

—— 異形鉄筋スタッド方式による 鋼管矢板基礎頂版結合工法の開発 ——

工 務 部 設 計 課 吉 川 紀
大阪第一建設部 設 計 課 古 池 正 宏
神戸建設部 工事第一課 大 西 俊 之

要 約

鋼管矢板基礎にあつては、頂版コンクリートと鋼管矢板頭部との結合部が最も重要な箇所の1つである。従来、この結合部の構造にはプレート・ブラケット方式が一般的であつたが、最近差込み鉄筋方式が開発されている。さらに、より合理的な異形鉄筋スタッド方式による結合方法が浮上し、この方式の適用性について実験検討を進めている。検討は、頂版部のせん断スパン比が小さいせん断タイプを対象とし、頂版および頂版結合部の応力伝達状態、耐力、変形性能の把握を目的とし、1/5模型による静的載荷実験等を行っている。

検討手法として、上記3種の結合方式を比較してその特性を把握するとともに、従来から問題となっているブラケットの効果を含めて、従来実施されなかつた偏心載荷実験等を実施している。この結果、異形鉄筋スタッド方式による頂版結合は、充分安全な工法であることが確認されたものである。同時に、設計面からは許容せん断応力度の設定、施工面からは多本数スタッドの自動溶接化ならびにその品質を保証しうるモニター方式による簡易な品質管理手法を開発したので報告する。

まえがき

鋼管矢板基礎は、橋梁構造物の大型化に伴つて河口や湾岸地域での大水深、軟弱地盤に建設される基礎形式として、多くの事例が見られるようになってきている。昭和59年2月には、日本道路協会より「鋼管矢板基礎設計指針・同解説」が出版され、昭和63年度改訂予定の「道路橋示方書IV下部構造編（日本道路協会）」（以下、「道示」という。）に反映される模様である。

この鋼管矢板基礎の要ともいふべき、橋脚との

結合部の構造（頂版と鋼管矢板との結合構造）を図-1に示す。前記の指針にはプレート・ブラケット方式と鉄筋差し筋方式とが示されている。この2方式はいずれも一長一短があるが、その施工性から最近は後者の方式が多く採用されている。阪神高速道路公団においても昭和60年度に実験検討¹⁾にて差し筋方式実施上の問題点を検討している。

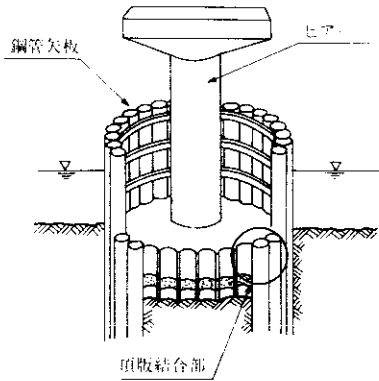


図-1 仮締切兼用方式鋼管矢板基礎の概念図

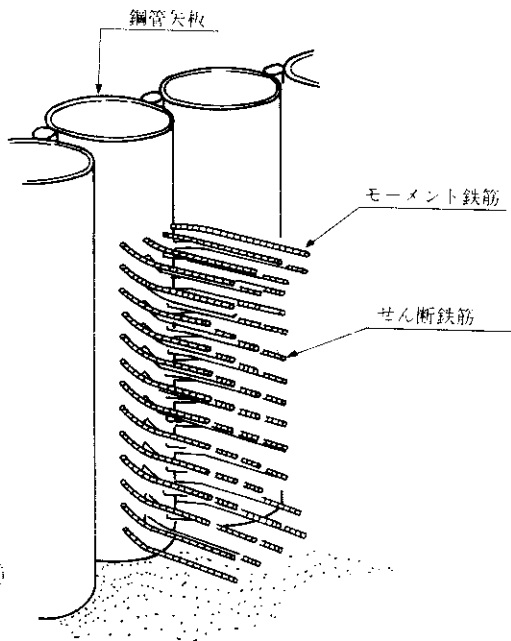


図-2 異形鉄筋スタッド方式頂版結合工の構造

これらの検討過程において、より合理的で施工性向上に寄与する結合方式として、スタッド方式の結合法が提案された。この方式は、従来のプレートや鉄筋に代って図-2に示すように、鋼管に現場でスタッドを水平打ちし、頂版と鋼管矢板を一体とするもので、いわば合成桁における鋼桁とコンクリート床版との結合構造のイメージである。

加えて、信頼性が高く、施工性の良い異形鉄筋

スタッド溶接技術が開発されるに至り、異形鉄筋スタッド溶接技術を用いた鋼管矢板基礎頂版結合工法の開発に着手したものである。

本報は、大型模型実験の成果を中心に報告するとともに、その他の各種の確認試験結果にもとづいて作成した異形鉄筋スタッド方式頂版結合工の「設計要領(案)」、「施工要領(案)」の概要を示すものである。

1 スタッド方式頂版結合工の検討課題

1-1 設計に関する検討課題

鋼管矢板基礎の頂版と鋼管矢板との結合部は、頂版に作用する荷重を円滑に、かつ、安全に鋼管矢板に伝達しなければならない。この結合部に異形鉄筋スタッドを適用する場合、異形鉄筋スタッドに引張りおよびせん断力を伝達する役割りを持たせることが、スタッド単体としての課題である。スタッド接合における引張力は、JASS6「鉄骨工事改定案(1981)」に規定されている。しかし、せん断力については、試験方法の規定もなく、設計の考え方そのものを確立する必要がある。

また、頂版結合構造においては、スタッドを介在させた鋼とコンクリートとの合成構造として、引張力とせん断力の2軸応力状態での耐荷力や変形性能を配慮した設計手法を確立する必要がある。

