ＩＳＳＮ　0386－5878
土木研究所資料 第1828号
マイクロフィルム 第　号

土 木 研 究 所 資 料

第１８２８号

桁座拡幅に関する実験資料及び桁座拡幅標準設計(改訂案)

昭和57年３月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © 1982 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 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，複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

要　　旨

道路橋の耐震安全性を確保するために行なわれる橋台・橋脚の桁座拡幅にかかわる各種構造細目の実験的検討の成果をとりまとめた。あわせて，これらをもとに作成した桁座拡幅標準設計改訂案を示した。

目　　次

まえがき …… 1

Ⅰ. 桁座拡幅に関する実験資料 …… 2

1. 既設躯体へのアンカー鉄筋の定着方法 …… 2

1.1　丸鋼の樹脂による定着 …… 2

1.2　異形鉄筋の樹脂および無収縮グラウトによる定着 …… 8

2. 打足し部におけるアンカープレートおよびフックの定着効果 …… 10

3. 打継面の処理方法 …… 12

4. 標準設計改訂への反映 …… 15

Ⅱ. 桁座拡幅標準設計改訂案 …… 17

1. 改訂の必要性 …… 17

2. 改訂の主旨 …… 17

3. 桁座拡幅標準設計（改訂案） …… 18

付　録　落橋防止装置標準設計案（1976年4月） …… 29

まえがき

道路橋の耐震安全性を確保するため，落橋防止装置等の整備が着々と進められている。桁座の寸法が所要値をみたしていないものについては，橋台・橋脚の天端を拡幅する必要があり，その際の設計の一つの目安とすべく当研究室では昭和51年4月に「落橋防止装置・標準設計（案）」を作成した。しかし，これは暫定的なもので，コンクリート打足しの各部構造細目については，必ずしも十分な実験資料にもとづくものではなかった。

そこで，当研究室では昭和54年度より昭和56年度にかけて，桁座拡幅にかかわる各種構造細目について実験的検討を重ね，上記暫定基準をさらに合理的なものに改善するための根拠を得た。折しも，昭和55年5月の道路橋示方書・耐震設計編では，橋台・橋脚天端上で確保すべき桁の長さを規定する新たな条項が示され，暫定基準はこれにも対応させる必要が生じた。

この資料は，桁座拡幅にかかわる実験の成果を集約するとともに，これらをもとに作成した桁座拡幅標準設計の改訂案をかかげるものである。なお，この試験の実施および桁座拡幅標準設計の改訂案の作成にあたっては，金沢工業大学 太田 実教授（前コンクリート研究室長）の多大な御協力をいただいた。ここに記して感謝する次第である。

昭和57年3月

建設省　土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

室　長　小林茂敏
研究員　佐取一男
　　石井良美

Ⅰ　桁座拡幅に関する実験資料

昭和54年度より昭和56年度までの３か年にわたって実施した桁座拡幅に関する実験のおもな成果を示す。

1.　既設躯体へのアンカー鉄筋の定着方法

1.1　丸鋼の樹脂による定着

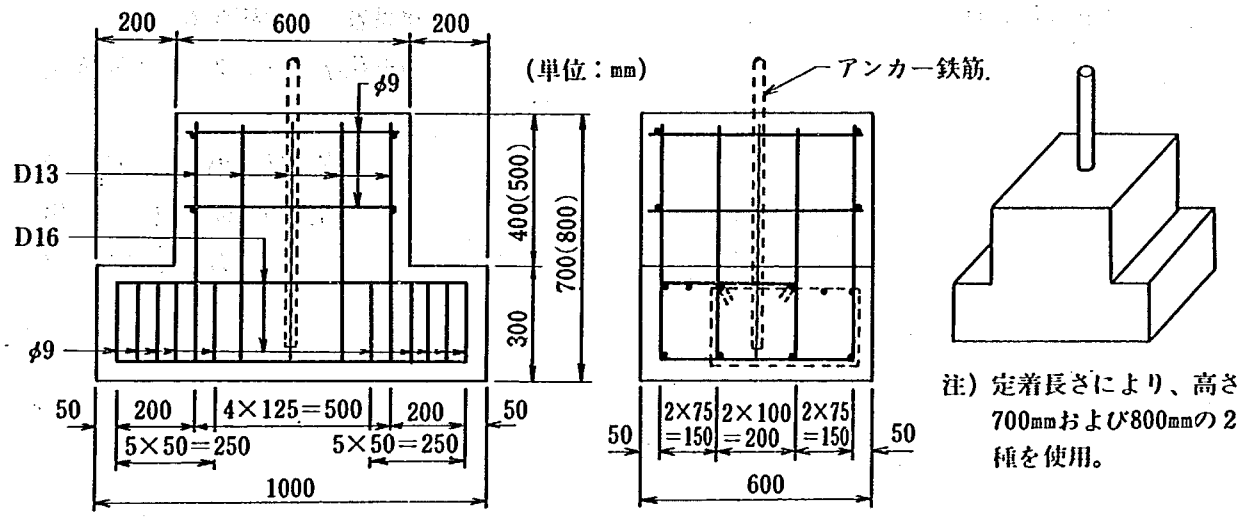
〔実験－１〕　アンカー鉄筋（丸鋼）引抜実験（54年度）

(1)　目　的

既設躯体と打足し部とを一体的にするために施す既設躯体へのアンカー鉄筋（差し筋）の適正な差込み深さについて検討すること。

(2)　供試体

供試体の形状・寸法は，図－１に示すとおり。実験要因の組合せを表－１に示す。アンカー鉄筋はコンクリートブロックの中央部に設けた孔（孔径は鉄筋径＋10ｍｍ）に差込み，エポキシ系樹脂を注入・充てんして固定した。比較のため，一部については樹脂内蔵型のアンカー鉄筋を用いた。



図－１　引抜供試体

(3)　使用材料

１）アンカー鉄筋

ＳＳ４１の丸鋼φ16，φ19，φ25の３種。これらの機械的性質は，表－２のとおり。

表－２　アンカー鉄筋（ＳＳ41）の機械的性質＊

種　　類	降伏点，σ_{sy}（kg/cm²）	引張強さ，σ_{su}（kg/cm²）	伸　び（%）
φ１６	４２０４	６５２７	
φ１９	３２９３	４７８１	
φ２５	２１３８	３５０１	

＊　各径につき，試験片３本の平均値

表－1　実験要因の組合せおよび実験結果

供試体番号	鉄筋径 ϕ(mm)	差込孔径, ϕ' (mm)	ϕ'/ϕ	定着長	樹脂充てん方式	実測定着力 P(t)		鉄筋の強度(t)＊ 降伏荷重 P_y	引張強さ P_u	P/P_y
1	16	26	1.625	10ϕ	注入	6.8		8.45	13.12	0.80
2				15ϕ	内蔵	6.9				0.82
3					注入	7.0	8.0			0.95
4						9.0				
5				20ϕ		6.0	6.5			0.77
6						7.0				
7	19	29	1.526	10ϕ	注入	9.5		9.32	13.53	1.02
8				15ϕ	内蔵	9.5				1.02
9					注入	9.5	9.5			1.02
10						9.5				
11				20ϕ		13.0	11.25			1.21
12						9.5				
13	25	35	1.400	10ϕ	注入	11.2		10.50	17.19	1.07
14				15ϕ	内蔵	12.7				1.21
15					注入	13.4	14.2			1.35
16						15.0				
17				20ϕ		20.0	17.5			1.67
18						15.0				

＊　各径につき，試験片3本の平均値

2）コンクリート

セメント：早強ポルトランドセメント（小野田社）

骨　　材：粗骨材として砕石（最大寸法20mm），細骨材として川砂（$FM=2.78$）を使用。

コンクリートの配合および強度：表－3のとおり。

表－3　コンクリートの配合および強度

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	C	S	G	空気量 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度, σ_{28}＊ (kg/cm²)
68.0	46.6	155	228	889	1032	4.5	9.5	275

＊　ϕ10×20 cm供試体3個の平均値

3）樹　脂

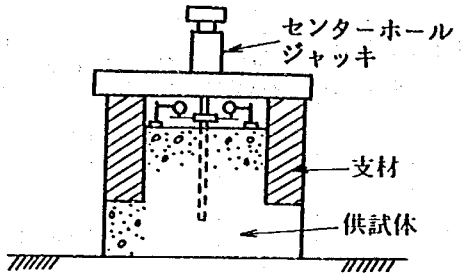
使用した樹脂はエポキシ系樹脂（ショーボンドグラウト）で，そのおもな物理的性質は表－4のとおり。

(4)　実験方法

センターホールジャッキを用いた図－2のような装置により，アンカー鉄筋の引抜きを行った。

表－4　樹脂の物理的性質

方式		注入	内蔵
比重		1.13	1.25
粘度（cP）		1500	
可使時間（分）		60	
強度（kg／cm²）	曲げ	671	
	圧縮降伏	810	841
	引張	506	
	引張せん断	169	175
圧縮ヤング係数（kg／cm²）		2.11×10⁴	3.00×10⁴



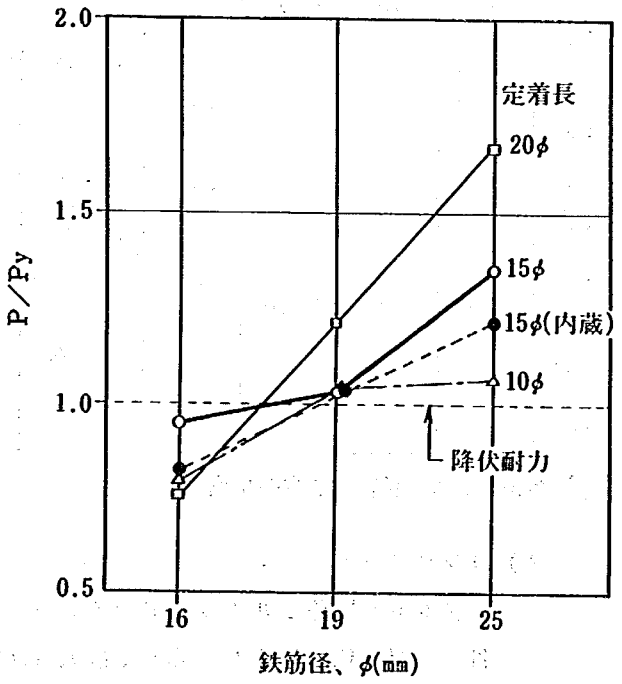
図－2　実験方法

(5) 実験結果および考察

実測された定着力（最大荷重）を，表－1中に示す。同表には試験片の引張試験より得られた降伏荷重および引張強さも，あわせて示した。鉄筋径および定着長と耐力との関係は，図－3のようになる。これより，つぎのことがわかる。

1）鉄筋径の倍数で表わした定着長（10φ，15φ，20φ）が同一の場合，鉄筋径が大きいほど定着力は大きい。16mm 鉄筋は定着長20φでも定着力は降伏耐力を下まわるが，19mm および25mm 鉄筋は定着長10φでも降伏耐力を発揮しており，とくにφ25mm 鉄筋では定着力が大きい。これは，差込み孔径を鉄筋径＋10mm とし，鉄筋と差込み孔とのすき間を鉄筋径の大小にかかわらず一定としたため，鉄筋径が大きいほど相対的な樹脂層厚が小さくなることにより，大きな定着力を発揮したものと考えられる。

