5 プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート橋の架設

5. 5. 1 一般

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリート道路橋の架設は、設計で意図された構造物の安全性、耐久性などが確保されるようにしなければならない。

ここでいう架設とは、ブロックを架橋位置に配置し固定することをいう。

ブロックの架設工法はTげた橋の場合と箱げた橋の場合とに大別される。Tげた橋の架設工法には主に以下のようなものがある。

①トラッククレーンによる架設

②架設桁による架設

次に、箱げた橋の架設工法には主に以下のようなものがある。各架設工法はブロックの架設地点の地理的形狀、ブロックの形狀、重量のほか、張出し工法、スパンバイスパン工法、一括架設工法などがあり、架設の条件に適した方法が選択される。

①トラッククレーンによる架設

②架設げた、架設トラスによる架設

③移動式架設作業車（エレクションノーズ）による架設

箱げた橋を架設する場合には、計画高などの設計条件を満足するとともに、隣接ブロックとの接合時の衝撃などにより局部応力が発生しないようにしなければならない。

5. 5. 2 Tげた橋の架設

(1) 架設中は、接合キーや断面に欠損が生じないように行わなければならない。

(2) けたの横方向の安定性を確認し、架設しなければならない。

(3) 架設中および仮置時の安定性および安全性について検討し、必要により適切に補強しなければならない。

(1) プレキャストブロックの接合面には接合キーが配置されており、形状が複雑なので欠けやすい。これらが欠けるとせん断耐力の低下や曲げ応力度がみだれるおそれがあるので慎重に架設をしなければならない。欠損が生じた場合は、欠損の程度によりプレキャストブロックの補修や取替えを検討しなければならない。また、この場合でも次のプレキャストブロックの接合に影響をおよぼしてはならない。

- (2) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげたの接合部には鉄筋が貫通していないので、一般に鉄筋が貫通しているけたに比べて横座屈に対するじん性が小さい。また、けたが横方向に傾斜すると自重の横方向分力によって引張力が生じるので注意しなければならない。横座屈に対して安全率を上げるための方法とけたの傾きによる引張力に抵抗させる方法を以下に示す。(付録-6 参照のこと)

・安全率を上げる方法

- ①支持間隔を短くする。
- ②架設用鋼材をPCけたの上フランジ側面などに取付け一時的に横方向の剛性を上げる。
- ③剛な架設金具などを用いて吊り点までの距離を大きくする。
- ④断面性能を改善する。

・けたの傾きによる引張力に抵抗させる方法

- ①架設用外ケーブルをPCけたの上面あるいは上フランジ側面に取付け、プレストレスを導入する。
- ②引張力に相当する仮設鋼材を取付ける。

ただし、支持間隔を短くした場合やプレストレスを導入する場合は、主げたの応力度が許容値を満足していることを確認しなければならない。

- (3) Tげた橋は通常トラッククレーンや架設げたで架設される。この場合、移動・吊上げなどの架設中に衝撃や振動などによりけたが損傷したり過大な応力が生じないように注意しなければならない。

5. 5. 3 箱げた橋の架設

- (1) 架設中は接合キーや断面に欠損が生じないように行わなければならない。
- (2) ブロックの架設においては、線形上の誤差が生じやすいので注意してこれを行わなければならない。

- (1) プレキャストブロックの接合面には接合キーや引寄せ突起などの突起が多く、形状が複雑なので欠けやすい。これらが欠けるとせん断耐力の低下や曲げ応力度がみだれるおそれがあるので慎重に架設しなければならない。欠損が生じた場合は、プレキャストブロックの補修あるいは程度のひどい場合には取替えを検討しなければならない。また、この場合でも次のプレキャストブロックの架設に悪影響を与えないように注意する必要がある。
- (2) プレキャストブロック工法において、基準ブロックの据付け時の誤差がわずかでも、プレキャストブロック全体の誤差は張出し長に比例して大きくなる。したがって、基準ブロックの据付けを特に精度よく行わなければならない。また、片持ち張出し工法の場合、断面の圧縮応力度の分布差による接着剤の厚みの差や製作時の上下縁の乾燥収縮度の差や底型わくの沈下などの影響により、けたは張出

していくにしたがい張出し長の1/1000～1/2000程度反り上がる傾向にあるという報告事例もあるので注意する必要がある。これを防ぐには、図-解5.4.2などのような引寄せ工法を行い、接着剤が硬化するまで接合面の圧縮応力度の差を小さくしておくことが有効である。

マッチキャストで製作したプレキャストブロックの架設精度は基本的にはプレキャストブロック製作時に決定するため架設中の方向の微調整は困難である。したがって、架設終了時の架設誤差が過大になると予想された場合は、施工途中のできるだけ早い段階で誤差の修正をするのがよい。この場合の修正方法としては以下の方法が考えられる。

①継目部を場所打ちコンクリート目地とする方法

②エポキシ継目部に誤差修正用のシムを挿入する方法

③カウンターウェイトなどの強制荷重による方法

これらの修正を行う場合は、いずれの方法を採用するにしても継目部の局所的な応力、構造物全体の安全性、安定性などについて十分に検討する必要がある。特に、シムによる方法の場合には、その材質（弾性係数の相違）や厚さなどにより局所的に応力が集中する場合があるので注意する必要がある。AASHTOでは応力集中を避けるために、1箇所挿入するシムの厚さを接着剤の可能塗布厚程度の1.6mm以下に制限している。

参考文献

1章 総 則

- 1-1) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針、(社)日本道路協会、平成4年10月
- 1-2) コンクリート道路橋設計便覧、(社)日本道路協会、平成6年2月

2章 使用材料

- 2-1) コンクリート標準示方書【平成6年版】規準編、土木学会、平成6年3月

3章 計 画

- 3-1) CONTROLLING TWIST IN PRECAST SEGMENTAL CONCRETE BRIDGES, PCI JOURNAL, JULY/AUGUST, 1985.

4章 設 計

- 4-1) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(Ⅲ)、建設省土木研究所、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、平成6年3月
- 4-2) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(Ⅱ)、建設省土木研究所、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、平成5年3月
- 4-3) プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(Ⅰ)、建設省土木研究所、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会、平成4年3月
- 4-4) コンクリート道路橋設計便覧、(社)日本道路協会、平成6年2月
- 4-5) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針、(社)日本道路協会、平成4年10月
- 4-6) 小林和夫：コンクリート合成はりに関する研究、昭和48年2月

5章 施 工

- 5-1) 中規模径間(40m~60m)PC橋に関する調査研究報告書(その3)、(財)高速道路調査会、昭和53年3月
- 5-2) プレキャストブロック張出し工法に関する目地試験、プレストレストコンクリート、Vol. 23, No. 11, Nov., 1981.
- 5-3) HIGHWAY BRIDGE DIVISION II - CONSTRUCTION, AASHTO.

付録－1 共同研究成果の概要

1. 共同研究成果の概要

1. 1 共同研究の経緯

プレキャストブロック工法は、比較的古くから使用されてきた工法であるが、急速施工を必要とする工事や、急峻な地形下等における特殊な工法として位置づけられてきた。しかし、建設業界における近年の労働力不足等を背景に、施工の省力化に対する有効な工法の一つとしてプレキャストブロック工法が注目を集め、施工実績も増加している。本工法は、部材を運搬可能なブロックに分割して工場または製作ヤードで製作し、現場に搬入した後、接合キーおよび接着剤によって接合し、プレストレスを導入することによって一体化を図る工法である。本工法を採用することによって、下部工の竣工を待たずに上部工の製作が可能となり、施工の省力化および工期の短縮が期待される。また、部材を工場で製作することが可能なため、優れた品質管理が期待できることや高強度コンクリートが使用できること等省力化以外にも有利な点が多い。しかし、プレキャストブロック工法を道路橋に適用する場合、その設計・施工についての細目を規定した基準が十分に整備されていないのが現状であり、それを望む声が高まっていた。本共同研究はこうした点を考慮して、建設省土木研究所と(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会が共同で、プレキャストブロック橋の設計法の整備を目的として平成3年度より3年間にわたって実施したものである。

平成3年度は、プレキャストブロック工法による施工実績の8割程度を占めているTげた橋を対象に、鋼製接合キーを配置した継目部のせん断耐力、プレストレスの効果および接着剤の影響などについて純せん断実験を行い、継目部のせん断伝達機構を明らかにした。

平成4年度は、今後増加が予想される箱げた橋を対象として、3種類のコンクリート製接合キーについて、継目部のせん断耐力、プレストレスの効果および接着剤の影響を考慮してせん断力を卓越させた曲げせん断実験を行い、継目部のせん断伝達機構を明らかにした。

これら2年間の成果は、『プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針』（(社)日本道路協会、平成4年10月）および『コンクリート道路橋設計便覧』（(社)日本道路協会、平成6年2月）に反映されている。

また、平成5年度は、Tげた橋を対象に鋼製接合キーを配置した継目部のねじり耐力、プレストレスの効果および接着剤の影響を考慮して純ねじり実験を行い、継目部のねじり伝達機構を明らかにした。

ここでは、3年間にわたって行われた共同研究の実験成果の概要について報告するものである。

1. 2 プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(1) 概要

1. 2. 1 まえがき

プレキャストブロック橋の継目部では、曲げモーメントの影響はプレストレスの効果によってかなり打ち消されるので、せん断力が卓越して作用する。今回の実験ではこのせん断力に着目し、この断面力に対する継目部の挙動を実橋に近い形で把握するために、継目部をモデル化した供試体の純せん断実験を行った。

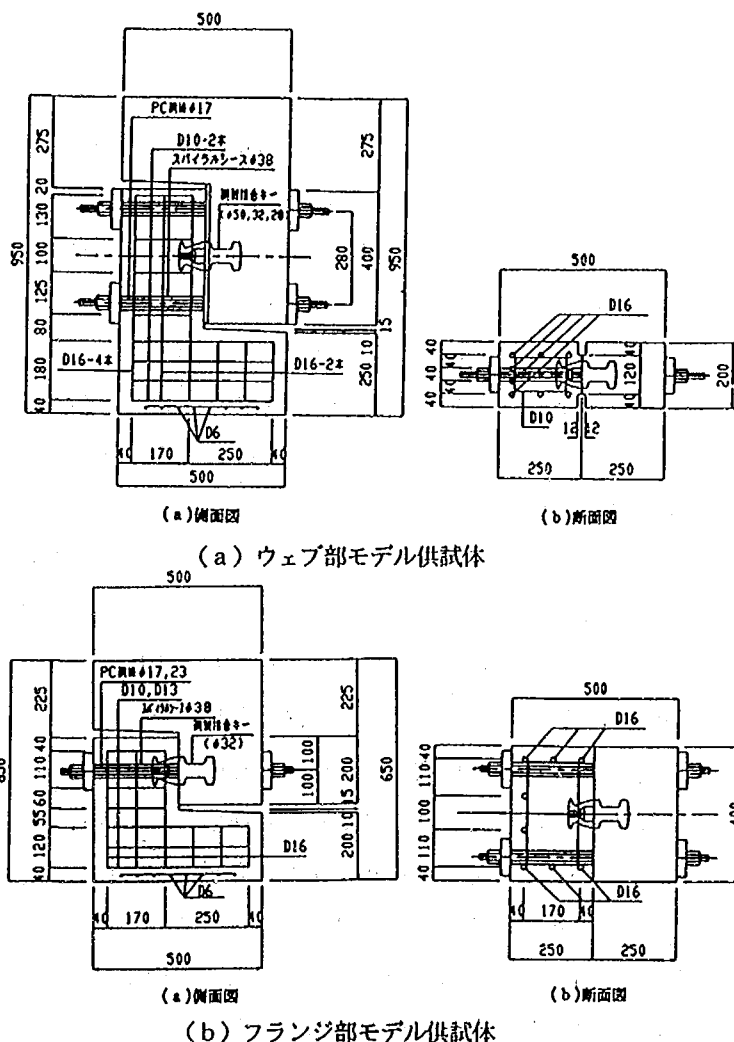
1. 2. 2 目的

本実験では、次の項目について確認することを目的とする。①継目部のひびわれ発生状況。②ひびわれ発生後の継目部の耐荷機構。③継目部の最終耐力とプレストレスの効果。④鋼製接合キーの変形状とキー周りのコンクリートの抵抗力。

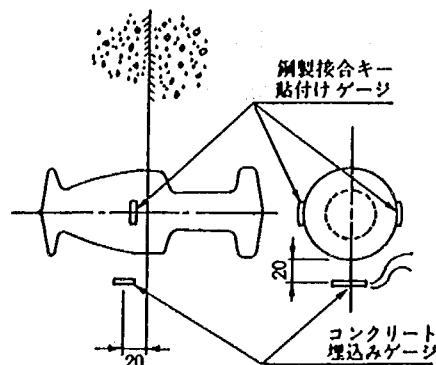
1. 2. 3 実験方法

供試体の形状寸法および諸元をそれぞれ付図-1.2.1および付表-1.2.1に示す。供試体は継目部のせん断耐力に影響を与える①プレストレス量、②鋼製接合キーの有無および径、③接着剤の状態、④鋼製接合キーの設置位置、の要因の組合せて計19体とした。供試体の継目面には接着剤を塗布し、P C鋼棒によって所定のプレストレスを垂直に導入した。なお、接着剤が未硬化の供試体は架設後の接着剤硬化前の状態を想定して接着剤の主剤だけを塗布したもので、ひびわれ状態の供試体は継目面のひびわれの発生を想定して接着剤の接着可能時間経過後一旦分離したものである。また、シースへのグラウトは行っていない。

使用したコンクリートの圧縮強度および引張強度の平均はそれぞれ、 492kgf/cm^2 および 40.4kgf/cm^2 であった。使用した鋼製接合キーは、ブロック工法を用いたポストテンションTげた道路橋で現在最も多く使用されている材質がPCD450のものである。接着剤の圧縮強度、引張強度および接着強度はそれぞれ 793kgf/cm^2 、 279kgf/cm^2 および 75kgf/cm^2 であった。載荷実験は土木研究所の200tf万能試験機を用いて、静的な一軸圧縮載荷の方法で行った。載荷荷重はロードセルを用いて測定した。供試体には、継目部の鉛直



付図-1.2.1 供試体の形状寸法



付図-1.2.2 内部埋込ゲージ位置

付表-1.2.1 供試体諸元および試験結果の概要

番号	供試体名	モデル	プレストレス (kgf/cm ²)	鋼製接合キーの有無及び径 (径mm)	接着剤の状態	継目部ひびわれ発生荷重 A (tonf)	換算接合面積 B' (cm ²)	ひびわれ発生応力度 A/B' (kgf/cm ²)	最大荷重 (tonf)
1	W-60-32-II	ウェブ部	60	有り(32)	完全接着	51.3	495.0	103.5	52.1
2	W-30-32-II	ウェブ部	30	有り(32)	完全接着	39.3	488.4	77.5	40.4
3	W-0-32-II	ウェブ部	0	有り(32)	完全接着	18.8	467.3	38.6	28.8
4	W-60-32-I	ウェブ部	60	有り(32)	未硬化	10.4	498.8	20.8	31.8
5	W-30-32-I	ウェブ部	30	有り(32)	未硬化	6.2	498.8	12.4	23.7
6	W-0-32-I	ウェブ部	0	有り(32)	未硬化	0.0	498.8	0.0	22.2
7	W-60-50-II	ウェブ部	60	有り(50)	完全接着	54.2	514.7	105.3	54.2
8	W-0-50-II	ウェブ部	0	有り(50)	完全接着	27.5	514.3	53.5	33.7
9	W-60-28-II	ウェブ部	60	有り(28)	完全接着	45.7	490.8	93.1	45.7
10	W-0-28-II	ウェブ部	0	有り(28)	完全接着	25.0	493.9	50.6	26.8
11	W-60-0-II	ウェブ部	60	無し	完全接着	46.3	467.7	98.9	49.0
12	W-30-0-II	ウェブ部	30	無し	完全接着	35.8	490.8	72.9	41.4
13	W-60-32-S	ウェブ部	60	有り(32)	ひびわれ	11.1	498.8	22.3	31.6
14	W-30-32-S	ウェブ部	30	有り(32)	ひびわれ	6.8	498.8	13.5	26.4
15	W-60-0-S	ウェブ部	60	無し	ひびわれ	9.8	480.0	20.2	14.5
16	W-30-0-S	ウェブ部	30	無し	ひびわれ	5.1	480.0	10.6	6.1
17	F-60-32-II	フランジ部	60	有り(32)	完全接着	87.5	820.8	106.6	88.8
18	F-30-32-II	フランジ部	30	有り(32)	完全接着	68.8	787.1	87.3	70.0
19	F-0-32-II	フランジ部	0	有り(32)	完全接着	34.9	820.8	42.5	34.9

注: ①供試体名の記号は、以下を表す。

W-60-32-II

└─ 接着剤の状態 (II: 完全接着, I: 未硬化, S: ひびわれ)
└─ 鋼製接合キーの有無及び径 (32: 有り32mm, 50: 有り50mm, 28: 有り28mm, 0: 無し)
└─ プレストレス (60: 60kgf/cm², 30: 30kgf/cm², 0: 0kgf/cm²)
└─ モデル種別 (W: ウェブ部モデル供試体, F: フランジ部モデル供試体)

②接着剤の状態が未硬化およびひびわれの供試体については、

継目部のずれ始め荷重 (変位が0.1mm) を示す。

③実測した接合面積に鋼製接合キーの断面積をコンクリートとのせん断弾性係数比により割増した面積。

④接着剤の状態が未硬化およびひびわれの供試体については、摩擦応力度を示す。

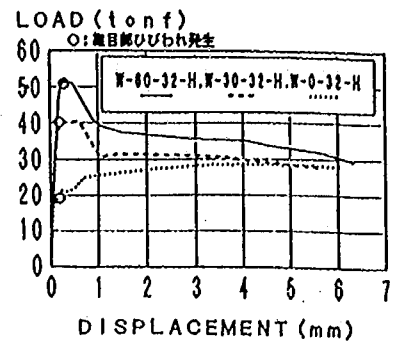
方向ずれを計測するためにウェブ部モデルでは、継目

部の上部、中央部、下部の3カ所に、フランジ部モデルでは上部、下部の2カ所に変位計を設置した。また、コンクリート表面のひずみを計測するためにコンクリート面にひずみゲージを貼付した。さらに、付図-1.2.2に示すように鋼製接合キーの力の分担の過程を調べるために、メス側キーの外周面にひずみゲージを貼付した。また、鋼製接合キーによるコンクリートの支圧応力の集中の過程を調べるために、メス側キー直下2cmの位置に埋込みゲージを埋設した。

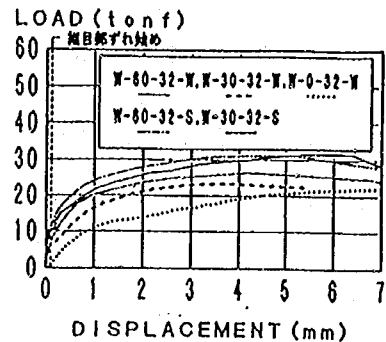
1. 2. 4 実験結果と考察

1.2.4.1 プレストレスの影響

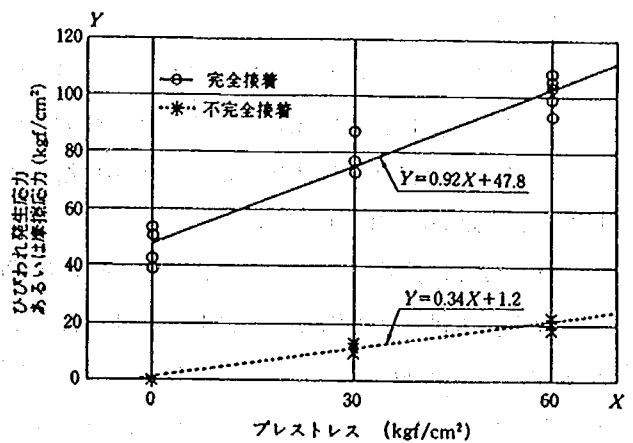
付図-1.2.3にプレストレスの大きさのみが異なる供試体の荷重と変位の関係を示す。これより、完全接着でプレストレスの大きさのみが0、30および60kgf/cm²と異なる供試体の継目部ひびわれ発生荷重はそれぞれ19、40および52tonf程度であり、プレストレス力が大きくなるにしたがって大きくなっている。接着剤が未硬化あるいはひびわれ状態のプレストレスの大きさのみが0、30および60kgf/cm²と異なる供試体の継目部ずれ始め荷重は、それぞれ0、6および11tonf程度であり、プレストレス力が大きくなるにしたがって大きくなっている。継目部が完全接着の供試体については、まず接着剤とコンクリートの界面のモルタル層にひびわれが発生し、耐荷機構が接着剤とコンクリートの付着によるものから鋼製接合キーによるものへと移行する。一方、接着剤が不完全接着のものは載荷直後から鋼製接合キーが力を負担する。プレストレスの効果は、完



(a) 完全接着供試体



(b) 接着剤未硬化およびひびわれ状態供試体
付図-1.2.3 荷重-変位の関係



付図-1.2.4 継目部ひびわれ発生応力度および摩擦
応力度(摩擦係数)とプレストレスの関係

付表-1.2.2 鋼製接合キーの耐力およびコンクリート支圧応力

試体番号	モデル	プレストレス (kgf/cm ²)	鋼製接合キーの径 (mm)	キー埋込み長さ Le (cm)	接着剤の状態	換算支圧幅 B (cm)	コンクリート強度 T (kgf/cm ²)	B/T	鋼製接合キーの耐力 Vn' (tonf)	支圧応力 実験値 fb (kgf/cm ²)	f _b /f _{ck}
1	W-60-32-II	60	32	5.5	完全接着	5.52	20	0.28	22.1	2184	4.43
2	W-30-32-II	30	32	5.5	完全接着	5.52	20	0.28	21.0	2075	4.21
3	W-0-32-II	0	32	5.5	完全接着	5.52	20	0.28	23.6	2332	4.73
4	W-60-32-V	60	32	5.5	未硬化	5.52	20	0.28	22.0	2174	4.41
5	W-30-32-V	30	32	5.5	未硬化	5.52	20	0.28	19.0	1877	3.81
6	W-0-32-V	0	32	5.5	未硬化	5.52	20	0.28	22.2	2194	4.45
7	W-60-50-II	60	50	7.9	完全接着	7.56	20	0.38	29.3	1472	2.99
8	W-0-50-II	0	50	7.9	完全接着	7.56	20	0.38	24.9	1251	2.54
9	W-60-28-II	60	28	5.9	完全接着	4.64	20	0.23	14.8	1622	3.29
10	W-0-28-II	0	28	5.9	完全接着	4.64	20	0.23	20.9	2290	4.65
11	W-60-32-S	60	32	5.9	ひびわれ	5.52	20	0.28	16.1	1591	3.23
12	W-30-32-S	30	32	5.5	ひびわれ	5.52	20	0.28	14.2	1403	2.85
13	F-60-32-II	60	32	5.5	完全接着	5.52	40	0.14	35.4	3498	7.09
14	F-30-32-II	30	32	5.5	完全接着	5.52	40	0.14	29.1	2875	5.83
15	F-0-32-II	0	32	5.5	完全接着	5.52	40	0.14	22.2	2194	4.44

注: コンクリート強度 f_{ck} は平均で 493 kgf/cm² であった。

ウェブ部モデルの接合面積は 480 cm²、フランジ部モデルの接合面積は 800 cm² であった。

接着剤の状態において「完全接着」は健全な状態、「未硬化」は架設時を想定した状態、「ひびわれ」はひびわれ発生状態を想定したものである。「未硬化」、「ひびわれ」供試体を不完全接着供試体とする。

全接着時には、コンクリート橋の鉛直鋼棒の効果と同様にひびわれの発生を遅らせる。また、ひびわれ発生後または不完全接着の場合は、その摩擦抵抗増に有効に働き、鋼製接合キーの負担するせん断力を軽減させる。付図-1.2.4に各供試体の継目部ひびわれ発生荷重およびすれ始め荷重とプレストレス力の関係を示す。完全接着の供試体の場合、プレストレス力が 0 kgf/cm² のときの付着力は 47.8 kgf/cm² 程度であり、摩擦係数は 0.92 程度であった。また、不完全接着供試体のプレストレス力による摩擦係数は 0.34 程度であった。プレストレス力の大きさと摩擦係数は、鋼製接合キーの有無、径および鋼製接合キーの設置位置の違いによらず、継目部の状態ごとにそれぞれほぼ比例関係にあることが理解される。

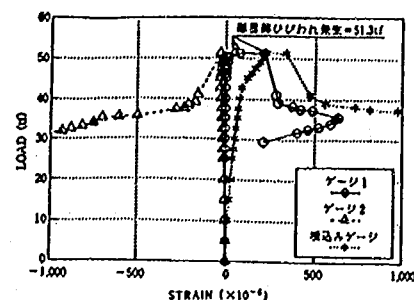
1.2.4.2 鋼製接合キーの影響

付図-1.2.5に接着剤が完全接着状態と未硬化状態の代表的な供試体の内部ひずみゲージと荷重の関係を示す。完全接着供試体の場合、継目部にひびわれが発生した時から鋼製接合キーに力が作用し始めた。接着剤が未硬化の供試体の場合、プレストレスが導入されているものはプレストレスによる摩擦力により受け持たれる荷重 10 tonf 程度から、プレストレスが導入されていないものは載荷直後からひずみが増大しており、この時点から鋼製接合キーに力が作用していることがわかる。すなわち、鋼製接合キーにはプレストレスによる摩擦力や骨材のかみ合い作用により受け持てる荷重を越えた荷重が作用したとき、その越えた分について受け持つことが理解される。鋼製接合キーに力が作用すると鋼製接合キー近傍のコンクリート部分の支圧応力が増加し、最終的にこの部分のコンクリートの圧壊により耐力を失った。鋼製接合キー自体は、埋込み抵抗をよくするためにツバがつけられているが、埋込み長が短いために回転した形跡が見られた。ここに、付図-1.2.6に示すように鋼製接合キーが受持つ荷重がメスキーの長さの 1/3 と鋼製接合キーの直径をリング方向に 45° 分布させた換算支圧幅 B の積で求められる支圧面積を通じてコンクリートに伝達されると仮定すると、コンクリートの支圧応力は次式で求められる。