1-2 施工に関する課題

異形鉄筋スタッド方式の頂版結合工の実際の施工にあたっては、太径(19mm)スタッドの水平打ちが必要となる。この水平打ちの技術は、我国では未知の分野であり、最小径19mm、かつ、SD35相当の高強度のスタッドに対して適用できる技術の開発が必要である。この方式を適用するうえでの施工上の課題は次のとおりである。

- ① 太径(19mm)、かつ、高強度異形鉄筋の水平スタッド打ちに対する新技術の適用。
- ② 多本数使用となるため、スタッド打ちの自動化。
- ③ 品質管理規定の設定。
- ④ 施工管理の合理化。

(単位 mm)

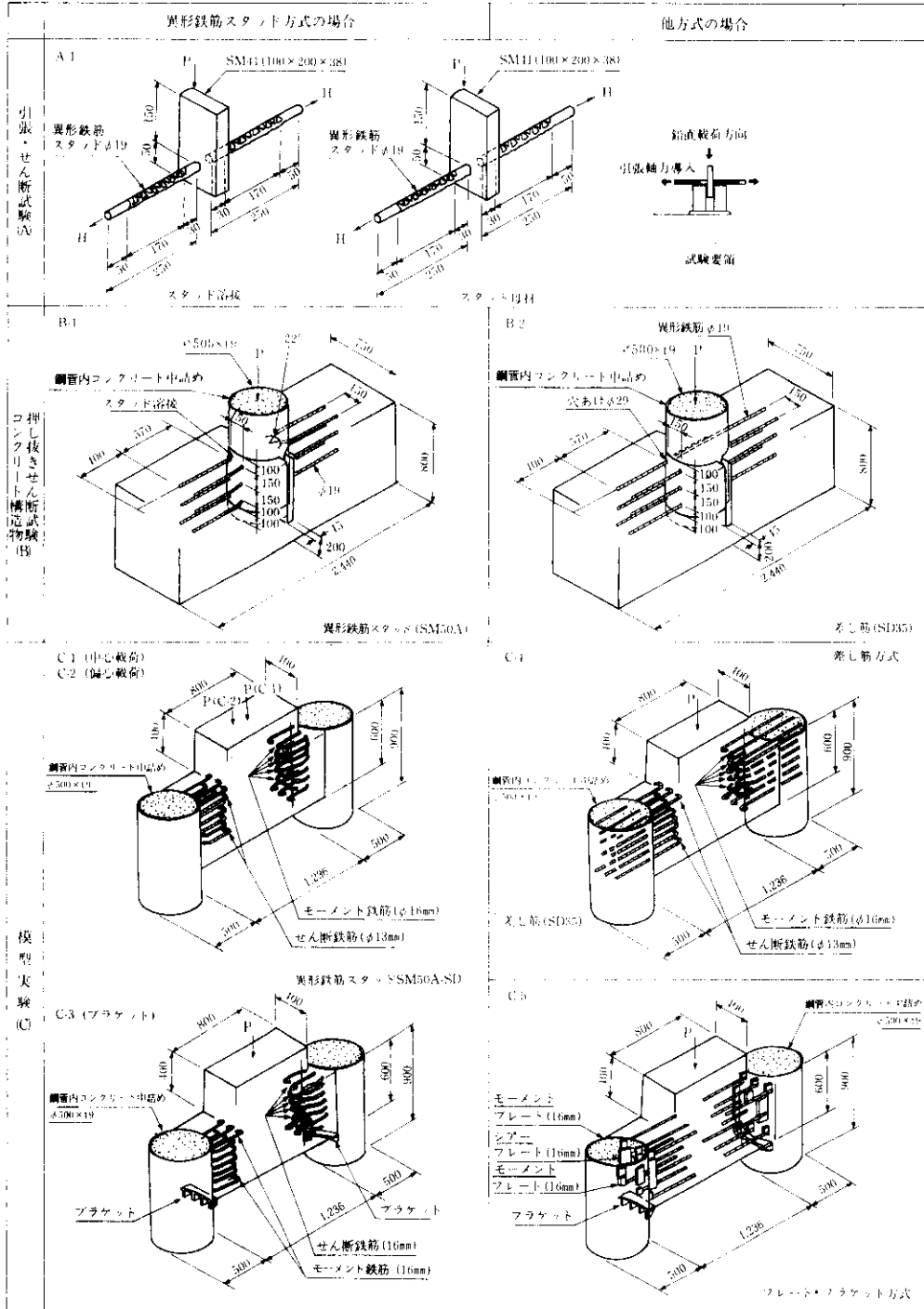


図-3 鋼管矢板基礎頂版結合方式の実験概要

太径鉄筋の水平スタッド打ちには、溶接時の溶融金属のたれの処置が最大の問題であり、従来、径としては16mmが最大であったものである。しかしながら、駆動源としてエアシリンダーを用いることにより、溶接ガンに十分な駆動力と制御性を持たせることが可能となり、19mmの太径にも適用可能である。一方、高強度に伴う溶接性の問題については、溶接に適した材質として溶接構造用圧延鋼材SM50A（JISG3106）を適用し、異形棒鋼に圧延することとしている。

2 実験概要と結果の考察

2-1 実験概要

実験概要を図-3に示す。スタッド溶接単体を用いて、頂版結合構造体としての実験を行っている。また、従来の3方式を比較する大型模型実験を実施し、加えて、ブラケットの効果を評価するため全体で5ケースについて実施している。実験の概要は次のとおりである。

(1) 使用材質

- 鋼管：SKK41（JISA5525）
- 異形スタッド：SM50A（JISG3106）
- 鋼板：SS41（JISG3101）
- 鉄筋：SD30B,SD35（JISG3112）
- コンクリート：圧縮強度240kgf/cm²の早強コンクリート