このことから，鉄筋径に対する孔の直径はできるだけ小さくするか，または孔径一定のときはその孔径に対してできるだけ大きな直径の鉄筋を用いるのが有利であるといえる。



図－3　鉄筋径，定着長と耐力との関係

2）樹脂注入方式と樹脂内蔵方式とで定着力に顕著な差はみられないが，注入方式の方が定着力はやや大きい傾向が認められる。

内蔵方式は，内蔵樹脂量が充てんすべきすき間の容積に対して十分余裕のある状態で用いる場合には問題ないが，すき間の容積に対して樹脂量が不足する場合には完全な充てんを期し難いことになる。この点で，一般に注入方式の方が適用性が大きいと考えられる。

〔実験－2〕　打足し供試体の載荷実験（その1）（54年度）

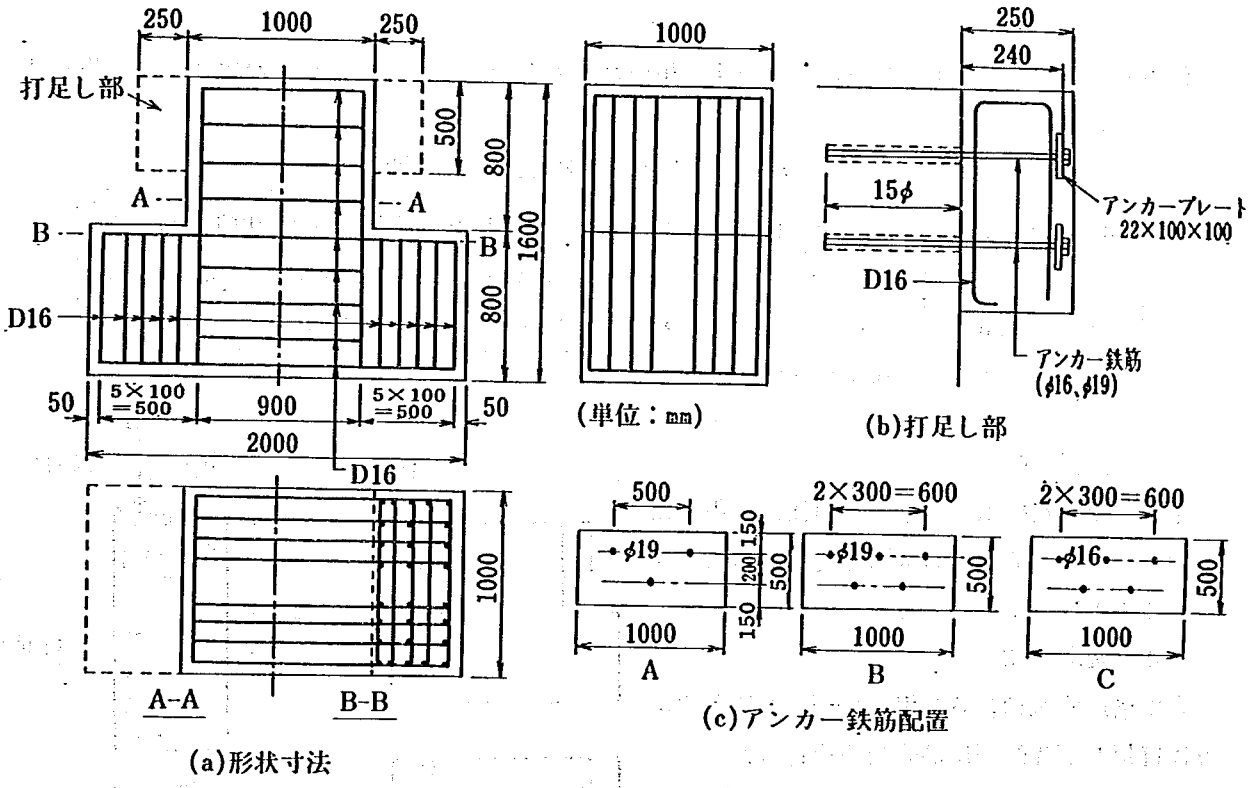
(1) 目的

既設躯体と打足し部とをアンカー鉄筋で連結した状態で，アンカー鉄筋の既設躯体側における定着力を確かめること。あわせて，打継面の処理方法を検討すること。

(2) 供試体

供試体の形状寸法は，図－4のとおり。まず本体部分を打設し，約1か月後に打足し部コンクリートを施工した。本体と打足し部との連結に用いたアンカー鉄筋の本体への定着長は15φ，打足し側の定着長は24 cmとし，打足し側の鉄筋端部にはアンカープレート（22×100×100）をナットで固定した。差込み孔径はアンカー鉄筋径＋10mmとした。

実験要因は表－5に示すとおりで，アンカー鉄筋の直径と本数の組合せ3種を選定し，それぞれ2体のうち1体は打継面処理としてチッピングを施したうえエポキシ系樹脂を塗布したもの，他の1体はチッピングのみ施したものとした。アンカー鉄筋の配置（設計）は，図－4・(c)に示すとおりである。



図－4　打足し供試体

表－5　実験要因の組合せおよび実験結果

供試体		アンカー鉄筋 直径φ(mm)	アンカー鉄筋 本数	定着長 本体側	定着長 打足し側	打継面処理1)	①実測最大荷重(t)	計算降伏耐力 弾性計算 ②計算値－1 2)	計算降伏耐力 弾性計算 ③計算値－2 3)	計算降伏耐力 終局強度計算 ④計算値－3 4)	計算降伏耐力に対する実測耐力の割合 ①/②	①/③	①/④
A	1	19	3	15φ	24 cm	チ＋樹	34.0	30.9	36.5	32.8	1.10	0.93	1.04
	2				(12.6φ)	チ	33.0	30.9	35.8	32.8	1.07	0.92	1.01
B	1	19	5	15φ	24 cm	チ＋樹	49.9	44.4	51.7	47.6	1.12	0.97	1.05
	2				(12.6φ)	チ	50.0	45.5	52.9	48.1	1.10	0.95	1.04
C	1	16	5	15φ	24 cm	チ＋樹	40.5	31.5	38.5	33.4	1.29	1.05	1.21
	2				(15φ)	チ	39.7	32.0	38.6	32.6	1.24	1.03	1.22

(注) 1) チ＋樹：チッピングのうえエポキシ系樹脂塗布。チ：チッピングのみ。
2) 計算値－1：上段アンカー鉄筋と圧縮側コンクリートを考慮した弾性計算値
3) 計算値－2：全アンカー鉄筋と圧縮側コンクリートを考慮した弾性計算値
4) 計算値－3：上段アンカー鉄筋と圧縮側コンクリートを考慮した終局強度計算値

(3) 使用材料

1）アンカー鉄筋

ＳＳ41の丸鋼φ16およびφ19を使用。これらの機械的性質は表－６のとおり。

表－６　アンカー鉄筋（ＳＳ41）の機械的性質

アンカー鉄筋	降伏点，σ_{sy}（kg／cm²）	引張強さ，σ_{su}（kg／cm²）	伸び(%)
φ16	3075	4546	31
φ19	3237	4654	32

2）コンクリート

使用したコンクリート材料は，実験－１で用いたものと同一。コンクリートの配合および強度は表－７のとおり。

表－７　コンクリートの配合および強度

W／C (%)	s／a (%)	単位量 (kg／m³) W	C	S	G	空気量 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度，σ_{28}＊ (kg／cm²)
65.5	46.1	155	237	877	1038	4.4	10.0	313

＊　φ10×20cm供試体３個の平均値

3）樹　脂

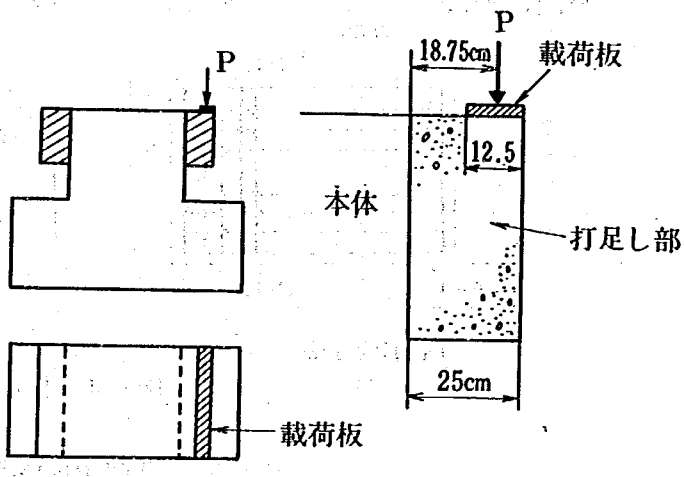
注入に用いた樹脂は実験－１の注入に用いたものと同一で，そのおもな物理的性質は表－４の「注入」欄に示すとおり。

(4) 実験方法

大型構造物載荷装置を用い，図－５に示すように打足し部先端部に静的載荷を行った。

(5) 実験結果および考察

アンカー鉄筋配置（実施）を図－６に示す。実測最大荷重は表－５中に示すとおりであるが，この最大荷重時において本体側からの鉄筋の抜け出しは認められず，打足し側鉄筋のひずみの増加につれて打継面上部から発生した曲げひびわれが下方へ向って発達し，打継面が開口してついには打足しブロックが分離する形で最終状態に至った。



図－５　載荷方法

表－５には降伏耐力の計算値（弾性計算値および終局強度計算値）をも示してあるが，これらの計算方法はつぎのとおりである。

計算値－１：アンカー鉄筋２列のうち上段の鉄筋のみ引張に対して有効と考え，図－６に示すd_1を有効高さと考えて通常の弾性計算による単鉄筋断面としての降伏曲げモーメントより降伏荷重を求めたもの。式(1)により計算。

$$P_y = \frac{M_{sy}}{a} = \frac{\sigma_{sy}\, p\, j\, b d^2}{a} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに，P_y　：アンカー鉄筋が降伏するときの荷重

M_{sy}　：降伏曲げモーメント

a　：打継面から載荷点までの距離（$a = 18.75$ cm）

σ_{sy}　：アンカー鉄筋の実降伏点

p　：鉄筋比　（$p = \dfrac{A_s}{b\,d}$）

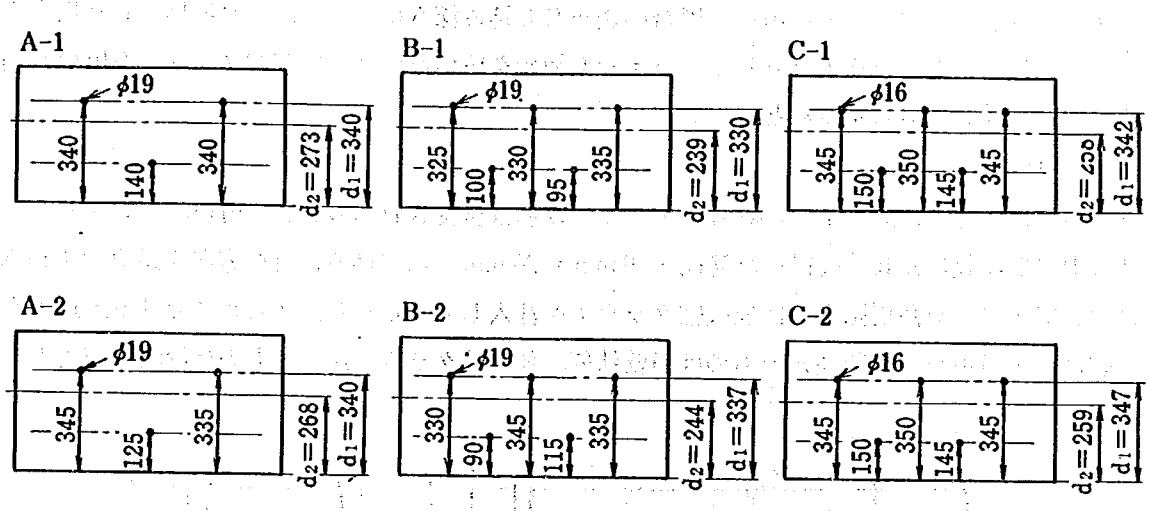
j　$= 1 - \dfrac{k}{3}$

k　$= \sqrt{2np + (np)^2} - np$

n　：ヤング係数比（$n = 15$）

b　：供試体幅（$b = 100$ cm）

d　：有効高さ（図－6のd_1，d_2）



図－6　アンカー鉄筋配置（実施）

計算値－2：すべてのアンカー鉄筋を引張に対して有効と考え，図－6に示すd_2を有効高さと考えて通常の弾性計算による単鉄筋断面としての降伏曲げモーメントより降伏荷重を求めたもの。式(1)により計算。