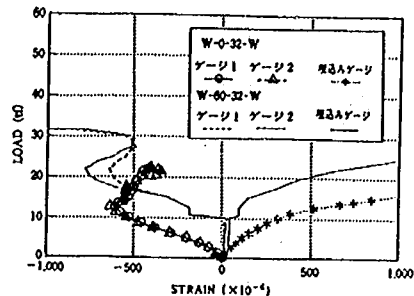
$$f_b = \frac{Vn'}{B \cdot (Le/3)}$$

ここに、f_b: コンクリートの支圧応力、Vn': 作用せん断力

B: 換算支圧幅、Le: メスキー長



(a) 完全接着供試体 (W-60-32-II)



(b) 未硬化供試体 (W-60-32-W, W-0-32-W)

付図-1.2.5 内部ひずみゲージのひずみと荷重の関係

付図-1.2.7にコンクリートの支圧応力 f_b をコンクリート強度 f_{ck} で除した値と鋼製接合キーの換算支圧幅 B をコンクリートの抵抗幅 T で除した B/T の関係を示す。今回の実験では、コンクリートの支圧応力の限界値はコンクリートの圧縮強度の2.54倍から7.09倍程度であり、 B/T が小さいほど大きかった。

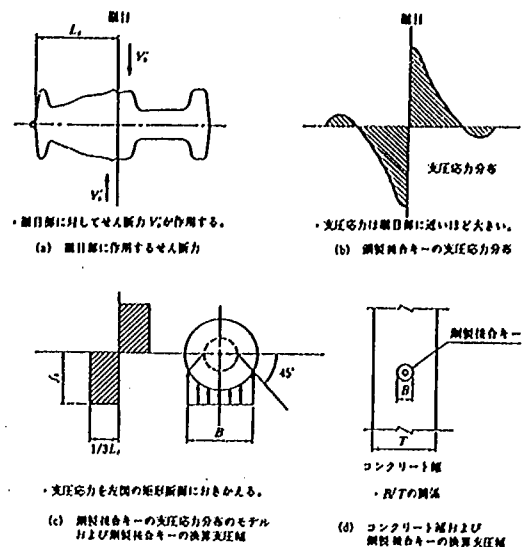
1. 2. 5 結論

- ① 継目部のひびわれは、接着剤とコンクリートの界面のモルタル層で発生する。
- ② ひびわれ発生後の耐荷機構は、接着剤とコンクリートとの境界面での付着によるものから、鋼製接合キーによるものへと移行する。
- ③ プレストレスは、継目部の摩擦抵抗の増加に有効に作用し、鋼製接合キーによって受け持たれるせん断力を軽減させる。
- ④ 完全付着の場合には、接着剤による付着力は 47.8 kgf/cm^2 程度であり、プレストレスによる摩擦係数は0.92程度である。
- ⑤ 未硬化およびひびわれ状態の供試体のプレストレスによる摩擦係数は0.34程度である。
- ⑥ 鋼製接合キーを有する供試体では、一般に鋼製接合キー

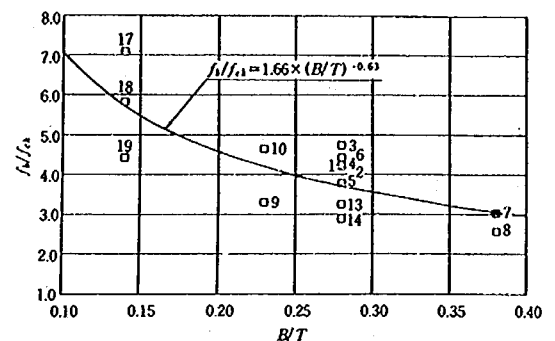
近傍のコンクリート部分に応力集中が生じ、その影響で圧壊により耐力を失った。この場合のみかけの鋼製接合キーの耐荷力は、換算支圧幅 B (鋼製接合キーの内周円とその図心軸との交点から 45° 方向の分布線が外周円と交差する2点間の距離) をコンクリートの抵抗幅 T (鋼製接合キーが設置されている部分の荷重作用軸の直角方向の幅) で除した B/T の値によって増減する。

【参考文献】

- 1) 藤原、西川、箕作ほか：プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書Ⅰ、建設省土木研究所共同研究報告書第69号、平成4年3月
- 2) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針
(社)日本道路協会、平成4年10月
- 3) 西川、箕作、杉山、渡辺：プレキャストコンクリートブロック継目部のせん断伝達に及ぼすプレストレスの効果、土木学会第47回年次講演会V-71、平成4年9月
- 4) 西川、箕作、杉山、渡辺：鋼製キーを有するプレキャストコンクリートブロック継目部の破壊耐力、土木学会第47回年次講演会V-72、平成4年9月



付図-1.2.6 支圧応力分布モデル



付図-1.2.7 コンクリート強度・支圧応力度と B/T の関係

1. 3 プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(II) 概要

1. 3. 1 まえがき

プレキャストブロック工法は、施工の省力化が期待できる工法として注目を集めている。同工法による施工実績件数はTげたによるものが8割程度を占めているが、近年の構造物の大型化に伴い箱げたへの適用がさらに増加すると思われる。

そこで本研究では、プレキャストブロック工法による箱げた橋をとり上げ、箱げたの継目部にコンクリート製接合キーを配置した場合の、せん断伝達機構およびせん断耐力を把握するために、継目部せん断実験を行った。本報告書はその結果をとりまとめたものである。

1. 3. 2 研究目的

プレキャストブロック工法に関して「道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編」((社) 日本道路協会、平成2年2月) には、設計荷重時および終局荷重時の引張応力度についての規定とねじりモーメントに対する必要鋼材量の規定、そして、接合キーについての規定が記述されている。接合キーに関しては、箱断面のけたに台形接合キーを使用した場合の記述のみで、架設時または終局荷重時に継目部に作用するせん断力に対して補強鉄筋を算出する設計になっている。しかし、実際の接合キーの挙動や補強鉄筋のひずみ等に関するデータは十分ではなく、プレストレスによる摩擦効果や接着状態の影響等についても不明な点が多いのが現状である。そこで、プレキャストブロック工法による箱げたの継目部のせん断伝達機構およびせん断耐力を把握するために、箱げたのウェブを想定して以下の項目について確認することとした。

- (1) 継目部の力の流れ、ひびわれ発生状況および破壊形態
- (2) せん断耐力
- (3) プレストレスの効果
- (4) 接合キーの形状および寸法の効果
- (5) 接着状態の影響
- (6) 補強鉄筋量の影響

1. 3. 3 試験方法

継目部にコンクリート製接合キーを配置した場合のせん断力に対する挙動を把握するために、接合キー部分をモデル化して供試体を製作した。供試体の形状寸法および諸元を付表-1.3.1と付図-1.3.1~1.3.3に示す。

1.3.3.1 小型供試体

供試体は計14体とし、製作はマッチキャスト方式で行った。使用したコンクリートの圧縮強度および引張強度は 502kgf/cm^2 、 36.6kgf/cm^2 であった。プレストレス導入用のPC鋼棒はC種I号(SBPR1080/1230)の $\phi 23\text{mm}$ を、鉄筋はSD295AのD13、D16、D19を使用した。接着剤はエポキシ樹脂系のもので土木学会基準を満足している2液型接着剤(主剤、硬化剤)を使用しており、圧縮強度、引張強度および接着強度はそれぞれ 820kgf/cm^2 、

付表-1.3.1 供試体一覧

種 別	No	供 試 体 名	キ一形状	キ一 角度	キ一寸法	補強筋 Ae	プラスチック (kgf/cm ²)	接着剤 の状態
大 型 供試体	1	B-C45T-20-H	台 形(C)	45°	10-30/10	①2-D19 ②2-D13	20	完全接着
小 型 供試体	1	S-C45N-40-H	台 形(C)	45°	10-30/10	2-D19	40	完全接着
	2	S-C45N-20-H					20	
	3	S-C45N-0-H					0	
	4	S-C45N-20-W				4-D19	20	未 硬 化
	5	S-C45L-40-H						
	6	S-C45-40-H					40	
	7	S-C60N-40-H	-無し(N)	60°	10-30/18	2-D19		完全接着
	8	S-N-40-H					40	
	9	S-M3-40-H	多 段(W)	45°	3- 9/3	- - -	40	完全接着
	10	S-M3-20-H				- - -	20	
	11	S-M3-0-H				- - -	0	
	12	S-M3-20-W				- - -	20	
	13	S-M5-40-H			5-15/5	- - -	40	
	14	S-W-40-H	波 形(W)	- - -	5-15	- - -	40	

*: 供試体名の記号は、以下を表す。

B-C45T-20-H

└ 接着剤の状態(H:完全接着, V:未硬化)

〔プレストレス(40:40kgf/cm², 20:20kgf/cm², 0:0kgf/cm²)

キーの形状(C45T:台形45°補強2タイプ, C45N:台形45°補強標準, C45L:台形45°補強多,

C45 :台形45° 補強無し, C60N:台形60° 補強標準, N:キ一無し,

M3:多段キ一高3cm, M5:多段キ一高5cm, W:波形)

└種別(B:大型供試体, S:小型供試体)

※:キ一寸法の記号は、以下を表す。

10-30/10

| | Lキーの短辺の長さ (cm)

キーの長辺の長さ又は波形キーの周期 (cm)

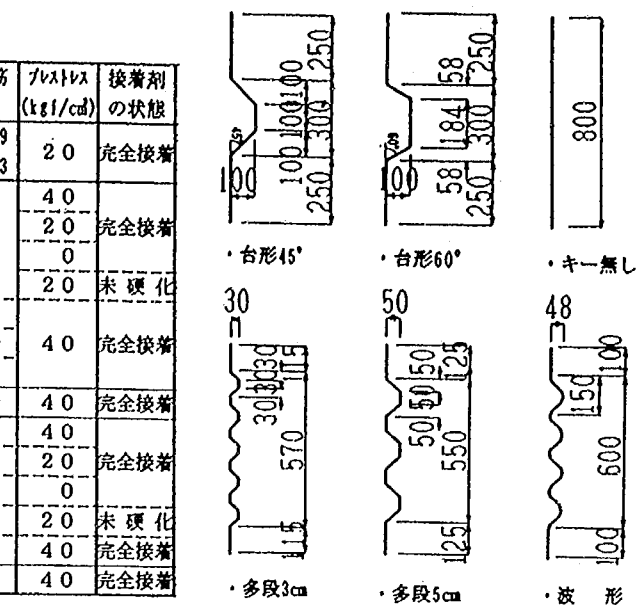
キーの高さ (cm)

235kgf/cm²および78kgf/cm²であった。供試体の接合はコンクリート打設の5~7日後として、完全接着供試体は両接合面に接着剤を約1mmずつ塗布し、仮プレストレスを導入して接着剤を硬化させた。不完全接着を想定した未硬化供試体は、継目部に接着剤の主剤のみを塗布した。

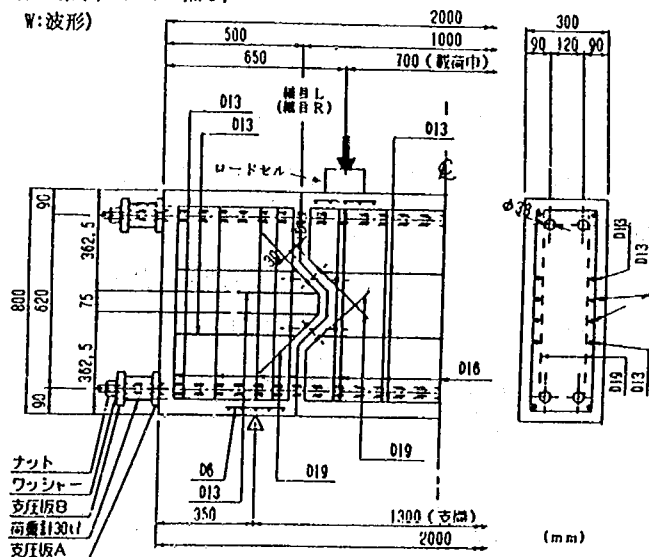
なお、シースへのグラウト注入は行っておらず、
 載荷は静的2点載荷で行った。

1.3.3.2 大型供試体

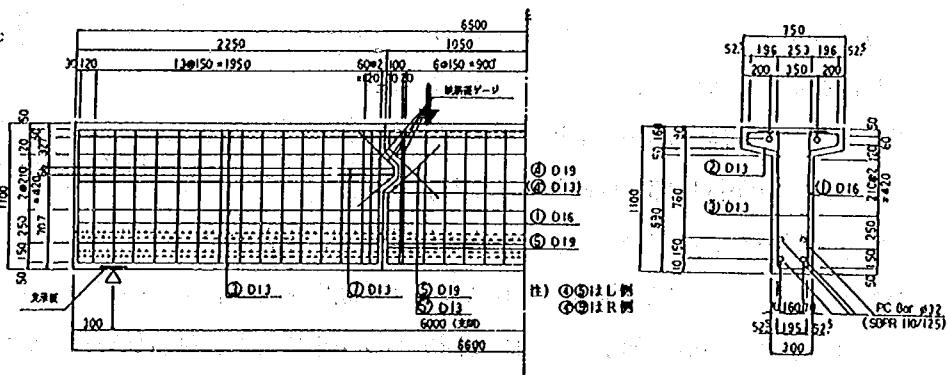
実橋に近い断面で、せん断力と曲げモーメントを同時に作用した場合の継目部の挙動を把握するために、箱げたの片側断面をモデル化したT断面の供試体をマッチキャスト



付図-1.3.1 接合部一形状寸法



付図-1.3.2 小型供試体(No. 1)



付図-1.3.3 大型供試体

付表-1.3.2 試験結果

No.	注1) 供試体名 (緒元)	曲げ	ひび割れ発生荷重(tf)				最大 荷重 (tf)	注4) 破壊形態
			せん断					
			継目L側		継目R側			
			表面	裏面	表面	裏面		
1	C45N-40-II	95	246	180	248	290	478	U, S
2	C45N-20-II	65	220	190	260	250	339	U
3	C45N- 0-II	20	108	100	なし	なし	180	K
4	C45N-20-W	72	(125)	(60)	(112)	(70)	300注3)	K
5	C45L-40-II	79	208	210	230	210	450	U
6	C45 -40-II	85	265	260	204	179	440	U
7	C60N-40-II	66	250	190	200	250	420	K
8	N -40-II	53	260	220	247	261	440	U
9	M3-40-II	80	240	210	220	248	450	U
10	M3-20-II	77	185	185	290	290	410	U
11	M3- 0-II	22	150	150	なし	137	286	U, S
12	M3-20-W	94	(230)	(137)	(200)	(165)	320	K
13	M5-40-II	105	248	164	270	270	420	U
14	W -40-II	78	253	207	225	265	467	U

注1) 供試体名の記号は、以下を表す。

C45N-40-II 接着剤の状態 (II: 完全接着, W: 未硬化)

プレストレス (40, 20, 0: 40, 20, 0kgf/cm²)

キーの形状

(C45N: 台形45° 補強D19-2本, C45L: 台形45° 補強D19-4本,

C45: 台形45° 補強無, C60N: 台形60° 補強D19-2本, N: キー無,

M3: 多段型キー高3cm, M5: 多段型キー高5cm, W: 波型)

注2) () 内は、Wの供試体で接合キーのひび割れ発生値。

注3) 供試体No.4は、計測機器の関係で300tfで载荷中止。

注4) U: ウェブ圧壊, S: せん断破壊, K: キー破壊

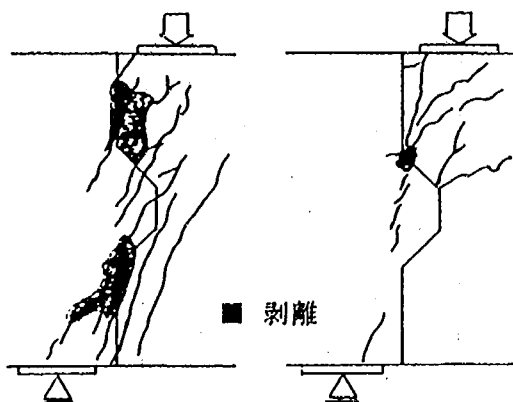
方式で1体製作した。接合キーは台形接合キーとし、接着剤の状態は完全接着で、PC鋼棒によりプレストレスを導入した。使用したコンクリートの圧縮強度および引張強度は502kgf/cm²、41.4kgf/cm²であった。PC鋼棒(φ32mm)、鉄筋、接着剤の規格は小型供試体と同様である。なお、緊張後にシーすへのグラウト注入を行い、载荷試験は静的2点载荷により行った。

1. 3. 4 試験結果

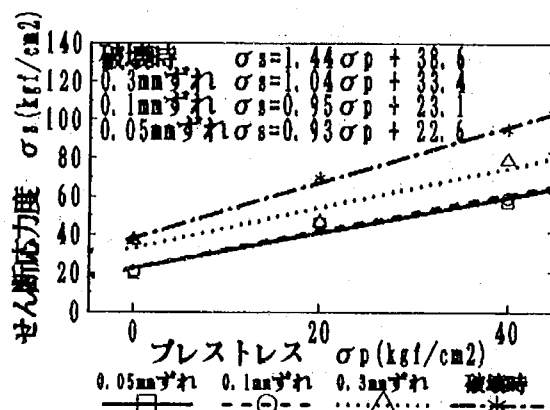
1.3.4.1 小型供試体

付表-1.3.2に試験結果を、付図-1.3.4にひびわれ状況を示す。破壊形態は接着剤の状態によって異なっており、継目部が完全接着の供試体は、せん断ひび割れが継目部を貫通して発生し、ウェブ

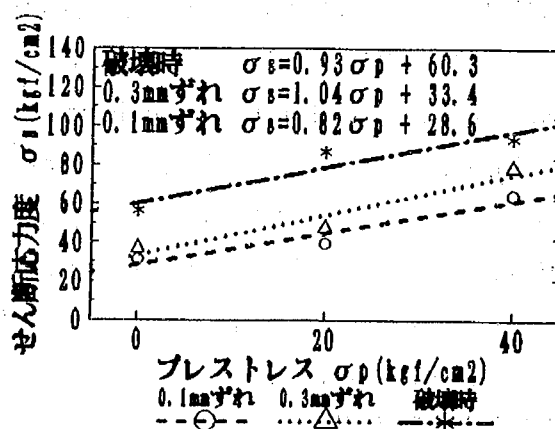
の圧壊で耐力を失っているが、未硬化の供試体は、接合キーにひび割れが発生して接合キーの破壊により耐力を失った。次に、完全接着でプレストレス40kgf/cm²、接合キーの形状だけが異なる供試体に関して、破壊時のロードセルの荷重値から平均せん断応力度を求めると、供試体No.1(台形45°)が95.0kgf/cm²、No.7(台形60°)が84.8kgf/cm²、No.8(キー無し)が91.3kgf/cm²、No.9(多段3cm)が93.3kgf/cm²、No.13(多段5cm)が89.7



(a) 供試体No.2: 完全接着 (b) 供試体No.4: 未硬化
付図-1.3.4 ひびわれ状況



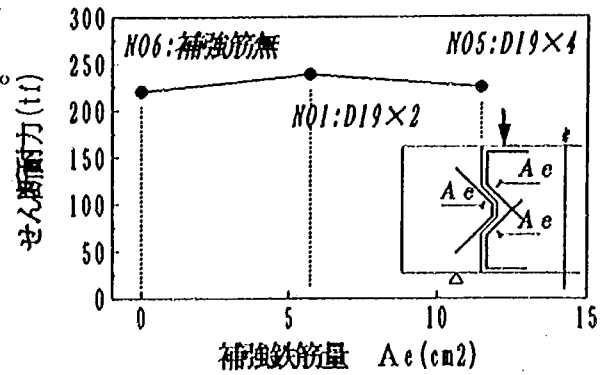
(a) 台形接合キー



(b) 多段接合キー

付図-1.3.5 プレストレス量と荷重によるせん断応力度の関係

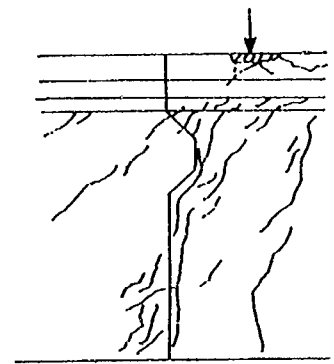
kgf/cm²、No.14(波形)が97.9kgf/cm²になった。付図-1.3.5に完全接着でプレストレス量が異なる供試体についてのプレストレス量と荷重による平均せん断応力度の関係を示す。プレストレスは継目部の摩擦抵抗の増加に有効に作用してせん断耐力を増加させることが理解できる。ここで、継目部が相対的に0.1mmずれるときのプレストレスによる摩擦係数(傾き)は、台形接合キーで0.95程度、多段接合キーは0.82程度であり、接合キーと接着剤によるせん断耐力(切片)は、台形接合キーで23kgf/cm²程度、多段接合キーは28kgf/cm²程度である。付図-1.3.6に完全接着でプレストレス40kgf/cm²、台形接合キーに配置してある補強鉄筋量(A_e)だけが異なる供試体についての、補強鉄筋量(A_e)とせん断耐力の関係を示す。補強鉄筋量(A_e)がせん断耐力に及ぼす影響は小さく、鉄筋量の大小にかかわらずせん断耐力はほぼ一定値の220t程度になった。



付図-1.3.6 補強鉄筋量とせん断耐力の関係

1.3.4.2 大型供試体

載荷荷重40tfで継目部に沿った曲げひびわれと支間中央の曲げひびわれがほぼ同時に発生したが、継目部ひびわれの方が進展は速くひびわれ幅も大きくなる傾向がある。また、曲げひびわれ後に発生したせん断ひび割れは、台形接合キーを貫通して進展している。付図-1.3.7にひびわれ状況を示す。大型供試体は、最終的には上フランジのコンクリートが圧壊することにより耐力を失ったが、付図-1.3.8の圧縮主応力分布から、破壊直前まで力は接合キーによって伝達されている。



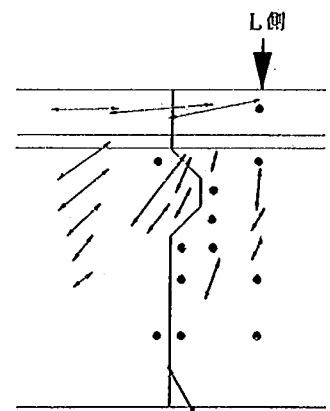
付図-1.3.7 ひびわれ状況(破壊直前)

1.3.5 結 論

- ① 継目部におけるひびわれ発生状況および破壊形態は接着剤の状態によって異なる。
- ② プレストレスは摩擦抵抗の増加に有効に作用してせん断耐力を増加させる。
- ③ 完全接着でプレストレス量が40kgf/cm²の場合、多段や波形接合キーも台形接合キーとほぼ同等のせん断耐力がある。
- ④ 完全接着でプレストレス量が40kgf/cm²の場合、台形接合キーの補強鉄筋量(A_e)がせん断耐力に及ぼす影響は小さい。

【参考文献】

- 1) 藤原, 西川, 神田ほか: プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(II), 建設省土木研究所 共同研究報告書第82号, 平成5年3月



付図-1.3.8 圧縮主応力分布図(破壊直前)

1. 4 プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書（Ⅲ）概要

1. 4. 1 まえがき

近年、市街地においては、用地問題等により架橋地点が限定されて斜角の小さい橋が増加している。これに加え、景観等の配慮から構造物の複雑化および大型化が進行しており、従来のコンクリート橋ではそれほど支配的ではなかったねじりの問題が無視できなくなりつつある。

また、2年間の共同研究の成果により、プレキャストブロック継目部におけるせん断伝達機構が明らかにされ、設計・施工の基準も徐々に整備されているものの、ねじりに対する継目部の挙動については未だ不明な点が残されている。

1. 4. 2 研究目的

施工の省力化等の要請より、プレキャストブロック工法が近年注目されているが、ブロック継目部の力の伝達機構、特にねじりに関するデータは十分でないのが現状である。『道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編』（（社）日本道路協会、平成6年2月）の「15.2プレキャストブロックの継目部」の解説によれば、「ねじりモーメントが作用するプレキャストブロックの継目部には、曲げモーメントおよびせん断力に対するPC鋼材のほかにねじりモーメントに対する軸方向PC鋼材を配置」するように規定されている。しかしこれは、ねじりモーメントに対する軸方向鉄筋をPC鋼材で代用したものであり、プレストレスの効果は考慮されていない。また、「2.4ねじりモーメントが作用する部材」の解説によると、「プレストレストコンクリート部材の場合には、ひびわれが発生するねじりモーメントは、プレストレスの効果により鉄筋コンクリート部材よりかなり大きな値となる。しかし、ひびわれ発生後におけるプレストレスの効果については不明な点があるので、ここではねじりモーメントによるひびわれの有無にかかわらずプレストレスの影響を無視する」ものとしている。

さらに、プレキャストブロック橋の継目部には、その構造特性上、ねじりモーメントに対する軸方向鉄筋を連続的に配置することは困難である。このことから、継目部におけるねじり伝達機構を把握することは設計上重要なことと考えられる。これより平成5年度は、鋼製接合キーを配置した継目部のねじり伝達機構等を明らかにすることを目的に、プレキャストブロック供試体の純ねじり実験¹⁾を行った。以下にその概要を示す。

1. 4. 3 試験方法

1.4.3.1 供試体

プレキャストブロック継目部のねじり伝達機構を把握するために、鋼製接合キーを配置したポストテンションTげた橋のウェブ継目部をモデル化して供試体を製作した。供試体は、継目部のねじり耐力に影響を与える①プレストレス量、②接合状態、③軸方向鉄筋およびスターラップ量、④鋼製接合キーの有無および配置位置、の要因の組み合わせで計16体製作した。供試体の一覧を付表-1.4.1に、供試体の形状寸法および配

載荷試験時でのコンクリートの圧縮強度は、
 541~631kgf/cm²であった。使用した接合キ
 ーは、プレキャストブロック橋で一般に用い
 られるFCD450φ28mmのものである。PC鋼棒は
 B種1号(SBPR930/1080)φ32を、鉄筋はSD295A
 のD10を接合キー周辺の補強用に、軸方向鉄
 筋とスターラップにD13またはD16を使用した。
 また、接着剤は土木学会規準を満たす2液型
 接着剤を用いており、圧縮強度、引張強度お
 よび接着強度は、781kgf/cm²、250kgf/cm²お
 よび81kgf/cm²であった。

供試体の接合は、コンクリート打設後8日目とし、完全接着供試体は接合面の両面に約1mmずつ接着剤を塗布して接合面を合わせた後に仮緊張を行って接着剤を硬化させた。また、劣化を想定した供試体は、完全接着の場合と同様に接合し、接着剤が完全硬化する前に接合面を切り離して接着剤を硬化させた。