(2) 供試体寸法

高速湾岸線（南仲部）の橋脚をモデルとし、頂版の幾何寸法で約1/5の供試体を用いている。設計荷重は、R=181.5tf/本（杭反力）であり、供試体の設計荷重に相当する載荷荷重を30tfと設定している。

(3) 測定項目

- ① 鋼管ひずみ
- ② 異形鉄筋のひずみ
- ③ プレート・ブラケットのひずみ
- ④ 頂版コンクリート表面のひずみ、ひびわれ
- ⑤ 頂版および鋼管の変位

2-2 異形鉄筋スタッドの引張・せん断試験

太径・水平異形鉄筋スタッドの単体としての強度を引張試験にて確認している。

また、異形鉄筋スタッドには引張軸力とせん断力が同時に作用するため、引張軸力作用下でのせん断耐力の低下が懸念される。このため、2軸応力状態でのせん断耐力について、今回新たに試みた引張せん断試験にて確認している。

(1) 異形鉄筋スタッドの引張試験結果

試験結果を表-1に示す。引張試験ではいずれもスタッド軸部で破断し、溶接部での破断はない。母材の形状（鋼管と平板）による強度差はなく、全供試体とも曲げ試験による溶接部の欠陥はみられない。

(2) 引張せん断試験結果（図-3の（A）実験）

異形鉄筋スタッドのせん断耐力を図-4に示す。また、比較として行った鉄筋母材のせん断耐力を図-5に示す。せん断耐力がせん断位置によって変化するため、1mm、10mmの2ケースを示している。異形鉄筋母材のせん断耐力は、せん断位置に関係なく、ほぼ41~45kgf/mm²と一定している。一方、スタッドの場合、せん断耐力ならびに引張軸力下でのせん断耐力の低下の割合は、せん断位置10mm、作用引張軸力0.9 σ_y （ σ_y ：降伏強度）という厳しい条件下であっても、せん断耐力は26~32kgf/mm²であり、せん断耐力の低下割合は約77%となり、実用上の問題はないと判断される。

表-1 異形鉄筋スタッド溶接部強度

継手形態	引張強さ (kgf/mm ²)		最高硬さ (Hv)	
	試験値	判定基準	試験値	判定基準
平板上の継手	50.8	> 50	最大 280	< 300
鋼管上の継手	50.9	> 50	最大 280	< 300

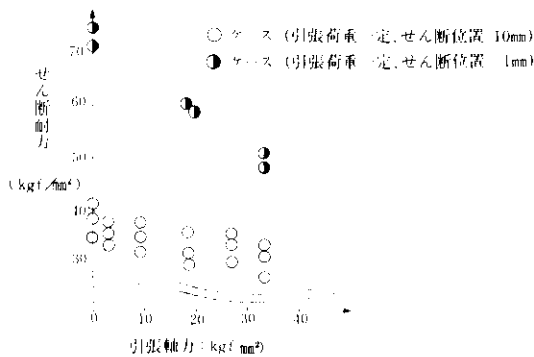


図-4 異形鉄筋スタッドのせん断耐力

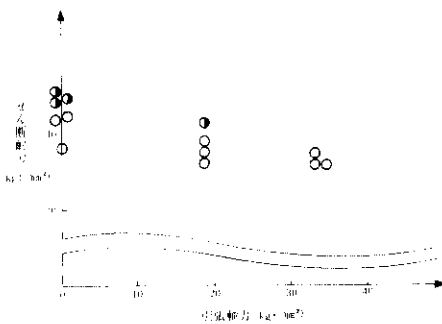


図-5 鉄筋母材のせん断耐力

2-3 押し抜きせん断試験

鋼管に作用する軸力が頂版に伝達されるためには、鋼管・スタッド・頂版の3者からなる結合構造の挙動を確認することが必要である。このため、図-3 ((B) 実験) に示す押し抜きせん断試験を行っている。耐力は差し筋方式との比較によって評価している。

実験結果のうち、荷重～相対変位曲線を図-6に示す。また、耐力の比較を表-2に示す。異形鉄筋スタッドのせん断耐力を母材の許容引張応力度 20kgf/mm^2 の6割として 12kgf/mm^2 とする。したがっ

て、このことから、供試体の長期許容せん断耐力を 40tf 、短期許容せん断耐力を 60tf と設定する。この条件から、短期許容せん断耐力 60tf に相当する鋼管とコンクリートの相対変位量は、図-6からスタッド方式では 1.7mm であり、差し筋方式では 2.7mm となる。スタッド方式は差し筋方式に比較してより剛な結合形式であることが判る。

また、異形鉄筋スタッド方式の最大耐力は、長期許容せん断耐力の約4倍であることがこの実験から確認されている。

異形鉄筋スタッドの最大せん断応力度は、一本当り 39kgf/mm^2 であり、この値は、引張せん断耐力試験で得られた結果 (図-4の 10mm のケース) と同様である。このことから、コンクリート構造体としての耐力は、スタッド単体の耐力とほぼ同じであると考えられる。

2-4 鋼管矢板基礎頂版結合工大型模型実験

頂版部の形状がせん断耐力で決められる橋梁基礎を対象として、大型模型による実験を行っている。実験の仕様は、昭和61年度に阪神高速道路公団で実施した差し筋方式模型実験⁹⁾ と同一に定めている。この実験の目的は、スタッド方式の実橋への適用性の是非を確認することを中心に、他方式との挙動の差異・特性の把握やブラケット方式におけるブラケットの効果を評価することである (図-3 (C) 実験)。