計算値－3：上段の鉄筋のみ引張に対して有効と考え，図－6に示すd_1を有効高さと考えて慣用の終局強度計算による単鉄筋断面としての降伏曲げモーメントより降伏荷重を求めたもの。式(2)により計算。

$$\left.\begin{aligned} P_y &= \frac{M_{sy}}{a} = \frac{1}{a}\left\{\sigma_{sy}\, p\, b\, d^2 \left(1 - \frac{p\,m}{2}\right)\right\} \\ m &= \frac{\sigma_{sy}}{0.85\,\sigma_{cu}} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ここに，σ_{cu}：コンクリートの圧縮強度

表－5より，つぎのことが考察される。

1）アンカー鉄筋としてφ19を用いたもの（供試体A，B）はいずれもほぼ降伏耐力を発揮し，φ16を用いたもの（供試体C）は降伏耐力以上の強度を発揮している。後者の強度が高かったのは，打足し側の定着長が15φで前者（12.6φ）より大きかったことが関係しているものと考えられる。いずれにせよ，本体（既設躯体）側および打足し側とも定着長を15φとすればアンカー鉄筋は少なくとも降伏耐力を発揮しうると考えられる（打足し側の定着長が15φとれない場合については，実験－5参

照）。

2）打足しの設計にあたっては，圧縮側コンクリート断面と上段アンカー鉄筋のみを有効とみなして，曲げを受ける片持ばりとしての通常の単鉄筋計算を行っておけば，アンカー鉄筋の降伏に対して十分安全と考えられる。

3）打継面をチッピングしたのちのエポキシ系樹脂塗布の有無による耐力の差は，この実験においては顕著でない。

1.2　異形鉄筋の樹脂および無収縮グラウトによる定着

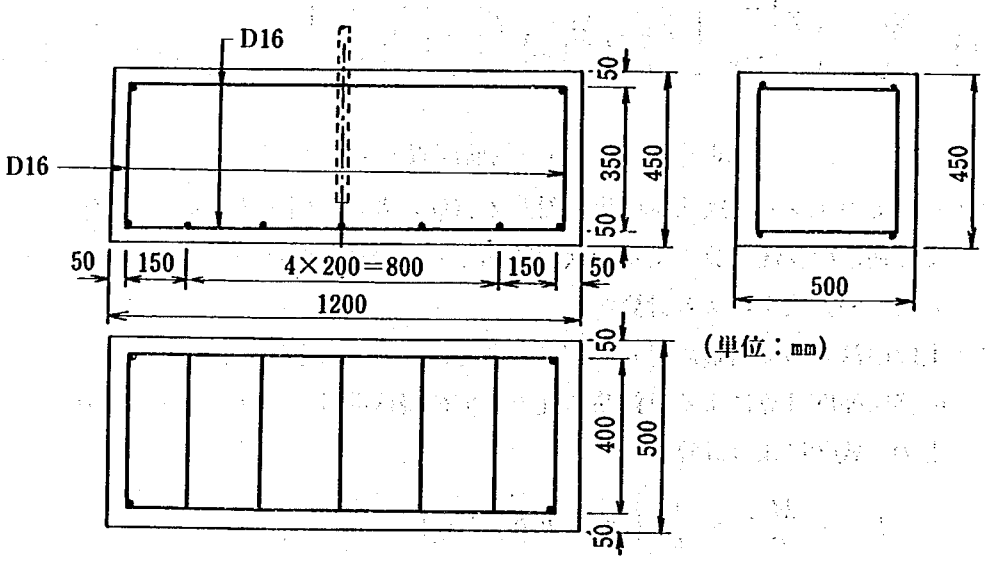
〔実験－3〕　アンカー鉄筋（異形鉄筋）の引抜実験　（56年度）

(1)　目　的

アンカー鉄筋として異形鉄筋を用いる場合の適正な差込み深さについて，鉛直に施工した場合と水平に施工した場合，および注入材としてエポキシ系樹脂を用いた場合と無収縮グラウトを用いた場合を，それぞれ比較して検討すること。

(2)　供試体

供試体の形状・寸法は図－7のとおり。アンカー鉄筋は材質SD30のD16を用い，コンクリートブロックの中央部に設けた孔（孔径＝鉄筋径＋10mm＝26mm）に差込み，孔の方向を鉛直および水平にした状態でエポキシ系樹脂または無収縮グラウトを注入して固定した。注入時における差込み孔内部の状態は，エポキシ系樹脂注入のものは気乾状態，無収縮グラウト注入のものは湿潤状態とした。



図－7　引抜供試体（実験－3）

実験要因の組合せは，表－8のとおり。

(3)　使用材料

1）アンカー鉄筋

異形鉄筋SD30の16mm鉄筋を用いた。その機械的性質は表－9のとおり。

表－9　アンカー鉄筋（SD30）の機械的性質＊

呼び名	降伏点，σ_y（kg／cm²）	引張強さ，σ_u（kg／cm²）	伸び（%）
D16	3870	5750	24.3

＊　試験片3本の平均値

表－8　実験要因の組合せおよび実験結果

供試材番号	注入材	注入の方向	定着長	実測定着力 P (t)		破壊状況	鉄筋の強度(t)* 降伏荷重 P_y	鉄筋の強度(t)* 引張強さ P_u	P/P_y
1	エポキシ系樹脂	鉛直	8φ	7.70	7.55	鉄筋降伏後抜出し	7.61	11.42	0.99
2				7.40		〃			
3			10φ	7.60	7.50	〃			0.99
4				7.40		〃			
5			15φ	7.50	7.55	鉄筋の伸び増加，抜出しなし			0.99
6				7.60		〃			
7		水平	8φ	—		鉄筋降伏前に抜出し			—
8			10φ	—		〃			—
9			15φ		7.40	鉄筋降伏後抜出し			0.97
10	無収縮グラウト	鉛直	8φ	9.70	9.88	鉄筋抜出しなく，コンクリート破壊			1.30
11				10.05		〃			
12			10φ	10.60	10.60	鉄筋の伸びにより表面持上がり			1.39
13				10.60		〃			
14			15φ	10.00	10.15	〃			1.33
15				10.30		〃			
16		水平	8φ		8.40	鉄筋抜出しなく，コンクリート破壊			1.10
17			10φ		10.00	鉄筋の伸び増加，抜出しなし			1.30
18			15φ		10.20	〃			1.34

＊　試験片3本の平均値

2）コンクリート

セメント：早強ポルトランドセメント（大阪社）

骨　材：粗骨材として砕石（最大寸法25 mm），細骨材として川砂を使用。

コンクリートの配合および強度：表－10のとおり。

表－10　コンクリートの配合および強度

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	C	S	G	空気量 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度 (kg/cm²)* 標準，σ_{28}	現場，実験時
45	38.8	144	320	725	1154	4.0	8.0	349	328

＊　それぞれφ10×20 cm供試体3個の平均値

3）樹脂

注入材として用いた樹脂はエポキシ系樹脂（ショーボンドグラウト）で，そのおもな物理的性質は表－11のとおり。

表－11　樹脂の物理的性質

比　　重		1.13
粘　　度（cP）		1600
可　使　時　間（分）		60
強　度（kg／cm²）	曲　　げ	634
	圧縮降伏	807
	引　　張	440
	引張せん断	165
圧縮ヤング係数　（kg／cm²）		2.35 × 10⁴

4）無収縮グラウト

注入材として用いた無収縮グラウトは特殊セメント系のもの（マスターフロー870）で，注入に用いた配合と強度は表－12のとおり。

表－12　グラウトの配合と強度

W／C (%)	フロー値（mm）	1) 曲げ強さ（kg/cm²）	2) 圧縮強さ（kg/cm²）
15	210	74.6	642

1）JIS R 5201による。3個の平均。
2）JIS A 1108による。3個の平均。

(4) 実験方法

センターホールジャッキを用い，図－2と同様の方法で引抜きを行った。実験時における各材料の材令は，コンクリート43～44日，注入樹脂30日，注入グラウト36日であった。

(5) 実験結果および考案

実験結果を表－8中に示す。同表には，試験片の引張試験より得られた降伏荷重および引張強さもあわせて示した。これより，つぎのことがわかる。

1）エポキシ系樹脂を注入したものは，鉛直施工の場合は定着長8φでもほぼ降伏耐力を発揮するが，水平施工の場合は定着長10φ以下では降伏前に抜出し，定着長15φで降伏耐力を発揮する。

2）無収縮グラウトを注入したものは，鉛直・水平の方向にかかわらず定着長8φでも降伏耐力を発揮する。

3）以上より，アンカー鉄筋として異形鉄筋を用いる場合で，注入材の種類や注入方向を特定しない一般の場合に対して，定着長を15φとすれば降伏に対して安全と考えられる。

2. 打足し部におけるアンカープレートおよびフックによる定着効果

〔実験－4〕　アンカー鉄筋（アンカープレート，フック付）引抜実験　（55年度）

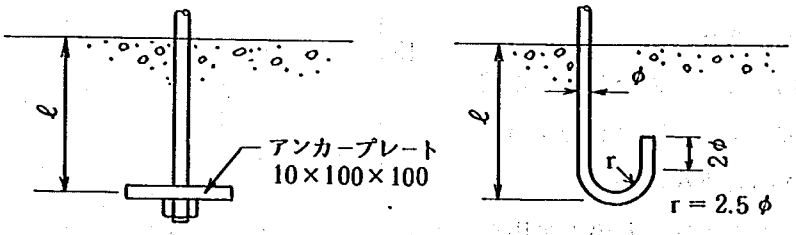
(1) 目　的

桁座拡幅の従来の標準設計（「落橋防止装置・標準設計（案）」，1976年4月，建設省土木研究所）では，打足し側の定着長不足を補なうためアンカー鉄筋の打足し側端部にアンカープレート（22×100×100）を設ける構造としているが，これは施工が繁雑であるため施工が容易なフックを設ける方法で代用できないかどうかを検討することを目的とする。

(2) 供試体

供試体の形状・寸法は，実験－3で用いたもの（図－7）と同じ。アンカー鉄筋は，端部にアンカープレートを設けたものと半円形フックを設けたもの（図－8）をコンクリートブロックの中央部に埋込んだ。この場合，フック付きアンカー鉄筋はSD30のD16を使用したが，アンカープレート付きの方は大荷重作用下でのプレート付近の状況まで調べられるようにφ17の異形鋼棒（耐力27.0 t）を用いた。