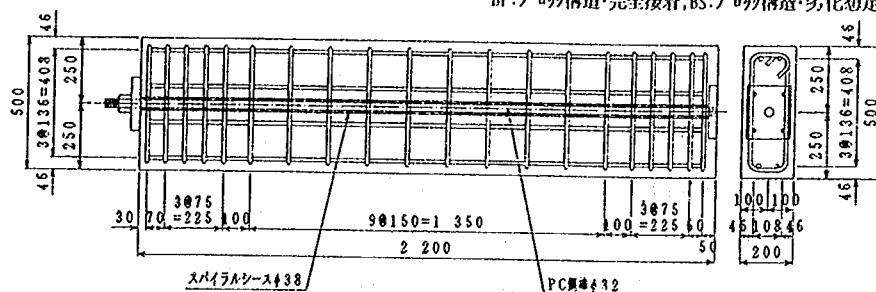
供試体へのプレストレス導入は、仮プレストレスを解放した後、ロードセルによって緊張力を管理しながら行った。なお、シースへのグラウト注入は行っていない。

載荷実験は、供試体の一端を固定、他端をピン構造として支持し、ピン構造側に静的に偏心載荷して純ねじりを作用させた。また、計測装置は変位とねじれ角測定用として変位計と傾斜計を付図-1.4.2のように配置した。

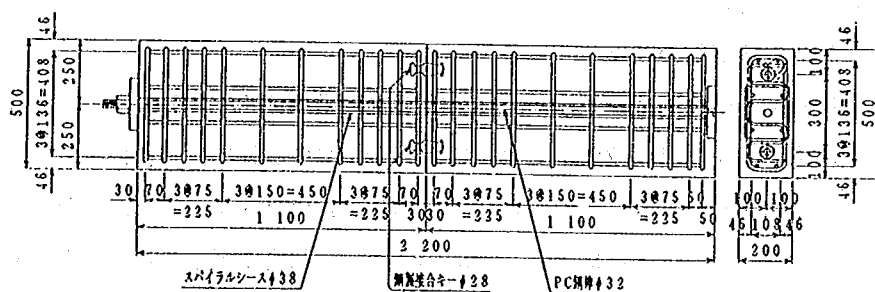
供 番号	試 体 名 称	接 合 状 態	接 合 キー 種 間 隔(mm)	フレストレス (kgf/cm ²)	鉄筋
1	MC-N-0-13	一体構造・連続鉄筋	無し	0	D13
2	MC-N-30-13			30	
3	MC-N-60-13			60	
4	MC-N-60-13			60	
5	BP-N-0-13	一体構造・不連続鉄筋	無し	0	D13
6	BP-N-60-13			60	
7	BP-K-0-13			60	
8	BP-K-30-13			60	
9	BP-K-60-13	ブロック構造・完全接着	300	0	D16
10	BP-S-0-16			30	
11	BP-S-30-16			60	
12	BP-S-60-16			60	
13	BP-K-E-16	ブロック構造・劣化想定	φ28	偏心分布	D13
14	BS-K-0-13			0	
15	BS-K-30-13			30	
16	BS-K-60-13			60	

BP-K-60-13

軸方向鉄筋及びスターラップの径(13:D13, 16:D16)
プレストレス(0:0kgf/cm², 30:30kgf/cm², 60:60kgf/cm²)
E:上鉄10kgf/cm², 下鉄50kgf/cm²
接合の有無及び配置位置(N:無し, K:φ 28・間隔300mm, S:φ 28・間隔200mm)
接合状態(MC:一体構造・軸方向鉄筋連続, MD:一体構造・軸方向鉄筋不連続,
BP:ブヨック構造・完全接着, BS:ブヨック構造・劣化相定)

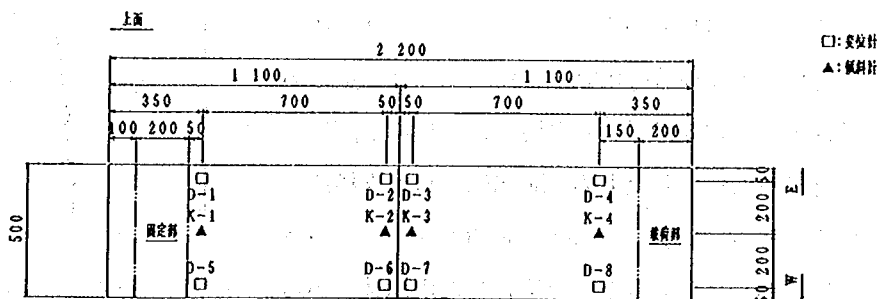


(a) 一体構造供試体の例(No. 1~3)



(b)ブロック構造供試体の例(No. 7~9, No. 14~16)

付図-1.4.1 供試体の形状寸法および配筋図



付図-1.4.2 変位計および傾斜計の配置位置

1. 4. 4 試験結果

1. 4. 4. 1 プレストレスの効果

付表-1. 4. 2に試験結果を、付図-1. 4. 3に各荷重段階におけるねじりによるコンクリートのせん断応力度とプレストレスの関係を示す。図よりプレストレスが耐力の向上に有効に作用していることがわかる。プレストレスの効果は図中の直線の傾きによって表され、ひびわれ発生時で0.59、ずれが発生しない場合の最大耐力時で0.64、ずれが発生した場合のずれ発生時および最大耐力時で1.03程度であった。プレストレス量にこの係数を乗じた程度のねじり耐力増加が期待できる。一方、道路橋示方書より求めたねじりによるスターラップ降伏時のコンクリートのせん断応力度(40. 9kgf/cm²)およびせん断応力度の最大値(60kgf/cm²)との比較より、ブロック構造でも適切なプレストレスを導入すれば継目部にずれは生じず、一体構造と同様の耐力を有すると考えられる。

1. 4. 4. 2 接着剤の効果

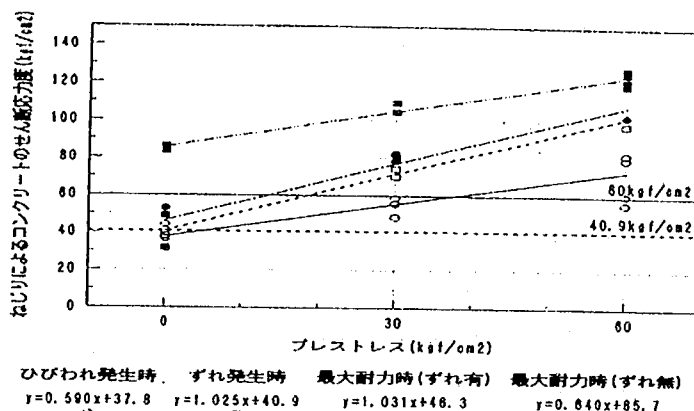
接着剤の効果を把握するために、完全接着供試体(No. 7, 8, 9)と劣化想定供試体(No. 14, 15, 16)を比較した。破壊形態は付表-1. 4. 2に示すように、完全接着供試体には継目部のずれは発生せず、コンクリートの圧壊によって耐力が決定されたのに対して、劣化想定供試体は、No. 16以外は継目部にずれが発生し、接合キー周辺のコンクリートの押抜きせん断破壊によって耐力が低下した。これより、接着剤は継目部のずれ発生抑制に有効に作用していることが理解された。また、No. 5供試体のずれ発生時が接着剤の効果と考えられ、ねじりモーメントによるコンクリートのせん断応力度に換算すると48. 9kgf/cm²程度であった。

1. 4. 4. 3 軸方向鉄筋の効果

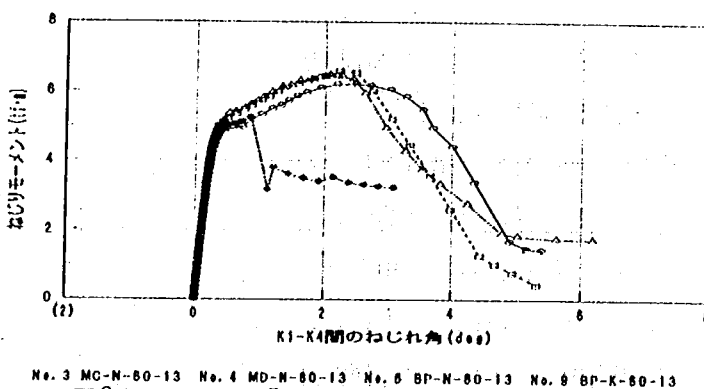
付図-1. 4. 4にNo. 3, 4, 6, 9供試体のねじりモーメントとねじれ角の関係を示す。No. 3は一体構造で軸方向鉄筋が連続の供試体、No. 4は一体構造であるが軸方向鉄筋はブロック構造と同様に供試体中央部で不連続としたもの、No. 6はブロック構造で接着剤のみで接合したもの、No. 9はブロック構造で接着剤および接合キーで接合した供試体である。接合キーを配置しないNo. 6供試体は継目部のずれ

付表-1. 4. 2 試験結果

供試体 番号	名 称	モーメント(kf・m)			破 壊 形 態
		ひびわれ発生	ず れ 発 生	最 大	
1	MC-N- 0-13	1.88	—	4.43	コンクリート圧壊
2	MC-N-30-13	2.88	—	5.39	コンクリート圧壊
3	MC-N-60-13	4.13	—	6.27	コンクリート圧壊
4	MD-N-60-13	4.25	—	6.59	コンクリート圧壊
5	BP-N- 0-13	2.11	2.52	2.52	継目部のずれ破壊
6	BP-N-60-13	4.24	5.05	5.29	継目部のずれ破壊
7	BP-K- 0-13	2.27	—	4.30	コンクリート圧壊
8	BP-K-30-13	3.24	—	5.64	コンクリート圧壊
9	BP-K-60-13	4.12	—	6.48	コンクリート圧壊
10	BP-S- 0-16	1.63	1.63	1.63	継目部のずれ破壊
11	BP-S-30-16	2.88	4.09	4.25	継目部のずれ破壊
12	BP-S-60-16	3.12	6.90	6.90	押抜きせん断破壊
13	BP-K- E-13	2.50	3.62	4.21	押抜きせん断破壊
14	BS-K- 0-13	1.95	1.95	2.72	押抜きせん断破壊
15	BS-K-30-13	2.87	3.82	4.04	押抜きせん断破壊
16	BS-K-60-13	2.88	—	6.15	コンクリート圧壊



付図-1. 4. 3 プレストレスの効果



付図-1. 4. 4 ねじりモーメントとねじれ角の関係

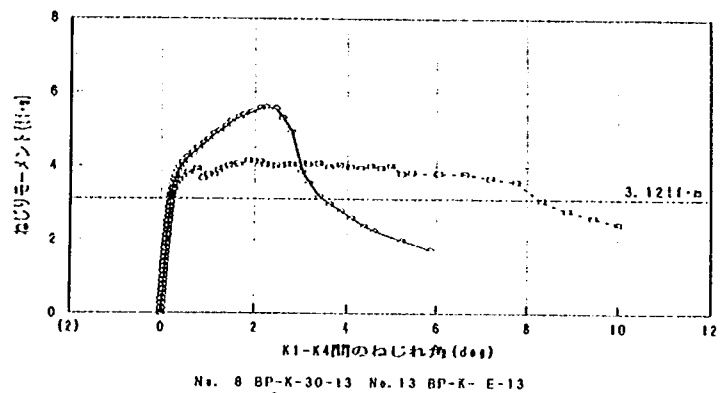
によって耐力が低下したのに対し、接着剤および接合キーで接合したNo. 9供試体にはずれが生じなかった。また、No. 4, 6, 9供試体はほぼ同様の挙動となっており、継目部の存在および軸方向鉄筋の分離による影響はほとんど見られない。

1. 4. 4. 4 接合キーの効果

接合キーのひずみは継目部のずれ発生により急激に増加しており、ずれ発生後のねじりを接合キーが伝達していることが理解された。また、接着剤のみにより接合した供試体(No. 5, 6)と接着剤および接合キーにより接合した供試体(No. 7, 9)の破壊形態を比較すると、接着剤のみで接合した供試体は継目部のずれによって耐力が低下したのに対し、接合キーを配置した供試体にはずれは発生せず、コンクリートの圧壊によって耐力が決定された。これより、接合キーは継目部のずれ発生の抑制に有効に作用することが明らかとなった。また、接合キーの配置間隔が300mmの供試体(No. 7, 8, 9)は継目部にずれが発生しなかったのに対し、配置間隔が200mmの供試体(No. 10, 11, 12)にはずれが発生したことから、接合キーの配置位置も継目部のずれ発生に影響を与えることが理解された。

1. 4. 4. 5 プレストレス偏心の影響

完全接着でプレストレスを 30kgf/cm^2 に一様分布させたNo. 8供試体と、完全接着でプレストレスを上縁 10kgf/cm^2 、下縁 50kgf/cm^2 に偏心分布させたNo. 13供試体のねじりモーメントとねじれ角の関係を付図-1. 4. 5に示す。ひびわれ発生は、プレストレスの偏心分布により若干の低下が認められた。また、偏心分布供試体には、プレストレスの小さい方からずれが発生し、最大耐力にも低下が認められたが、道路橋示方書の規定より算定したねじりによってスターラップが降伏するモーメント($2.11\text{tf}\cdot\text{m}$)およびねじりモーメントの最大値($3.12\text{tf}\cdot\text{m}$)より大きな耐力となった。



付図-1. 4. 5 プレストレス偏心の影響

1. 4. 5 結 論

本研究により得られた結果は次のとおりである。

- ①プレストレスはひびわれおよび継目部のずれ発生の抑制、最大耐力の向上に有効に作用した。
- ②接着剤、接合キーおよびプレストレスを適切に用いることによりねじりを効果的に伝達した。
- ③接合キーを有する継目部にずれが生じると、キー周辺のコンクリートに押抜きせん断破壊が認められた。
- ④プレストレス等により継目部が十分な耐力を有していれば、一体構造とほぼ同様の安全性を有する。

【参考文献】

- 1) 藤原、西川、神田ほか：プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書(Ⅲ)、建設省土木研究所 共同研究報告書第98号、平成6年3月

付録一 2 設計計算例

2. プレキャストブロック工法による橋梁の設計計算例

本設計・施工指針（案）に従って、プレキャストブロック工法を用いて架設するプレストレストコンクリート（P C）T型ポストテンションげた橋とP C箱げた橋について設計計算例を示す。設計計算は、基本的にプレキャストブロック構造としての特有の照査項目について行い、いわゆる「一体構造げた」としての照査は省略する。

設計荷重作用時について、プレキャストブロック継目部は他の断面と同様に、曲げ、せん断およびねじりに対して照査しなければならないが、この他に鉄筋が通常は連続していないことに対して特別な照査を行う必要がある。曲げに対しては、架設時、設計荷重作用時について、引張応力状態にならないほか、活荷重を割り増した荷重組合せに対して制限応力度を超えないことを確かめる。また、継目部に配置された接合キーは、架設時と終局荷重作用時においてせん断力を伝達することや、この接合キーの周辺の応力状態や補強についても照査することとなる。さらに、継目部に作用するねじりモーメントに対しても照査している。

設計計算例－1：T型ポストテンションけた橋

1. 設計条件

- 橋 種 プレストレストコンクリート道路橋
- 形 式 ポストテンション方式PC単純Tげた橋
- 工 法 プレキャストブロック工法
- 活 荷 重 B活荷重
- 衝撃係数 L荷重 $i = 10 / (25 + \ell)$
T荷重 $i = 20 / (50 + \ell)$
- 橋 長 30.900m
- けた長 30.800m
- 支 間 30.000m
- 総幅員 9.700m (0.600m + 8.500m + 0.600m)
- 斜 角 60°
- 雪 荷 重 100kgf/m^2
- 終局荷重作用時の荷重の組合せ
 - $1.3 \times \text{【死荷重】} + 2.5 \times \text{【活荷重 + 衝撃】}$
 - $1.0 \times \text{【死荷重】} + 2.5 \times \text{【活荷重 + 衝撃】}$
 - $1.7 \times \text{【死荷重 + 活荷重 + 衝撃】}$

材料強度および許容応力度

a. コンクリート

			(kgf/cm ²)	
設 計 基 準 強 度	設計荷重時		主げた	場所打ち部
	プレストレス導入時		500	300
許 容 曲 げ 圧 縮 応 力 度	設計荷重時	長 方 形	170	120
		T・箱形	160	110
	プレストレス導入直後	長 方 形	210	150
		T・箱形	200	140
許 容 曲 げ 引 張 応 力 度	設計荷重時		18(0)	0
	プレストレス導入直後		18(0)	0
コンクリートが負担できる平均せん断応力度	設計荷重時		6.5	—
コンクリートの平均せん断応力度の最大値	終局荷重時		60	—
許 容 斜 引 張 応 力 度	設計荷重時		12	—

b. PC鋼材

				(kgf/mm ²)
種 類		主 げ た	横 げ た	床 版
		(SWPR7B)12S12.7	(SWPR19)1S21.8	(SWPR19)1S21.8
引 張 強 度		190.0	185.0	185.0
降伏点応力度		160.0	160.0	160.0
許容引張 応 力 度	設計荷重時	114.0	111.0	111.0
	導入直後	133.0	129.5	129.5
	緊張作業時	144.0	144.0	144.0

c. 鉄 筋

(kgf/cm²)

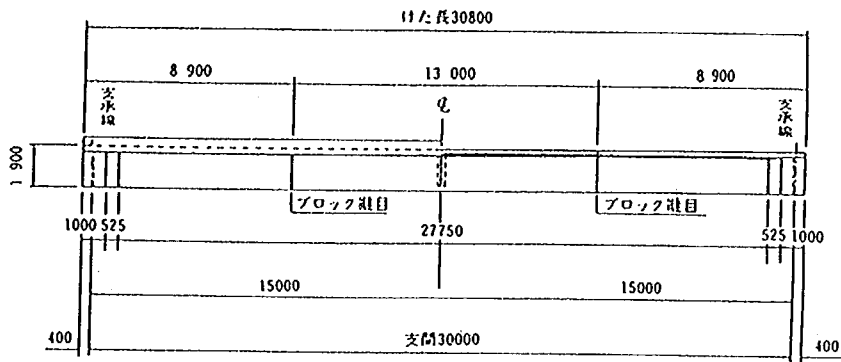
種 類	主 げ た		床 版
	一 般	スカーラップ	
種 類	SD295	SD295	SD295
許容引張応力度	1800	3000 ¹⁾	1400

1) スカーラップについては鉄筋の降伏点応力度。

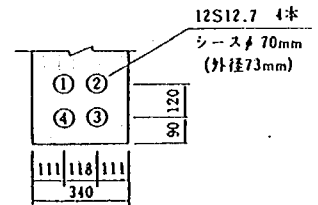
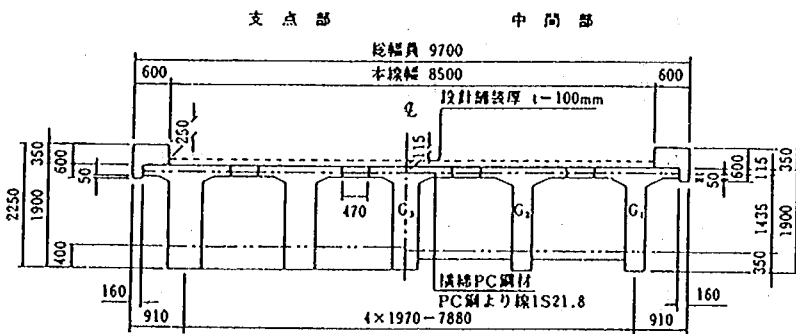
・材料の特性値

コンクリート	主げた (設計荷重時)	$3.30 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
ヤング	〃 (導入直後)	$3.15 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
係 数	場所打ち	$2.80 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
コンクリートのクリープ係数		2.6
コンクリートの乾燥収縮度		20.0×10^{-5}
P C 鋼材のヤング係数		$2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
P C 鋼材のリラクセーション		5.0%
P C 鋼材種別		12 S 12.7mm
P C 鋼材断面積		1184.52mm ²
P C 鋼材セット量		12mm
鉄筋のヤング係数		$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

側面図

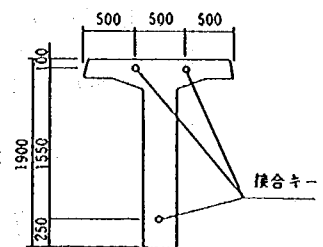
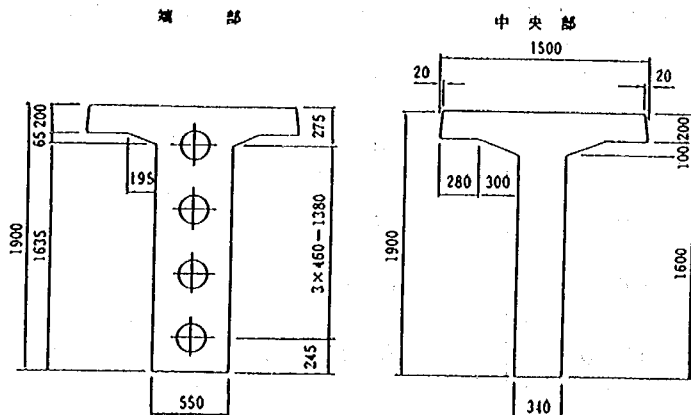


断面図



支間中央鋼材配置図

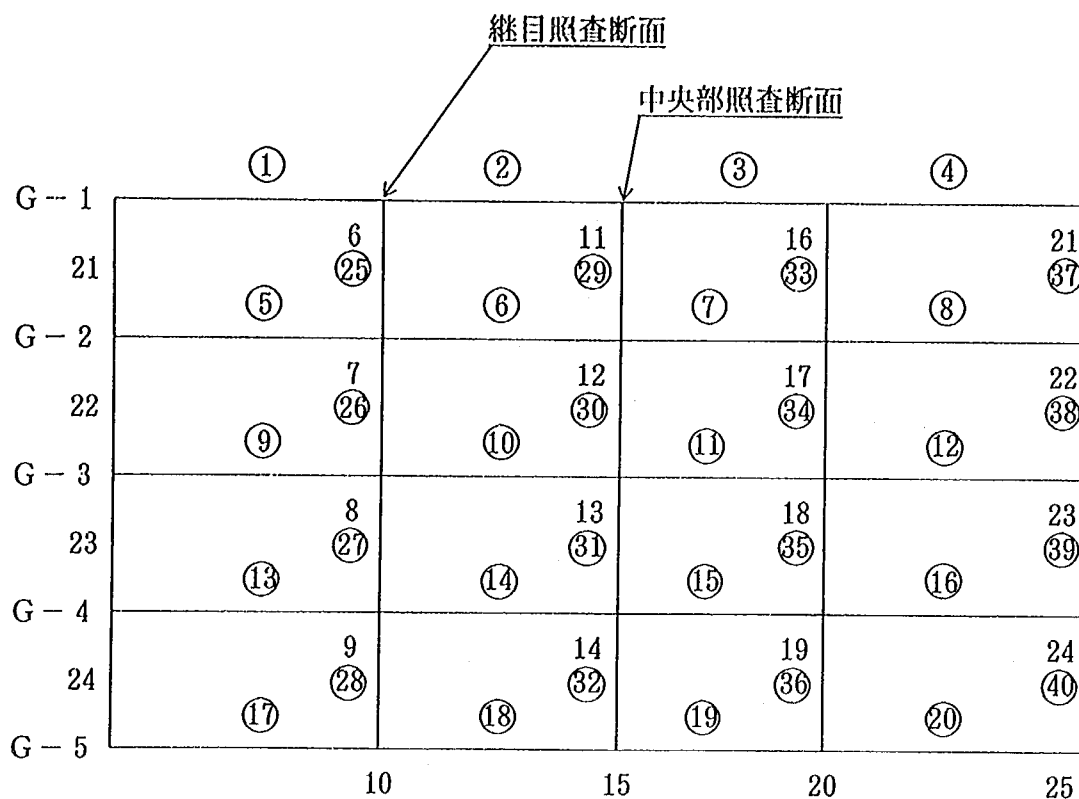
主げた断面図



鋼製接合キーの配置図

2. 断面力解析

断面力解析は格子理論により行う。耳げた（G-1）について結果を示す。



継目部		曲げモーメント(tfm)	せん断力(tf)	ねじりモーメント(tfm)
	主 げ た 自 重	206.5	14.7	0
	場所打コンクリート	15.7	1.3	0
	橋 面 荷 重	65.5	3.1	0.9
	活 荷 重	151.0	19.1	5.3
	合 計	438.7	38.2	6.2

中央部		曲げモーメント(tfm)	せん断力(tf)	ねじりモーメント(tfm)
	主 げ た 自 重	254.3	0	0
	場所打コンクリート	21.7	0.5	0
	橋 面 荷 重	62.1	4.3	0.9
	活 荷 重	209.4	19.1	5.3
	合 計	547.5	23.9	6.2

3. 断面諸元とプレストレスの計算

1) 断面諸定数

支間中央

項 目	総断面	純断面	P C 鋼材 換算断面	場所打部 換算断面
断面積 A (㎡)	0.9040	0.8873	0.9160	0.9576
断面 2 次モーメント (m ⁴)	0.323814	0.305434	0.336547	0.352314
中立軸 (上縁より) Yu(m)	0.7120	0.6924	0.7256	0.6983
〃 (下縁より) Yl(m)	-1.1880	-1.2076	-1.1744	-1.2017
断面係数 (上縁) Zu(m ³)	0.45480	0.44113	0.46385	0.50451
〃 (下縁) Zl(m ³)	-0.27257	-0.25293	-0.28656	-0.29319
P C 鋼材図心 e _p (m)	—	-1.0576	-1.0244	-1.0517

継目部

項 目	総断面	純断面	P C 鋼材 換算断面	場所打部 換算断面
断面積 A (㎡)	0.9040	0.8873	0.9160	0.9576
断面 2 次モーメント (m ⁴)	0.323814	0.311099	0.332622	0.348276
中立軸 (上縁より) Yu(m)	0.7120	0.6957	0.7233	0.6961
〃 (下縁より) Yl(m)	-1.1880	-1.2043	-1.1767	-1.2017
断面係数 (上縁) Zu(m ³)	0.45480	0.44718	0.45989	0.50029
〃 (下縁) Zl(m ³)	-0.27257	-0.25832	-0.28267	-0.28930
P C 鋼材図心 e _p (m)	—	-0.8796	-0.8521	-0.8792