(1) 最大荷重と破壊過程

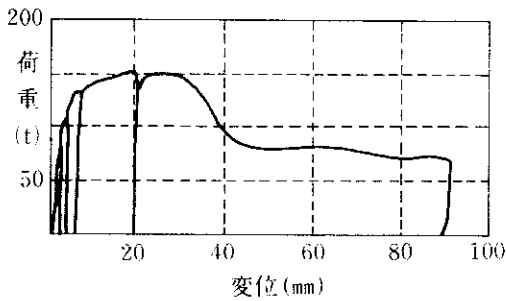
各供試体ごとの最大荷重とその破壊過程における各種性状を表-3に示す。各方式の安全率は、C-3のケースを除いて、スタッド方式と差し筋方式はほぼ同じ値であり、プレート・ブラケット方式は約1.5倍の値を示している。

表-2 最大荷重と安全率

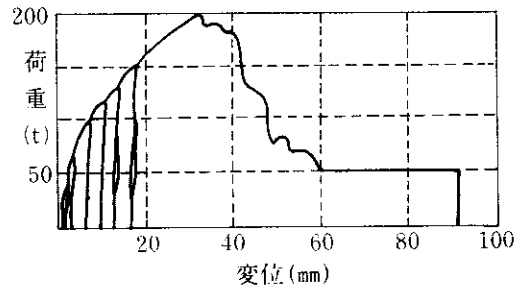
試験ケース	最大荷重 (tf)	一本当りの最大荷重 (tf)	一本当りの常時耐力 (tf)	安全率
B-1 (異形鉄筋スタッド方式)	155	12.9	3.4	4.0
B-2 (差し筋方式)	199	16.5	3.4	5.1

表 - 3 実験結果一覧表

供試体 No.	結合部材 仕様方式	ひび割れ発生荷重(tf)			載荷荷重90tfにおける			最大荷重 (tf)	安全率		破壊形態
		モーメント ひび割れ	せん断 ひび割れ	真口からの ひび割れ	頂版中央部 たわみ (mm)	せん断鉄筋軸力 (8段目) (kgf/cm ²)	モーメント 鉄筋軸力 (上部) (kgf/cm ²)		結合部耐力 (常時耐力) (tf)	最高荷重 常時耐力	
C-1	異形鉄筋スタッド	50	135	100	1.54	485	13	183	36.5	5.0	コンクリートせん断破壊(一部スタッド鉄筋)
C-2	異形鉄筋スタッド	40	125	65	1.50	564	35	173	36.5	4.7	供試体の真口からのひび割れ/一部スタッド鉄筋破壊
C-3	異形鉄筋スタッド	45	160	260	1.35	313	-65	332	36.5	9.0	コンクリート圧壊
C-4	差し筋	55	130	60	2.11	603	-434	173	36.5	4.7	供試体の真口からのひび割れ
C-5	プレート・ブラケット	75	125	100	1.45	32	-271	278	36.2	7.6	コンクリート圧壊

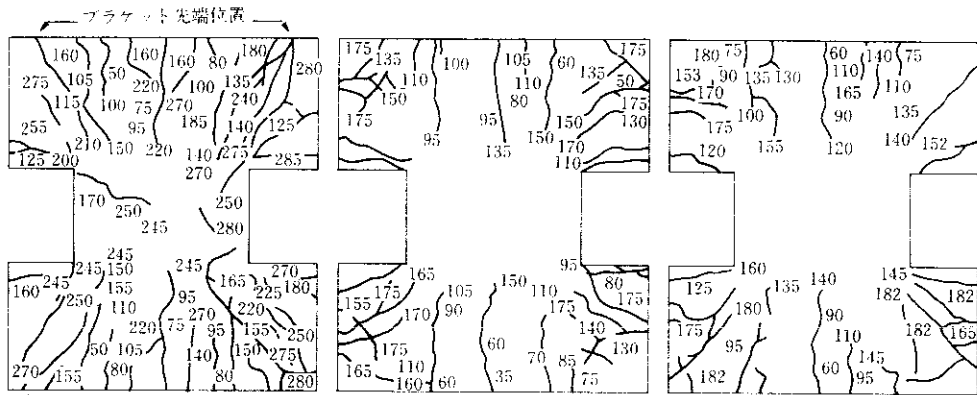


(1) 異形スタッド方式 (B-1)



(2) 差し筋方式 (B-2)

図 - 6 荷重 - 相対変位曲線



プレート・ブラケット方式 差し筋方式 スタッド方式 (C-1)

図 - 7 各結合方式におけるひび割れ発生状況展開図

(図中の数字は荷重を示す)

(2) 3方式の比較

① ひびわれ発生と破壊状況

ひびわれ発生荷重は、50~70tfの範囲であり、曲げモーメントによる曲げひびわれが共通して発生している。さらに荷重を増加させた場合のひびわれの進行状況を図-7に示す。図-7に示すプレート・ブラケット方式では、ブラケット先端より斜め方向に入ったひびわれが頂版天端に進行し、差し筋方式では頂版肩口からひびわれが発生し、約10度の傾きにて斜め方向に進み鋼管に達している。異形鉄筋スタッド方式では、鋼管と異形鉄筋スタッドとの接合部から45度斜め方向に、破壊に結びつくひびわれが発生している。

② 荷重-変位関係

各結合方式における荷重と変位の関係を図-8に示す。いずれの方式においても、荷重レベルが60ft程度までは線形的な挙動を示している。この範囲においては、頂版内のプレート、鋼管または鉄筋とコンクリートとの付着力が荷重を受け持っていると考えられる。さらに荷重が増加するにつれて、ひびわれの発生とともに荷重分担機構が変化する。プレート・ブラケット方式では、ブラケットが荷重分担し線形的な挙動を継続する傾向にある。しかしながら、他の2方式では、結合鉄筋のせん断ずれ変形が生じ非線形的な挙動を示すものと考えられる。