実験要因の組合せは，表－13のとおりである。これらのほか，さらに2種のアンカー方法についても比較したが，ここでは省略する。



(a) アンカープレート　　(b) フック

図－8　埋込み端の形状・寸法

表－13　実験要因の組合せおよび実験結果

供試体番号	アンカー材	定着端	定着長	実測定着力 P (t)	降伏耐力 P_y (t)	引張強さ P_u (t)	P/P_y (D16)
1	SD30 D 16	半円形フック	4 φ	2.50	7.84	11.86	0.32
2			6 φ	7.40			0.94
3			8 φ	11.40			1.45
4			15 φ	11.50			1.47
5	φ 17 鋼棒	アンカープレート	6 φ	6.00	27.0		(0.76)
6			8 φ	10.25			(1.31)
7			10 φ	11.20			(1.43)
8			15 φ	15.20			(1.94)

(3) 使用材料

1）アンカー鉄筋

フック付きとして用いたアンカー鉄筋SD30，D16の機械的性質は，表－14のとおり。

表－14　アンカー鉄筋（SD30）の機械的性質＊

呼び名	降伏点（kg/mm²）	引張強さ（kg/mm²）	伸び(%)
D16	39.5	59.7	22.3

＊　ミルシートによる。

2）コンクリート

セメント：早強ポルトランドセメント（日本社）

骨　材：粗骨材として砕石（最大寸法20mm），細骨材として川砂（FM＝2.91）を使

コンクリートの配合および強度：表－15のとおり。

表－15　コンクリートの配合および強度

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	C	S	G	空気量 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度＊ σ_{28}(kg/cm²)
65	43.8	167	257	844	1057		8±2	347

＊　φ10×20 cm供試体３個の平均値

(3)　実験方法

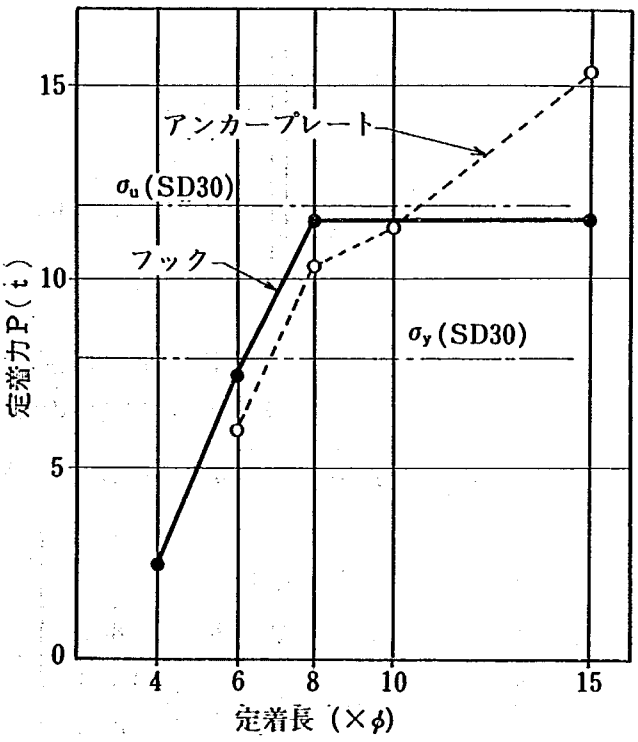
実験－１と同様。

(4)　実験結果および考察

実測定着力は表－13中に示すとおりで，定着長と耐力との関係を図示すると図－９のようである。これより，つぎのことがわかる。

１）アンカープレートを設けたものも半円形フックを設けたものも，定着長８φ以上でＳＤ30の降伏耐力以上が得られる。また，両者は同一定着長においてほぼ同等の定着効果があるものと考えることができよう。

２）以上より，アンカープレートに代えて半円形フックを用いてよく，その場合少なくとも10φの定着長を確保すれば，降伏に対して安全と考えられる。



図－９　定着長と耐力との関係

3.　打継面の処理方法

〔実験－５〕　打足し供試体の載荷実験（その２）　（55年度）

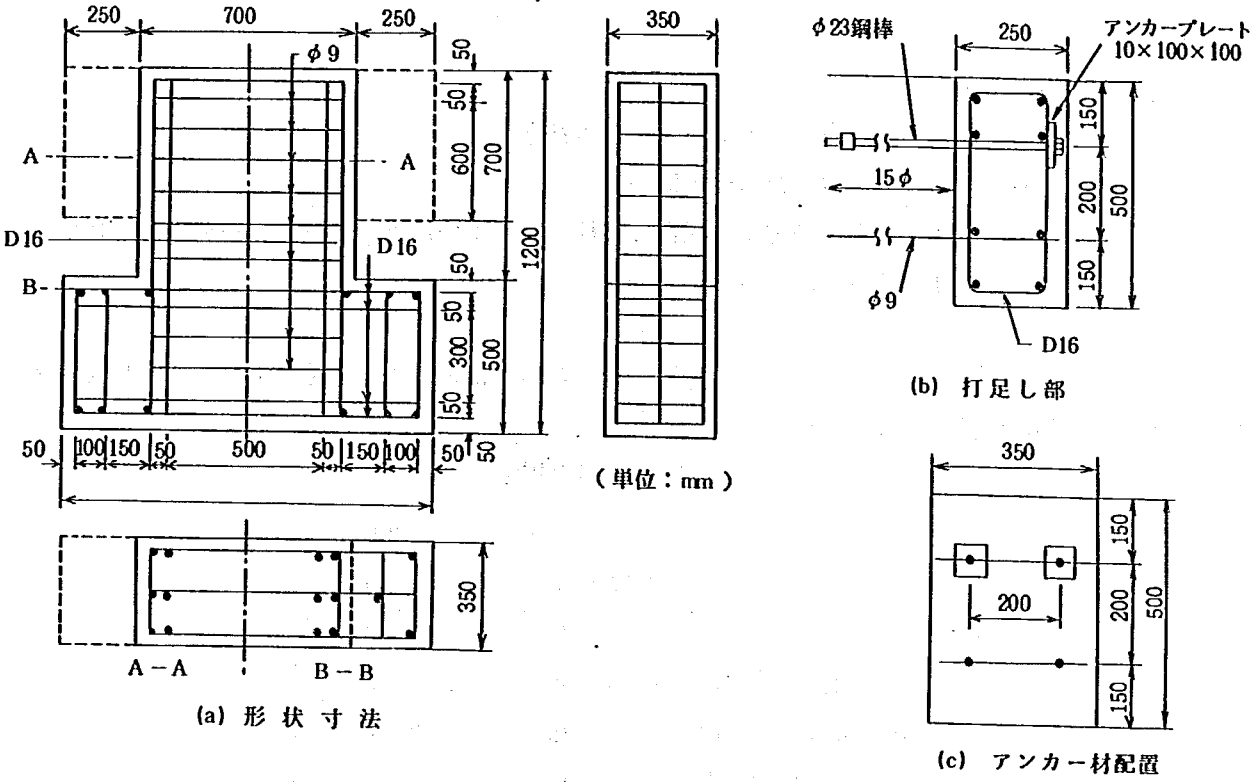
(1)　目　的

既設躯体に拡幅部コンクリートを打足す場合の打継面の処理方法について検討すること。

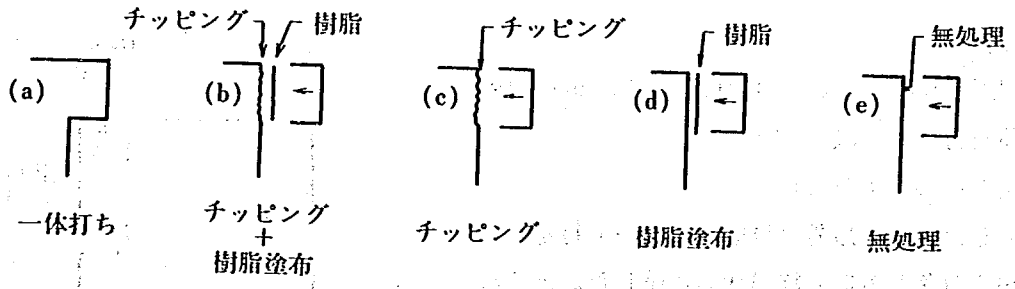
(2)　供試体

供試体の形状・寸法は，図－10に示すとおり。本体部分のコンクリート打設の約１カ月後に，打継面を図－11に示すような方法で処理して打足し部コンクリートを打設した。この実験は打継面の強度を調べることを目的としているため，載荷時にアンカー材の抜け出しによる破壊を先行させないようにするため，アンカー材としてφ23 mm鋼棒（耐力106.9 t）を本体コンクリート打設時に埋込んでおき，打足し側は鋼棒先端にアンカープレートを設けて確実な定着をはかった。

実験要因の組合せは，表－16のとおり。



図－10　打足し供試体



図－11　打継面処理方法

表－16　実験要因の組合せおよび実験結果

供試体	打継面処理方法	実測最大荷重 P_u (t)	最大せん断応力度, τ_u(kg/cm²) 1)	許容せん断応力度, τ_a(kg/cm²) 2)	τ_u/τ_a
A－1	樹脂塗布のみ(d)	36.5	32.8	10.8	3.0
A－2	チッピングのみ(c)	50.0	44.9		4.2
B－1	一体打ち(a)	80.6	72.4		6.7
B－2	チッピング+樹脂塗布(b)	57.35	51.5		4.8
C－1	一体打ち(a)	95.2	85.5		7.9
C－2	無処理(e)	— 3)	—		—

1) $\tau_u = \dfrac{P_u}{b\,j\,d}$

2) ディープビームに対する割増しと地震時割増しを考慮した許容応力度

3) 載荷開始直後に打足し部分離

(3) 使用材料

1) コンクリート

セメント：早強ポルトランドセメント（日本社）

骨　　材：実験－4に用いたものと同一。

コンクリートの配合および強度：配合は実験－4に用いたものと同一。載荷実験時における圧縮強度は，394 kg／cm² 。

2) 樹　脂

打継面処理法(b)，(d)におけるチッピング面塗布に用いた樹脂はエポキシ系樹脂（ショーボンド＃202）で，そのおもな物理的性質は表－17のとおり。

表－17　樹脂の物理的性質

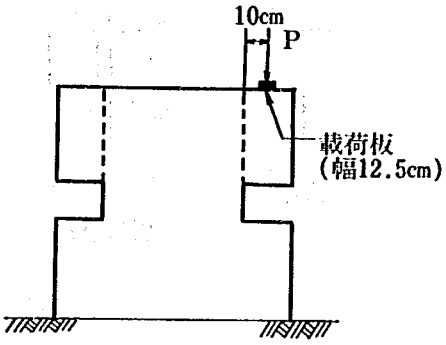
比　　重		1.25
粘　　度（cP）		3800
強　度（kg／cm²）	曲　げ	529
	圧縮降伏	749
	引　張	340
	引張せん断	212
圧縮ヤング係数　（kg／cm²）		2.79×10⁴

(4) 実験方法

200 t 耐圧試験機を用い，打継面より 10 cm の位置に静的載荷を行った（図－12）。

(5) 実験結果および考察

一体打ちした供試体以外は打継面において打足したブロックがずれ落ちる形で終局状態に達した。とくに無処理の供試体 C－2 は載荷開始直後に打足し部が分離して，ほとんど耐力を示さなかった。



