

コンクリートの打継目について

—— 特に橋梁の拡幅 ——

菊川 滋* 辻 忠志** 中 館 真***

まえがき

コンクリートの打継目はコンクリート構造物の施工にあたって不可欠であり、欠点にもなりやすいため、古くから調査研究の対象とされているが、近年、構造物の拡幅やプレハブ化など種々の様式でのコンクリートの継ぎ足しが必要になってきている。特に道路橋に関しては、昭和40年代以降の高度経済成長にともなう自動車普及台数・旅客貨物輸送量の飛躍的増大によって、交通容量の側面からの再検討を余儀なくされているものが多く見られ、その対策として最近橋梁の打継ぎによる拡幅が頻繁に行われている。

しかし、橋梁拡幅の打継部設計にあたっては、従来より各設計担当者の独自の判断によって行われており、断面計算、鉄筋の定着長、その他の諸要件に対する考え方が統一されていなかった。

このような情勢から、本論文ではコンクリートの打継目の中でも特に橋梁の拡幅をとりあげ、その施工にあたっての種々の問題点を明らかにし、あわせて実験によって検討を加える。

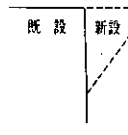
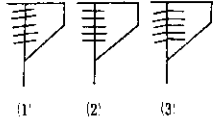
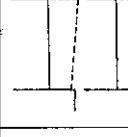
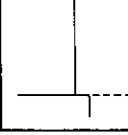
1. 下部工の拡幅

下部工では、橋台、橋脚の打継ぎによる拡幅が問題になる。コンクリート研究室では昭和50年度に、過去10年にさかのぼって、北海道開発局各開発建設部管内で行った拡幅工事の施工実態を把握するためにアンケート調査を行い、合計85件にのぼる回答を得た。その収集資料を整理した施工実態が表一1である。拡幅躯体形状は躯体中間部からの張りだし、フーチング上部から（井筒を含む）、そして直接基礎からの3種類に分類でき、また、アンカー材としては鉄筋、P C鋼材、ルーフボルトが使用されていた。

1.1 鉄筋定着方法

表一1から明らかなように、現在下部工の拡幅時には接着剤やモルタル系の填充剤を用い、鉄筋をアンカーと

表一1 橋梁下部工打継目調査表（各開発建設部調べ）

拡幅状態	アンカー材	填充剤	数 量	備 考
 躯体中間部からの張りだし	鉄 筋	モルタル系	0	アンカー（鉄筋）配置図  (1) (2) (3)
		接着剤系	15	
	P C 鋼材	モルタル系	4	
		接着剤系	1	
	ルーフボルト	モルタル系	1	
		接着剤系	2	
 フーチング上部から（井筒を含む）	鉄 筋	モルタル系	0	アンカー材 (a) 鉄筋～SD30, SD35 D16～32 ^{mm} (b) P C鋼材～1.P C鋼線φ7～24 ^{mm} 2.SEEEケーブル F ₁₀₀ , F ₁₅₀ , F ₂₀₀ 3.P C鋼棒φ26 ^{mm} (c) ルーフボルト～φ19 ^{mm}
		接着剤系	14	
	P C 鋼材	モルタル系	4	
		接着剤系	0	
	ルーフボルト	モルタル系	2	
		接着剤系	0	
 直接基礎（くい基礎含む）	鉄 筋	モルタル系	0	
		接着剤系	30	
	P C 鋼材	モルタル系	0	
		接着剤系	0	
	ルーフボルト	モルタル系	6	
		接着剤系	0	
	既設配力筋に接続		6	

して使用する例がほとんどである。この種の鉄筋定着で問題になる要因としては、次の9点があげられる。

- ・定着用填充剤の種類
- ・新旧コンクリートへの定着長
- ・鉄筋径
- ・ボアホール径
- ・コンクリート強度
- ・鉄筋相互の影響
- ・カぶり
- ・鉄筋定着方向
- ・その他（施工性など）

(1) 鉄筋定着施工実態

アンケート収集資料を鉄筋定着にのみ着目し、D25およびD19の異形鉄筋を使用して拡幅した橋梁について定

*コンクリート研究室 **同室長 ***前同室主任研究員 現局長官房電子計算室開発専門官

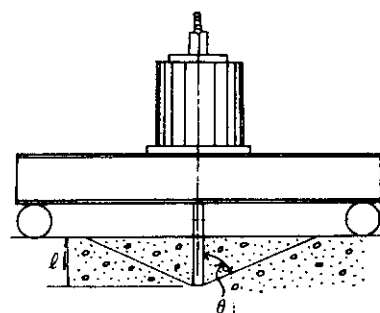
表一2 鉄筋定着施工実態（各開発建設部調べ）

鉄筋径 cm	25mm (20橋)					19mm (16橋)				
	定着長		かぶり		最小	定着長		かぶり		最小
	旧	新	上	方側	鉄筋間隔	旧	新	上	方側	鉄筋間隔
10			5	10	2			1	1	
20			5	1	4			3	3	1
30	1	1	3	2	8	4	2	5	4	7
40	1		1	3	2	2		2	1	2
50	10	6	3		2	5	5		1	
60	2	3	1		1		3			1
70						4	4			
80	3	4			1	1				
90										
100	3	3	1							1
110~		4					2			

着長、かぶり、最小鉄筋間隔を整理したものが表一2である。この表からたとえば旧コンクリートへの定着長は、およそ50cmを中心に分布しているが、同じ25mmの鉄筋径でも30cmから100cmと大きいばらつきをもっており、定着長選定の明確な根拠がなく合理性に乏しいことがわかる。同様なことは、かぶり、最小鉄筋間隔についても指摘できる。一方、鉄筋径についてはD25…20橋、D19…16橋、D22…7橋、D16…4橋、D32…1橋のように使用されており、ボアホール径は、ほとんどの橋梁で32mmまたは40mmであった。