2. プレストレスの計算

a) ケーブル形状

ケーブル高さ (けた下縁より m)				ケーブル角度 (度)			
断面 番号	定着位置	継 目 部	支間中央	断面 番号	定着位置	継 目 部	支間中央
C 1	1.625	0.7053	0.210	C 1	6.000	6.000	0.000
C 2	1.165	0.3995	0.210	C 2	5.000	5.000	0.000
C 3	0.705	0.1038	0.090	C 3	4.000	2.130	0.000
C 4	0.245	0.0900	0.090	C 4	1.500	0.000	0.000
平均	0.935	0.3247	0.150	垂直成分 $\Sigma \sin$	0.28762	0.22885	0.00000
				水平成分 $\Sigma \cos$	3.98794	3.99003	4.00000

b) プレストレスの計算

初期引張応力度 $\sigma_{pi} = 135 \text{ kgf/mm}^2$ とする。

	(kgf/mm ²)	
	支間中央	継 目 部
導入直後のプレストレス	108.7	111.6
有効プレストレス	89.1	88.7

4. 合成応力度の計算

	中 央 断 面		継 目 部 断 面	
	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁
主 げ た 自 重	57.6	-100.5	46.2	- 79.9
場所打コンクリート	4.7	- 7.6	3.4	- 5.6
橋 面 荷 重	12.4	- 21.4	13.1	- 22.7
死 荷 重 合 計	74.7	-129.5	62.7	-108.2
活 荷 重	41.9	- 72.5	30.2	- 52.2
合 計	116.6	-202.0	92.9	-160.4
直後プレストレス	-69.8	291.7	-44.3	239.1
有効プレストレス	-53.7	224.2	-35.2	189.9
合計応力度（直後）	- 7.5	183.6	5.3	153.6
〃 （静荷重時）	21.0	94.7	27.5	81.7
〃 （設 計 時）	62.9	22.2	57.7	29.5

（許容値） $-18(0) < \sigma < 210 \text{kgf/cm}^2$ 直後

$-18(0) < \sigma < 160 \text{kgf/cm}^2$ 設計荷重作用時

但し（ ）内は継目部

全て許容値を満足しておりOK

5. 継目部断面の設計

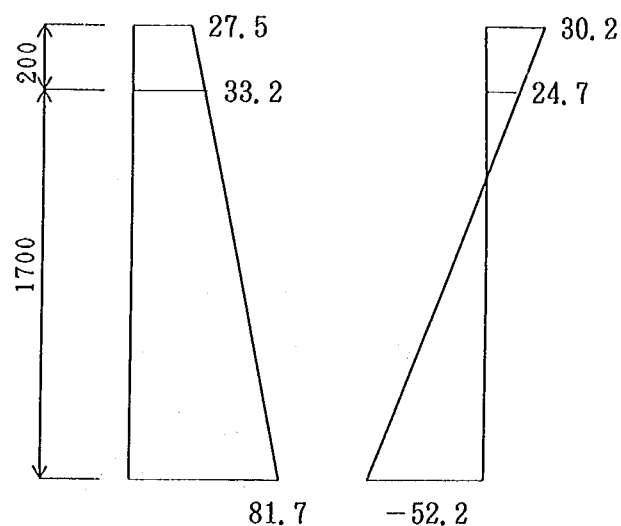
けたの曲げ引張応力度について照査

	上 縁	下 縁	(kgf/cm ²)
σ_o	27.5	81.7	
σ_L	30.2	- 52.2	
$1.7 \times \sigma_L$	51.3	- 88.7	
$\sigma_o + 1.7 \sigma_L$	78.8	- 7.0	

許容値 - 30kgf/cm²以内でOK

床版の曲げ引張応力度について照査

	床版下縁
σ_o	33.2
$\sigma_{L.S}$	-24.4
$1.7 \sigma_{L.S}$	-41.5
σ_g	24.7
$0.5 \sigma_g$	12.4
$\sigma_o + 1.7 \sigma_{L.S} + 0.5 \sigma_g$	4.1



許容値 - 30kgf/cm²以内でOK

ただし、床版としての活荷重による曲げ応力度 $\sigma_{L.S}$ は、

$$M_{L.S} = 0.8 (0.1 \ell + 0.04) P$$

$$= 0.8 (0.1 \times (1.97 - 0.34) + 0.04) \times 10.00 = 1.624 \text{ tfm/m}$$

$$\therefore \sigma_{L.S} = \frac{M_{L.S}}{Z_{\ell}} = \frac{1.624}{\frac{-1.00 \times 0.2^2}{6}} = -244 \text{ tf/m}^2$$

6. 接合キーの設計

鋼製接合キーを前掲のように3個配置

(1) せん断力算出

架設時；

$$S_1 = W/2 = 0.9040 \times 2.5 \times 13.0 \times 1/2 = 14.69 \text{tf}$$

$$S_2 = |S_d - P_i \sin \alpha_i| = |14.70 - 132.19 \sin 6.0^\circ| = 0.87 \text{tf}$$

$$S_3 = |S_d - \Sigma (P_i \sin \alpha_i)| = |14.70 - 132.19 \times 0.22885| = 15.55 \text{tf}$$

$$S_T = \max (S_1, S_2, S_3) / N \\ = 15.55 / 3 = 5.19 \text{tf}$$

終局荷重作用時；

$$S_K = S_{Si} + S_{Li} = \frac{S_u}{N} + \frac{M_{Lu} \cdot d_i (\max)}{\Sigma d_i^2}$$

$$S_u = 1.3(14.7 + 1.3 + 3.1) + 2.5(19.1) = 72.6 \text{tf}$$

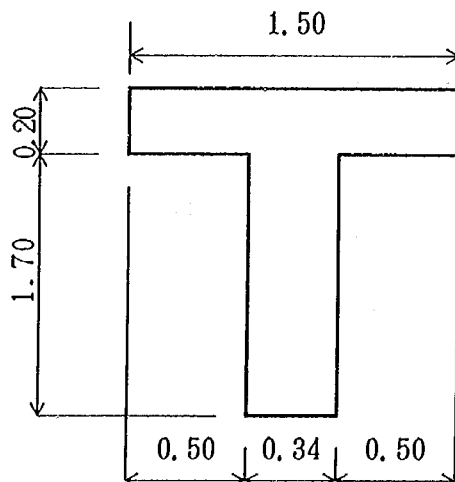
$$M_{Lu} = M_{Luo} - \alpha M_{Lp}$$

$$M_{Luo} = 1.3 \times 0.9 + 2.5 \times 5.3 = 14.5 \text{tfm}$$

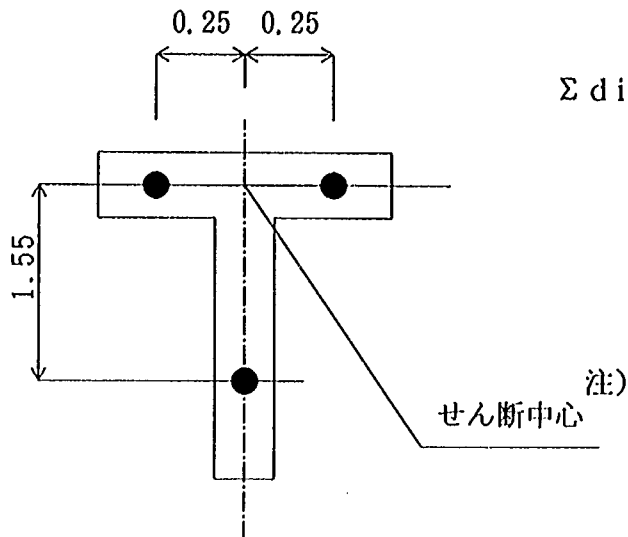
$$M_{Lp} = 0.3 \sigma_{cp} \cdot K_i (\min)$$

$$= 0.3 \times \sigma_{cp} \times \frac{\Sigma h_i \cdot b_i^3}{3.5 (b_{\max})}$$

$$= 0.3 \times 474 \times \frac{0.58 \times 0.2^3 \times 2 + 1.9 \times 0.34^3}{3.5 \times 0.34} = 10.033 \text{tfm}$$



$$S_K = \frac{72.6}{3} + \frac{(14.5 - 0.5 \times 10.033)}{\Sigma d_i^2} (d_{i \max})$$



$$\Sigma d_i^2 = 2 \times 0.25^2 + 1.55^2 = 2.5275$$

$$S_K = 24.2 + \frac{9.484 \times 1.55}{2.5275} = 30.0 \text{ tf}$$

(2) 接合キー所要断面積の算出

$$\text{架設時;} \quad A_s = \frac{S_\tau}{\tau_{sa}} = \frac{5190}{1000} = 5.19 \text{ cm}^2$$

終局荷重作用時;

$$A_R = \frac{(S_K - S_{pf})}{\tau_{sa}}$$

$$S_{pf} = 0.3 \Sigma P_{ei} \cdot \cos \Theta_i / N$$

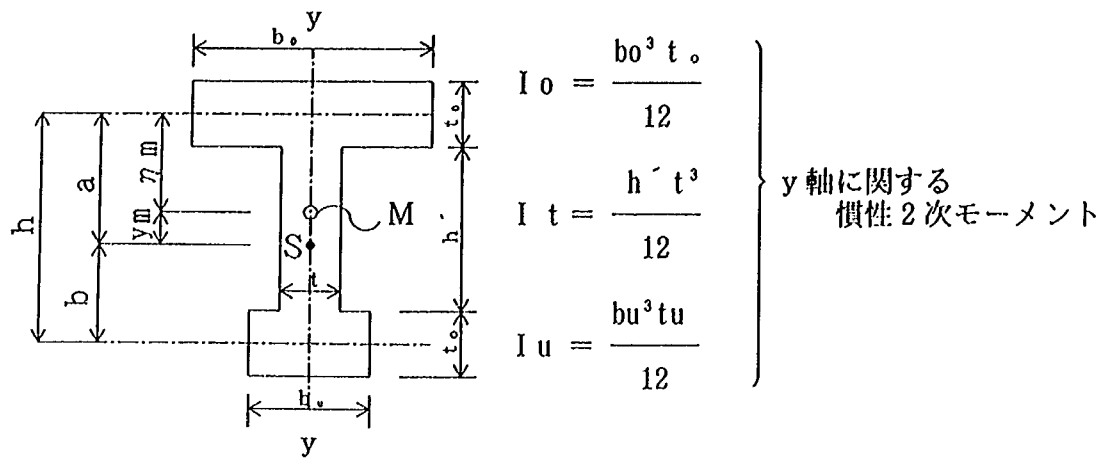
$$= 0.3 \times 105.01 \times 3.99003 / 3 = 41.90 \text{ tf}$$

$$S_K - S_{pf} < 0 \quad \text{故} \quad \text{所要断面積の計算不要}$$

故、接合キーとしてφ28mmのリング型鋼製キーを使用

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times (2.8)^2 = 6.2 \text{ cm}^2 > 5.19 \text{ cm}^2$$

注) T形断面のせん断中心は上フランジ軸線とウェブ軸線との交点となる。



全体の慣性 2 次モーメント : $I_y = I_o + I_u + I_t$

重心 S、ねじり中心（せん断中心） M は上図のようになる。

$$\eta_m = a - y_m = \frac{(a + b) I_u + a I_t}{I_o + I_u + I_t}$$

ここで $I_t \ll I_o, I_u$ かつ $a + b = h$ 故

$$\eta_m = \frac{I_u}{I_o + I_u} \cdot h$$

ここで $I_u = 0$ するとき $\eta_m = 0$ 故、M は交点に一致する。

(3) 接合キー周辺部コンクリートの支圧応力度に対する照査

φ28mmの接合キーについてB = 5.0cm、L = 5.5cmとして以下の計算を行う。

オス側

架設時：

$$\begin{aligned}\sigma_{tb} &= \frac{S_c}{B(L/3)} \\ &= \frac{5190}{5.0 \times 5.5/3} = 566 \text{ kgf/cm}^2 \\ &\leq 1.5\sigma_c = 1.5 \times 425 = 637.5 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

となり許容値を満足する(架設時コンクリート強度は425kgf/cm²)。

なお、終局荷重作用時については、 $S_k < S_{pf}$ となり照査は不要となる。

メス側

架設時：

$$\begin{aligned}\sigma_{tb} &= \frac{5190}{5.0 \times 5.9/3} = 528 \text{ kgf/cm}^2 \\ &\leq 1.5\sigma_c = 1.5 \times 425 = 637.5 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

となり許容値を満足する。

なお、終局荷重作用時については、 $S_k < S_{pr}$ となり照査は不要となる。

7. プレキャストブロック運搬時の検討

1) 運搬時の曲げモーメントの算出

最大ブロック長 $\ell = 13.0\text{m}$ 、衝撃係数 $i = 0.3$ 、吊り点間隔は 0.9ℓ とする。

$$M_d = W_d \times (0.9\ell)^2 \times (1 + i) / 8$$

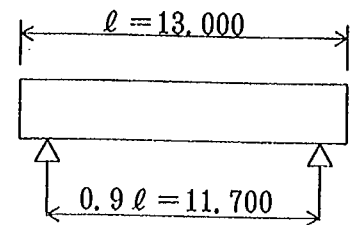
ただし、

W_d : 単位長さあたりのブロック重量

$$W_d = A_c \cdot \gamma_c = 0.9040 \times 2.5 = 2.260 \text{tf/m}$$

$$M_d = 2.260 \times (0.9 \times 13.0)^2 \times (1 + 0.3) / 8$$

$$= 50.3 \text{tf} \cdot \text{m}$$

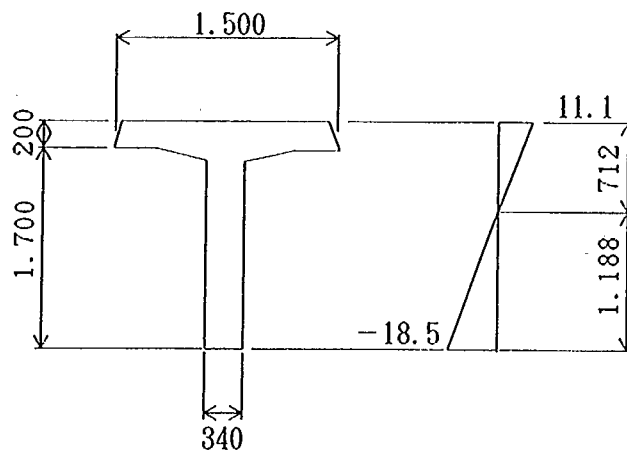


2) 曲げ引張応力度に対する照査

$$\sigma_{c'} = \frac{M_d}{Z_u} = \frac{50.3 \times 10^5}{0.45480 \times 10^6} = 11.1 \text{kgf/cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{M_d}{Z_\ell} = \frac{50.3 \times 10^5}{-0.27257 \times 10^6} = -18.5 \text{kgf/cm}^2$$

$> \sigma_{ca} = -25 \text{kgf/cm}^2$ (運搬時コンクリート強度: 400kgf/cm^2)



3) 引張鉄筋量の算出

$$T_c = \frac{1}{2} \sigma_{c'} \cdot b \cdot x$$

$$= 18.5 \times 34.0 \times 118.8 / 2$$

$$= 37363 \text{kgf}$$

引張鉄筋として S D295 を使用する場合は所要鉄筋断面積

$$A_s = T_c / \sigma_{sa}$$

$$= 37363 / 2250 = 16.6 \text{cm}^2$$

D16mm 9本を配置すると

$$A_s = 1.986 \times 9 = 17.9 \text{cm}^2 > A_s = 16.6 \text{cm}^2$$

設計計算例-2 ; 箱げた橋

1. 設計条件

(1) 一般条件

- ① 橋 長 ; 151.500m
- ② 支 間 割 ; 3 @50.000m
- ③ 幅 員 ; 10.000m
- ④ 活 荷 重 ; B活荷重
- ⑤ 構造形式 ; PC 3 径間連続箱げた橋
- ⑥ 施 工 法 ; プレキャストブロック・カンチレバー方式
- ⑦ 曲線半径 ; $R=286.50\text{m}$ (交角 10°)

(2) 使用材料

- ① コンクリート ;
 設計基準強度 $\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$
 クリープ係数 基準値 $\phi_o=2.6$
 乾燥収縮度 基準値 $\varepsilon_{s,o}=25 \times 10^{-5}$

{ 部材の周辺湿度、形状寸法、材令な
 どを考慮し施工区分毎に変化させる。 }
- ② 鉄 筋 ; SD 295
- ③ PC鋼材 ; SWPR 7 A 12 S 12.4mm (主方向)

(3) 作用荷重

- ① 橋 面 工 $g=3.524 \text{ tf/m}$
- ② 温度変化 上床版温度変化+5℃上昇
- ③ 終局荷重時の荷重組合せ

$$1.3D + 2.5L + F \text{ (有無)}$$

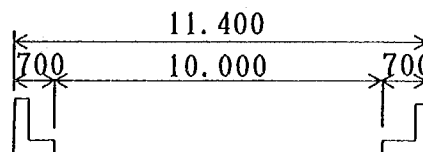
$$1.7(D + L) + F \text{ (有無)}$$

ここに

D ; 死荷重

L ; 活荷重

F (有無) ; 不静定力 (考慮した場合、無視した場合)



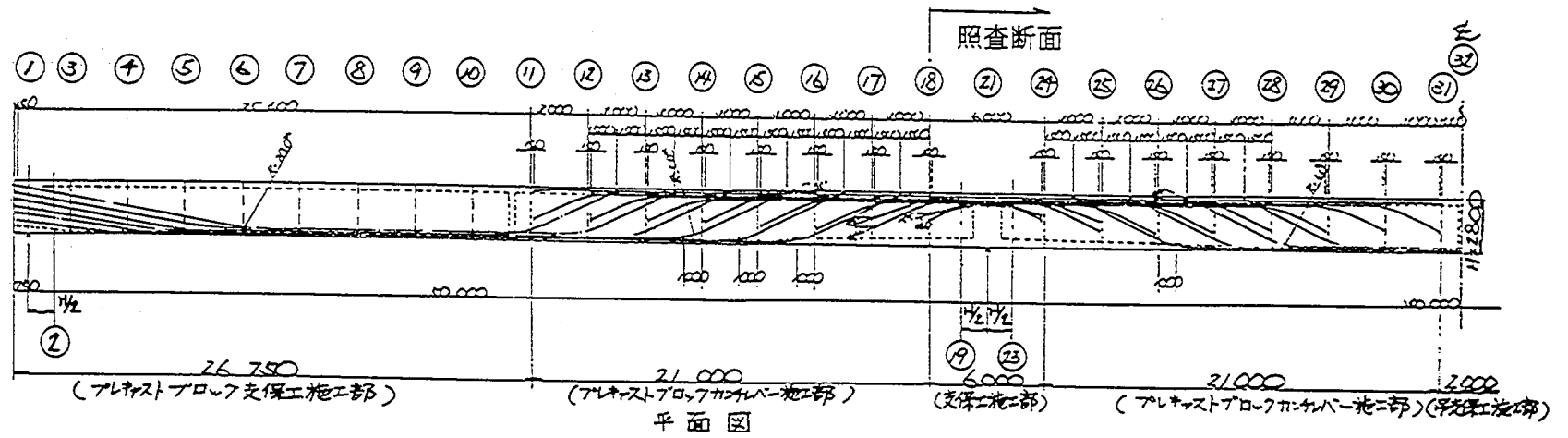
次に主げた構造図とPC鋼材配置図を示す。

なお、応力照査は ⑮ 断面について行う。

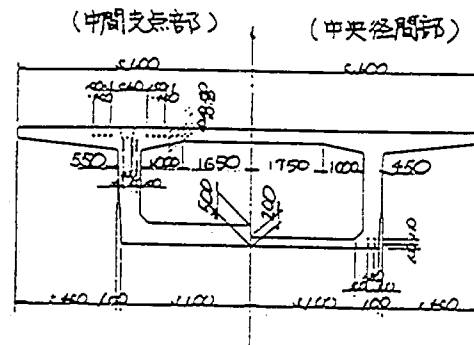
(断面諸元)

断面積	A (m ²)	7.080
上縁からの図心位置	Y _o (m)	0.961
下縁	Y _u (m)	-1.839
断面2次モーメント	I (m ⁴)	7.481
断面係数	W _o (m ³)	7.786
"	W _u (m ³)	-4.068
回転2次半径	γ^2 (m ²)	1.057
ねじりに関する断面2次モーメント I _j (m ⁴)		14.873
断面1次モーメント(ウエブ上端)	Q _{c1} (m ³)	3.156
" (断面図心)	Q _c (m ³)	3.250
" (ウエブ下端)	Q _{c2} (m ³)	2.446

側面図



断面図



(主げた構造図、P C鋼材配置図ならびに設計断面位置図)

2. 断面力解析

平面線形を考慮した格子構造について解析

その結果を以下に示す。

		曲げモーメント M(tfm)	せん断力 S(tf)	ねじりモーメント T(tfm)
死荷重 D		-2874	- 568	170
不静定力 F		550	9	—
合 計 D + P		-2324	- 559	170
活荷重 L	m a x	- 298	6	78
	m i x	779	- 127	- 44
設計時 D + L	m a x	-2026	- 553	248
	m i x	-3477	- 686	126
終局時	1. 3D + 2. 5L + F	-5134	-1047	416
	1. 7(D + L) + F	-5660	-1173	422

3. 曲げ応力度の照査

プレストレス導入直後、死荷重作用時および設計荷重作用時について曲げ応力度が許容値以内にあることを確認。

特に継目部断面においては曲げ引張応力度が生じないことを確認。

(省 略)

3. 継目部断面の設計

割増した荷重組合わせ状態について曲げ応力度を照査する。

けたの曲げ引張応力度について照査

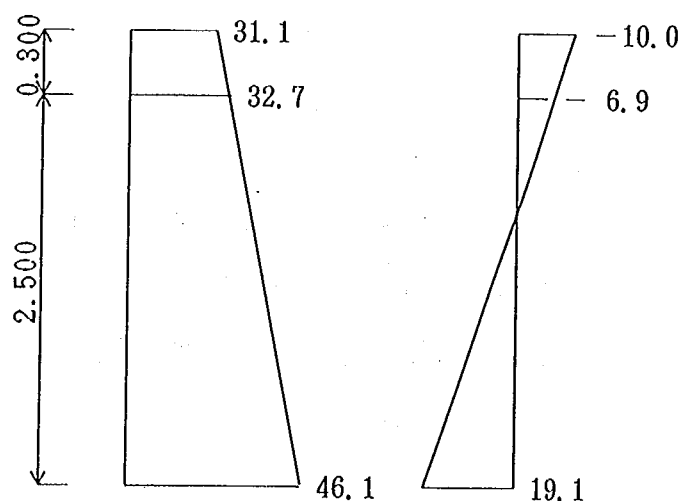
	上 縁	下 縁	(kgf/cm ²)
σ_o	31.1	46.1	
σ_L	-10.0	19.1	
$1.7 + \sigma_L$	-17.0	32.5	
$\sigma_o + 1.7 \sigma_L$	14.1	78.6	

ただし、PCケーブルは32本、偏心 $e_p = 0.311\text{m}$

許容値 -25kgf/cm^2 を満たしておりOK

次に床版の曲げ引張応力度について照査

	床版上縁
σ_o	32.7
σ_{LS}	-31.5
$1.7 \sigma_{LS}$	-53.6
σ_g	-6.9
$0.5 \sigma_g$	-3.5
$\sigma_o + 1.7 \sigma_{LS} + 0.5 \sigma_g$	-24.4



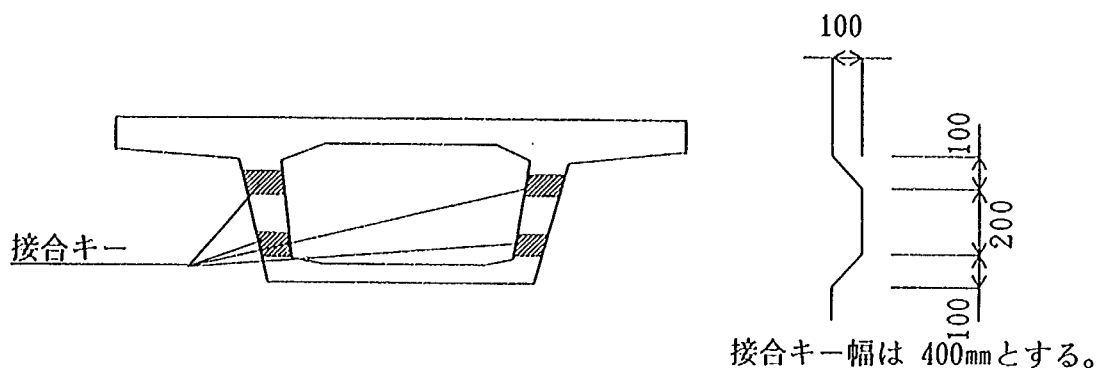
σ_{LS} の算定 : $M_{LS} = 0.8(0.10 \times 5.50 + 0.04) \times 10.0 = 4.720 \text{tfm/m}$

$$\therefore \sigma_{LS} = \frac{4.720}{\frac{-1.00 \times 0.3^2}{6}} = -315 \text{tf/m}^2 = -31.5 \text{kgf/cm}^2$$