図－12　載荷方法

各供試体が示した最大耐力は，表－16中に示すとおりである。同表中には破壊荷重に対応する最大せん断応力度 τ_u の値をも示してあるが，これは慣用の式(3)により求めた値である。

$$\tau_u = \frac{P_u}{b\,j\,d} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ここに，P_u ：破壊荷重（破壊せん断力）

b ：供試体幅（b =35 cm）

j ＝0.909（A_s = 4.15 cm², p=0.00339 より計算）

d ：有効高さ（d =35 cm）

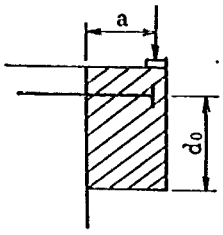
また，同表中に示す許容せん断応力度 τ_a = 10.8 kg／cm² は，桁座拡幅の打足しの設計に用いうると考えられる値で，つぎのような考えにより設定した値である。すなわち，道路橋示方書・下部構造編では σ_{ck} = 210 kg／cm² のコンクリートの許容せん断応力度（コンクリートのみで負担する場合）

は3.6 kg／cm² と規定されているが，桁座拡幅の打足し部は一般にその長さに対して高さが大きいディープビームの形態をなし，せん断抵抗が大きいので，コンクリートライブラリー第46号（土木学会，昭和55年4月）に示されている許容応力度の割増しが適用できると考えられる。割増し係数αは，次式で与えられる。

$$\alpha = 3 - \frac{a}{d_o} \leqq 2 \cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

ここに，　a　：せん断支間（図－13）

d_o　：柱の前面における部材の有効高さ



図－13　せん断支間

桁座拡幅の打足し部のせん断支間比a/d_oを1.0以下に制限することにすれば，$\alpha = 2$となり，許容せん断応力度は$3.6 \times 2 = 7.2$ kg／cm² となる。これに，さらに道路橋示方書に定められた地震時に対する割増し1.5を考慮して，$\tau_a = 7.2 \times 1.5 = 10.8$ kg／cm² を得る。

表－16より，つぎのことが考察される。

1）上記のように設定した許容せん断応力度τ_aに対する実測最大せん断応力度τ_uの割合は打継面無処理のものをのぞいて3.0以上となっていることから，チッピングなど通常の打継面処理を施す場合は上記のように割増した許容せん断応力度を用いて設計しても十分安全であると考えられる。打足し長が大きく，せん断支間比が$a/d_o > 1$となる場合は，式(4)で得られる割増し率を用いるのが妥当であろう。

2）打継面の処理方法としては，エポキシ系樹脂塗布だけを行うよりも，チッピングを行うか，またはチッピングのうえ樹脂を塗布する方法が確実といえよう。チッピングのみの場合にくらべ，チッピングのうえエポキシ系樹脂を塗布した場合は幾分強度が高くなっている。無処理は論外である。

4.　標準設計改訂への反映

1～3に示した実験資料を総括して，現行の桁座拡幅標準設計（案）の改訂に寄与しうると考えられる事項を列挙すると，つぎのとおりである。

1）既設躯体側へのアンカー鉄筋（異形鉄筋）の定着長は15ϕ（ϕ：鉄筋径）とすれば，少なくとも降伏耐力を発揮しうる。アンカー鉄筋の方向（鉛直，水平）や，注入材の種類（エポキシ系樹脂，セメント系無収縮グラウト）にかかわらず，15ϕとしてよいが，差込み孔の空げきは完全に充てんすることを前提とする。

2）打足し側におけるアンカー鉄筋の定着は，フックを設けない場合は15ϕ以上，半円形フックを設ける場合は10ϕ以上の定着長を確保すれば，少なくとも降伏耐力を発揮しうる。定着長不足を補なうために従来用いられていたアンカープレートは半円形フックで代用することができる。

3）打継面は，その全面にわたりチッピングを施すか，またはチッピングのうえエポキシ系樹脂を塗布するかするのがよい。

4）打足しの設計は，打足し部を片持ばりとみなし，圧縮側コンクリート断面と上段アンカー鉄筋のみを有効とみなした単鉄筋断面として計算し，アンカー鉄筋およびコンクリートの応力度が地震時割増しを考慮した許容応力度以下となるように断面を決定すれば，アンカー鉄筋の降伏に対して十分安全と考えられる。

5）打継面のせん断に対する照査には，ディープビームに対する割増し（ 2.0 ）と地震時に対する割増し（ 1.5 ）とを考慮した許容せん断応力度を用いて十分安全であると考えられる。ただし，打足し部のせん断支間比が 1.0 をこえる場合は，ディープビームに対する割増し率を低減するのが妥当である。

Ⅱ　桁座拡幅標準設計改訂案

1.　改訂の必要性

桁座拡幅に対する現行の標準設計（付録参照）は，道路橋示方書・耐震設計編（日本道路協会，昭和55年５月）により桁座の寸法条件が改訂されたため，これに対処する必要が生じた。さらに，現行の標準設計では既設躯体へのアンカー鉄筋（差し筋）の定着長を20ϕ（ϕ：鉄筋径）以上とし，打足し側については定着長不足を補なうためアンカープレートを用いる方法が採用されているが，深い削孔やアンカープレートの設置は施工が容易でないため，できるかぎり簡易な構造に改められるべく要望されていた。

そこで，現行の示方書規定に対応させ，かつ，Ⅰ・４に示した実験成果をとり入れて，標準設計の改訂案をとりまとめることとしたものである。

2.　改訂の主旨

改訂案の主旨は，つぎのとおりである。

(1)　関連規定への対応

桁座の設計にかかわる現行道路橋示方書の規定は，つぎのとおりである。

1）耐震設計編

5.2.3　けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ

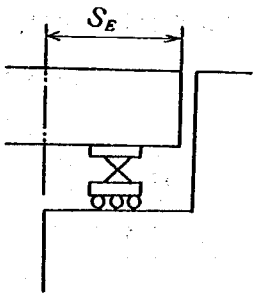
けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ

S_E（cm）は，次式の値以上とする。

$\ell \leqq 100$　：　$S_E = 70 + 0.5\ell$

$\ell > 100$　：　$S_E = 80 + 0.4\ell$

ここに，ℓ：支間長（m）



2）下部構造編

4.6.2　橋座の設計

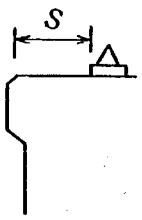
下部構造頂部における橋軸方向の支承縁端と下部構造頂部縁端との間の距離S（cm）は，次に示す値以上とする。

けたの支間長　100 m以下　：　$S = 20 + 0.5\ell$

けたの支間長　100 m以上　：　$S = 30 + 0.4\ell$

ただし，ℓ：支間長（m）

とくに重要な橋で，耐震設計編3.6に規定する４種地盤では，Sは35 cm以上とする。



現行の標準設計は2)の規定のみを前提としているが，これに1)の規定を考慮すると2)の規定によるよりも所要拡幅量が大きくなる場合が生ずるため，改訂案はこれに対応しうるものとした。

(2) 構造細目の改訂および設計法の明確化

実験成果（Ⅰ・4）にもとづき，構造細目の基本形をつぎのように改める。

1) 既設躯体へのアンカー鉄筋の定着長を15φとする（現行は20φ以上）。

2) 打足し側のアンカー鉄筋定着長は10φ以上とし，先端に半円形フックを設ける（現行はアンカープレート）。

実験結果をふまえ，設計はつぎのように行う。

1) 打足しの設計は，打足し部を片持ばりとみなし，圧縮側コンクリート断面と上段アンカー鉄筋のみを有効とみなした単鉄筋断面として計算し，アンカー鉄筋およびコンクリートの応力度が地震時割増し（1.5）を考慮した許容応力度以下となるように断面を決定する。

コンクリートの設計基準強度が σ_{ck} = 210 kg/cm² で，アンカー鉄筋としてSD30を用いる場合，地震時割増し（1.5）を考慮したそれぞれの許容応力度はつぎのようになる。

材　料	材　質	基本許容応力度(kg/cm²)*	地震時許容応力度(kg/cm²)
コンクリート	σ_{ck} = 210 kg/cm²	70	105　(σ_{ca})
アンカー鉄筋	SD30	1800	2700　(σ_{sa})

＊ 道路橋示方書・下部構造編による。

2) 打継面のせん断に対する照査には，ディープビームに対する割増し注)（2.0）と地震時に対する割増し（1.5）とを考慮した許容せん断応力度を用いる。ただし，打足し部のせん断支間比が10をこえる場合に対しては，ディープビームに対する割増し率の低減を考慮する。

コンクリートの設計基準強度が σ_{ck} = 210 kg/cm² の場合，許容せん断応力度はつぎのようになる。

材　料	材　質	基本許容応力度(kg/cm²)	設計許容応力度(kg/cm²)
コンクリート	σ_{ck} = 210 kg/cm²	3.6	10.8　(τ_a)

3) 設計荷重としては，けたが打足し部先端まで移動した状態での死荷重反力のみを考慮する。反力の大きさは，現行の標準設計に用いられている値と同一とする。

注) コンクリートライブラリー第46号，土木学会，昭和55年4月。

3. 桁座拡幅標準設計（改訂案）

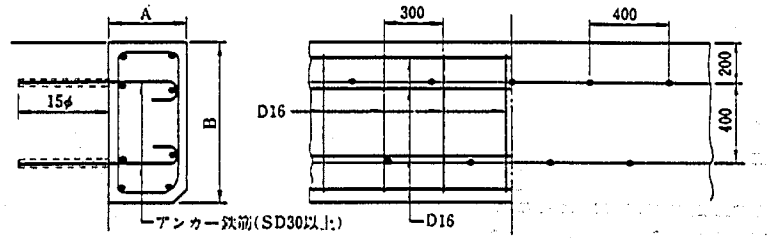
以上のような考えからとりまとめた改訂案を，以下にかかげる。

桁座拡幅標準設計(改訂案)

1982年3月

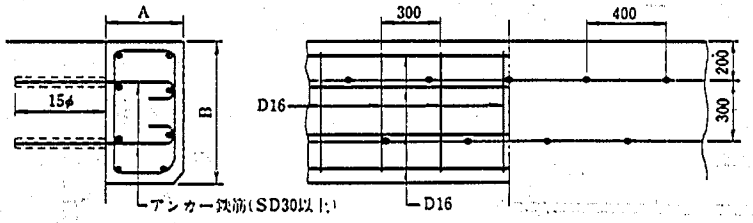
建設省土木研究所
コンクリート 研究室

標準図－1　桁座拡幅（プレートガーダー橋）



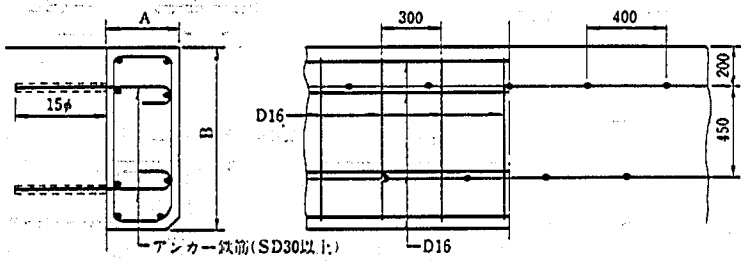
L≦20m	
B	80cm

A (cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
A≦35	D19	①
35<A≦45	D22	②
45<A≦55	D25	③



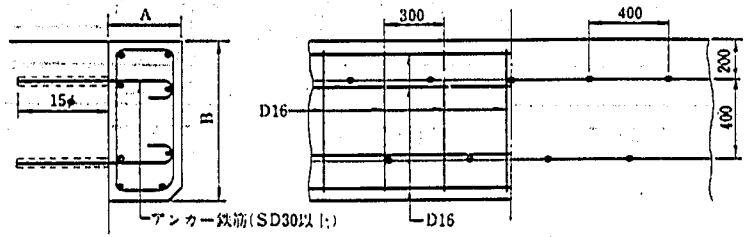
L≦20m	
B	70cm

A (cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
A≦30	D19	④
30<A≦40	D22	⑤
40<A≦48	D25	⑥