供試体番号	方式
C-1	異形鉄筋スタッド
C-2	〃
C-3	〃
C-4	差し筋
C-5	プレート・ブラケット

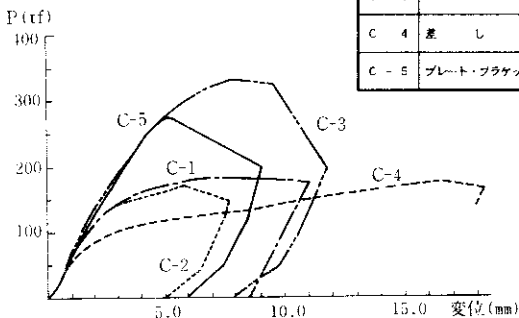


図-8 各結合方式における荷重・変位関係

③ 結合部における応力状態

結合部における鉄筋部の軸力分布を図-9に示す。プレート・ブラケット方式(C-5)では、プレートに結合した鉄筋の応力を示しており、他の方式による鋼管との結合鉄筋の応力を示している。この図から、プレート・ブラケット方式と差し筋方式を比較すると、軸力分布には差があるものの両者とも三角形分布となり、その分布性状はよく似ていることが判る。一方、異形鉄筋スタッド方式の場合には、他の2方式に比較して、全せん断鉄筋位置において引張力が発生しており、分布性状も放物線分布にて、他方式よりはほぼ均等に応力が作用していることが窺われる。しかしながら、荷重(90ft)に対する応力は、プレート・ブラケット方式や異形鉄筋スタッド方式が200~500kgf/cm²であるのに対して、差し筋方式では1,500kgf/cm²程度となっており、それぞれの結合方式の特色が結合部における応力状態に現われているものと考えられる。

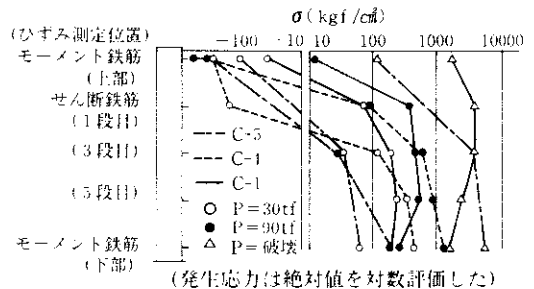


図-9 結合部の応力状態

(3) 異形鉄筋スタッド偏心載荷試験

橋脚に作用する地震時曲げモーメントは、頂版を通じて鋼管杭に偶力として作用すると考えられる。しかしながら、この偶力は頂版に対称に作用するかどうか明確ではない。また、頂版天端に水平力が作用することから、これらの挙動を再現する実験を実施している。このため、鉛直中心載荷(C-1)実験の他、載荷位置を変化させて偏心モーメントを作用させる実験(C-2)をも行い、その性状を比較検討している。

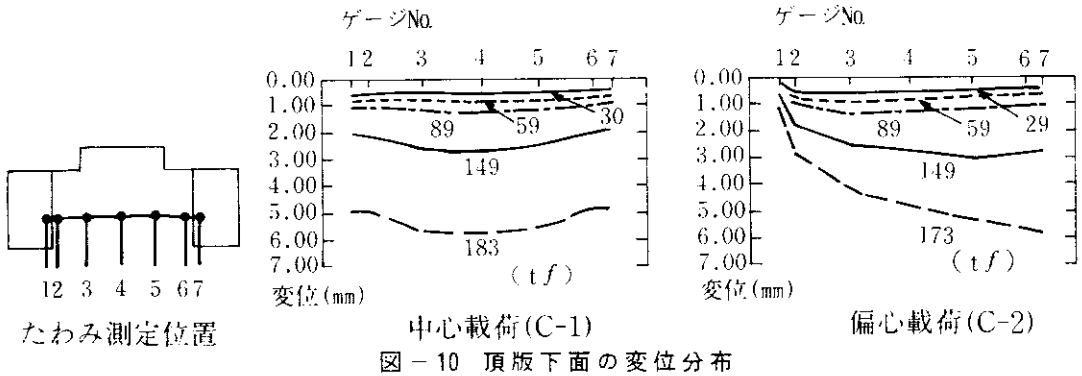


図-10 頂版下面の変位分布

① ひびわれ発生と破壊状況

プレート・ブラケット方式の両載荷状態の実験とも曲げひびわれ、せん断ひびわれが、それぞれ40~50tf、125~135tfの荷重で発生している。しかし、中心荷重実験の場合には顕著ではないが頂版天端肩口からのひびわれが、偏心荷重では偏心側部に発生している。また、破壊状況を見ると、中心荷重では、頂版下面と鋼管との接合部より45度方向に進展する斜めひびわれで破壊するのにに対し、偏心荷重では肩口からのひびわれで破壊し、両者の破壊形態は異なっている。

② 荷重-変位関係

頂版下面の変位分布を図-10に示す。頂版中央変位は、150tfまでは載荷位置の差による挙動の差はほとんど見られない。しかしながら、その後の載荷により両者の挙動は大きく異なっている。

③ 結合部における応力状態

異形鉄筋スタッドのせん断剛性が大きいためと考えられるが、設計荷重の3倍の荷重(90tf)では中心荷重・偏心荷重とも、変位に大きな差は見られない。また、結合部鉄筋の発生応力の状況を図-11に示すが、発生応力も載荷状態を変えてもあまり差がみられない。

これらの実験結果から実際の設計においては、偏心荷重状況を想定して結合部鉄筋の発生応力を割増す必要はなく、現設計手法をそのまま適用して問題ないものと考えられる。しかし、載荷荷重が増加していくと、偏心荷重では偏心側の鉄筋に反対側の倍の応力が発生している。このことは④で示したコンクリートの破壊形態の違いをも含めて、限界状態設計法では両者の差を考慮することが必要であると考えられる。