許容値 -25kgf/cm^2 を満たしておりOK

4. 接合キーの設計

コンクリート製台形接合キーを以下の如く 4 個配置



a. セン断力の算定

架設時；

$$S_T = S / N_w$$

$$S = \max (W \text{ or } W - \Sigma P \sin \alpha)$$

$$W = 68.5 \text{ tf}$$

$$W - \Sigma P \sin \alpha = 68.5 - 400.0 \sin 30^\circ = -131.5 \text{ tf}$$

$$S_T = 131.5 / 4 = 32.9 \text{ tf}$$

終局荷重作用時；

$$S_K = S_{s_i} + S_{t_i}$$

$$= \frac{S_u}{N_s} + \frac{M_{t_u} \cdot d_i (\max)}{\Sigma d_i^2}$$

注) 橋梁の平面交角が 10° であるためねじりの影響を考慮。

$$S_u = -731 \text{tf}$$

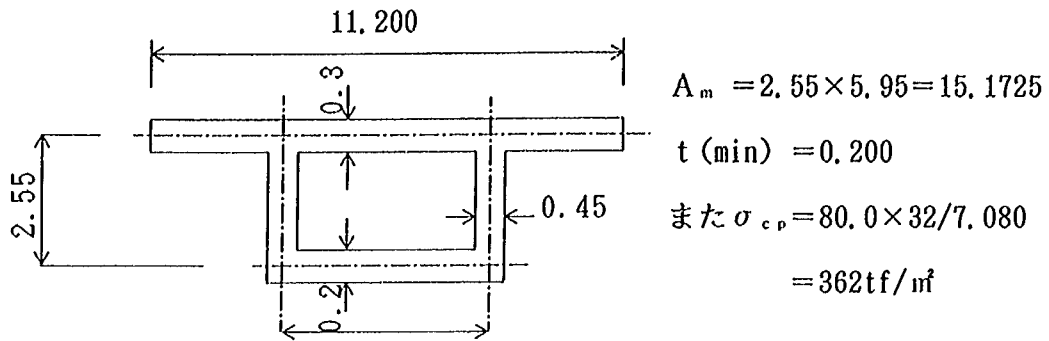
$$M_{t,u} = M_{t,u_0} - \alpha M_{t,p}$$

$$M_{t,u_0} = 422.0 \text{tfm}$$

$$M_{t,p} = 0.3 \sigma_{cp} K t (\text{min})$$

$$= 0.3 \times \sigma_{cp} \times 2 \cdot A_m \cdot t (\text{min})$$

ここで、箱げた断面を以下の如く近似

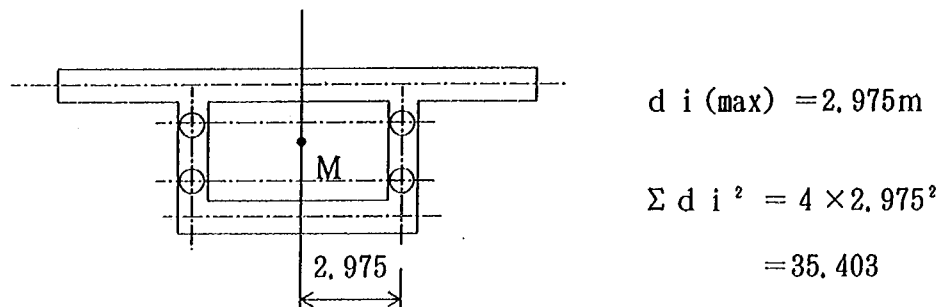


$$\therefore M_{t,p} = 0.3 \times 362.0 \times 2 \times 15.1725 \times 0.200 = 329.5 \text{tfm}$$

$$\therefore M_{t,u} = 422.0 - 0.5 \times 329.5 = 257.3 \text{tfm}$$

$$S_K = \frac{731.0}{4} + \frac{257.3 \times d_i (\text{max})}{\Sigma d_i^2}$$

ここで箱げた断面のせん断中心（ねじり中心）を近似的に箱げた重心に一致すると
して d_i 、 $d_i (\text{max})$ を算出。

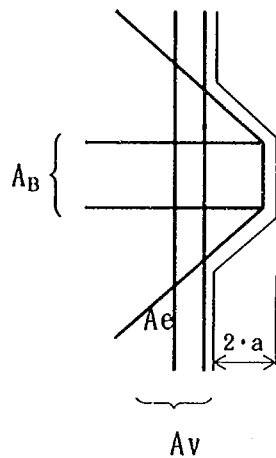


$$\therefore S_K = \frac{731.0}{4} + \frac{257.3 \times 2.975}{35.403}$$

$$= 182.8 + 21.6 = 204.4 \text{ tf}$$

b. 接合キーの設計

(架設時) $S_T = 32.9 \text{ tf}$



$$A_e = \frac{S \cdot a}{0.8h\sigma_{sa}} = \frac{32900 \times 5.00}{0.8 \times 40 \times 1800 \times 1.25} = 2.3 \text{ cm}^2$$

$$A_B = A_e / 4 = 0.6 \text{ cm}^2$$

$$A_v = \frac{S}{2 \cdot \sigma_{sa}} = \frac{32,900}{2 \times 1800 \times 1.25} = 7.3 \text{ cm}^2$$

(終局時) $S_K = 204.4 \text{ tf}$

プレストレスの摩擦による抵抗分を考慮して

$$S = S_K - S_{pf}$$

$$= 204.4 - 0.3 \times 80.0 \times 32 \times \cos 3.75^\circ / 4$$

$$= 204.4 - 191.6 = 12.8 \text{ tf}$$

$$A_e = \frac{12800 \times 5.00}{0.8 \times 40 \times 3000} = 0.8 \text{ cm}^2$$

$$A_B = A_e / 4 = 0.2 \text{ cm}^2$$

$$A_v = \frac{12800}{2 \times 3000} = 2.1 \text{ cm}^2$$

故に補強鉄筋は架設時より決定され、

A_e : D13 ($A_s = 1.267 \text{ cm}^2$) を両側配置

A_B : D13 ($A_s = 1.267 \text{ cm}^2$) □ 型を2段に配置

A_v : D16 ($A_s = 1.986 \text{ cm}^2$) □ 型を2列に配置

5. ブロック吊上げ時および運搬時の検討

箱げた断面のプレキャストブロックの場合は、運搬方法、架設方法に応じて、部材の安全性を適切に照査する必要がある。

(省略)

6. ねじりに対する照査

道示Ⅲ 15.2.2(2)に従い、ねじりモーメントに対する軸方向P C鋼材を配置する。

$$A_{p.t} = 1.25 \times \frac{b_t + h_t}{b_t \cdot h_t} \times \frac{M_t}{\sigma_y}$$

ここに、 b_t 、 h_t ：横方向鉄筋図心線の幅と高さ、または中空断面の場合における部材図心が囲む長方形の幅と高さ (cm)

$A_{p.t}$ ：ねじりに対する軸方向の必要鋼材量 (cm²)

σ_y ：鋼材の降伏点応力度 (kgf/cm²)

M_t ：終局荷重作用時に部材に作用するねじりモーメント (kg・cm)

$$A_{p.t} = 1.25 \times \frac{595 + 255}{595 \times 255} \times \frac{422.0 \times 10^5}{3000} = 98.5 \text{ cm}^2$$

注) この断面積に相当するだけのP C鋼材をねじりモーメントに対する軸方向P C鋼材として配置する。この時、この他に曲げモーメントとせん断力に対する軸方向P C鋼材も配置することとなるので、合計の断面積が確保されている必要がある。

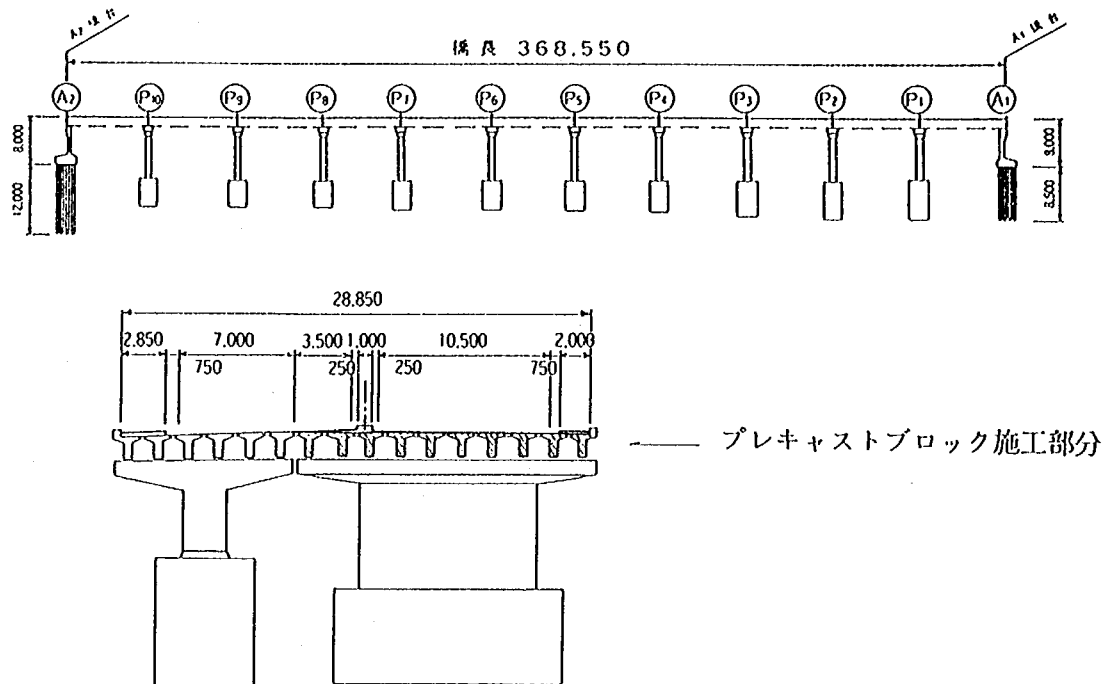
付録－3 実施例① Tげた橋

実施例① Tげた橋 (厚東川大橋)

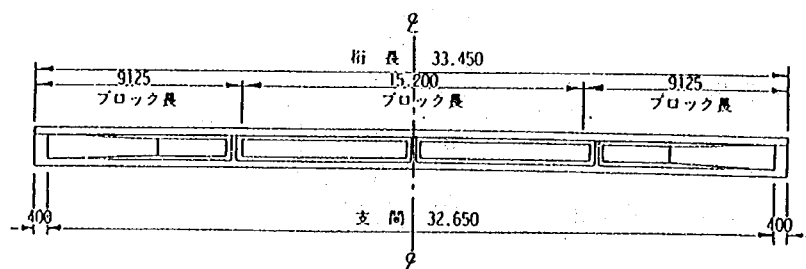
(概要)

本橋は、橋長368.500m、支間37.745mのポストテンション方式単純Tげた橋であり、主に現場での工期の短縮を目的として、プレキャストブロック工法が採用された。主げた断面形状は、旧建設省標準設計のものであり、工場で製作した主げたを現地で一体としてエレクションガーターにて架設している。

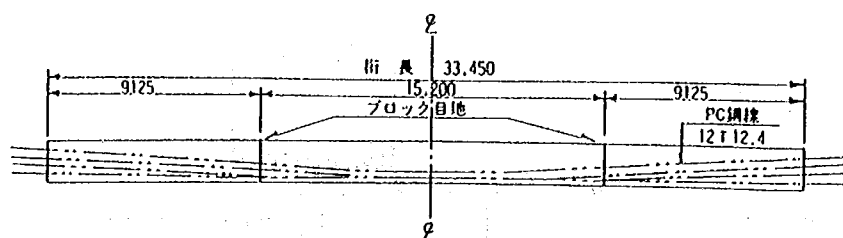
接合キーとして、 $\phi 28$ mmリング型鋼製接合キーが1断面あたり3個使用されている。



橋梁一般図

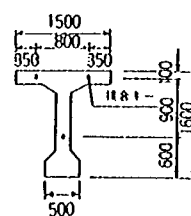


主ケーブル配置図

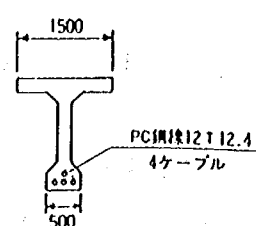


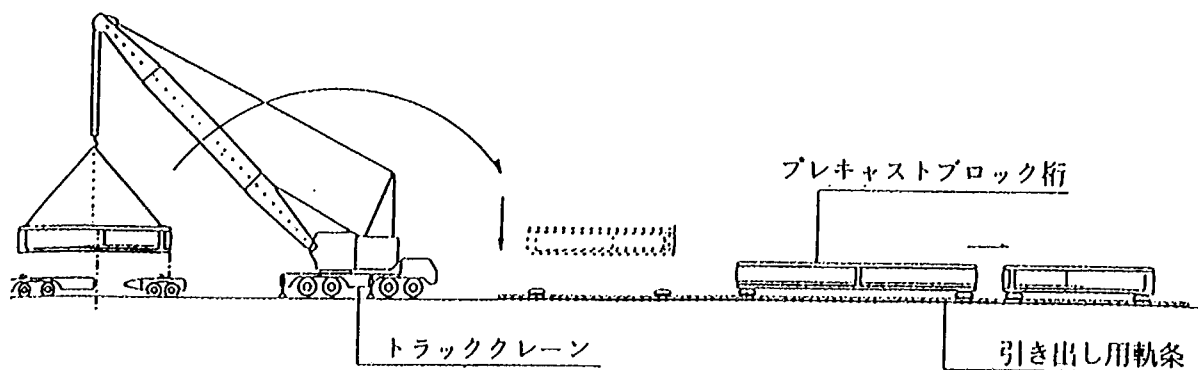
主げた構造図

接合キー位置図

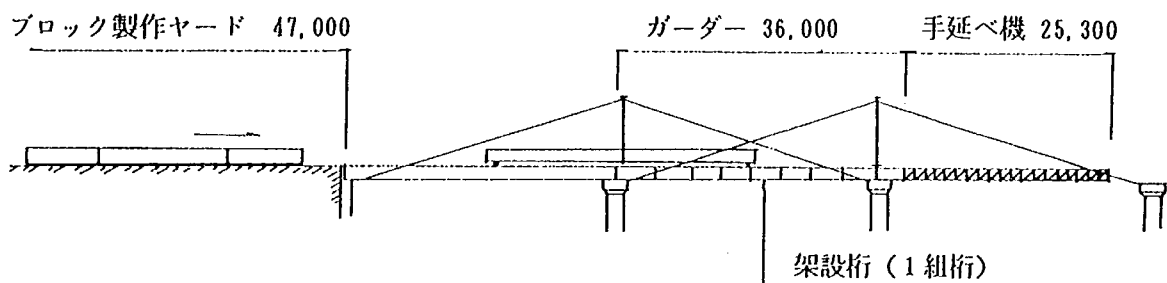
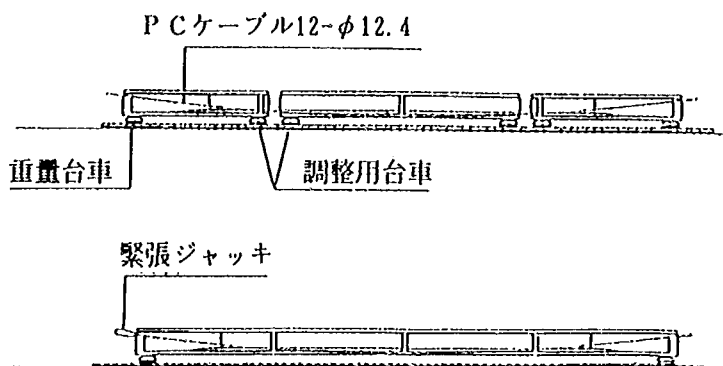


PC鋼材配置図

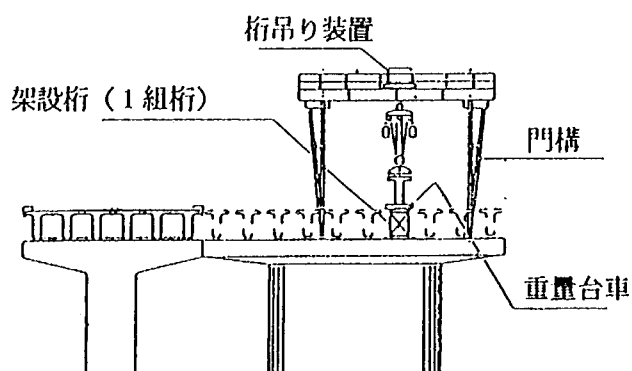




主げた製作要領図

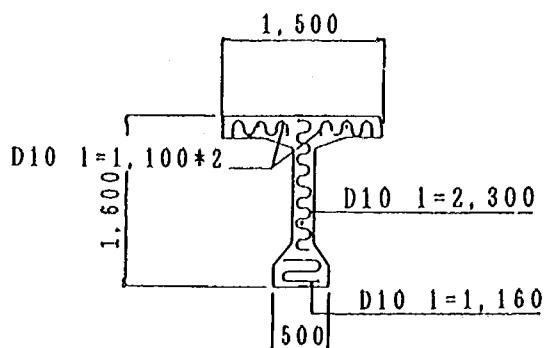
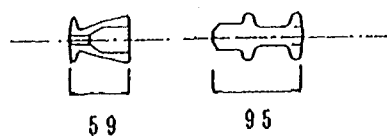


主げた架設要領図



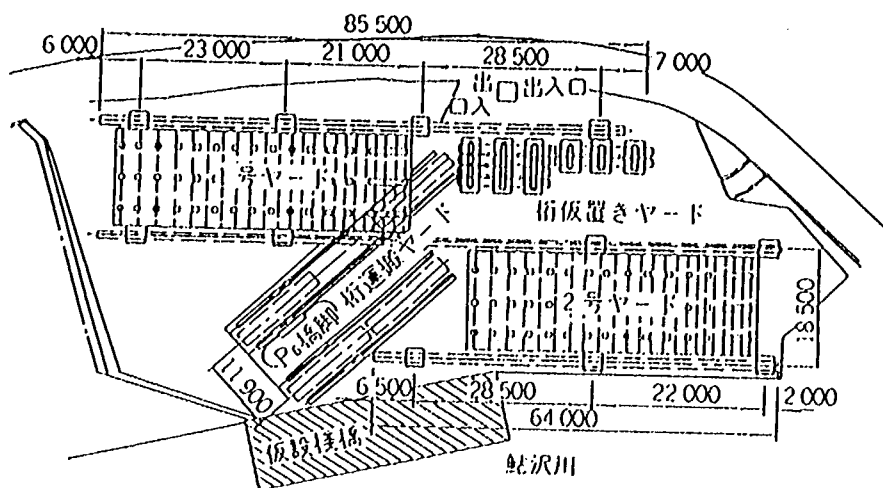
接合キーと補強鉄筋

リング型鋼製接合キー ϕ 28

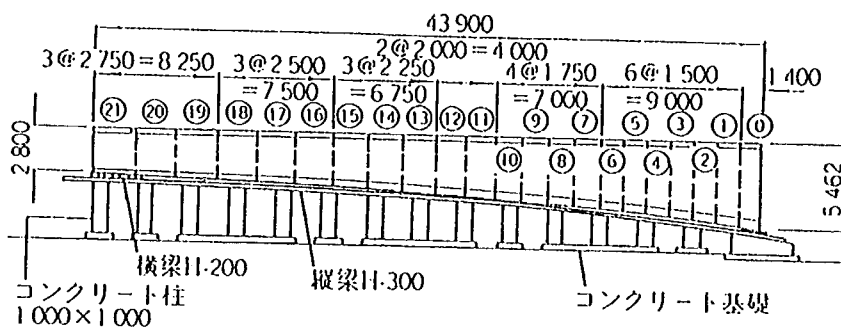


付録－４ 実施例② 箱げた橋(張出し架設工法)

— 105 —



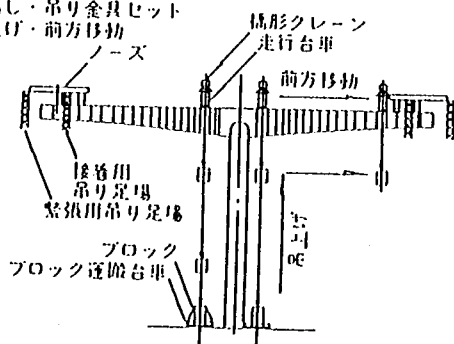
ブロック製作・架設要領平面図



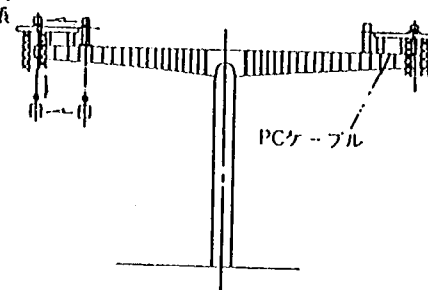
ブロック製作要領側面図

ブロック架設要領図

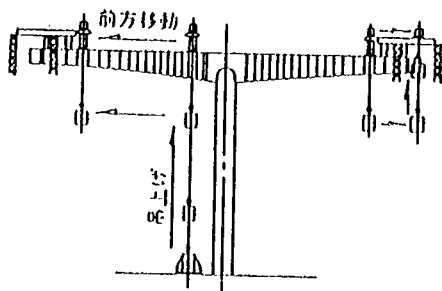
- A 1) ブロック引出し・吊り金具セット
2) ブロック吊上げ・前方移動



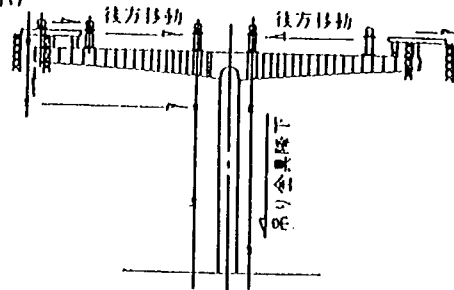
- C 5) 接着剤塗布・ブロック引き寄せ
6) PCケーブル挿入
7) PCケーブル緊張



- B 3) ブロック移動・吊上げ
4) 高さ調整



- D 8) 吊り金具撤去・移動降下
9) クレーン後方移動・吊り金具降下
10) ノーズ移動完了



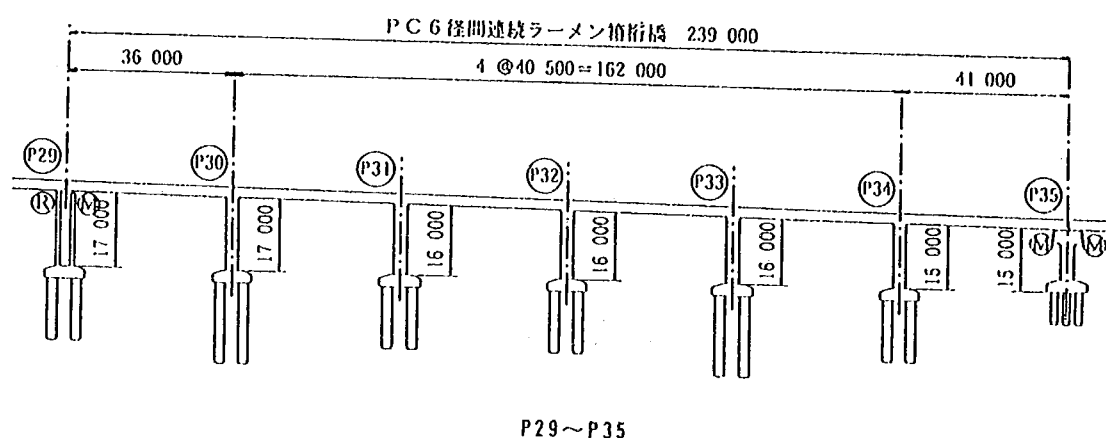
付録－５ 実施例③ 箱げた橋(スパンバイスパン工法)

実施例③ 箱げた橋 (スパンバイスパン工法) (重信川橋梁)

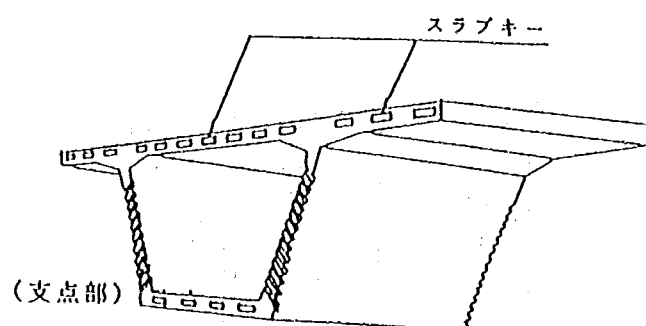
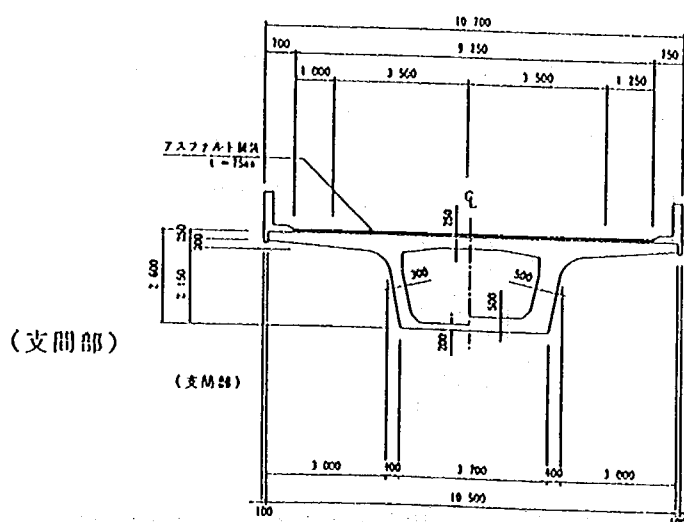
(概要)

本橋は、全橋長1901.00mの多径間連続高架橋（PC4～6径間連続ラーメン箱げた橋7連およびPC5径間連続箱桁橋2連）であり、日本で初めての本格的なスパンバイスパン工法により架設されるものである（竣工予定は平成9年）。1室箱げた断面の主げたは、ショートライン・マッチキャスト方式により現地近くのヤードで製作され、スパンバイスパン工法用のエレクションガーダーにより1径間毎にまとめて架設される（P18参照）。

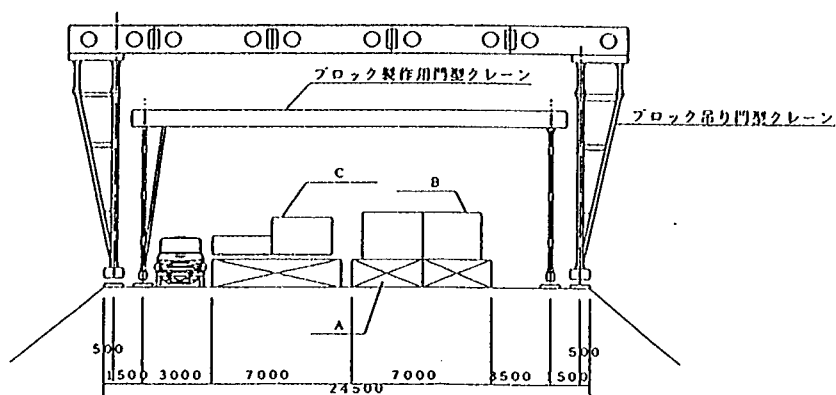
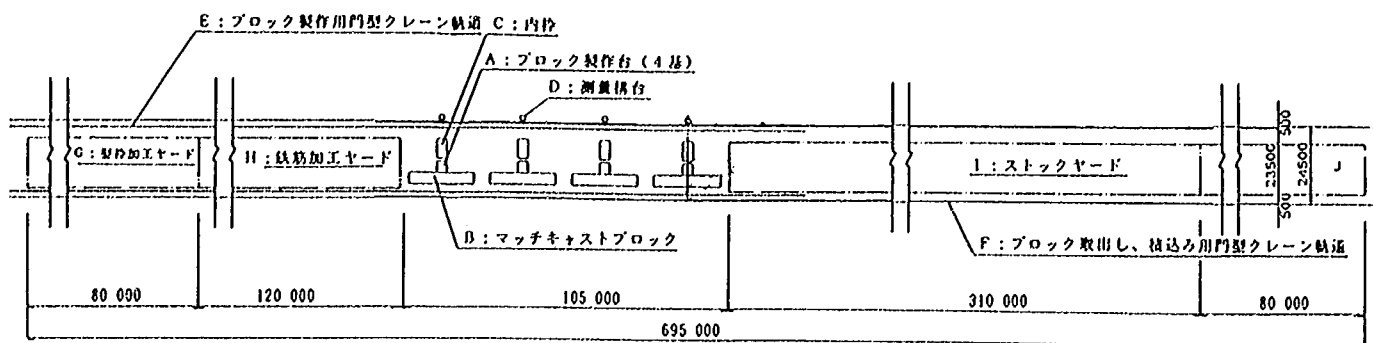
接合キーとして、コンクリート製多段キーがスラブキーとともに使用されており、また内、外ケーブル併用の主ケーブルを使用している点や床版横締めプレテンション方式が採用されている点にも特徴がある。