(2) 引抜試験概要

以上の実態にかんがみ、合理的な鉄筋定着方法を検討するため、50トン容量センターホールジャッキを用いて



図一1 引抜試験

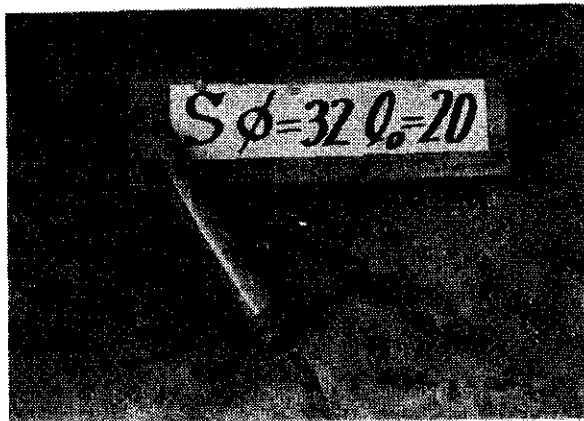
図一1の要領でコンクリートベッド引抜試験を行った。この実験では、鉄筋はS D30、D25の横フシ型異形鉄筋を使用し、鉄筋定着用填充剤、定着長、ボアホール径、

表一3 コンクリートの配合と品質

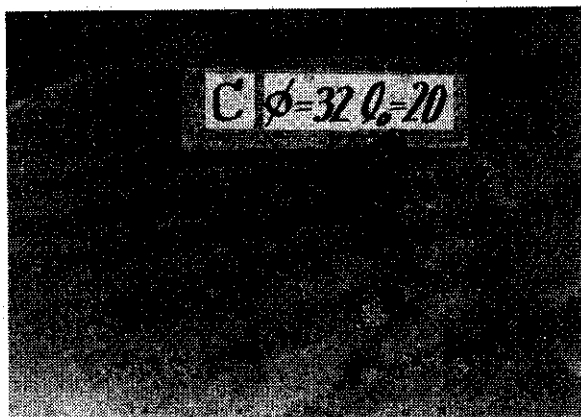
配合	目標強度 σ (kg/cm ²)	水セメント比 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	7日 σ_c (kg/cm ²)	28日	
							σ_c (kg/cm ²)	σ_t (kg/cm ²)
I	300	42	15.5	5.0	38	277	359	24.0
II	210	51	18.0	5.0	40	163	258	20.2
III	180	66	18.0	5.0	40	104	187	19.2

表一4 モルタルの配合と品質

種別	水セメント比	配合比率 C : S	フロー値	7日強度	摘 要
グラウトモルタル	40%	1 : 2	280	436kg/cm ²	無収縮性 混和剤使用
普通モルタル	40%	1 : 2	165	382kg/cm ²	



写真一1 エポキシ系カプセル型接着剤

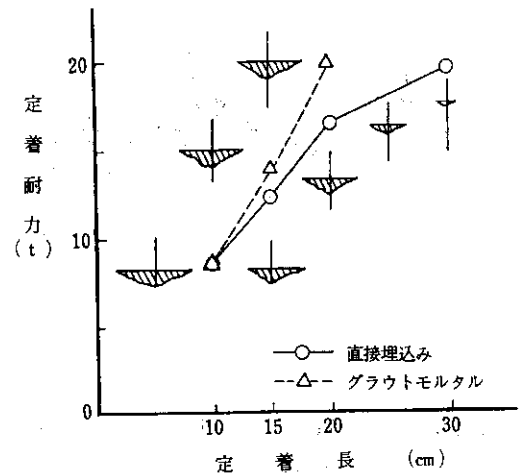


写真一2 ポリエステル系カプセル型接着剤

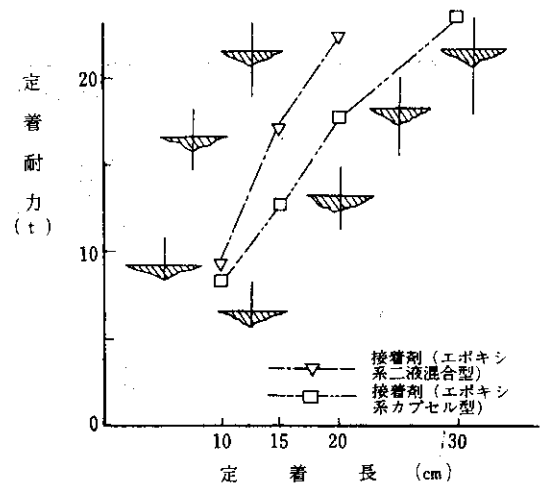
コンクリート強度そして定着方向を変化要因に選び、その定着耐力を測定し、破壊性状の観察も同時に行った。なお、それぞれの条件で3回の試験を実施した。コンクリートは表一3の3種類の配合、品質のものを使用し、ジャックハンマーによるボアホールの穿孔はコンクリートの材齢7日、引抜試験は打設後4～5週で行った。填充用モルタルには無収縮性混和剤を混入したグラウトモルタルと無収縮性混和剤を混入しない普通モルタルの2種類を用い（表一4参照）、接着剤はエポキシ系二液混合型とエポキシ系カプセル型、それにポリエステル系カプセル型の3種類で市販のものを使用し、填充後は20℃の温度で養生を行った。これら接着剤の圧縮強度は600 kg/cm²以上である。カプセル型接着剤を、写真一1、2に示す。このカプセルの中に主剤と硬化剤が別々に入っており、鉄筋でカプセルを割って攪拌して使用する。