(4) 最大荷重時の結合部の状況

破壊時の状況を推定するため、破壊後の供試体を分解し、結合部の状況を入念に目視観察している。

① プレート・ブラケット方式では、最大荷重に対してもプレートは、十分な耐力を有していると推定されるが、ブラケットは鋼管との結合部付近で座屈している。

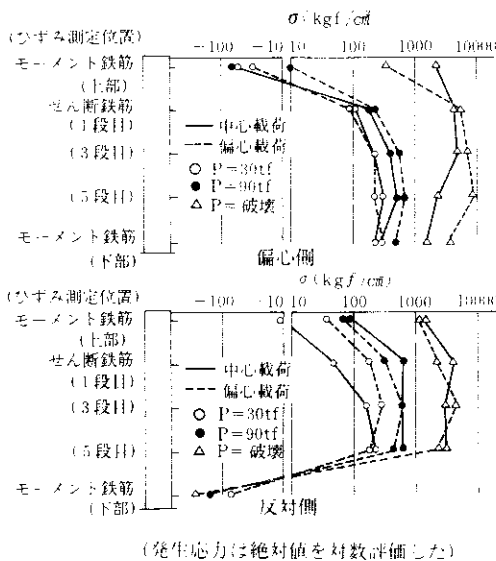
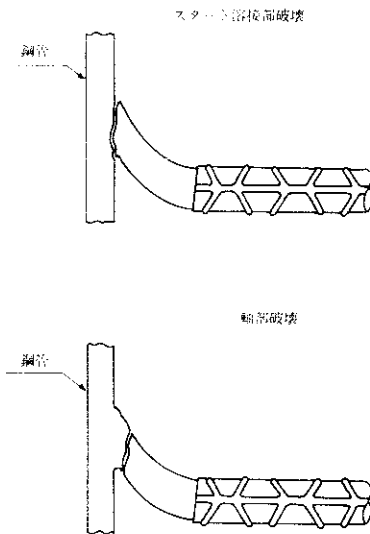


図-11 結合部における応力状態 中心荷重 (C-1)、偏心荷重 (C-2)

表-4 各供試体のじん性率

供試体 No.	降 伏 時			最大荷重での 吸収エネルギー Er (t・mm)	最大荷重の変位 δr	じん 性 率	
	荷 重 (tf)	吸収エネルギー Ey (t・mm)	変 位 δy (mm)			レ _{Er}	レ _r (塑性率)
C-1	130.0	172.5	2.5	882.0	6.9	5.1	2.76
C-2	130.0	150.0	2.4	684.0	5.8	4.3	2.41
C-3	200.0	328.8	3.2	1,671.0	8.0	5.08	2.50
C-4	100.0	176.0	2.9	1,494.0	11.4	8.48	3.93
C-5	180.0	270.0	3.0	797.0	5.3	2.95	1.76

スタッド方式



差し筋方式

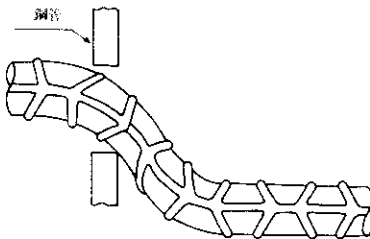


図-12 最大荷重時の結合部の状況

② 差し筋方式では、差し筋そのものは鋼管挿入穴の部分で大きく変形し、断面が減少しているが破断していない。

③ 異形スタッド方式では、最大変位時でスタッドが一部破断している。この破断箇所は、スタッドの発生軸力の最大値箇所と一致している。

②、③の方式における破壊状況のイメージ図を図-12に示す。異形鉄筋スタッド方式は、結合部分の剛性が高いため変形が進んでスタッド自身が破壊するものと考えられる。

(5) じん性率

載荷荷重Pと頂版中央部変位δとの関係から算出したじん性率を表-4に示す。じん性率の算定に用いた降伏荷重は、Log P~Log δ関係の急変部から判定している。また、じん性率の評価には、吸収エネルギーと変形性能の2通りの考え方を採用している。

◎吸収エネルギーによる評価

$$レ_{Er} = \frac{E_r}{E_y} = \frac{\text{最大荷重での吸収エネルギー}}{\text{降伏荷重での吸収エネルギー}} \dots (1)$$

◎変形性能による評価

$$レ_r = \frac{\delta_r}{\delta_y} = \frac{\text{最大荷重での変位}}{\text{降伏荷重での変位}} \dots (2)$$

異形鉄筋スタッド方式と差し筋方式の評価を比較すると、どちらの評価においても差し筋方式の方が大きな値(1.4~1.7倍)となり、じん性が高いといえる結果になっている。

(6) プレート・ブラケット方式におけるブラケットの評価

プレート・ブラケット方式の設計は、設計荷重

に対し、プレートとブラケットのそれぞれが100%負担するとしている。これは、プレートおよびブラケットがそれぞれ機能する荷重レベルが異なるものの、その分担率が不明であるためである。

ブラケットを有する供試体、すなわちプレート・ブラケット方式(C-5)と異形鉄筋スタッド方式(C-3)について、ブラケットの歪から換算される載荷荷重278tfまでのブラケットの分担率を図-13に示す。プレート・ブラケット方式の場合には、設計荷重(30tf)付近では10%以下であり、180tf付近では17~30%となっている。また、異形鉄筋スタッド方式の分担率は、設計荷重(30tf)レベルではプレート・ブラケット方式の2倍となっている。これは、プレートとスタッドの剛性差が現出しているものと考えられるが、載荷荷重の増加に伴ってブラケットの分担が大きくなり、両方式の分担率にそれほど大きな差がなくなるものと考えられる。