橋梁一般図

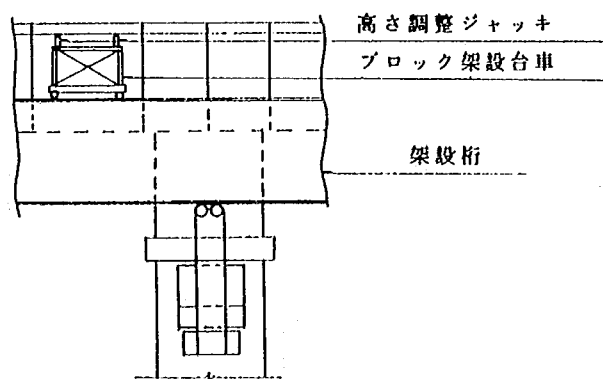
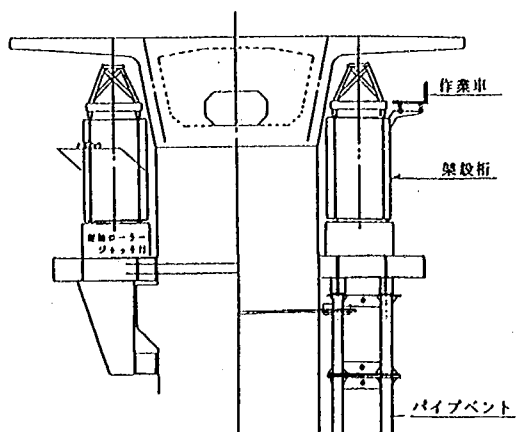
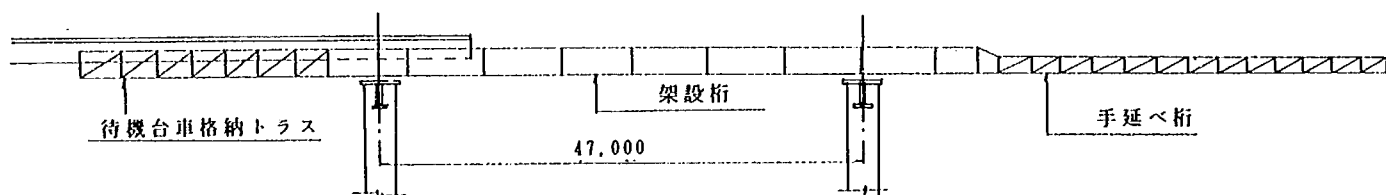


主げた断面図およびブロック形状図



- A: ブロック製作台 (3基)
- B: マッチキャストブロック
- C: 内枠
- D: 測量橋台
- E: ブロック製作用門型クレーン軌道
- F: ブロック取出し、積込み用門型クレーン軌道
- G: 型枠加工ヤード
- H: 鉄筋加工ヤード
- I: ストックヤード
- J: その他ヤード (ガーダー相立他)

ブロック製作要領図



ブロック架設要領図

(出典: 「土木技術」1994, 12)

付録－6 けたの横座屈に対する安全性の検討

6. けたの横座屈に対する安全性の検討

(1) プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTけたの横座屈に対する安全性の検討

プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTけたのスペンを長くしたり、横方向の剛度を小さくしていくと、たとえけたの曲げ応力度が許容値を十分に満足していたとしても、横方向に座屈しやすいものとなる。コンクリート道路橋施工便覧（昭和59年2月、（社）日本道路協会）によれば、「横座屈に対する安全率が $4 > F \geq 2.5$ の場合のけたの傾きを想定し、上縁隅に引張応力度が発生するようであれば、引張鉄筋などにより十分補強しておく必要がある。」としているが、プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートけたの場合の継目部にはこれらの引張鉄筋が配置できないため一般に鉄筋が貫通しているTけたに比べて横座屈に対するじん性が小さい。したがって、プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートけたを架設する場合には、十分注意して行わなければならない。

1) 横座屈に対する検討法の参考例

参考文献^{*1~3}による、けたの横座屈に対する安全性の検討法を以下に示す。

一般にけたの横方向座屈を起こす限界等分布荷重 W_{cr} は次式によって近似的に求めることができる。

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{l^3}$$

ここに、

m : けたの支持条件によって求まる定数

B : 横方向曲げ剛度 $E_c \cdot I_h$

C : ねじり剛度 $G \cdot J$ ($G = 0.43 E_c$)

l : 支持支間

J : ねじり剛性係数

E_c : コンクリートの弾性係数

安全率 F は、けたの単位長さ当りの重量 W_d との比として、次のように求まる。

$$F = \frac{W_{cr}}{W_d}$$

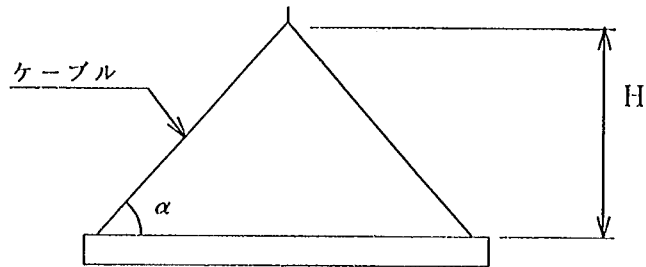
W_{cr} の値は、けた端の回転に対する拘束の状態によって決まる定数 m によって変化する。けた端が回転に対して完全に拘束される場合は $m = 28.3$ となり、回転に対して弾性的に支持されている場合は、端拘束スプリング定数 M の関数として付図-6.5より m が求まる。

$$\text{端拘束スプリング定数 } M = \frac{L \cdot R_x}{2C} \text{ の値は次の式から求められる。}$$

(a) けたを支間中央で1点で吊る場合

$$M = \frac{L \cdot R_x}{2C} = \frac{0.533\alpha - 0.0342\alpha^2}{1 - 0.367\alpha + 0.0159\alpha^2}$$

ここに、 α : 吊りワイヤが水平となす角度 (ラジアン)



付図-6.1 吊りワイヤが水平となす角度

(b) けたを両端で2点で鉛直に吊る場合

$$R_x = \frac{q \cdot L \cdot e}{2}$$

ここに、 L : けた長

q : けた自重の分布荷重

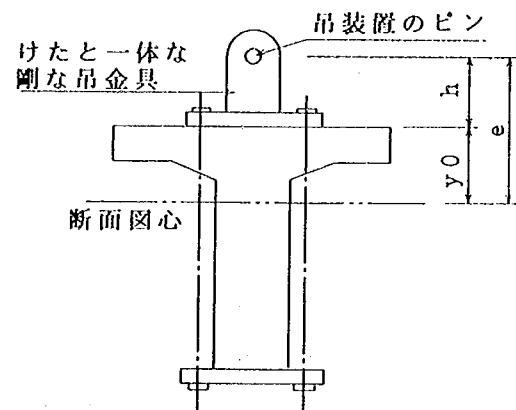
R_x : 拘束に対するばね定数

e : けた図心から吊り点までの距離

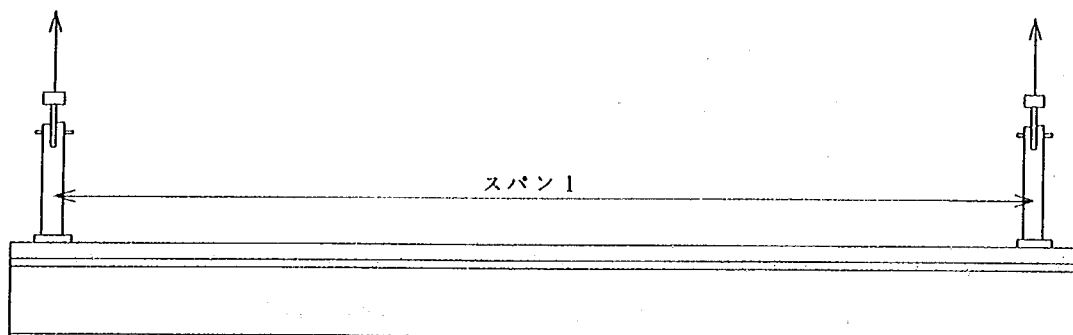
$$e = y_0 + h$$

y_0 : 図心からけた上縁までの距離

h : けた上縁から吊り点までの距離



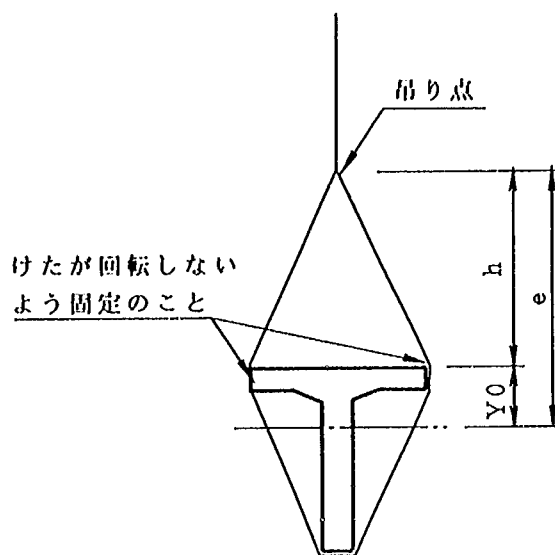
付図-6.2 拘束に対するばね定数算出用 e



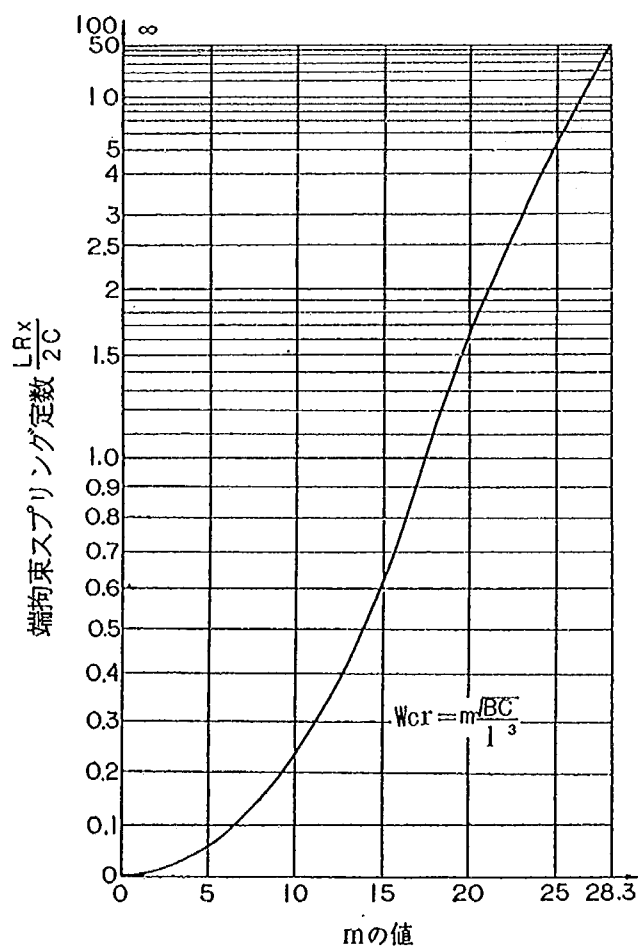
付図-6.3 両端で2点で鉛直に吊ったけた

なお、けたにワイヤーを大回しして架設する場合は、けたが回転しないようにけたとワイヤーを固定する必要がある。また、けたが傾きはじめたときワイヤーののびで変形が増大しないように、けた自重に対して

十分太径のワイヤーを使用しなければならない。



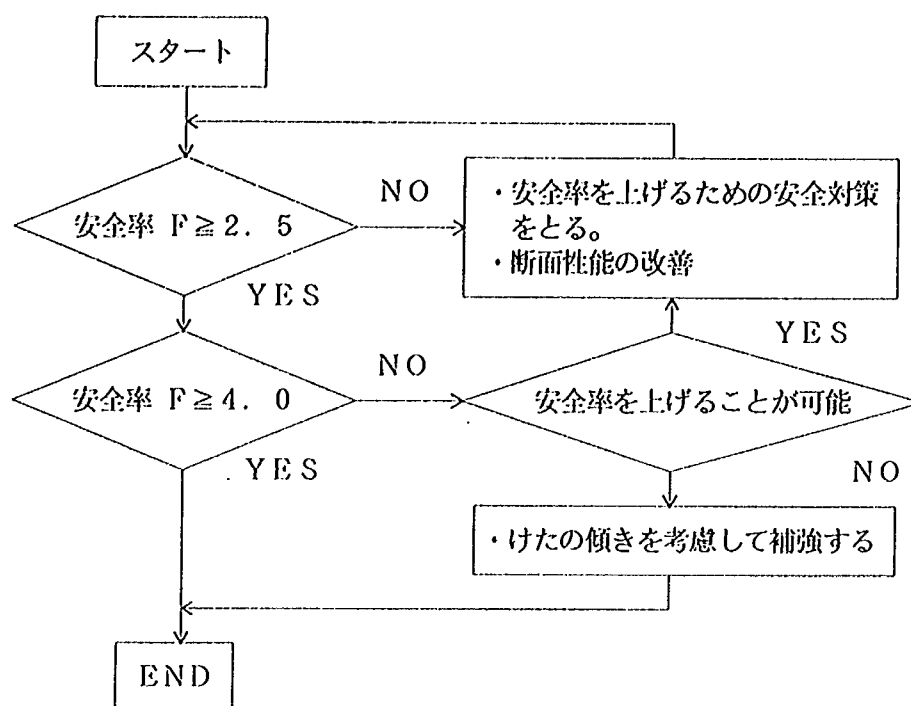
付図-6.4 けたにワイヤーを大回しして架設する場合の拘束に対するばね定数算出用 e



付図-6.5 端拘束スプリング定数と m の関係
(出典：プレストレストコンクリート vol. 4, No. 6, December 1962)

2) PCけたの横座屈に対する安全性の照査と対策例

ここで、PCけたの横座屈に対する安全性の照査フローチャートの一例を示す。



付図-6.6 座屈に対する安全性の検討のためのフローチャートの例

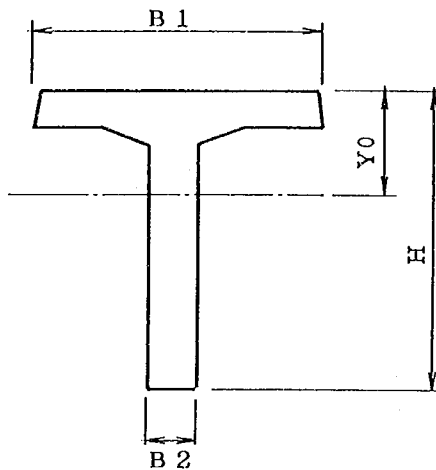
横座屈に対して安全率を上げるための方法とけたの傾きによる引張力に抵抗させる方法の例は本文5.5.2参照のこと。

(2) プレキャストブロックTげたの横座屈に対する安全率の計算例

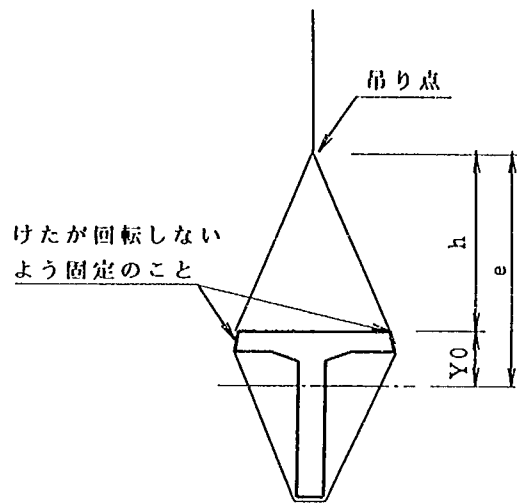
プレキャストブロックTげたの横座屈に対する安全率の計算例を次に示す。計算は標準設計の範囲で安全率が最も低くなる支間45mのケースとする。

〔計算例〕設計条件、

支間	: $l = 45\text{m}$	鉛直軸に関する断面2次モーメント	: $I_c = 0.100\text{m}^4$
けた高	: $H = 2.9\text{m}$	上縁から図心までの距離	: $Y_o = 1.149\text{m}$
上フランジ幅	: $B_1 = 1.75\text{m}$	コンクリートの設計基準強度	: $\sigma_{ck} = 500\text{kgf/cm}^2$
ウェブ幅	: $B_2 = 0.36\text{m}$	けた上縁からけた吊点までの距離	: $h = 3.0\text{m}$
断面積	: $A = 1.348\text{m}^2$		



付図-6.7 主げた断面形状



付図-6.8 主げた吊上げ形状

・ねじり剛性の計算

$$\eta_3 (\text{フランジ}) = 3.258 \quad \eta_3 (\text{ウェブ}) = 3.315$$

$$J = \sum b^3 \cdot a / \eta_3 = 0.2^3 \times 1.75 / 3.258 + 0.36^3 \times (2.9 - 0.2) / 3.315 = 0.042 \text{ m}^4$$

・けた自重の分布荷重の計算

$$q = A \times 2.5 = 1.348 \times 2.5 = 3.370 \text{ tf/m}$$

・拘束に対するばね定数の計算

けたを両端で2点で鉛直に吊る場合

$$R_x = \frac{q \cdot L \cdot e}{2} = \frac{3.370 \times 45.9 \times 4.149}{2} = 320.9 \text{ tf} \cdot \text{m}$$

ここに、 L : けた長(=45.9m)

y_o : 図心からけた上縁までの距離 (=1.149m)

q : けた自重の分布荷重(=3.370tf/m)

h : けた上縁から吊り点までの距離 (=3.0m)

e : けた図心から吊り点までの距離

R_x : 拘束に対するばね定数

$$e = y_o + h = 1.149 + 3.0 = 4.149\text{m}$$

・横方向曲げ剛度の計算

$$B = E_c \cdot I_n$$

ここに、 E_c ：コンクリートの弾性係数($=3.3 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$)

I_n ：鉛直軸に関する断面2次モーメント($=0.100 \text{ m}^4$)

$$B = 3.3 \times 10^6 \times 0.100 = 0.330 \times 10^6 (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$$

・ねじり剛度の計算

$$C = G \cdot J \quad (G = 0.43 E_c) = 0.43 \times 3.3 \times 10^6 \times 0.042 = 0.060 \times 10^6 (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$$

・端拘束スプリング定数の計算

$$\text{端拘束スプリング定数} = \frac{L \cdot R_x}{2 \cdot C} = \frac{45.9 \times 320.9}{2 \times 0.060 \times 10^6} = 0.123$$

・限界等分布荷重 W_{cr} の計算

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{l^3}$$

ここに、 m ：けたの支持条件によって求まる定数

けた端が回転に対して完全に拘束される場合は $m_1 = 28.3$ となり、回転に対して弾性的に支持されている場合は、端拘束スプリング定数 M の関数として付図-6.5より m が求まる。端拘束スプリング定数が0.123の時 $m_2 = 7.53$

※けた端固定の場合

$$W_{cr} = \frac{28.3 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 43.7$$

※けた端弾性の場合

$$W_{cr} = \frac{7.53 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 11.6$$

・安全率の計算

安全率 F は、けたの単位長さ当りの重量 W_{do} との比として、次のように求まる。

$$F = \frac{W_{cr}}{W_{do}}$$

$$\text{※けた端固定の場合の安全率} \quad F_1 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{43.7}{3.37} = 13.0 \quad (F_1 \geq 4.0)$$

$$\text{※けた端弾性の場合の安全率} \quad F_2 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{11.6}{3.37} = 3.4 \quad (4.0 > F_2 \geq 2.5)$$

したがって、横座屈に対する安全率を上げるための架設方法を検討するか、けたの傾きによる引張力に抵抗させる方法を検討しなければならない。

付表-6.1 プレキャストブロックTげたの横座屈に対する安全率の計算例

フランジ幅(m)		1 . 5			1 . 7 5						
支間(m)		36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
けた高(m)		2.20	2.30	2.30	2.50	2.50	2.60	2.70	2.80	2.80	2.90
ウェブ幅(m)		0.34	0.34	0.34	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36
断面積(m ²)		1.006	1.040	1.040	1.204	1.204	1.240	1.276	1.312	1.312	1.348
鉛直軸に関する断面2次 モーメント I _b (m ⁴)		0.063	0.063	0.063	0.098	0.099	0.098	0.099	0.099	0.099	0.100
ねじり剛性 η ₃ (フランジ [*])		3.315	3.315	3.315	3.258	3.258	3.258	3.258	3.258	3.258	3.258
η ₃ (ウェブ [*])		3.389	3.376	3.376	3.366	3.366	3.353	3.341	3.328	3.328	3.315
b ³ ・a(フランジ [*])		0.012	0.012	0.012	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
b ³ ・a(ウェブ [*])		0.079	0.083	0.083	0.107	0.107	0.112	0.117	0.121	0.121	0.126
J = Σ b ³ ・a / η ₃ (m ⁴)		0.027	0.028	0.028	0.036	0.036	0.038	0.039	0.041	0.041	0.042
断面図心距離(m)		0.848	0.893	0.893	0.963	0.963	1.009	1.055	1.102	1.102	1.149
けた重量／m (tf/m)		2.515	2.600	2.600	3.010	3.010	3.100	3.190	3.280	3.280	3.370
B (×10 ⁶ tf・m ²)		0.208	0.208	0.208	0.323	0.323	0.327	0.327	0.327	0.327	0.330
C (×10 ⁶ tf・m ²)		0.038	0.040	0.040	0.051	0.051	0.054	0.055	0.058	0.058	0.060
e (m)		3.348	3.393	3.393	3.963	3.963	4.009	4.055	4.102	4.102	4.149
R _x (tf・m)		155.3	167.2	171.6	238.0	243.9	260.4	277.5	295.3	302.1	320.9
L・R _x ／2・C		0.075	0.077	0.083	0.093	0.098	0.101	0.108	0.112	0.117	0.123
けた た固 端定	m ₁	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3
	W _{c,r1} (tf/m)	53.9	51.0	47.0	61.2	56.8	54.6	51.2	49.0	45.8	43.7
	安全率F ₁	21.4	19.6	18.1	20.3	18.9	17.6	16.1	14.9	14.0	13.0
けた た弾 端性	m ₂	5.63	5.71	5.95	6.34	6.54	6.66	6.94	7.09	7.29	7.53
	W _{c,r2} (tf/m)	10.7	10.3	9.9	13.7	13.1	12.8	12.6	12.3	11.8	11.6
	安全率F ₂	4.3	4.0	3.8	4.6	4.4	4.1	3.9	3.8	3.6	3.4

付図-6.6による判定例

- $F_1, F_2 \geq 4.0$ 架設中常に安全である。
- $4.0 > F_1, F_2 \geq 2.5$ 5.5.2に示す方法などで架設中の安全率を4.0以上とするか、けたの架設中の傾きにより発生する引張力に対して十分補強する。
- $F_1, F_2 < 2.5$ 5.5.2に示す方法などで架設中の安全率を4.0以上とするか、2.5以上としたうえで、けたの架設中の傾きにより発生する引張力に対して十分補強する。

- けたの吊点はけた上面より 3 m、 $\sigma_{ck} = 500$ kgf/cm²と仮定した。

- けた仮置き時の端拘束条件はけた端固定、架設時の端拘束条件はけた端弾性と仮定する。

(3) けたの横座屈に対する安全率を上げるための方法例と計算例

1) 支持間隔を短くする方法の計算例

(a) けたの仮支持の検討

プレキャストブロックけたを製作し、仮置きまたは架設する場合の仮支持点の位置は支間中央断面および支間中央直近の継目部について次の条件式を満足しなければならないと仮定する。

主げた上縁に対して

$$\sigma_{ct}' \cdot \eta_t + \sigma_{do}' \cdot (\ell' / \ell)^2 \geq \sigma_{cat}' \quad \cdots (1)$$

主げた下縁に対して

$$\sigma_{ct} \cdot \eta_t + \sigma_{do} \cdot (\ell' / \ell)^2 \leq \sigma_{cat} \quad \cdots (2)$$

したがって、仮支持点の許容支間長は、(1)、(2) 式より次のようになり、 ℓ_{a1}' 、 ℓ_{a2}' のいずれか大きい方を採用するものとする。

$$\ell_{a1}' \geq \sqrt{\frac{\sigma_{cat}' - \sigma_{ct}' \cdot \eta_t}{\sigma_{do}'}} \cdot \ell$$

$$\ell_{a2}' \leq \sqrt{\frac{\sigma_{cat} - \sigma_{ct} \cdot \eta_t}{\sigma_{do}}} \cdot \ell$$

ここに、 σ_{ct}' : プレストレス導入直後のプレストレスによる上縁応力度(kgf/cm²)

σ_{ct} : プレストレス導入直後のプレストレスによる下縁応力度(kgf/cm²)

σ_{do}' : けた自重による上縁応力度(kgf/cm²)

σ_{do} : けた自重による下縁応力度(kgf/cm²)

σ_{cat}' : プレストレス導入直後の許容曲げ引張応力度(kgf/cm²)

σ_{cat} : プレストレス導入直後の許容曲げ圧縮応力度(kgf/cm²)

ℓ : 設計支間(m)

ℓ' : 仮支持支間(m)

η_t : 仮支持をするときのプレストレスの有効係数

(計算例)