20m<L≦30m	
B	90cm

A (cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
A≦35	D22	⑦
35<A≦45	D25	⑧
45<A≦55	D29	⑨

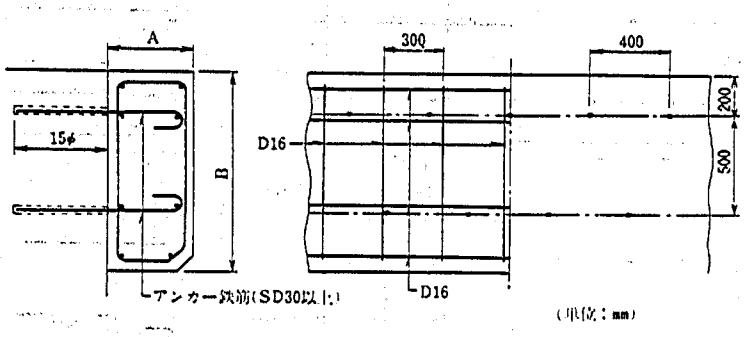


20m<L≦30m	
B	80cm

A (cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
A≦30	D22	⑩
30<A≦40	D25	⑪

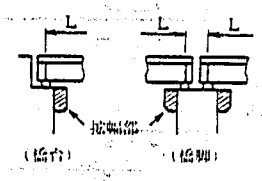
(単位：mm)

（標準図－1つづき）

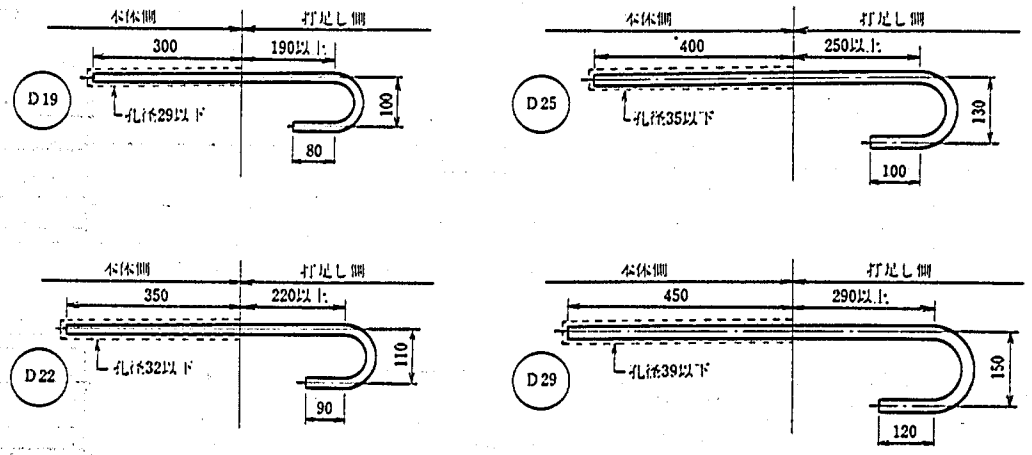


30m＜L≦40m	
B	100m

A（cm）	アンカー鉄筋（SD30）	No.
A≦40	D25	⑫
40＜A≦50	D29	⑬



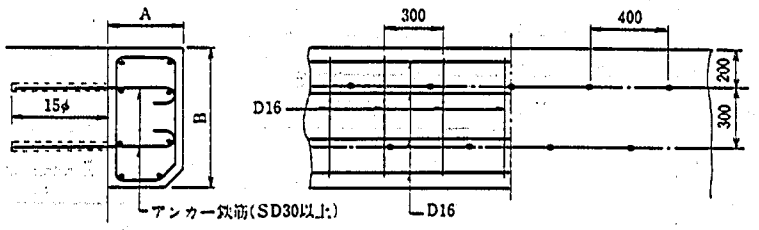
拡幅位置



アンカー鉄筋の標準

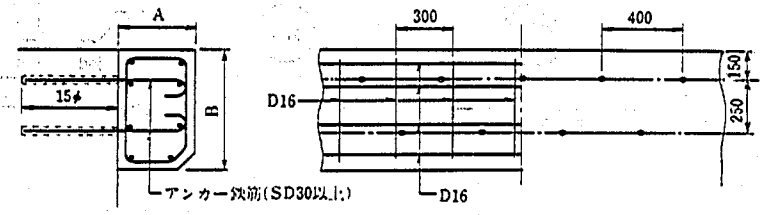
（単位：mm）

標準図－2　桁座拡幅（ＲＣ・ＰＣ桁橋）



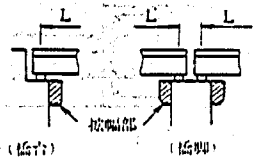
B	70cm

L(m)	A(cm)	アンカー鉄筋(D30)	No.
L≦10	A≦60	D19	⑭
10<L≦15	A≦50	D19	⑮
15<L≦20	A≦40	D19	⑯
	40<A≦50	D22	⑰
20<L≦25	A≦40	D22	⑱
	40<A≦50	D25	⑲

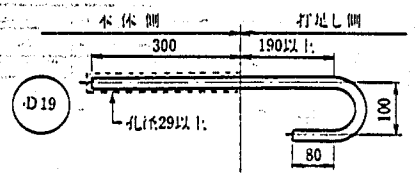


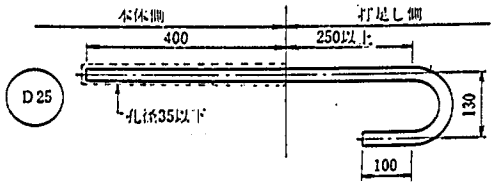
B	60cm

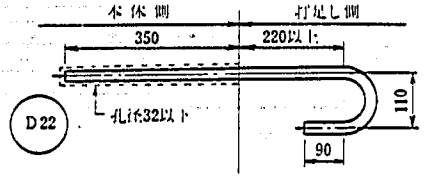
L(m)	A(cm)	アンカー鉄筋(D30)	No.
L≦10	A≦60	D19	⑳
10<L≦15	A≦45	D19	㉑
15<L≦20	A≦35	D19	㉒
	35<A≦45	D22	㉓
20<L≦25	A≦30	D19	㉔
	30<A≦39	D22	㉕



拡幅位置



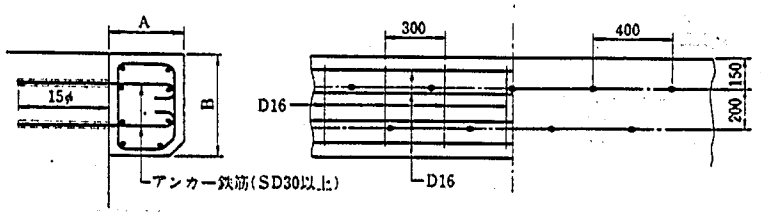




(単位：mm)

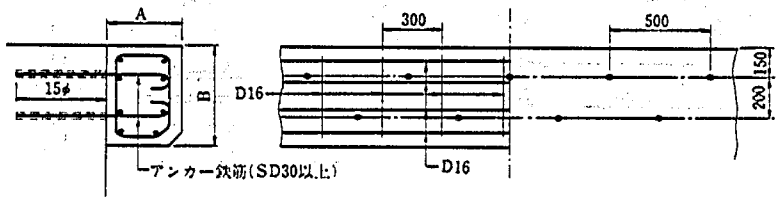
アンカー鉄筋の標準

標準図－3　桁座拡幅（床版橋）



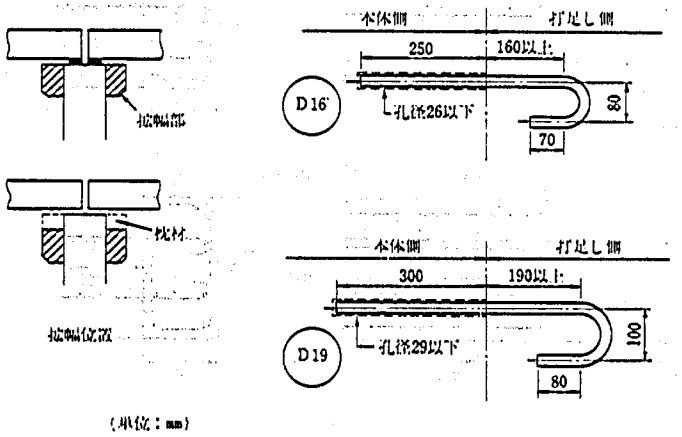
B	50cm

L(m)	A(cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
L≦10	A≦50	D16	⑯



B	50cm

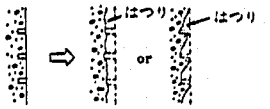
L(m)	A(cm)	アンカー鉄筋(SD30)	No.
L≦10	A≦50	D19	⑲



アンカー鉄筋の標準

・一般注意事項

1. アンカー孔の径は、アンカー鉄筋径＋10mmをこえないようにする。アンカー鉄筋を差込んだのち、空げきはエポキシ系樹脂またはセメント系無収縮グラウトを注入して充てんする。注入を容易にするため、可能な場合はアンカー孔は水平よりも15－20°斜め下向きに削孔するのがよい。



2. 旧コンクリート面は全面にわたりチッピングを行い、打設面に十分な粗度をつけるものとする。右図のようにカッターブレードで適当間隔な切込みを入れてはつる方法もある。

3. チッピングした面に新旧コンクリートを打ち継ぐときは打継面を十分湿潤にして、またチッピング面にエポキシ系樹脂を塗布するときは気乾状態のチッピング面に樹脂を塗布して、コンクリートを打継ぐものとする。

4. コンクリートはスランプ10cm以下で、できるだけ水セメント比の小さい配合のものを用い、打継面付近の締固めは特に入念に行う。

標準図作成の根拠

1. 設計条件

1.1 拡幅量

拡幅量Aは，つぎの①，②を満足するように定める。

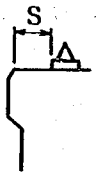
① 道路橋示方書・下部構造編，4.6.2「橋座の設計」

下部構造頂部における橋軸方向の支承縁端と下部構造頂部縁端との間の距離S（cm）は，次に示す値以上とする。

$$\left.\begin{array}{ll}\text{けたの支間長 100m以下} : & S = 20 + 0.5\,L \\ \text{けたの支間長 100m以上} : & S = 30 + 0.4\,L\end{array}\right\} \quad \cdots\cdots (1)$$

ただし，L：支間長（m）

とくに重要な橋で，耐震設計編3.6に規定する4種地盤では，Sは35cm以上とする。



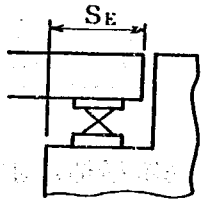
図－1

② 道路橋示方書・耐震設計編，5.2.3「けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さ」

けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さS_E（cm）は，次式の値以上とする。

$$\left.\begin{array}{ll}L \leqq 100\text{の場合} : & S_E = 70 + 0.5\,L \\ L > 100\text{の場合} : & S_E = 80 + 0.4\,L\end{array}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ここに，L：支間長（m）

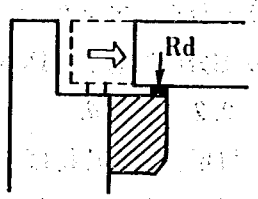


図－2

比較的支間の大きいけたでは①により拡幅量がきまる場合が多いと考えられるが，小支間のけたでは①による拡幅のほか②によってさらに拡幅量がふえる場合がある。ここでは，プレートガーダー橋（合成げた橋を含む）は支間40m，RCおよびPCけた橋は支間25m，床版橋は支間10m程度以下の場合を対象とし，拡幅量は50cm程度までを想定するものとする。