(3) 実験結果および考察

直接埋込みとボアホール径32mmの填充剤使用3シリーズの実験結果を、横軸に定着長、縦軸に定着耐力を取り、破壊性状を添えてグラフにしたのが図一2、3である。この2つのグラフから、直接埋込み、接着剤（エポキシ系カプセル型）、グラウトモルタル、接着剤（エポキシ系二液混合型）の順に定着耐力が大きく、また定着



図一2 定着長と定着耐力
(コンクリート配合Ⅱ)



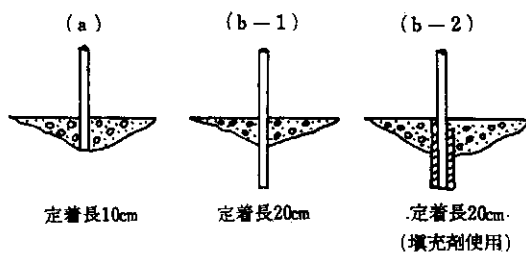
図一3 定着長と定着耐力
(コンクリート配合Ⅱ)

長の増加につれて定着耐力が増えることがわかる。破壊形式については、定着長が小さいときには鉄筋の下端から斜ひびわれが発生して、このひびわれによってコンクリートとともに抜けだしてくる。一方、定着長が大きくなると、ある深さからコンクリートに斜ひびわれが発生して、この斜ひびわれ面内のコンクリートは鉄筋と共に抜けでて、それ以下の定着部では鉄筋（填充剤使用の場合は填充剤）とコンクリートの境界でずれて抜けだす（写真一3参照）。図一4はこの破壊性状の違いを模式的に描いたものである。

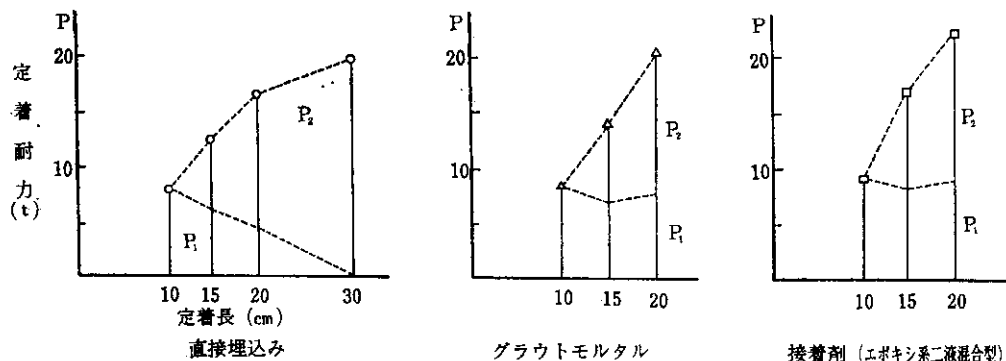
定着長10mmにおいて図一2、3の4シリーズが同程度の定着耐力をもっていることは、この破壊形式からコンクリートの強度だけに支配されるということによって理解できるし、定着長15cm、20cm、30cmでの定着耐力については、填充剤の強度がコンクリートより大きい限りにおいて、ボアホール径およびコンクリートと填充剤（直接埋込みの場合は鉄筋表面）の付着効果に左右されることが



写真—3 エポキシ系カプセル型填充剤使用供試体の破壊性状 (定着長 15cm)



図—4 破壊性状



図—5 定着耐力の分担

鉄筋の定着方法 (SD 30, D 25)	ボアホール 径φ (mm)	定着耐力 (t)	
		10	20
直接埋込み	—	—	—
グラウトモルタル	32	—	—
	40	—	—
普通モルタル	32	—	—
	40	—	—
接着剤	エポキシ系 二液混合型	32	—
		40	—
	エポキシ系 カプセル型	32	—
		40	—
	ポリエステル系 カプセル型	32	—
		40	—

図—6 ボアホール径と定着耐力
(定着長 20cm, コンクリート配合Ⅱ)

推測できる。

以上の考察をさらに進めるために、前述の破壊形式の前者が受けもつ荷重を P_1 、後者によるものを P_2 と便宜的に分けてみる。 P_1 は抜けでる傘の大きさから概略の値は推定できて、定着耐力 P は $P = P_1 + P_2$ として分割できる。図—5は直接埋込み、グラウトモルタル、接着剤(エポキシ系二液混合型)の3シリーズについて P_1 と P_2 の分担の様子をグラフにしたもので、定着長の増加にもなって P_2 の分担割合が大きくなることがわかる。また、填充剤使用の2シリーズについては、 P_1 は定着長の変化にかかわらず、ほぼ一定であり、この点で直接埋込みの場合と明らかな違いがあるが、これは鉄筋とコンクリートの接触面での P_2 の付着抵抗のしかたが鉄筋のフシの効果などで、填充剤とコンクリートの付着の場合と異なることに起因するものと考えられる。

図—6は定着長を20cmに固定して、ボアホール径の大きさが定着耐力に及ぼす影響をみたものである。ボアホール径 $\phi = 32\text{mm}$ に注目すると、普通モルタル、直接埋込み、接着剤(エポキシ系カプセル型)、グラウトモルタル、接着剤(エポキシ系二液混合型)の順に定着耐力が増

加している。特に普通モルタルについては、硬化時の収縮によってコンクリートとモルタルの付着がそこなわれたことがこの弱い定着耐力の原因であろう。一方、 $\phi = 40\text{mm}$ と $\phi = 32\text{mm}$ を比べると $\phi = 40\text{mm}$ の方がいずれも定着耐力が大きい。これは付着面積の増加によるものである。また、図—6のエポキシ系カプセル型接着剤($\phi = 40\text{mm}$)およびポリエステル系カプセル型接着剤($\phi = 32\text{mm}$)については、ともにカプセル型であるが、前者が攪拌不足による未硬化、後者が接着剤含有の骨材径とボアホール径の関係で填充作業が不可能ということで定着耐力の測定ができなかった。このことから、填充剤を使用するにあたっては、施工性と施工精度がきわめて重要な要素であることがわかる。