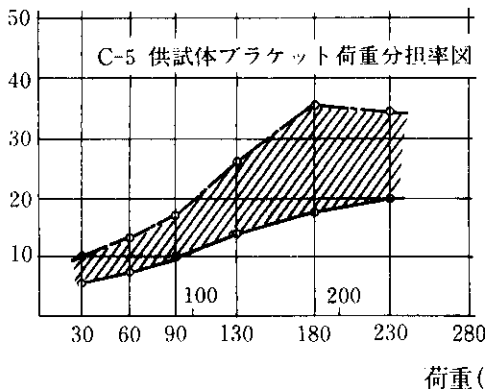
以上の検討結果から最大荷重での安全率(表-3)を配慮すると、現在の結合部設計ではブラケットの剛性を若干低下させることができるものの、プレート・ブラケット方式においては、ブラケットを省略することはできないものと考えられる。

4 異形鉄筋スタッド方式の評価

実験検討の結果、異形鉄筋スタッド方式の結合部の適用性について、次のように評価することができる。

- 1) 試供体(C-1)の設計耐力に対する安全率は5倍であり、差し筋方式と比較して同等の安全率を確保しうる。
- 2) 接合部でのせん断変位は、差し筋方式と同じ大きさであるが、頂版中央部変位では、異形鉄筋スタッドの方が差し筋方式にくらべて約7割と小さい。このことは、異形鉄筋スタッド方式がコンクリート構造物の変形を抑制するのに効果的であると考えられる。
- 3) 前述の定義によるじん性率で評価すると、最大荷重での吸収エネルギーの絶対値は、差し筋方式の値の6割程度である。また、変位の塑性率で評価しても、異形鉄筋スタッド方式は差し筋方式の7割程度である。全体として、差し筋方式の方がじん性に富んでいるものである。このことは、両者の構造特性を明確に現わしているものと考えられ、限界状態設計手法導入の際の大きな研究テーマとなるものと考えられる。
- 4) 異形鉄筋スタッド方式では、配置された各段のせん断鉄筋の発生軸力が均等であり、この応力

荷重分担率(%)



荷重分担率(%)

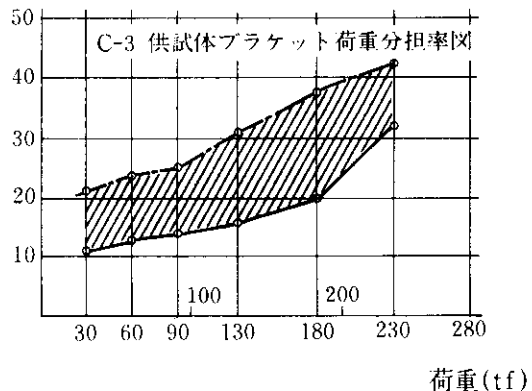


図-13 ブラケットの荷重分担率図

分布は現行設計手法に最も適合している。

- 5) セン断鉄筋に作用する引張軸力は、設計荷重の3倍でも570kgf/cm²以下であり、引張軸力が作用した場合のせん断耐力の低下を設計に考慮する必要はない。
- 6) 偏心荷重の場合にあっても、設計耐力レベルにおいて中心荷重の場合と同様な発生応力および頂版変位を示しており、許容応力度設計を行う場合には、現行の設計方式が適用できるものと考えられる。

5 設計要領（案）・施工要領（案）

異形鉄筋スタッド方式の頂版結合工が耐力・変形性能上、他方式と比較して特に問題がないことが確認されたため、実際の施工にあたっての必要事項を設計要領、施工要領に取りまとめている。

5-1 設計要領（案）

異形鉄筋スタッド方式の設計にあたっての重要な要素は、外力の算定、断面算定および許容応力度の設定等である。

(1) 外力の算定

結合部に作用する外力の算定方法は、従来方式と同様「鋼管矢板基礎設計指針・同解説」に従うものとする。

(2) 断面算定

モーメント鉄筋の断面算定は、①設計曲げモーメント、②反力の偏心による曲げモーメント、③鋼管矢板頭部に働く拘束モーメント、のいずれかが大きい方の曲げモーメントに対して行う。引張軸力と、水平力による肌離れに対して必要な耐力を確保する。

また、せん断鉄筋は結合部に働くせん断力に対して必要な耐力を有するものとする。

(3) 許容応力度

① モーメント鉄筋の許容引張応力度

異形鉄筋スタッドの溶接部は、50kgf/mm²以上の引張強度が確保されている。この値はSD35の引張強さと同じである。SD35の許容応力度の値を異形スタッドの許容応力度とする。

② セン断鉄筋の許容せん断応力度

各種試験によるせん断強度を表-5に示す。降伏荷重時のせん断応力度に対して、SD35の安全率1.75 (3,500kgf/cm²/2,000kgf/cm²)を各種試験結果に適用し、その最小値として1,200kgf/cm²を採用する。これは、鋼構造設計において、一般的に部材の引張降伏耐力を所定の安全率で除した値を許容せん断応力度としていることに準じている。破壊荷重時の値についても、同様に、SD35の安全率2.5 (5,000kgf/cm²/2,000kgf/cm²)より、破壊荷重時の許容せん断応力度は1,100kgf/cm²となる。しかし、結合部の破壊が頂版コンクリートのせん断ひびわれに起因しており、せん断鉄筋の破壊に起因するものでないことが大型模型実験にて確認されているので、実際にこの値は採用しないものとしている。

表-5 各種試験によるせん断強度(kgf/cm²)

試験項目	試験結果		許容応力度の設定	
	降伏荷重時のせん断応力度(P _v)	破壊(最大)荷重時のせん断応力度(P _u)	P _v /1.75	P _u /1.75(参考)
スタッド溶接部試験	(1) 片面せん断試験(せん断位置1mm)	-	-	2,960
	(2) 両面せん断試験(せん断位置1mm)	5,000	7,260	2,857
	(3) 両面せん断試験(せん断位置10mm)	2,900	3,900	1,657
コングリート物	(4) 押し抜きせん断試験	2,908	4,508	1,661
	(5) 模型実験(中心荷重)	2,103	2,961	1,201
	(6) 模型実験(偏心荷重)	2,103	2,799	1,201