1.2 設計荷重

図－3に示すように，拡幅部先端までけたが移動した状態で，死荷重反力のみを考慮する。各橋種に対し，死荷重反力をつぎのように仮定する。



図－3

(1) プレートガーダー橋

合成げた標準設計によれば，3主桁橋の1沓あたりの死荷重反力は図－4のような範囲にある。これより比較的上限値にちかい値をとり，死荷重反力を表－1のように仮定する。設計にあたっては，1沓あたりの死荷重反力を拡幅部幅1mで負担するものと仮定する。

(2) RC・PC橋

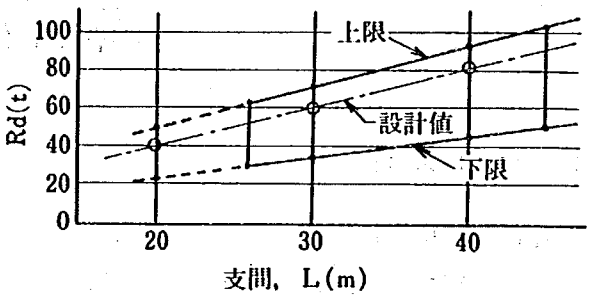
PC橋標準設計等を参考にして，1沓あたりの死荷重反力を表－2のように仮定する。設計にあたっては，1沓あたりの死荷重反力を拡幅部幅1mで負担するものと仮定する。

表－1 R_d（プレートガーダー）

支間，L（m）	20	30	40
R_d（t）	40	60	80

表－2　R_d（RC・PC）

支間, L(m)	10	15	20	25
R_d (t)	15	22.5	30	37.5



図－4

(3)　床版橋

支承幅1mあたりの死荷重反力を，R_d ＝10 tと仮定する。

1.3　使用材料および許容応力度

コンクリートの設計基準強度はσ_{ck}＝210 kg／cm²とし，アンカー鉄筋は異形鉄筋SD30を用いるものとする。

許容応力度は道路橋示方書・下部構造編にしたがい，基本許容応力度に対し地震時割増し（1.5）を考慮した値とする。打継面のせん断応力度の照査に用いる許容せん断応力度は，ディープビームに対する割増し（2.0）注)と地震時割増し（1.5）とを考慮した値とする。以上より，許容応力度は表－3のようになる。

表－3　許容応力度

		基本値(kg/cm²)	割増し値(kg/cm²)
コンクリート	σ_{ca}	70	105
	τ_a	3.6	10.8
アンカー鉄筋	σ_{sa}	1800	2700

注)　参考文献：コンクリート・ライブラリー第46号，土木学会，昭和55年4月

2.　基本構造および計算法

2.1　構造概要

アンカー鉄筋を少なくともその降伏耐力を発揮しうるように定着長15ϕ（ϕ：鉄筋径）で既設コンクリート中に定着し，既存躯体前面より10ϕ以上の長さを突出させてその先端には半円形フックを設けておく。アンカー鉄筋は，少なくとも2段に設けるものとする。このアンカー鉄筋を支えにして新設部分の鉄筋を組込み，コンクリートを打設して新旧一体とする。

2.2　計算法

打足し部を片持ばりとみなし，圧縮側コンクリートと上段アンカー鉄筋のみを有効とみなした単鉄筋断面として計算し，アンカー鉄筋およびコンクリートの応力度が表－3の許容応力度以下となるように断面を決定する。

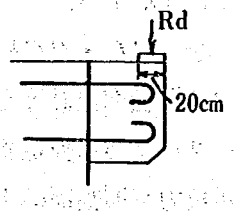
曲げモーメントの計算にあたり，支承の長さは20 cmと仮定する（図－5）。

打継面におけるせん断応力度は，次式により計算する。

$$\tau_c = \frac{R_d}{b\,j\,d} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

ここに，b＝100 cm

jd：上段アンカー鉄筋とコンクリートの圧縮応力度合力作用点との間の距離。



図－5

2.3　標準構造

プレートガーダー橋（$L \leqq 40$m），RC・PC桁橋（$L \leqq 25$m）および床版橋（$L \leqq 10$m）に対する桁座拡幅の標準構造を，それぞれ標準図－1，標準図－2および標準図－3に示す。

3.　応力度の照査

標準図に示すNo①～㉗の各ケースについてもっとも不利な状態（L，Aとも許容範囲の最大値をとる場合）における応力度を求めると，表－4のようである。

表－4 応 力 度

橋種	No	支間長 L(m)	拡幅量 A(cm)	拡幅部高さ B (cm)	死荷重反力 R_d(t)	曲げモーメント M (t・cm)	アンカー鉄筋	応力度 (kg/cm²) アンカー鉄筋 (上段) σ_s	コンクリート σ_c	打継面のせん断応力度 τ_c
プレートガーダー橋	①	20	35	80	40	1000	D 19	2468	34	7.1
	②	〃	45	〃	〃	1400	D 22	2580	42	7.1
	③	〃	55	〃	〃	1800	D 25	2557	49	7.2
	④	〃	30	70	〃	800	D 19	2383	37	8.5
	⑤	〃	40	〃	〃	1200	D 22	2670	48	8.6
	⑥	〃	48	〃	〃	1520	D 25	2608	55	8.7
	⑦	30	35	90	60	1500	D 22	2358	35	9.1
	⑧	〃	45	〃	〃	2100	D 25	2545	44	9.2
	⑨	〃	55	〃	〃	2700	D 29	2601	52	9.3
	⑩	〃	30	80	〃	1200	D 22	2211	36	10.7
	⑪	〃	40	〃	〃	1800	D 25	2557	49	10.8
	⑫	40	40	100	80	2400	D 25	2533	41	10.6
	⑬	〃	50	〃	〃	3200	D 29	2685	50	10.8
RC・PC桁橋	⑭	10	60	70	15	750	D 19	2234	34	3.2
	⑮	15	50	〃	22.5	900	D 19	2681	41	3.2
	⑯	20	40	〃	30	900	D 19	2681	41	6.4
	⑰	〃	50	〃	〃	1200	D 22	2670	48	6.5
	⑱	25	40	〃	37.5	1125	D 22	2503	45	8.1
	⑲	〃	50	〃	〃	1500	D 25	2574	54	8.2
	⑳	10	60	60	15	750	D 19	2490	40	3.6
	㉑	15	45	〃	22.5	787.5	D 19	2615	42	5.3
	㉒	20	35	〃	30	750	D 19	2490	40	7.1
	㉓	〃	45	〃	〃	1050	D 22	2605	50	7.2
	㉔	25	30	〃	37.5	750	D 19	2490	40	8.9
	㉕	〃	39	〃	〃	1087.5	D 22	2698	52	9.0
床版橋	㉖	10	50	50	10	400	D 16	2452	37	3.0
	㉗	〃	〃	〃	〃	400	D 19	2136	35	3.1

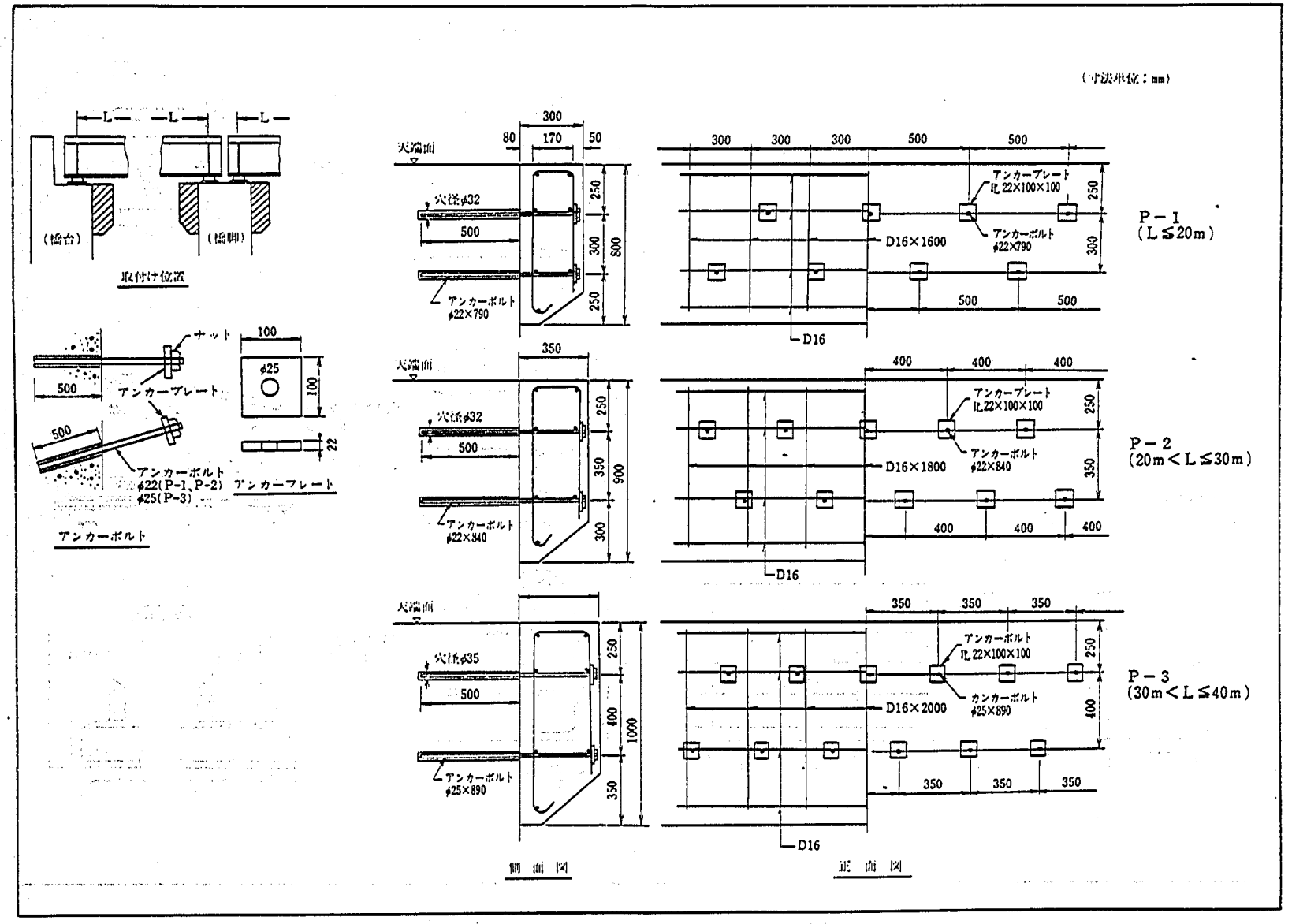
付　　録

落橋防止装置標準設計(案)