次にコンクリート強度を変化要因に(配合Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ), 定着長を15cmに固定して, 直接埋込み, グラウトモルタル, そしてエポキシ系カプセル型接着剤の3種類について定着耐力を比較したものが図-7である。3シリーズともに定着耐力にはコンクリート強度の影響が明瞭にあらわれている。ここで破壊性状はすべて図-4の(b)型であり, コンクリート強度による違いは認められなかった。

図-8は複合的な破壊形式をまったく考慮せず, 単に定着耐力を付着面積(填充剤使用の場合はボアホール表面積)でわって付着強度を求め, それを縦軸にしてコンクリート強度との関係を表わしたものである。填充剤とコンクリートとの間の付着強度が, 同一のコンクリート強度では, 鉄筋とコンクリートの付着強度に対して2割ほど下まわることがわかる。また, 填充剤使用の2シリーズについても, コンクリート強度に対して同じ傾向で付着強度が増加しており, コンクリート強度 σ_c の増大にともない τ_c/σ_c (τ_c : 付着強度)は減少している。これは一般にいわれている異形鉄筋の付着の際の現象である²⁾。

最後に, 水平方向の鉄筋定着施工に際して, さけることのできない填充の不完全さの程度を定量的に評価するための実験を行った。ただし, ここで対象としている水平方向定着の問題は, ボアホールを穿孔し填充剤を用いて鉄筋を定着する場合についてであり, 直接埋込みの際のコンクリートの沈下による空げきやブリージングによって上昇した水の膜の影響による付着強度低下の現象とは別のものである³⁾。

填充剤は, 水平方向施工が比較的容易で, 実態調査の結果でも最も頻繁に使用されていたエポキシ系カプセル型接着剤を用い, 15cmの定着長で水平方向, 鉛直方向の比較引抜試験を行った。その結果を表-5に示す。接着剤漏出防止用のパッキンをつけて, 慎重に作業を施したにもかかわらず, 写真-4のように填充剤は鉄筋の下側に集まり, 鉄筋と上側のコンクリートとの付着は例外なくそこなわれていた。この填充の不完全さの影響が定着耐力の減少となって表-5に明瞭に現われている。若干のパラッキはあるが, 水平方向定着の定着耐力は鉛直方向定着の場合の46%であった。

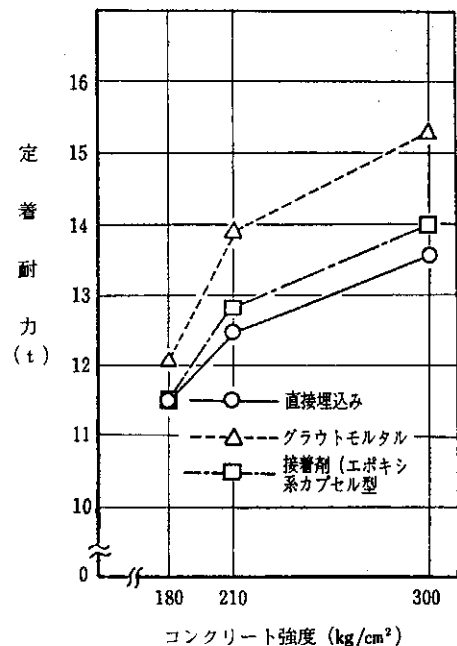


図-7 コンクリート強度と定着耐力の関係 (定着長 15cm)

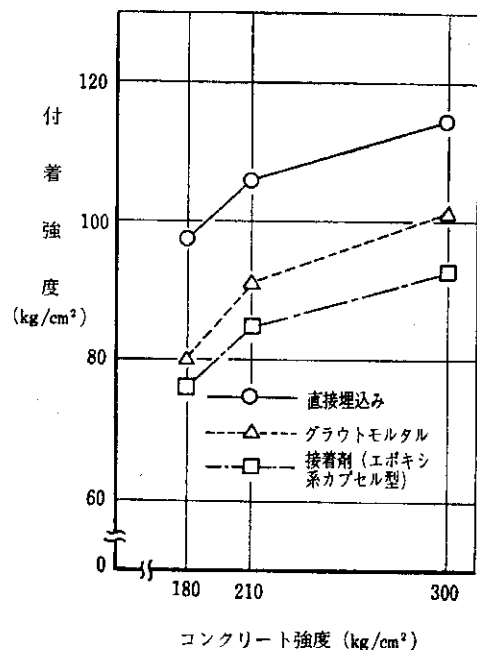


図-8 コンクリート強度と付着強度の関係 (定着長 15cm)

表-5 定着方向と定着耐力

(単位 トン)

供試体番号	1	2	3	4	平均
定着方向					
鉛 直	12.0	13.6	11.5	12.0	12.3
水 平	5.1	6.5	4.6	6.0	5.6

(コンクリート配合Ⅰ)