・支間中央について

$$\sigma_{ct}' = -79.4 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma_{cat}' = -18.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{ct} = 341.4 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma_{cat} = 210.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{do}' = 87.0 \text{ kgf/cm}^2 \quad \ell = 45.0 \text{ m}$$

$$\sigma_{do} = -138.3 \text{ kgf/cm}^2$$

プレストレス導入時には $\eta_t = 1$ であるが、材令が数日過ぎているとして $\eta_t = 0.95$ と仮定する。

$$\ell_{a1}' \text{ at CL} = \sqrt{\frac{-18.0 + 79.4 \cdot 0.95}{87.0}} \cdot 45.0 = 36.5 \text{ m}$$

$$l_{a2}'_{at\ CL} = \sqrt{\frac{210.0 - 341.4 \cdot 0.95}{-138.3}} \cdot 45.0 = 40.9 \text{ m}$$

・直近継目部について

$$\begin{aligned} \sigma_{ct}' &= -75.3 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{cat}' &= 0.0 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{ct} &= 334.6 \text{ kgf/cm}^2 & \sigma_{cat} &= 210.0 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma_{do}' &= 83.4 \text{ kgf/cm}^2 & l &= 45.0 \text{ m} \\ \sigma_{do} &= -132.4 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

プレストレス導入時には $\eta_t = 1$ であるが、材令が数日過ぎているとして $\eta_t = 0.95$ と仮定する。

$$l_{a1}'_{at\ joint} = \sqrt{\frac{0.0 + 75.3 \cdot 0.95}{83.4}} \cdot 45.0 = 41.7 \text{ m}$$

$$l_{a2}'_{at\ joint} = \sqrt{\frac{210.0 - 334.6 \cdot 0.95}{-132.4}} \cdot 45.0 = 40.6 \text{ m}$$

したがって、仮支持点は支間長 41.7 m 以上の範囲に設ければよい。

(b) 安全率の計算

支持支間を 41.7 m とする。

・限界等分布荷重の計算

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{l^3}$$

ここに、 m : けたの支承条件によって求まる定数

けた端固定 = 28.3 けた端弾性 = 7.53

B : 横方向曲げ剛度 $E_c \cdot I_n = 0.330 \times 10^6$

C : ねじり剛度 $G \cdot J$ ($G = 0.43 E_c$) = 0.060×10^6

l : 支持支間 = 41.7 m

J : ねじり剛性係数 = 0.042

E_c : コンクリートの弾性係数 = $3.3 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$

※けた端固定の場合

$$W_{cr} = \frac{28.3 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{41.7^3} = 54.9$$

※けた端弾性の場合

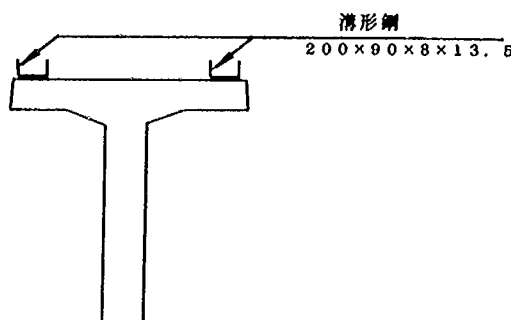
$$W_{cr} = \frac{7.53 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{41.7^3} = 14.6$$

・安全率の計算

※けた端固定の場合の安全率 $F_1 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{54.9}{3.37} = 16.3 (13.0) ()$ 内は改善前

※けた端弾性の場合の安全率 $F_2 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{14.6}{3.37} = 4.3 (3.4) ()$ 内は改善前

2) 架設用鋼材をP Cげたの上フランジ両端部等に取り付け一時的に横方向の剛性を上げる方法の計算例



付図-6.9 架設用鋼材を取付けた例

図に示すように、けたの上フランジの両端部等に溝形鋼を仮固定する。

〔計算例〕

・溝形鋼(200×90×8×13.5)の断面諸数値

断面積 $38.65 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

強軸回りの断面2次モーメント $2490 \times 10^{-8} \text{ m}^4$

ヤング係数比 n

$$n = \frac{2.1 \times 10^6}{3.3 \times 10^5} = 6.36$$

鋼材のねじり剛度は小さいので無視する。

・設計条件

$I_{h'}$: 鉛直軸に関する換算断面2次モーメント $= 0.126 \text{ m}^4$

m : けたの支承条件によって求まる定数

けた端固定 $= 28.3$ けた端弾性 $= 7.53$

B : 横方向曲げ剛度 $E_c \cdot I_h = 0.416 \times 10^6$

C : ねじり剛度 $G \cdot J$ ($G = 0.43 E_c$) $= 0.060 \times 10^6$

l : 支持支間 $= 45.0 \text{ m}$

J : ねじり剛性係数 $= 0.042$

E_c : コンクリートの弾性係数 $= 3.3 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$

・限界等分布荷重の計算

※けた端固定の場合

$$W_{cr} = \frac{28.3 \cdot \sqrt{0.416 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 49.1$$

※けた端弾性の場合

$$W_{cr} = \frac{7.53 \cdot \sqrt{0.416 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 13.1$$

・安全率の計算

※けた端固定の場合の安全率 $F_1 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{49.1}{3.37} = 14.6 \text{ (13.0) ()内は改善前}$

※けた端弾性の場合の安全率 $F_2 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{13.1}{3.37} = 3.9 \text{ (3.4) ()内は改善前}$

3) けた上縁から吊点までの距離を大きくとる方法の計算例

けた上縁からけた吊点までの距離 : $h = 3.0 \text{ m} \rightarrow 4.0 \text{ m}$ とする

・拘束に対するばね定数の計算

$$R_x = \frac{q \cdot L \cdot e}{2}$$

ここに、 L : けた長(=45.9m)

y_o : 図心からけた上縁までの距離 (=1.149m)

q : けた自重の分布荷重(=3.370tf/m) h : けた上縁から吊り点までの距離 (=4.0m)

e : けた図心から吊り点までの距離 R_x : 拘束に対するばね定数

$$e = y_o + h = 1.149 + 4.0 = 5.149\text{m}$$

$$R_x = \frac{3.370 \times 45.9 \times 5.149}{2}$$

$$= 398.2 \text{ tf} \cdot \text{m}$$

・横方向曲げ剛度の計算 $B = 0.330 \times 10^6 (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$

・ねじり剛度の計算 $C = 0.060 \times 10^6 (\text{tf} \cdot \text{m}^2)$

・端拘束スプリング定数の計算

$$\text{端拘束スプリング定数} = \frac{L \cdot R_x}{2 \cdot C} = \frac{45.9 \times 398.2}{2 \times 0.060 \times 10^6} = 0.152$$

・けたの支承条件によって求まる定数(図-解5.5.5より)

けた端固定 $m_1 = 28.3$ けた端弾性 $m_2 = 7.95$

・限界等分布荷重 W_{cr} の計算

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{l^3}$$

※けた端固定の場合

$$W_{cr} = \frac{28.3 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 43.7$$

※けた端弾性の場合

$$W_{cr} = \frac{7.95 \cdot \sqrt{0.330 \times 10^6 \cdot 0.060 \times 10^6}}{45.0^3} = 12.3$$

・安全率の計算

※けた端固定の場合の安全率 $F_1 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{43.7}{3.37} = 13.0$ (13.0) ()内は改善前

※けた端弾性の場合の安全率 $F_2 = \frac{W_{cr}}{W_{do}} = \frac{12.3}{3.37} = 3.6$ (3.4) ()内は改善前

(4) けたの傾きによる引張力に抵抗させる方法例と計算例

1) 架設用外ケーブルをPCけたの上面あるいは側面に取付け、プレストレスを導入する方法の計算例

〔計算例〕

けたの傾きによるけた端部の引張応力度 $\sigma_s = 250 \text{ tf/m}^2$ 分に対して補強する。PC鋼棒 $\phi 26$ -4本をけた上面に配置し、1本当たり $P = 34 \text{ tf}$ 導入する。

補強鋼材による主げた応力度

$$\text{けた上縁 } \sigma_{st}' = \frac{P}{\Lambda} + \frac{P \cdot e_p}{Z'}$$

ここに、 P : PC鋼棒1本当たりの導入緊張力 ($= 34.0 \text{ tf}$)

Λ : 主げた断面積 ($= 1.348 \text{ m}^2$)

e_p : 補強鋼材偏心量 ($Y_o - e_p' = 1.149 + 0.100 = 1.249 \text{ m}$)

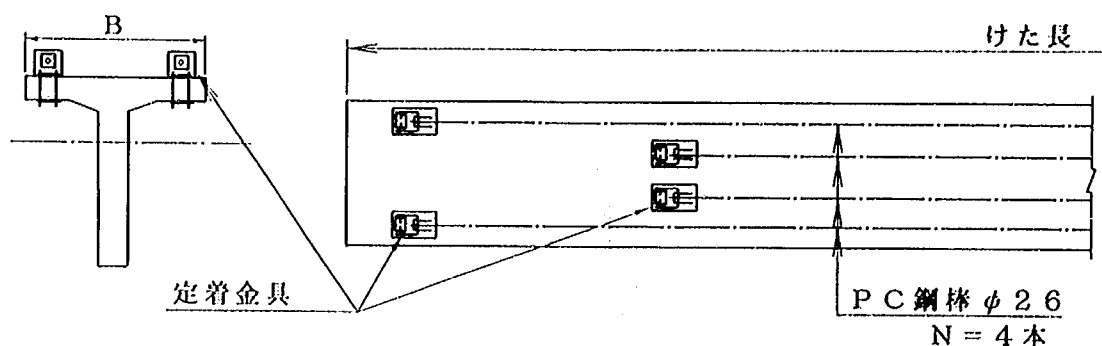
e_p' : けた上縁からPC鋼材図心位置までの距離 ($= -0.100 \text{ m}$)

Y_o : けた上縁から断面図心位置までの距離 ($= 1.149 \text{ m}$)

Z' : 主げた上縁に関する断面係数 ($= 1.004 \text{ m}^3$)

σ_{st}' : 補強鋼材による主げた上縁のコンクリート応力度 (tf/m^2)

$$\text{けた上縁 } \sigma_{st}' = \frac{34.0 \times 4}{1.348} + \frac{34.0 \times 4 \times 1.249}{1.004} = 270 > 250 \text{ (tf/m}^2\text{)}$$



付図-6.10 架設時のP Cげたの補強例

2) 引張力に相当する仮設鋼材を取付ける方法の計算例

付図-6.9に示す溝形鋼をけたの上フランジに仮固定する。

〔計算例〕

- ・溝形鋼(200×90×8×13.5)の断面積 $A_s = 38.65 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
- ・上フランジ幅 $B = 1.75 \text{ m}$
- ・上フランジ厚 $h = 0.20 \text{ m}$
- ・溝形鋼の許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 1.25 \times 14000 \text{ tf/m}^2 = 17500 \text{ tf/m}^2$
- ・けたの傾きによるけた端部の引張応力度 $\sigma_s = 250 \text{ tf/m}^2$

※引張鋼材量の算定

架設時にけたの傾きによって発生する引張力に抵抗させる。

全引張力 (T)

$$T = 1/4 \times B \times h \times \sigma_s = 1/4 \times 1.75 \times 0.20 \times 250 = 21.875 \text{ tf}$$

溝形鋼を引張鋼材とみなすと

$$\sigma_s = \frac{T}{A_s} = \frac{21.875}{38.65 \times 10^{-4}} = 5660 \text{ tf/m}^2 < \sigma_{sa} = 17500 \text{ tf/m}^2$$

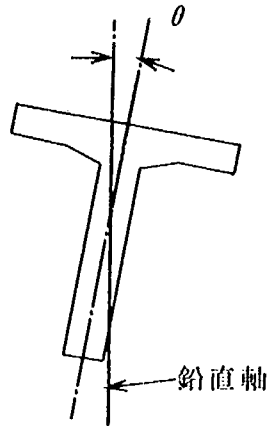
(5) 許容横方向傾斜角の検討法と計算例

けたが横方向に傾斜すると自重の横方向分力によって引張力が生じる。プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートけたの継目部には鉄筋が貫通していないので、運搬中や架設中にも傾けないことが望ましい。しかし、運搬中の道路線形や架設中の偏心により傾いてしまう場合、支間中央断面およびブロック継目部断面について、次の条件を満足しなければならない。

$$\sigma_{ci}' \cdot \eta + \sigma_{do}' \cdot \left(1 - \frac{Z_c'}{Z_h} \cdot \sin \theta\right) + \sigma_{po}' \geq \sigma_{cat}''$$

したがって、傾斜角 θ (度) の許容値 θ_a は、次式による。

$$\theta_a = \sin^{-1} \left(\frac{|\sigma_{cat}'' - \sigma_{ci}' \cdot \eta - \sigma_{do}' - \sigma_{po}'|}{\sigma_{do}'} \cdot \frac{Z_h}{Z_c'} \right)$$



付図-6.11 けたの横方向の傾斜

ここに、 θ_a : けたの許容傾斜角 (度)
 σ_{csi}'' : 許容曲げ引張応力度 (kgf/cm^2)
 σ_{ci}' : 導入直後のプレストレスによるけた上縁の曲げ応力度 (kgf/cm^2)
 η : 有効係数
 σ_{do}' : 衝撃などを考慮した主げた自重によるけた上縁の曲げ応力度 (kgf/cm^2)
 Z_h : 水平軸回りのけた上縁の断面係数 (cm^3)
 Z_c' : 鉛直軸回りのけたの上フランジ端の断面係数 (cm^3)
 σ_{po}' : 仮設用 P C 鋼材のプレストレスによるけた上縁の曲げ応力度 (kgf/cm^2)

〔計算例〕 支間中央の直近の継目部において検討する。(衝撃係数として0.3を仮定する。)

$$\sigma_{csi}'' = 0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{ci}' = -75.3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\eta = 0.95$$

$$\sigma_{do}' = 83.4 / (1.0 + 0.3) = 64.2 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Z_h = 0.114 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

$$Z_c' = 1.004 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{po}' = 27.7 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{とすると}$$

$$\theta_a = \sin^{-1} \left(\frac{|0 + 75.3 \cdot 0.95 - 64.2 - 27.7|}{64.2} \cdot \frac{0.114 \times 10^6}{1.004 \times 10^6} \right) = 2.064^\circ$$

したがって、この例による許容傾斜角は 2.064° である。

【参考文献】

1. Lateral Stability of Precast Members During Handling and Placing, PCI Journal, Feb., 1962
: Jean Muller
2. プレキャスト P C 桁の架設作業における横方向安定性 プレストレスコンクリート Vol. 4, No. 6, Dec, 1962: 猪俣俊司
3. 中規模径間(40m~60m) P C 橋に関する調査研究報告書(その3) (財) 高速道路調査会 昭和56年3月

付録－7 主要実績一覧

7. 主要実績一覧（国内実績）

プレキャストブロック工法によるPC橋梁は、国内外で多くの実績を有する。中でもT型ポストテンションげたを用いた橋梁は数百橋におよぶ。ここでは、箱げた断面を有するPC橋梁の実績を国内について示す。これらの多くは、エレクションガーダーやエレクションノーズを用いた片持ち張出し工法で架設されている。

ブロック目地材としてはエポキシ樹脂系接着剤が、また、接合キーとしてはコンクリート製台形接合キーの実績が多いが、最近では多段キーも採用されるようになった。

プレキャストブロック工法による箱げた橋実績表 (1/3)

橋 名	完成年 (年)	構 造 デ ー タ					橋製作方法 型枠・養生	運 搬 方 法	架 設 工 法	工期 (か月)	仮置き ヤード	架設 場所	主桁 block (kg/m ²)	製作ブロック		使用部材	目地剤	接 合 キ ー	平 整 方 法	図 形
		橋 長	支 間 (m)	幅 員 (m)	構造形式	断面								数 (個)	重 量 (t)					
目黒高梁橋 (首都高速公団)	1966	174.85	26.45+31.0+26.45 26.45+35.5+29.0	16.0	3径間連続	1箱桁	ショート ライン	トラッ ク	クレーン エレクシ ョンノーズ		付近 ヤード	道路	350	36	25	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷
多摩橋 (東京都)	1967	252.0	50.0+50.0+50.3 +50.3+50.0	12.1	4径間連続	2箱桁	250m×2基 冬期：保温	門型ク レーン	門型クレー ン	11ヵ月	高水敷地	河川	400	120	36.5	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷
神島大橋 (岡山県)	1970	170.0	41.95+86.0+41.90	8.3	3径間連続	1箱桁	99m×1基 冬期：保温	低床ト レーラ ボルト ン	エレクシ ョンノーズ	44.4 ～ 45.3 12か月	工場	海岸	400	46	45	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷
加古川橋梁 (日本国有鉄道)	1970	496.5	3(54.95+55.6+54.95)	複 線	3径間連続	2×1 箱 桁	54m×1基 冬期： ヒーター	台 車	エレクシ ョンノーズ 2×2本	12か月	付近 製作ヤード	河川	400	240	50	12φ12.4	ニボキシ	コンク リート 金属	直 敷	直 敷
越田橋 (建設省東北地建)	1971	150.0	39.5+70.0+39.5	8.8	3径間連続	1箱型	57m×1基 冬期： ヒーター	門型ク レーン	エレクシ ョンノーズ ンガーダー	5(I期) 8(II期) 13ヵ月	製作ヤードに隣接	河川	400	52	38.2	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷
首都高速 381 (首都高速公団)	1971	92.0	23.0+46.0+23.0	16.6 上下線 分離	3径間連続	1箱桁	50m×1基	トラッ ク	エレクシ ョンノーズ		製作ヤードに隣接	国道	400	64 上下線	35	12φ8	ニボキシ	コンク リート	R=317.2 R=325.5	
首都高速 383 (首都高速公団)	1971	140.0	39.4+68.0+39.4	16.5 上下線	3径間連続 ラーメン	1箱桁 完成時 2主箱 桁	中央 29.0 側径間36.0	トラ ク	エレクシ ョンノーズ		製作ヤードに隣接	都道	400	92	46	12φ8	ニボキシ	コンク リート		
大内野大橋 (茨城県)	1971	160.0	49.0+60.0+49.0	9.8	3径間連続	1箱桁	27.5m×1基	門型ク レーン	エレクシ ョンノーズ ンガーダー	10か月	製作ヤードに隣接	河川	400	52	27 ～ 40	F14	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷
西金大橋 (茨城県)	1971	154.0	48.0+58.0+48.0	9.8	3径間連続	1箱桁	56m×1基	重畳台 車 ウィン チ	エレクシ ョンノーズ ンガーダー	46.2 ～ 47.1 12か月	製作ヤードに隣接	河川	400	44	MAX 40.5	F130.100	ニボキシ	コンク リート	S=7	
妙高大橋 (建設省)	1972	300.0	65.0+85.0+85.0+65.0	10.0	4径間連続	1箱桁	100m	門型ク レーン	ケーブルク レーン		製作ヤードに隣接	河川	400	90	61			コンク リート	直 敷	直 敷
中央橋 (北上市役所)	1973	381.7	7×54.5	6.8	7径間連続	1箱桁	28m×1基 冬期： ヒーター	トレー ラー	エレクシ ョンノーズ ンガーダー	46.1 ～ 48.5	製作ヤードに隣接	河川	400	134	40	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直 敷	直 敷

プレキャストブロック工法による箱げた橋実績表 (2/3)

東関東自動車道 四街道3号O.V.と (日本道路公団)	1971	49.36	24.5+24.5	4.0	2径間連続	1室	ロングライ ン	トレー ラー	クレーン 支保工		ヤード 付近	道路	400	17	13.0	12φ7 12φ8	ニボキシ	コンク リート	直線
国見橋 (北上市役所)	1974	537.0	9×59.52	6.8	2×4.5 径間連続 (中央部 ヒンジ)	1箱桁	30m×1基 冬期: ヒーター	トレー ラー	ニレクショ ンガーダー		製作ヤ ードに隣接	河川	400	198	65	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直線
川 井 橋 (橋 木 県)	1974	459.75	3(50.4+51.05+50.4)	9.1	3径間連続	1箱桁	25m×1基 冬期: ヒーター	トレー ラー	ニレクショ ンノーズ	13か月	製作ヤ ードに隣接	河川	400	138		12φ8	ニボキシ	コンク リート	直線
沼 館 橋 (秋 田 県)	1974	451.6	5×49.95	8.8	Tラーメン	1箱桁		門型ク レーン	門型クレー ン	19か月	製作ヤ ードに隣接	河川	400	54	27 ~ 34	12T12.4	ニボキシ	コンク リート	直線
横浜高速1号線 (YC 104) (首都高速公団)	1977	238.0	54.0+53.2 40.8+50.0+40.0	8.2	2径間連続 桁 3径間連続 桁	1箱桁	2基	トレー ラー	ニレクショ ンノーズ		製作ヤ ードに隣接	県道	400	148	32.0 (23)	12φ8 12T12.4	ニボキシ	コンク リート	
新 山 下 橋 (首都高速公団)	1978	183.9	63.7+76.4+42+4	13.2	3径間連続 ラーメン	2箱桁	73m×1基	軌条・ 台 車	ニレクショ ントラス	18か月	製作ヤ ードに隣接	海	400	135	65	FC130	ニボキシ	コンク リート	R=430m
鳥 川 橋 梁 (日本鉄道 建設公団)	1978	420.0	5×42.0+5×42.0	4.6	5径間連続	1箱桁	ショートラ イン	トレー ラー	門型クレー ン(ノーズ)	11か月	河川敷	河川	400	56	58 ~ 67	12T12.4	ニボキシ	金 属	直線
十三湖大橋 (岩 手 県)	1979	231.0	(2×32.9) +48.0+69.1+48.0	11.5	3径間連続	1箱桁	55.5m×1基	トレー ラー 台 車	ニレクショ ンノーズ	10か月	河川敷	湖	400	44	60	12T12.4	ニボキシ	コンク リート	直線
下 山 田 橋 (鉄道建設公団)	1979	119.7	29.35+59+7+29.35	12.2	3径間連続	1箱桁	60m×1基 冬期: ヒーター	軌条・ 台 車	ニレクショ ンガーダー	9か月	取付用地	国道	400	48	65	12T12.4	ニボキシ	金 属	
江 原 橋 (岩 手 県)	1982	586.2	64.8+7×65.0+64.8	12.8	9径間連続	1箱桁	60m×2基	トレー ラー 門型ク レーン	ニレクショ ンガーダー	20か月	近辺用地	河川	400	176	65	12T12.4	ニボキシ	コンク リート	直線
太 田 橋 (岩 手 県)	1984	357.0	3×59.5 2基	21.5 上下線	3径間連続	1箱桁	25.5m×2基 58m×1基	トレー ラー	ニレクショ ンガーダー	22か月	製作ヤ ードに隣接	河川	400	104	60	12T12.4	ニボキシ	コンク リート	直線
瀬 底 大 橋 (沖 縄 県)	1985	262.9	(3×40)+(3×54.3) +(3×54.3)+(3×40)	10.75	3径間連続	1箱桁	冬期:保溫	トレー ラー 門型ク レーン	ニレクショ ンガーダー			海洋	400	226	45	12φ8	ニボキシ	コンク リート	直線

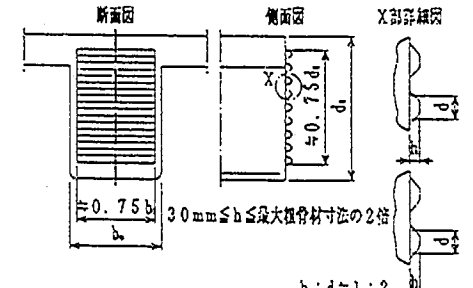
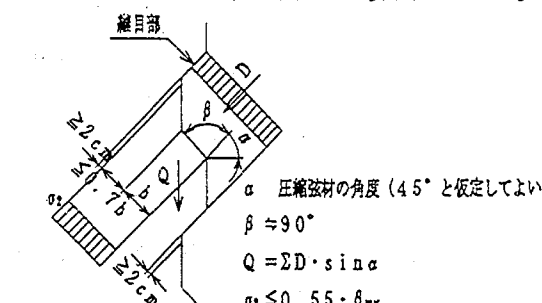
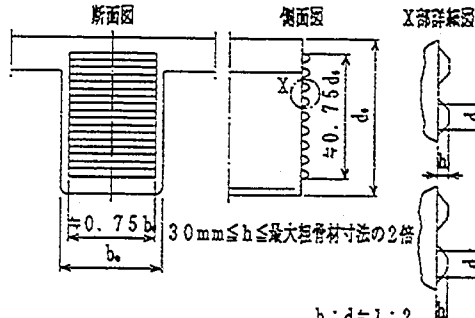
プレキャストブロック工法による箱げた橋実績表 (3/3)