(*) 1本当りの平均値

5-2 施工要領（案）

異形鉄筋スタッド方式を頂版結合に用いた場合には、鋼管矢板1本当たり100本以上の太径、水平の異形鉄筋スタッドを打設することが必要である。このため、施工の確実性、信頼性および施工能率の向上を図るため、水平方向に異形スタッドを自動溶接できる装置(多連スタッド自動溶接機)およ



写真-1 多連スタッド自動溶接機による溶接状況

びスタッド溶接の品質管理を全本数に対して的確に行うスタッド溶接品質管理装置の開発を進めている。

(1) 多連スタッド自動溶接機

多連スタッド自動溶接機による施工状況およびその構造概要を写真-1および図-14に示す。異形鉄筋スタッドを水平方向に所定本数自動溶接できる。さらに、上下方向に溶接ヘッドを自動的に昇降できる。エアシリンダー方式によるスタッドガンを必要台数配置した溶接ヘッド、昇降駆動装置、ガイドレールおよびトロリー台車から構成される。

(2) スタッド溶接品質管理装置

従来スタッド溶接の品質管理は、スタッド溶接部の目視検査と抜き取りによる打撃曲げ試験により行われている。そこで、多本数自動化溶接に対しての品質保証として、目視検査に加えて、全本数のスタッド溶接に対して溶接条件を自動的に適正化することを付加している。すなわち、各溶接

毎に必要な溶接要因：溶接電流・アーク時間・スタッドの移動量（引上げ量・押込み量）をモニターすることにより、現場において非破壊で溶接部の品質を管理する装置を開発したものである。適性溶接条件範囲の規定を表-6に示す。また、モニター画面による品質管理の例を図-15に示す。

あとがき

異形鉄筋スタッド方式による鋼管矢板基礎の頂版結合工について、現在使用されている他方式（プレート・ブラケット方式、差し筋方式）との比較試験を含めて、実験検討したものである。その結果、次のような成果がえられたものと考えられる。

① 異形鉄筋スタッド方式による頂版結合は、従来の2方式と同程度の安全性を確保しうる構造であるといえる。

② 結合方式の差による頂版の挙動は、設計荷重レベルでは大差ないものの、最大荷重レベルでは耐

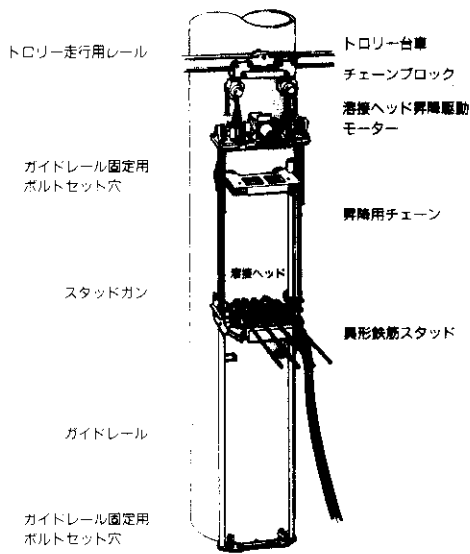


図-14 多連スタッド自動溶接機

荷力、変形特性、鉄筋応力に顕著な差があり、それぞれの結合方式の特徴がみられる。

- ③ スタッド方式による頂版結合は、鉄筋応力の分布が他方式に比較してより均等であり、現行設計法の考え方に適している。
- ④ 地震時の水平力が作用した場合を想定した偏心載荷状態にあっても、設計荷重レベルでの結合部の挙動は、中心載荷状態とほぼ同様であり、水平力作用の場合にも従来の設計手法が適用しうる。本検討におけるモデルは、せん断の卓越したケースである。しかしながら、頂版長の長い曲げタイプに対しても、従来の検討から頂版結合部での破壊が生じないことが確認されており、スタッド方

表-6 適性溶接条件範囲

溶接条件項目	下 限	上 限
溶接電流(A)	1400	1800
溶接時間(sec)	0.7	1.1
スタッド引上量(mm)	2.0	4.0
スタッド押し込み量(mm)	4.0	8.0

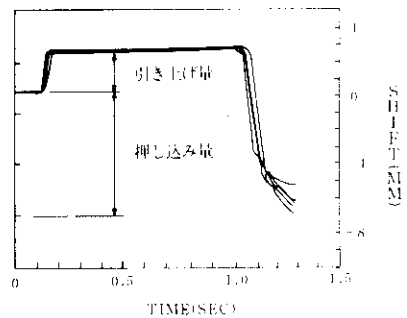
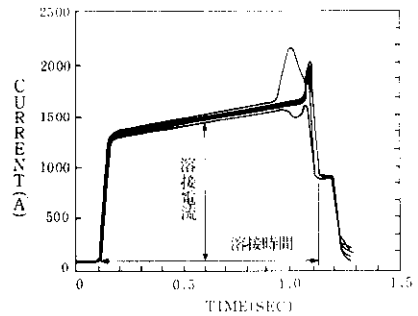


図-15 溶接品質管理モニター図の一例

式が適用しうるものと考えられる。

今後は、予定されている実橋試験施工により実際の現場施工上の詳細な面での吟味が必要なものと考えられる。この工法の実用化が進めば、今後は施工性を一層向上させるため、直径22mmの太径異形鉄筋の水平打ちの実用化も期待されるものと考えられる。

最後に、この方式の検討にあたって熱心な御力を賜った「異形鉄筋スタッド方式頂版結合工研究会」(主査藤井学京都大学教授)の各委員をはじめ、各種の機器や新技術の開発に協力いただいた新日本製鉄(株)の各位に深甚なる謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団、鋼管杭協会；矢板式基礎頂版結合部の模型実験報告、昭和62年3月