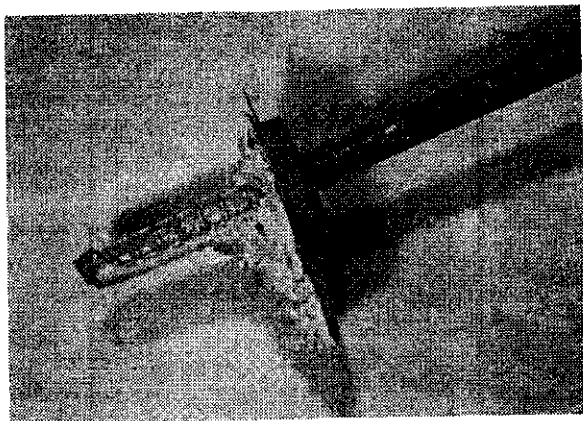


写真-4 水平方向定着鉄筋の破壊性状

(4) 定着耐力

コンクリート標準示方書（土木学会）によると、鉄筋の定着について『固定ばり、または片持ばりの支承部の負鉄筋の端は鉄筋の全強を受けるのに十分な長さ⁴⁾を支承中に延ばさねばならない』と規定されている。したがって、その定着長は拡幅時のように事実上フックを設けることが不可能な場合、次式を満たさなければならない。

$$L_0 \geq \frac{\sigma_{sa}}{4\tau_{0a}} \cdot D \dots \dots \dots (1)$$

σ_{sa} : 鉄筋の許容引張応力度

τ_{0a} : コンクリートの許容付着応力度

D : 鉄筋径

L_0 : 定着長

S D30, D25の鉄筋と設計基準強度210kg/cm²のコンクリート（配合Ⅱ）を使用した本実験の場合を考えると、 $\sigma_{sa}=1800\text{ kg/cm}^2$, $\tau_{0a}=15\text{ kg/cm}^2$ であり、(1)式から L_0 は75cm以上と定まる。一方、実験結果は、鉄筋の全強 $1800 \times \frac{\pi}{4} D^2 = 8.8\text{ トン}$ に対して、図-3、3の鉛直方向定着の場合、すべてのシリーズで定着長15cmの段階で全強を受け持つだけの定着耐力を発揮している。定着長のこの差は主にコンクリートの設計基準強度と鉄筋の種類（異形・丸鋼）そして、水平方向鉄筋の付着強度低下を考慮にいれて標準示方書に定めてあるコンクリートの

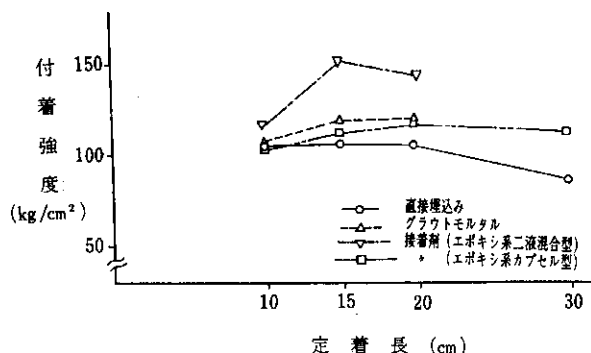


図-9 定着長と付着強度
(コンクリート配合Ⅱ)

許容付着応力度 τ_{0a} の値のみでいる安全率に起因している。⁵⁾ 図-9は $\tau = P/\pi DL$ (D : 鉄筋径25mm) により求めた前述4シリーズの付着強度を、定着長を横軸にして表わしたものであるが、付着強度はおよそ100kg/cm²を超えており、直接埋込みの場合より填充剤使用の場合の方が大きく、また定着長の違いによっても差がでることがわかる。

しかし、(1)式の許容付着応力度 τ_{0a} を使って定着長を決める示方書の考え方は、コンクリートと鉄筋の間の付着を前提としており、ここで問題にしている填充剤を介した付着に対しては直接適用できない。そこで、この考え方を離れ、本実験の結果から鉄筋の降伏点強度という限界状態に対して保証する定着長を求めると、S D30, D25の鉄筋の降伏点荷重は $3,000 \times \frac{\pi}{4} D^2 = 17.4\text{ トン}$ であり、図-2および図-3から直接埋込みで18cm, グラウトモルタル16cm, エポキシ系二液混合型接着剤14cm, エポキシ系カプセル型接着剤17cmの定着長で降伏点荷重に匹敵する定着耐力を示している。したがって、この値にコンクリート強度や、(3)で述べた鉄筋定着の方向などによる定着耐力の減少のような施工の不完全さに対する安全率をみて定着長を決定する方が合理的であると考えられる。

鉄筋本数の増加にとまらう1本あたりの定着耐力の減少については報告にあるように、鉄筋が独立して作用する場合に比べて図-10の斜線Sの部分だけひびわれに対するせん断抵抗が減少することが知られている。したがって、この影響は鉄筋間の距離をある程度離すことによって除去できる。本実験の場合、抜けでるコンクリート傘の大きさが直径40~50cmであることを考えると、填充剤の種類、定着長にかかわらずその距離も40~50cmである。

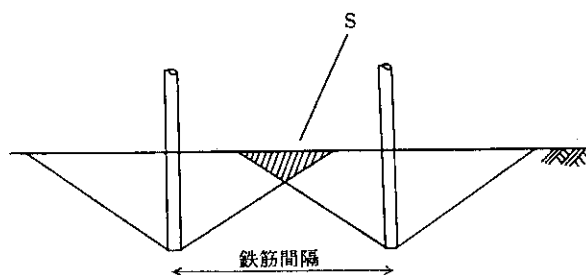


図-10 鉄筋相互の影響

次に、鉄筋に対するかぶりコンクリートの厚さを大きくすると、コンクリートの割裂に対する抵抗は増加し、また横方向圧力も増大するので、付着強度の増大に有効である。付着強度と t/D (t : かぶり厚, D : 鉄筋径⁷⁾) の関係については線形の式が提案されている。したがって、このことを考え合わせ、示方書に準じ、かつ十

分に留意してかぶり厚を決定しなければならない。

以上、鉄筋の定着長、鉄筋間隔、かぶり厚さについて定着耐力との関係を検討してきた。しかしながら、表一2からもわかるように、実際の施工においては、ここにあげたそれぞれの条件を満たさないものの方が多数である。その中には施工上の制約によって決定されたものが多くあると思われるが、そういう場合には、1本あたりの定着耐力の低下を鉄筋量の増加によってカバーするなどの方策を考えなければならない。