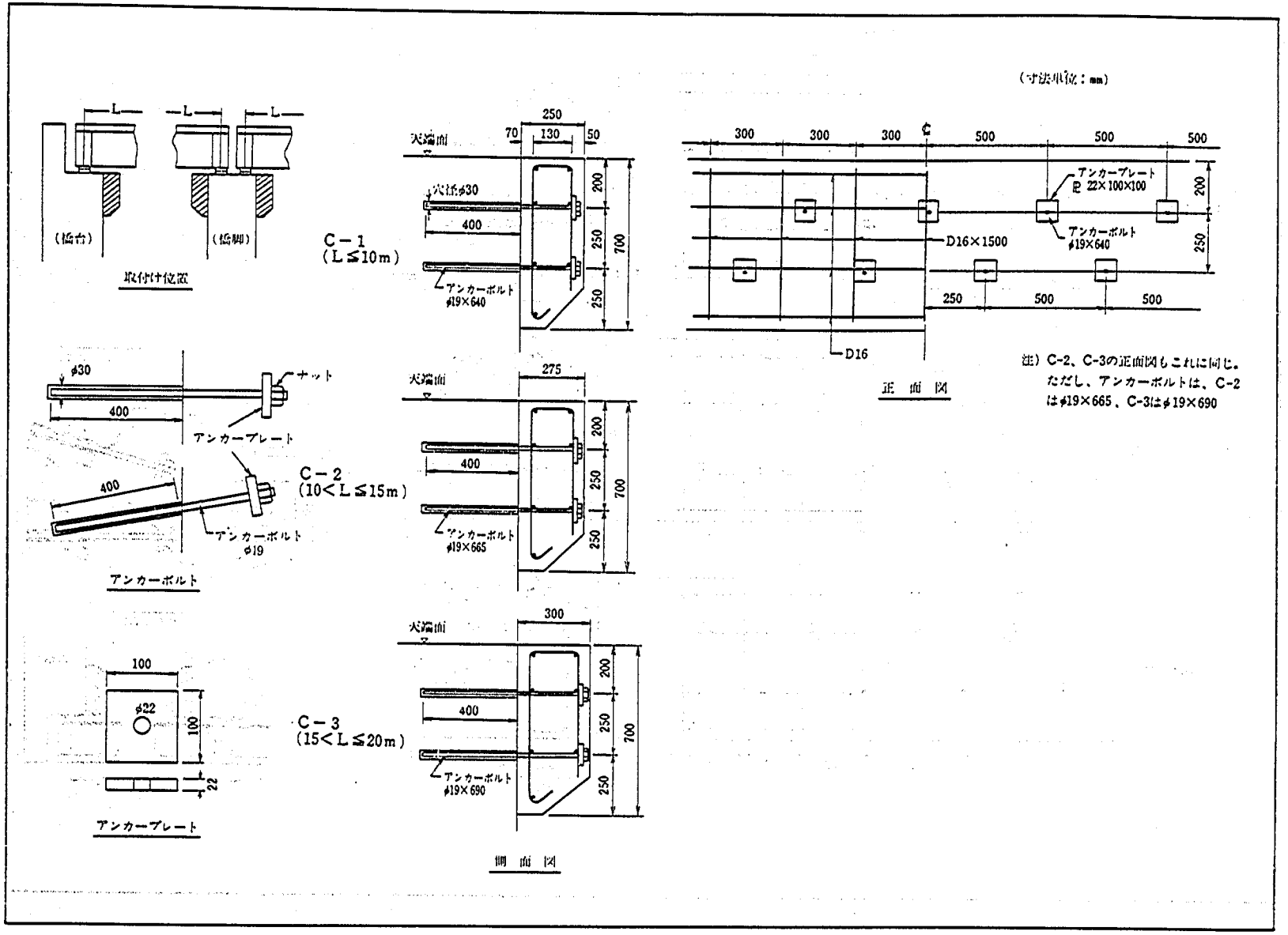
1976年4月

建設省土木研究所

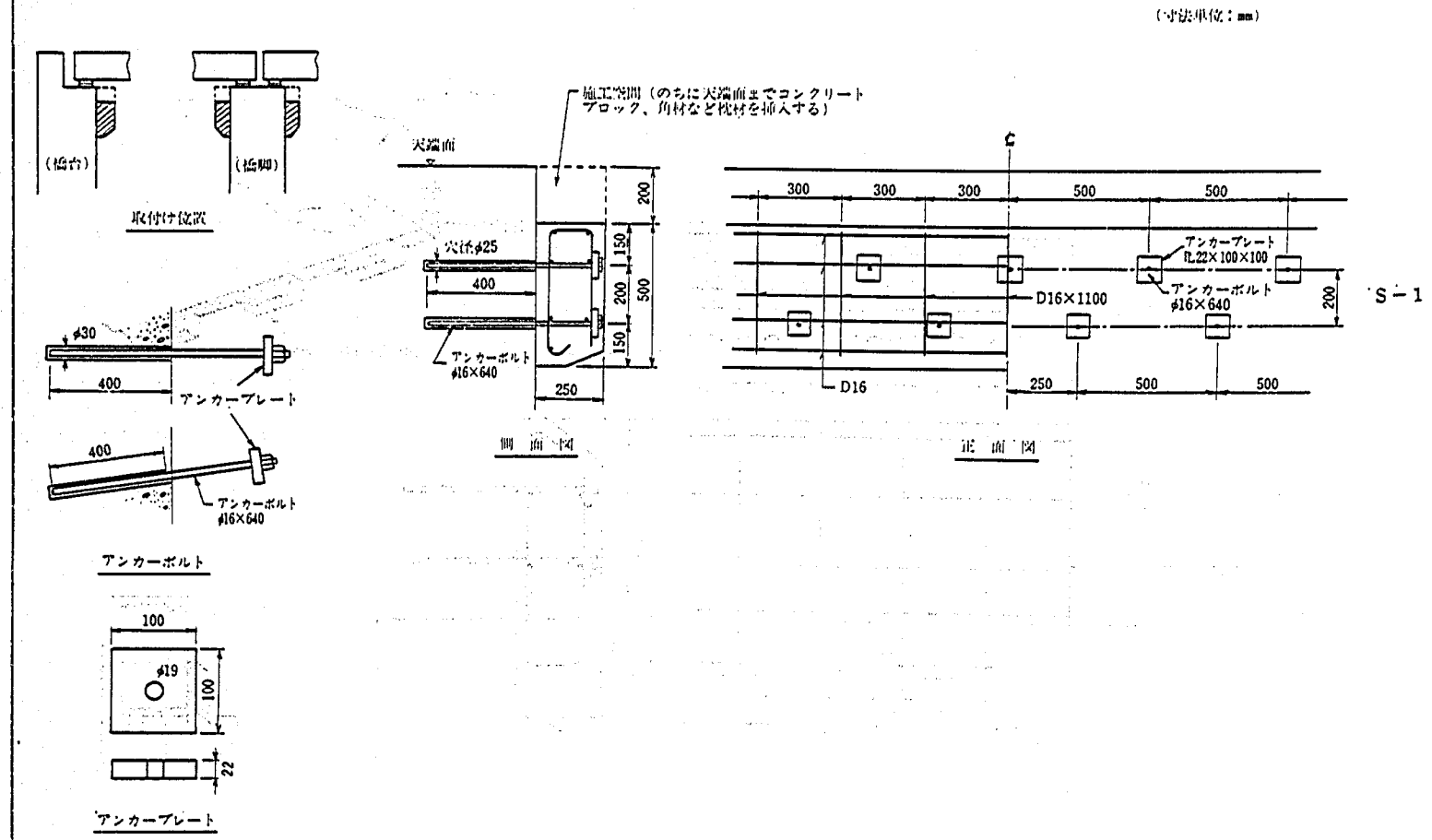
標準図－1　沓座拡幅（プレートガーダー橋）



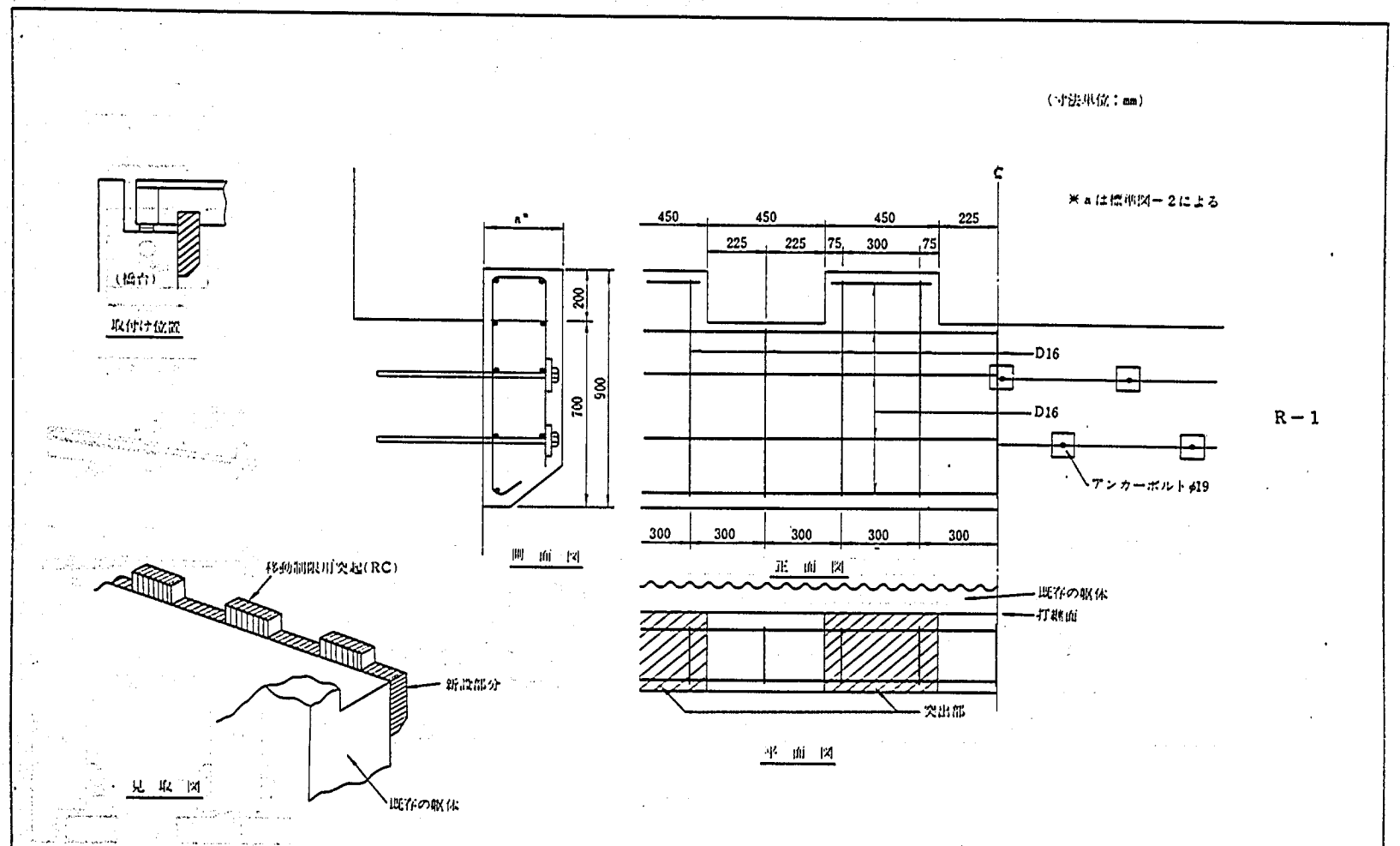
標準図－2　沓座拡幅（ＲＣ・ＰＣ桁橋）



標準図－3　沓座拡幅（床版橋）



標準図－4　移動制限装置（ＲＣ・ＰＣ桁橋）



桁座拡幅に関する実験資料および
桁座拡幅標準設計(改訂案)

土研資料第1828号
昭和57年3月

キーワード：補強，桁座，耐震

要旨

道路橋の耐震安全性を確保するために行なわれる橋台・橋脚の桁座拡幅にかかわる各種構造細目の実験的検討の成果をとりまとめた。あわせて，これらをもとに作成した桁座拡幅標準設計改訂案を示した。

郵便はがき

四十円切手をはって下さい

305-□□

茨城県筑波郡
豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室 御中

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1828号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　印