大井松田 I. C 連絡道路橋 (神奈川県)	1988	88.8	28.65+30.5+28.65	6.0	3径間連続	1箱桁	ロングライ ン	トレー ラー	エレクショ ンガーダー	12ヵ月	ヤード 付近	道路	400	24	22.0 ~ 25.3	φ32 12T12.4	ニボキシ ン	コンク リート	R=500
池間大橋 (沖縄県)	1992	425.0	(4×50)+(4×60) +(4×60)+(5×60) +(4×50)	8.75	4径間連続 5径間連続	1箱桁	60m×1基 冬期: ヒーター	トレー ラー 門型ク レーン	エレクショ ンガーダー		製作ヤ ードに隣接	海洋	400	464	48	12T12.4	ニボキシ ン	コンク リート	直 続
真名足橋東 (日本道路公団)	1991	415.0	71.3+100+100 +88.0+54.35 (柱頭部 1基分)	14.5	5径間連続	2箱桁	48m×2基	軌 条	エレクショ ンノーズ	12ヵ月	橋梁基部 ヤード	河川	400	42	80	12T12.4	ニボキシ ン	コンク リート	直 続
二色の浜高梁橋 (阪神高速公団)	1993	499.5	45.8+46.5+45.8 49.2+2×50.0+50.0 +2×50.0+49.16	10.075 ×2	3.7径間 連続 桁	1箱桁	ロングライ ン マッチキ ャスト方式	トレー ラー	エレクショ ンガーダー 橋形クレー ン	255≒105 ≒55≒35 42ヵ月	付近 ヤード (2×2建)	海岸	400	424	40	12φ8	ニボキシ ン	コンク リート	R=8000=
和泉大橋 (愛知県)	1993	156	45+55+45	8.49 ≒7.25	3径間連続	1箱桁	ロングライ ン 3.0m・普通	トレー ラー	クレーン	8ヵ月 × 2期	ヤード 付近	道路	400	56	30	12T12.4	ニボキシ ン	コンク リート	直 続
草張高梁橋 (千葉県)	1994	177.38	下り 4×28.1+26.1+28.662 上り 4×28.1+24.1+33.14	(既) 1.8	単純桁	1箱桁	底版 1/2 スパ ン マッパスト 敷設	低床 トレー ラー	押出し	93.2 ~ 94.1	工 場	鉄道 上	400	38	45	12T12.4	ニボキシ ン	鋼製 キー	直 続
清水第4跨道橋 (日本道路公団)	1994	58.04	12.6+32.8+12.6	7.3	斜材付 変形π型 ラーメン	2箱型	ショートラ イン マッパスト	トレッ カー	クレーン 支保工	1.5 ヵ月	工 場	道路	400	31	22	12T12.4	ニボキシ ン	鋼 製	直 続
重信川橋梁 (日本道路公団)	1996 予定	1901. 00	35.9+4×40.5+38.078 他	9.5 ~ 15.145	4~6径間 連続 ラーメン橋	1箱桁	ショール ライン 3基	底床ト レーラ ー 門型ク レーン	架設桁 スパンb y スパン	36ヵ月	付近 ヤード	道路 河川	500	778	40 ~ 50	19T15.2 12T12.7	ニボキシ ン	コンク リート 多設 キー	R=∞ -1500=
大芝大橋 (広島県)	施工中	470.0	98.9+210.0+98.9	5.0	3径間連続 斜張橋	ニッ ジャー ター ー桁	未 定	トレッ カー クレー ン	エレクショ ンノーズ	255≒105 ≒510≒105 60ヵ月	付近 ヤード	海洋	600	106	47.3 ~ 38.3	12T12.7	ニボキシ ン	コンク リート	直 続
平 厩 橋 (広島県)	施工中	98.50	98.4	(既) 8.0	単径間 斜張橋	1箱桁	ロングライ ン	台 船	エレクショ ンノーズ	92.4 ~ 95.8	付近 ヤード	海上	500	28	38.5 ~ 78.3	φ32	ニボキシ ン	コンク リート	ブロッ ク部直 続
角島大橋 (山口県)	施工中 (1998)	900	7.60+8.60	≒6.5	7+8径間 連続	1箱桁	ロングライ ン 2.65m・保溫	トレー ラー	エレクショ ントラス	41ヵ月	ヤード 付近	海上	400	326	47	12T12.4 8T12.7	ニボキシ ン	美中コ ンクリ ート	直 続
真南歩道橋 (奈良県)	施工中 (1995)	80	39.06+39.08	6.8 ≒6.0	単純箱桁	1箱桁	ロングライ ン 3.5m・保溫	トレー ラー	クレーン 支保工	9ヵ月	ヤード 付近	河川	400	68	25	12T12.4	ニボキシ ン	コンク リート	直 続

付録－8 各国基準一覧

8. 各国基準一覧

各国基準によるプレキャストブロック橋の継目部の照査方法を以下に示す。

BS5400, Part4, 1984	DIN4227, Part3, 1983	AASHTO, GUID SPEC 1989
・使用限界状態：レジンモルタルジョイントで圧縮状態になること。また、施工中は継目面の平均圧縮応力の範囲を2~3kgf/cm²程度とし、応力差が5kgf/cm²を越えないように規定している。 ・終局限界状態：荷重によるせん断力は$0.7 \cdot \gamma_{RL} \cdot P_H \cdot \tan \alpha_2$を越えてはならない。 γ_{RL}：プレストレスに関する部分安全係数(0.87) P_H：全ロスを差し引いたプレストレスの水平分力 α_2：ジョイントでの摩擦角($\tan \alpha_2 = 0.7 \sim 1.4$) ねじりに対する鉄筋量の計算は、横方向、軸方向ともに一体鉄筋と同様の算定式とする。PC鋼材を軸方向鉄筋とみなしてよい。軸方向鉄筋は断面のコーナーに配置しなければならないが、圧縮部に配置される軸方向鉄筋は低減してもよい。 横方向鉄筋 $\frac{A_{st}}{S_v} = \frac{T}{2 \cdot A_o \cdot (0.87 \cdot f_{yv})}$ 軸方向鉄筋 $\frac{A_{sl}}{S_L} = \frac{A_{st} \cdot f_{yv}}{S_v \cdot f_{yL}}$ ここに、T：ねじりモーメント A_{st}：横方向鉄筋一本当たりの断面積 A_{sl}：軸方向鉄筋一本当たりの断面積 f_{yv}：横方向鉄筋の材料特性強度 f_{yL}：軸方向鉄筋の材料特性強度 S_v：横方向鉄筋の間隔 S_L：軸方向鉄筋の間隔 A_o：ウェブ中心線で囲まれた面積	・使用時：フルプレストレスの状態になければならない。 ・終局時：曲げ破壊モーメント算出時のコンクリートの圧縮応力度を$0.55 \cdot \sigma_{ck}$と低減する。 ・以下に示す細かな波形キーをせん断伝達に有効なウェブの断面積の1/2以上の面積に設けるならば計算による検討を省略できる。  この方法によらないならば、継目部の許容せん断応力度の値を低減(低減率、表面をサンドブラストした場合、たとえ大型キーを付けたとしても0.75、無処理の場合0.50)し、斜め圧縮応力を伝達するために大型キーやその他の方法を以下の理由のため考慮しなければならない。 ①架設時接着剤の硬化前のため ②火災時のため この場合、下図のように仮定して算出してよい。  ねじりに対する必要なせん断補強鉄筋を配置しなければならない。その場合、PC鋼材をねじりに対する軸方向鉄筋とみなすことができる。	・タイプAジョイント：エポキシ樹脂接着剤を使用し腐食環境や凍結融解の可能性のある場合で、内ケーブル使用のジョイント。 ・タイプBジョイント：コンクリートとコンクリートの突き合わせジョイントで、外ケーブル使用のジョイント。 タイプAジョイントで継目部に鉄筋が通過していない場合、継目部においてフルプレストレスの状態でない場合、架設時において継目部にはエポキシ樹脂が硬化するまでに2.8kgf/cm²程度の圧縮力を与えなければならない。タイプBジョイントで外ケーブルを使用した場合、全断面最低14kgf/cm²の圧縮応力状態でない場合、この影響を無視できる。 

CEB-FIP MODEL CODE 1990

- ・設計荷重作用時：フルプレストレスの状態であるならば継目のない構造物と同様であると考えてよい。
- ・終局限界状態：継目部の抵抗せん断力は次式により算出できる。

$$V_{Rd} = \{ \mu \cdot \{ A_s \cdot f_{yd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha + N_d \} + 0.1 \cdot A_x \cdot f_{ck} \} / \gamma_{Rd}$$

$$V_{Rd} < 0.3 \cdot A_j \cdot f_{cd}$$

$$V_{Rd} < n \cdot t_{key} \cdot f_{cd} / \sin \phi_{key}$$

$$A_j = b_j \cdot l_j$$

$$l_j : \text{継目長}$$

$$n : \text{継目部に配置されるキーの数}$$

$$h_{key} \geq 50 \text{ mm}$$

$$t_{key} \geq 10 \text{ mm}$$

$$h_{key} / t_{key} < 8$$

$$\phi_{key} \leq 30^\circ$$

$$\mu = 0.5 (\text{平滑な面})$$

$$\mu = 0.9 (\text{表面を荒らした面かキーを取付けた面})$$

$$A_s, f_{yd}, \alpha : \text{継目部を通過する鋼材の断面積、降伏応力度、通過角度}$$

$$N_d : \text{継目部に作用する圧縮力}$$

$$A_j : \text{継目部における圧縮域の断面積}$$

$$A_x : \text{せん断キーの断面積}$$

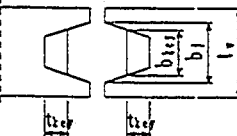
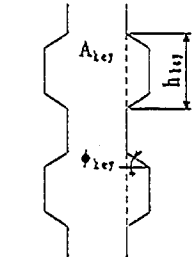
$$f_{cd} : \text{コンクリートの圧縮強度}$$

(ただし、平滑な面や $A_x / A_j < 0.2$ の場合 $A_x = 0$)

- ・継目部を通過する鋼材の最小鉄筋量

$$A_s \cdot f_{yd} \geq 0.01 \cdot A_j \cdot f_{cd}$$

- ・せん断キーは圧縮域に配置されたものが主に重要である。



道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編 平成6年2月

- ・設計荷重作用時：フルプレストレス
- ・過載荷重作用時：許容曲げ引張応力度 25 kgf/cm^2
- ・ねじりモーメントが作用する継目部には、それに対する P C 鋼材を配置しなければならない。

$$A_{p1} = 1.25 \cdot \frac{b_i \cdot h_i}{b_i \cdot h_i} \cdot \frac{M_i}{\sigma_y}$$

$$b_i, h_i : \text{横方向鋼材図心線の幅、高さ}$$

$$A_{p1} : \text{ねじりに対する軸方向の必要鋼材量}$$

$$\sigma_y : \text{鋼材の降伏応力度}$$

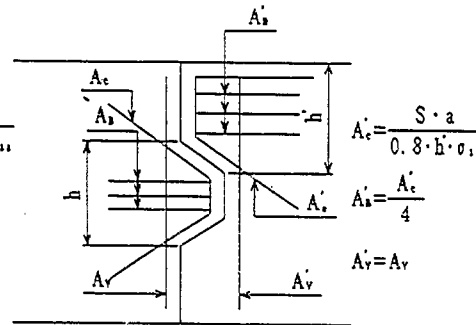
$$M_i : \text{終局荷重作用時に部材に作用するねじりモーメント}$$

- ・プレキャストブロックの継目部には、相互のブロックを確実に接合させるための接合キーを配置しなければならない。接合キーは架設時および終局荷重時のせん断力に対して安全でなければならない。終局荷重作用時においてねじりモーメントが作用するときはそれによるせん断力を荷重によるせん断力に加算し、せん断キーに作用するせん断力を算出する。
- ・鉄筋コンクリート製接合キーの場合、次図に示すように補強鉄筋量を算出してよい。

$$A_c = \frac{S \cdot a}{0.8 \cdot h \cdot \sigma_{sa}}$$

$$A_s = \frac{A_c}{4}$$

$$A_v = \frac{S}{2 \cdot \sigma_{sv}}$$



ただし、 A_c, A'_c : 補強鉄筋の断面積

A_B, A'_B : スターラップの断面積

A_v, A'_v : 鉛直方向補強鉄筋の断面積

σ_{sa} : 鉄筋の許容応力度

S : 接合キーの設計荷重

a : 支点から荷重作用点までの距離 $= H/2$

コンクリート道路橋設計便覧 平成6年2月

- ・設計荷重作用時：フルプレストレス
- ・過載荷重作用時：許容曲げ引張応力度は、コンクリートの設計基準強度 400 kgf/cm^2 に対して 25 kgf/cm^2 、 500 kgf/cm^2 に対して 30 kgf/cm^2 とする。

- ・接合キーは、架設時および終局荷重時のせん断力に対して安全でなければならない。ここで、終局荷重時のせん断力には、プレストレス力の摩擦によるせん断抵抗力を考慮して以下のように算出してよい。

$$S = S_k - S_{p1}$$

S : 終局時の接合キー 1 箇所当たりの設計作用せん断力

S_k : 終局時の接合キー 1 箇所当たりのせん断力

S_{p1} : 接合キー 1 箇所当たりのプレストレス力によるせん断抵抗力

$$S_{p1} = \mu \cdot P \cdot \cos \theta / N$$

$P \cdot \cos \theta$: 全 P C 鋼材の引張力の軸方向成分

μ : プレストレス力の摩擦によるせん断抵抗係数 (0.3)

N : 同一形状の接合キーの個数

- ・鋼製接合キー：接合キーの必要断面積は、架設時および終局荷重時について検討し、大きい方の断面積以上を配置する。リング型鋼製接合キー周辺のコンクリートの支圧応力度は、次式を満足するものとする。

$$\text{架設時} \quad \sigma_{ub} = \frac{S_T}{B \cdot (L/3)} \leq 1.5 \sigma_c$$

$$\text{終局荷重時} \quad \sigma_{ub} = \frac{S_k - S_{p1}}{B \cdot (L/3)} \leq 2.0 \sigma_{ck}$$

σ_{ub} : 架設時にコンクリートに作用する支圧応力度

σ_c : 架設時のコンクリートの圧縮強度

σ_{ub} : 終局時にコンクリートに作用する支圧応力度

σ_{ck} : コンクリートの設計基準強度

S_T : 架設時の接合キー 1 箇所当たりのせん断力

B : 接合キーの外径

L : 接合キーの埋込み長さ

- ・コンクリート製接合キー：台形接合キーの補強鉄筋量は、道路橋示方書と同様に算定するものとする。

ただし、終局時のせん断力についてはプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗力を考慮してよい。波形および多段接合キーについては接合キー面のせん断応力度を架設時 15 kgf/cm^2 、終局時 20 kgf/cm^2 程度以下にするのが望ましい。ここで、終局時にはプレストレス力の摩擦によるせん断抵抗を考慮してよい。

- ・ねじりモーメントについては、道路橋示方書と同様

付録－9 プレキャストブロック工法に関する文献

9. プレキャストブロック工法に関する文献

プレキャストブロック工法に関しては、近年種々の研究がなされている。その報告の一部を参考文献として以下にまとめる。

プレキャストブロック工法に関する文献（規準類および設計に関する報告）

論 文 名	出 典	著 者
ポストテンション方式プレキャストコンクリート道路橋ープレキャストブロック工法 検討報告書ー	(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 昭和50年11月	国 広 哲 男 他
プレキャストブロック工法設計施工の手引（案）	(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 平成3年4月	藤 井 学 他
プレストレスト・コンクリート プレキャストブロック工法施工マニュアル	(社)プレストレストコンクリート技術協会 1968年12月	田 中 五 郎 他
プレキャストブロックカンチレバー工法の道路橋への適用に関する調査・研究報告書	P B研究会 平成2年10月	則 久 芳 行 他
プレキャストブロック工法	日刊工業新聞社	池 田 哲 夫
フレシネーカンチレバー橋設計資料9	極東鋼弦コンクリート振興(株) 昭和50年12月	
プレキャストブロック工法による橋梁についての最新技術	極東鋼弦コンクリート振興(株) 資料77-5	
P Cブロック工法施工指針	プレストレストコンクリート Vol. 18, No. 3, Jun., 1976	泉 満 明 加 藤 孝 彦
コンクリート部材のねじり疲労性状に関する基礎的研究		児 島 孝 之 阪 正 行
プレストレストコンクリート部材のねじりに対する設計法	プレストレストコンクリート Vol. 16, No. 5, Oct., 1974	泉 満 明
コンクリート部材の終局ねじり強度の算定と設計法に関する研究	土木学会論文報告集 第305号 1981年1月	泉 満 明
P C橋の諸問題に関する研究報告書（その2）	(財)高速道路調査会 昭和58年3月	
プレキャストブロック化の現状と問題点	橋梁と基礎 79-4	宮 本 潔
ブロック工法の中小橋への適用	橋梁と基礎 80-3	阿 部 源 次
プレキャストブロックP C橋	橋梁と基礎 2-10	田 中 五 郎
プレキャストブロック片持梁架設橋の施工	プレストレストコンクリート Vol. 22, No. 3, Jun., 1980	経 堂 英 嗣 佐々木 忠俊 町 田 武

論 文 名	出 典	著 者
プレキャストブロックキャンチレバー工法	プレストレストコンクリート Vol. 31, 特別号, 1989	
ブロック工法の誤差管理 プレキャストブロックキャンチレバー工法における製作過程の誤差補正 越田橋のPCプレキャストブロック製作時におけるブロックの引き離し方法について	プレストレストコンクリート Vol. 13, No. 6, Dec., 1971 セメントコンクリート No. 287	福田 喜三郎 荒川 敏雄 加賀田 晋成
Prestressed Concrete Segmental type structural components Design and workmanship of joints	DIN 4227 Part 3, 1983	
GUIDE SPECIFICATIONS FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF SEGMENTAL CONCRETE BRIDGES 1989	AASHTO, GUIDE SPEC, 1989	
British Standard Steel, concrete and composite bridges Part 4. Code of practice for design of concrete bridges	BS 5400:Part 4: 1984	
CEB-FIP MODEL CODE 1990 DESIGN CODE	CEB	
道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編Ⅲコンクリート橋編	(社)日本道路協会 平成6年2月	
プレキャストブロック工法によるプレストレストコンクリートTげた道路橋設計施工指針	(社)日本道路協会 平成4年10月	
コンクリート道路橋設計便覧	(社)日本道路協会 平成6年2月	

プレキャストブロック工法に関する文献（実験報告）

論 文 名	出 典	著 者
PC桁ブロック継目部におけるねじり抵抗に関する研究報告書	（財）高速道路調査会 昭和60年3月	津野 和男 他
せん断伝達機構とその設計上の取扱い	コンクリート工学 Vol. 20, No. 12, Dec., 1982	青柳 征夫
PCブロック工法による部材のねじり挙動	土木学会第38回年次学術講演会 V-37	泉 満 明 津野 和男 阿部 源次
PCブロック工法における部材のねじり挙動	土木学会第40回年次学術講演会 V-171	泉 満 明 津野 和男 小野 正二 河村 哲男
プレキャストコンクリート部材継目部の純せん断強度	土木学会第40回年次学術講演会 V-211	泉 満 明 小 島 宏 中條 友義
コンクリート部材継目部の純せん断強度	土木学会第41回年次学術講演会 V-127	中條 友義 泉 満 明 阿部 源次
PCブロック継目部のねじり強度	プレキャストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 （社）プレストレストコンクリート技術協会	泉 満 明 杉本 孝博 中條 友義
目地を有するPC部材のねじり強度	プレストレストコンクリート Vol. 31, No. 2, Mar., 1989	泉 満 明 阿部 源次 中條 友義
ねじりを受けるプレキャストコンクリート接合部材の挙動	土木学会論文報告集 第328号 1982年12月	松 島 博
PCプレキャストブロック部材の継手強度について	第9回日本道路会議論文集	国 広 哲男 光 岡 毅 小 山 博司

論 文 名	出 典	著 者
アウトケーブルを用いたP CブロックT桁橋の補修設計	阪神高速道路 第10回技報 1990	中 村 登 明
P Cブロック桁の模型試験 (その1)	プレストレストコンクリート Vol. 12, No. 1, Jan., 1970	村 上 温 森 口 幸 雄
P Cブロック桁の模型試験 (その2)	プレストレストコンクリート Vol. 12, No. 2, Feb., 1970	村 上 温 森 口 幸 雄
プレキャストブロック張出し工法に関する目地試験	プレストレストコンクリート Vol. 23, No. 6, Nov., 1981	経 堂 英 嗣 佐々木 忠俊 大 浦 隆
首都高速道路公団 横浜-羽田空港線P Cブロック合成桁について	コンクリート・ジャーナル Vol. 6, No. 11, Nov., 1968	木 下 忠 朋 柳 田 和 郎
プレキャストブロック工法	土木学会誌 51-11 JSCE, Nov., 1966	宮 内 敬 保
首都高速232工区の施工について (II)	プレストレストコンクリート Vol. 9, No. 4, Oct., 1967	津 野 和 男 金 光 宏
釜屋橋工事報告 プレキャストブロックの継手形式および関連試験	プレストレストコンクリート Vol. 14, No. 5, Oct., 1972	西 田 幹 夫 川 合 毅 山 下 幸 弘 鈴 木 哲 夫
P Cブロック継手の一工法 (国道178号線 釜屋橋)	橋梁と基礎 7-3 Mar., 1973	西 村 昭 星 野 満 西 田 幹 夫
プレキャストコンクリート接合面のせん断挙動	セメント技術年報33 昭和54年	山 崎 竹 博 宮 川 邦 彦
断面修復したコンクリート部材の新旧接合面におけるせん断特性	第45回セメント技術大会講演集 1991	岡 本 亨 久 長 瀧 重 義
コンクリートの接合部のせん断耐力に関する基礎研究	土木学会論文報告集 第254号 1976年10月	後 藤 祐 司 長 瀧 重 義
P C箱桁ブロック接合部のねじり挙動解析	土木学会論文集 第414号 V-12 (ノート) 1990年2月	宮 本 文 穂 山 村 清 藤 井 学

論 文 名	出 典	著 者
ねじりを受けるP C箱桁ブロック接合部の破壊挙動	土木学会第43回年次学術講演会 V-315	山 村 清 宮 本 文 穂 藤 井 学 天 野 周 治
プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書（Ⅰ）	建設省土木研究所 共同研究報告書第69号 平成4年3月	藤 原 稔 西 川 和 廣 箕 作 光 一 他
プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書（Ⅱ）	建設省土木研究所 共同研究報告書第82号 平成5年3月	藤 原 稔 西 川 和 廣 神 田 昌 幸 他
プレキャストブロック橋の設計法に関する共同研究報告書（Ⅲ）	建設省土木研究所 共同研究報告書第98号 平成6年3月	藤 原 稔 西 川 和 廣 神 田 昌 幸 他

プレキャストブロック工法に関する文献（施工報告）

論 文 名	出 典	著 者
P C連続箱桁橋のブロック工法	土木施工 7巻 3号	西 山 啓 伸 石 沢 正 俊 秋 元 泰 輔
長大プレキャストブロックを用いたP C箱桁橋の施工について	プレストレスコンクリート Vol. 9, No. 1, Jan., 1967	津 野 和 男 金 光 宏 福 馬 靖 生
多摩橋の設計と施工について	プレストレストコンクリート Vol. 12, No. 2, Mar., 1970	川 嶋 勇 駒 井 秀 文 田 辺 大 三 郎 斉 藤 雄 三
神島大橋の施工について	橋梁 1970年12月	井 戸 淳 二 太 田 稔 西 野 徳 重 若 狭 忠 雄
越田橋の設計と施工について	橋梁 1971年7月	高 橋 金 造 大 木 達 夫 加 賀 田 晋 成
首都高速道路 3号線(Ⅱ期)の片持式P Cプレキャストブロック工法による高架橋の設計と施工について(その1)	Vol. 13, No. 4, Aug., 1971	首都高速道路 公団 日本建設コンサル タント(株) オリエンタルコンサル ト(株) ピー・エス・コンクリ ート(株) 横河工事(株)
首都高速道路 3号線(Ⅱ期)の片持式P Cプレキャストブロック工法による高架橋の設計と施工について(その2)	プレストレストコンクリート Vol. 13, No. 5, Oct., 1971	同 上
首都高速道路 3号線(Ⅱ期)の片持式P Cプレキャストブロック工法による高架橋の設計と施工について(その3)	プレストレストコンクリート Vol. 14, No. 1, Feb., 1972	同 上

論 文 名	出 典	著 者
西金大橋の設計と施工について	橋梁 1972年3月	萩谷 和夫 田崎 忠行 吉田 智光
妙高大橋の計画と設計	橋梁と基礎 6-11, Nov., 1972	渡辺 宏 山崎 忠雄 岡島 成夫 鈴木 昭好
二階建PCブロックについて —横浜市道高速一号線・高架橋—	橋梁 1972年3月	西山 啓伸 柳田 和朗
新山下橋の設計・施工	プレストレストコンクリート Vol. 22, No. 2, Apr., 1980	布施川 文生 土本 宣生 一樹 久允 武田 幸宏 馬上 信一
プレキャストブロックカンチレバー工法による瀬底大 橋の施工	コンクリート工学 Vol. 22, No. 4, Apr., 1984	金城 英男 仲田 文昭 黒川 勝好 藤元 安弘
池間大橋の設計と施工	橋梁と基礎 89-10	屋良 朝廣 仲宗根 朝雄 当間 清勝 岡戸 三夫
PCケタのブロック施工とSEE工法	土木技術25巻 7号	藤原 武 池田 実
米代川橋梁の設計施工について	橋梁 1970年12月	宮田 尚彦 小須田 紀文
架道橋のプレキャストブロック施工	橋梁と基礎 76-3	山根 巖 伊藤 義則
コンクリート架道橋のプレキャスト化	土木技術26巻 2号	山下 宣博
ブロック工法による架道橋の設計ならびに架設につい て	プレストレストコンクリート Vol. 8, No. 2, Apr., 1966	芹沢 英夫 東 正利 荒尾 紀

論 文 名	出 典	著 者
プレキャストブロック片持架設 東名高速大井松田 I・C 連絡道路	橋梁 1988年9月	本野 健太郎 平岡 孝恵 添田 俊道 仁科 一義
プレキャストブロック片持梁架設による P C アーチ工 法の開発と湯中湖橋の施工	橋梁 1978年5月	飯塚 昇一 清水 基衛 斉藤 聰一 松井 一十路 高梨 良治
ブロックによる P C I 型桁の施工と測定	プレストレストコンクリート Vol. 18, No. 4, Aug., 1976	小林 明夫 大石 辰雄 竹中 康男
プレキャストブロック水管橋の設計施工について	プレストレストコンクリート Vol. 12, No. 5, Sep., 1970	樋口 勝美 平賀 昭夫 阿部 利雄 津田 兵衛 胡桃沢 満直
万国博会場内 P C 斜張橋について	プレストレストコンクリート Vol. 10, No. 1, Jan., 1968	佐藤 浩一 則武 邦具 鈴木 万寿夫
東名高速道路(改築)東名足柄橋(PCプレキャストカンパ-橋) の設計と施工	橋梁と基礎 91-7	木村 秀夫 中尾 信裕 尾島 孝幸 清水 真典 久保田 和伸

プレキャストブロック工法に関する文献（接着剤に関する報告）

論 文 名	出 典	著 者
PCブロック工法研究会研究報告	プレストレストコンクリート Vol. 10, No. 1, Jan., 1968	田 中 五 郎
PCブロック工法研究報告	プレストレストコンクリート Vol. 10, No. 5, Dec., 1968	田 中 五 郎
コンクリート用接着剤	プレストレストコンクリート Vol. 15, No. 4, Aug., 1973	泉 満 明
プレキャスト・プレストレストコンクリート構造におけるエポキシ接着剤	コンクリート・ジャーナル Vol. 12, No. 12, Dec., 1974	清 水 昭 之 抄訳
PCブロック工法箱桁橋の設計・施工暫定基準	コンクリート工学 Vol. 15, No. 1, Jan., 1977	飯 野 忠 雄 抄訳
エポキシ樹脂の接着試験	第8回日本道路会議論文集	西 山 啓 伸 正 木 義 春 秋 本 泰 輔 金 丸 豊 典

土木研究所資料第 130 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印