(5) 施工性からの検討

鉄筋定着に関する(3)の実験結果から強度的には普通モルタルを別にすると、接着剤も無収縮剤混入のグラウトモルタルも大差がないことがわかったが、実際の橋脚、橋台では、ほとんどが水平方向の定着施工であるため、填充作業が困難になり、また不確実になる。したがって、比較的施工性に優れたカプセル型接着剤を使用するなり、鉄筋に若干の傾きをもたせるなどの対応を考えるべきであろう。また、接着剤の場合、前述のように施工時の攪拌程度や養生温度が大きく強度に影響することともわかっており、施工にあたっては確実性を増すために填充剤の供試体をつくり、現場と同じ条件の養生を行い、その硬化状態を確かめてから次の作業に移るようにすべきである。

1.2 打継面の接着効果

各開発建設部からの収集資料によると、打継面の処理方法としては、チップング処理後セメントペーストを用いて打継いだものがほとんどであったが、エポキシ系接着剤使用の例も2、3みられた。打継目では一般にその強度、水密性および耐久性が打継ぎのないものに比べて落ちることが知られており、この種の下部工⁸⁾拡張時に生じるような鉛直打継目の強度についても報告がなされている。それによると、鉛直打継目の曲げ強度に関する実験でセメントペーストまたはモルタルを用いて入念に施工した打継目は、新コンクリート強度のおよそ80%の打継強度が得られている。また、土木試験所が行った実験では、セメントペーストを塗布した時の打継目強度は、打継面無処理およびサンダー処理の場合にはエポキシ系樹脂塗布の場合よりも弱い⁹⁾が、チップング処理をした場合にはエポキシ系樹脂のものと同程度の打継目強度を出している⁹⁾。

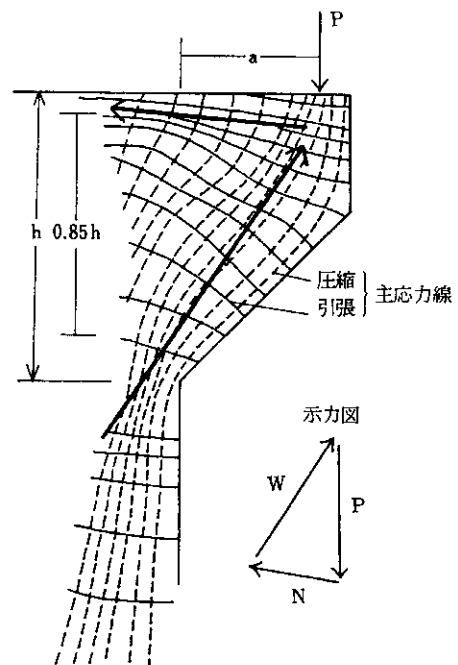
以上、考え合わせると、施工にあたっては必ずしも接着剤の必要はなく、コンクリート標準示方書¹⁰⁾に規定されている鉛直打継目の施工方法(チップング、吸水、再振動締め固めなど)を実行することによって、打継目の強度低下を最小限におさえることができると考えられる。

1.3 合理的配筋方法

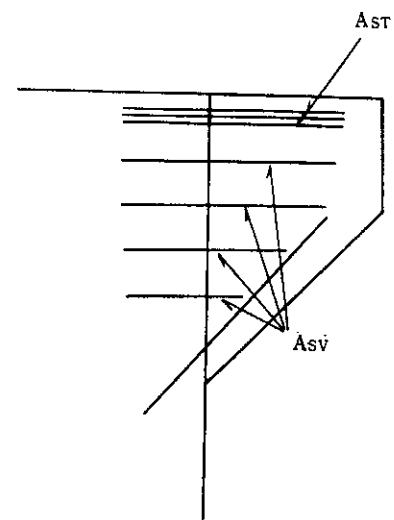
張りだし部のアンカー鉄筋の配筋を考える場合は、常時、地震時について最も危険と思われる断面について、その構造物の拡張形式に合った断面計算を行って決めなければならない。

ここでは張りだし形式を躯体中間部からのもの(表一1参照)に限定して、その基本的な考え方を説明する。他の形式による張りだしも、およそこの議論の延長上にあるとして差し支えない。

実態調査を行った橋梁の設計計算書の所要鉄筋量計算法でもっとも多く見られたのは、新旧コンクリート間に生じるせん断力のみに着目し、鉄筋の許容せん断応力度(600kg/cm²または800kg/cm²)を用いて決定する方法であった。しかし、新旧コンクリート間の接着効果がまった



図一11 短い片持ばりの応力状態



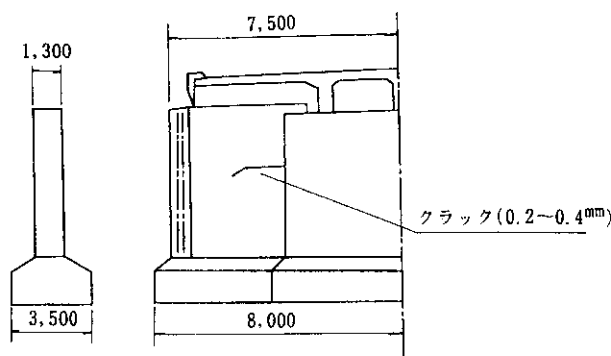
図一12 短い片持ばりの配筋例

くないことを前提にしたこの考え方は、1.2の考察から
もわかるように適当でなく、この種の張りだし構造（は
りの高さが支点から載荷位置までの距離に等しいかそれ
以上）では、応力状態が図—11のようになることが実験
的にも知られており、いわゆる「短かい片持ばり」¹¹⁾とし
て設計しなければならない。図—11の主応力状態をも
とにして決めた短かい片持ばりの配筋の例を図—12に示
す。すなわち、荷重によって生じる水平方向の引張力N
に対しては、引張鉄筋A_{ST}で抵抗し、圧縮合力Wに直角
な斜めの主引張応力については、スターラップ（拡幅の
場合、施工上の制約で水平方向になる）で補強する。こ
の場合の鉄筋量A_{ST}は(2)式で求め、また主引張応力に対
する鉄筋A_{SV}はA_{ST}の1/2をとる。

$$A_{ST} = \frac{P \cdot a}{0.85 \times h \times \sigma_{sa}} \quad (2)$$

1.4 打継部に生じる温度応力、乾燥収縮の影響

図—13は実態調査を行ったうちの1つの橋梁の下部工
橋脚拡幅部であり、新コンクリート側に1mにわたる
0.2～0.4mm幅のひびわれの発生が認められた。



図—13 拡幅部ひびわれの例

この例はRC逆T型半重力式の橋脚であるが、ほかに
も橋台、擁壁のようなある程度以上の厚さをもったコン
クリートの打継目付近の新コンクリート側に、この例の
ような打継目面にはほぼ直角な方向のひびわれの発生が見
られ、報告も¹²⁾されている。

この種のひびわれの原因としては次にあげる2つが考
えられる。

- ① 新コンクリートの打設後、硬化時の水和熱によっ
て新旧コンクリート間に大きな温度差が生じ、新旧
コンクリート結合後の温度降下による新コンクリー
トの収縮が旧コンクリートに拘束されて、新コンク
リート内部に次式で表わされる引張応力が作用す
る。

$$\sigma = R \cdot \alpha \cdot E \cdot \Delta T \quad (3)$$

R：拘束度（0.5～0.8）

ΔT ：基準温度からの温度変化量

α ：コンクリートの熱膨張係数

E：新コンクリートの弾性係数

- ② すでに乾燥収縮が進んでいる旧コンクリートに新
コンクリートが打継がれた場合、新コンクリートは
旧コンクリートに比べてその後の乾燥収縮が大き
く、したがって、新旧コンクリートが付着してから
は、新コンクリートは旧コンクリートに拘束されて
引張応力が働らく。

もちろん、この2つの効果は明確には区別し難いが、
ともにその応力発生機構からわかるように、ひびわれ
は打継目に対して直角方向に伸びていくという規則性が
ある。

一方、時系列的にとらえると、コンクリートは硬化時
には弾性係数が小さく、クリープの影響も大きいので、
コンクリートの膨脹による応力度は比較的小さい。しか
し、後に熱が発散し、除去される段階では、コンクリー
トの弾性係数は大きく、クリープによる応力緩和も小さ
くなるので、たとえコンクリート強度の増加を考慮して
も、収縮による引張応力によってひびわれが発生しやす
い状態になる。

このような引張応力の大きさに影響する要因は大きく
わけると次のようになる。¹³⁾

- ・部材寸法
- ・コンクリート強度
- ・拘束条件
- ・コンクリートの熱的性質
- ・養生方法

一般に橋台、橋脚では単位セメント量が280kg/m³以上
であり、かつ断面がかなり大きいため、温度ひびわれ
が生じやすくなっており、その防止策としては第1に水
和熱の発生の少ないコンクリートを使う、たとえば中
庸熱セメントや混合セメントの使用、あるいはセメント
使用量についての再検討が考えられる。ほかにも旧コ
ンクリート面への吸水、または散水養生を入念に行うこ
とによって乾燥収縮の程度を緩和することが可能であ
る。

2. 上部工の拡幅

2.1 新げたの乾燥収縮、クリープの影響

既設橋（PC橋）の上部工拡幅工事では、打設時期の
異なる新旧構造を一体とすることにより、新旧けたの
死荷重、プレストレスによるクリープそして乾燥収縮の
進行速度に差異を生じ、横げたを介して既設げたに応力
が移行される。昭和51年度に室蘭開発建設部管内千呂露
橋（PC橋・格子げた構造）の上部拡幅工事についてこ
の移行応力の調査解析を行った。その結果、既設橋の主

げたに発生する移行応力により、理論値で既設橋設計死荷重の17%の曲げモーメントが発生し、長大橋など橋の種類によっては拡幅工事の設計で考慮する必要があることがわかった。

2.2 コンクリート養生中の継続振動の影響

橋梁の拡幅にともなう工事でのもう1つの問題点は、交通を遮断することなく施工しなければならない場合が多いことで、走行する自動車によって起こされる振動を許しながら床版などのコンクリートの養生を行うことになる。

養生中のコンクリートに長時間にわたって継続的に振動が加わった場合の影響については二、三報告があり、それをまとめると次のようになる。

- ① コンクリートの曲げおよび圧縮強度は振動によって低下しない。また、硬化時間もわずかながら早まる。
- ② 鉄筋とコンクリートの付着強度は、両者が同時に振動する場合には悪影響を受けない。しかし、鉄筋のみがコンクリート内部で振動する場合には付着強度が著しく低下する。したがって、既設部分の鉄筋を延長するなどして新設コンクリート内部に定着させる場合には、新設部分の片わくを既設部材に剛結するなどして、鉄筋とコンクリートの同時振動を心掛けなければならない。
- ③ 鉛直打継目の強度は、新旧コンクリート間が鉄筋で結合されていても振動を受けると低下するので、打継目の入念な処理や再振動締め固めなどによって強度を増加させる必要がある。
- ④ 超早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートが継続的な振動を受けた時の諸性状は普通ポルトランドセメントの場合と大差がない。したがって、初期強度の上昇がすみやかな超早強セメントは、既設構造物と同等以上の性能を有する構造物を早期につくる目的で有利な材料であると思われる。

この中では、特に②、③が下部工の鉄筋を使った打継ぎとも深く関係しており、橋梁の拡幅にとって重要な点である。

もちろん、振動といっても振動数と振幅の組合わせにより、いろいろな種類があり、速断はできないが、少なくとも道路橋拡幅時の通常の交通振動に対しては、設計施工上、上記の諸点を考慮すれば交通を遮断しないでコンクリートの打設、養生を行ってもさしつかえないと思われる。

3. 結 論

- (1) 下部工躯体拡幅時に用いるアンカー鉄筋の定着耐

力について、実験によって以下のことが明らかになった。

- ① 鉛直方向定着で、填充剤としてエポキシ系二液混合型接着剤、エポキシ系カプセル型接着剤、グラウトモルタルを使用した場合、定着耐力は定着長におよそ比例して増加する。また、同じ定着長に対して、直接埋込みよりも填充剤使用の方がわずかに定着耐力は大きい。
- ② 填充剤を使用した場合、引抜き力に対して鉄筋と填充剤は一体となって働き、破壊は填充剤表面とコンクリートの境界で起こる。したがって、ボアホール径の増加にともなって付着面積が増え、定着耐力は増加する。
- ③ 定着耐力に及ぼすコンクリート強度の影響は、直接埋込みの場合と填充剤を使った定着の場合とで差はなく、定着耐力はコンクリート強度の平方根にほぼ比例して増加する。
- ④ 水平方向定着の場合、鉛直方向定着に比べて填充剤の填充が不確実になり、その結果定着耐力は減少する。エポキシ系カプセル型接着剤を使った実験で、水平方向定着の定着耐力は鉛直方向定着の場合の46%であった。
- ⑤ 最小鉄筋間隔、鉄筋のかぶりも定着耐力に影響を与える。抜けでるコンクリート傘の寸法から、鉄筋間隔は40~50cm以上離すことが望まれる。
- (2) 鉄筋の定着長を決定する際の基本的な考え方としては、使用する鉄筋の降伏点強度という限界状態に対して保障する定着長に、コンクリート強度や施工の不確実さに対する安全率をみて、実験的に決定する方法が合理的である。
- (3) 躯体拡幅時に生じるコンクリート打継目の強度低下は、コンクリート標準示方書に規定されている鉛直打継目の施工方法を実行することによって最小限に抑えることができる。
- (4) 拡幅部のアンカー鉄筋の配筋の考え方は、躯体張りだし型式など、対象となる現場の力学的な条件によって変えなければならないが、一般的に見られる躯体中間部からの張りだしで、はりの高さが支点から載荷位置までの距離に等しいかそれ以上の場合、 $\sim$ 短かい片持ばり $\sim$ として鉄筋量を算出し配筋を行う。
- (5) 橋台、橋脚のようなある程度以上の厚さをもったコンクリートの打継目付近の新コンクリート側には、温度応力や乾燥収縮の影響によってひびわれが発生しやすくなっており、このひびわれの防止のために、使用セメントの水和熱や養生方法について検

討が必要である。

- (6) 上部工では新げたのクリープやコンクリート養生中の継続振動の影響が問題となるが、特に後者については、鉄筋とコンクリートの同時振動を心掛けて養生を行えば悪影響はない。

あ と が き

コンクリートの打継目に関する本調査研究は、昭和50年度を初年度とした3カ年計画で、北海道開発局技術研究発表会指定課題として扱ってきた。その間、特に橋梁の拡幅について、調査、試験を行い検討を加えてきたが、この報文は、その成果をとりまとめたものである。もちろん、この報文で橋梁拡幅についてすべていい尽したわけではなく、たとえば躯体拡幅をPC構造で考える場合の問題点など残された点も多いことを断わり、今後の課題としておく。

道路橋拡幅の機会は、これからも増え続けるであろうが、この報文がそういった拡幅工事の参考になれば幸いである。

最後に、調査に協力をいただいた北海道開発局道路建設課、各開発建設部の方々、コンクリート研究室の研究員の方々に謝意を表するものであります。

参 考 文 献

- 1) 太田他：異形鉄筋の定着強さ，土木学会第30回年次学術講演会概要集，第5部
- 2) 伊東茂富：コンクリート工学，p. 93～94，森北出版
- 3) 岡田 清：鉄筋コンクリート工学，p. 138，朝倉

書店

- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書，p. 28
- 5) 同上：同上，p. 43
- 6) 豊福他：アンカーボルトの定着に関する基礎的研究，土木学会第29回年次学術講演会概要集，第5部
- 7) Dutch Committee for Concrete Research：An Investigation of the Bond of Deformed Steel Bars with Concrete, A Translation of C. U. R. Report 23, Cement and Concrete Association Library, No. 112, April, 1946.
- 8) 国分正胤：新旧コンクリートの打継目に関する研究，土木学会論文集，第8号
- 9) 前川他：エポキシ樹脂による新旧コンクリートの接着に関する研究，土木試験所報告第48号
- 10) 土木学会：コンクリート標準示方書，p. 62
- 11) G. Franz：Konstruktionslehre des Stahlbetons, Springer
立花量吉訳：鉄筋コンクリート構造学，p. 244～251，鹿島出版会
- 12) 菊池他：新旧コンクリートの打継目付近における複合機構について，土木学会第30回年次学術講演会概要集，第5部
- 13) 塚山他：鉄筋コンクリート構造物のひびわれと温度上昇の関係，セメント技術年報，昭和40年
- 14) 山下他：養生中に継続振動を受けるコンクリートの諸性質について，セメントコンクリート，No. 287