

## V-247 異形鉄筋スタッド方式頂版結合工の実験検討

（その3）偏心荷による比較模型実験とせん断耐力の検討

阪神高速道路公団 正会員 吉川 紀 正会員 古池 正宏  
新日本製鉄㈱ ○ 正会員 川上 圭二 正会員 片山 猛

## 1. まえがき

異形鉄筋スタッド方式頂版結合工の実験検討（その1）（その2）で提案し安全性を確認した結合方式について、ここでは、本結合方式が地震時等に作用するモーメント荷重にたいしても十分安全であることを確認したうえで、実施設計で特に問題となるせん断耐力の評価を行ったので報告する。

## 2. 偏心荷による比較実験

2.1 実験概要 鋼管矢板基礎の頂版部は地震時等に水平力とモーメントとが作用する。このとき結合鉄筋の挙動にどのような影響を与えるか把握しておく必要がある。すなわち試験は、同一形状・寸法の供試体に鉛直荷重を中心荷重したもの、偏心荷重したものとの比較実験とした。偏心量は頂版上面に鉛直力の2割の水平力が作用したときに頂版下面に発生するモーメントが同じになるように12cmとして実施した。供試体は結合部の耐力を考慮して常時耐力（30tonf）で設計した。実験要領を図-1に示す。なお試験は500tonfジャッキにより繰り返し荷重とした。

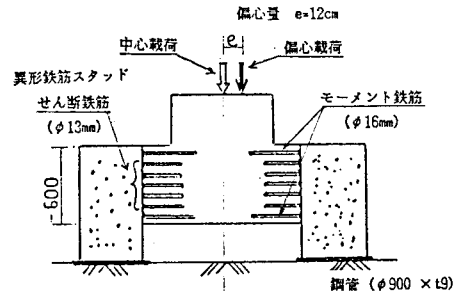


図-1 偏心荷要領

## 2.2 実験結果とその考察

表-1 実験結果一覧表

| 荷重方法 | 結合部材         | ひび割れ発生荷重(tonf) |             |               | 荷重荷重 90tonf での       |                                                |                                                 | 最大荷重<br>(tonf) | 安全率<br>結合部耐力<br>(常時耐力)<br>(tonf) | 最大荷重<br>常時耐力 | 破壊形態                             |
|------|--------------|----------------|-------------|---------------|----------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|
|      |              | モーメント<br>ひび割れ  | せん断<br>ひび割れ | 肩口からの<br>ひび割れ | 頂版中央部<br>たわみ<br>(mm) | せん断鉄筋<br>軸力<br>(3段目)<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | モーメント<br>鉄筋軸力<br>(上部)<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |                |                                  |              |                                  |
| 中心荷重 | 異形鉄筋<br>スタッド | 5.0            | 13.5        | 10.0          | 1.54                 | 48.5                                           | 1.3                                             | 18.3           | 36.5                             | 5.0          | コンクリート<br>せん断破壊—一部<br>スタッド鉄筋破壊   |
| 偏心荷重 | 異形鉄筋<br>スタッド | 4.0            | 12.5        | 6.5           | 1.50                 | 56.4                                           | 3.5                                             | 17.3           | 36.5                             | 4.7          | 供試体の肩口から<br>のひび割れ—一部<br>スタッド鉄筋破壊 |

1) ひび割れ発生と破壊状況 両方の荷重位置ともモーメントひび割れ、せん断ひび割れが4.0～5.0 tonf、12.5～13.5 tonfと同様の荷重で発生している。しかし、特徴的には偏心荷重では偏心側の肩口からひび割れが発生しているが中心荷重では顕著ではない。さらに荷重が増加すると偏心荷重では肩口からのひび割れで破壊したが、中心荷重では頂版下面と鋼管との接合部より45度方向へ進展していく斜めひび割れで破壊しており、コンクリートの破壊形態が異なる。

2) 荷重—変位関係 荷重位置の差による荷重変位関係の差を図-3に示す。また頂版下面の変位状況を図-4に示す。頂版中央部変位でみると、150 tonfまでは荷重位置の差による挙動の差はない。しかし頂版下面変位でみると、中心荷重では90 tonf以上でモーメントが支配的となり中央部の変位が大きいが、偏心荷重では90 tonf以上で頂版中央部

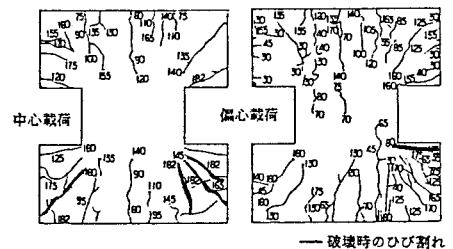


図-2 ひびわれ発生図

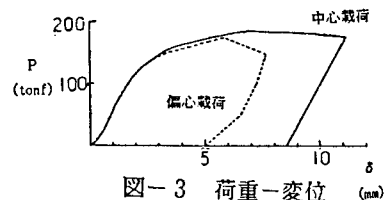
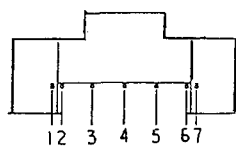
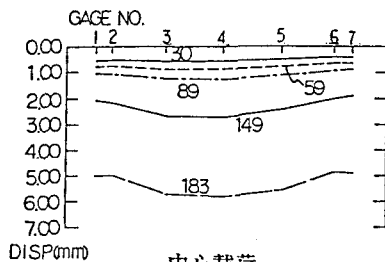


図-3 荷重—変位

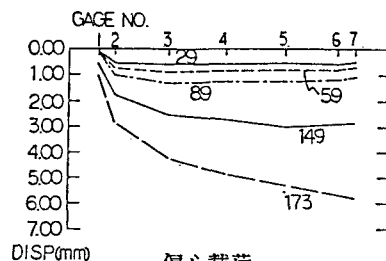
と偏心載荷側での変位が逆転する。



たわみ測定位置



中心載荷



偏心載荷

図-4 頂版中央部下面のたわみ分布

3) 結合部における応力状態 異形鉄筋スタッドはせん断剛性が大きいいため設計荷重の3倍の90 tonfでも中心載荷、偏心載荷とも結合鉄筋の発生応力分布形状に差はない。しかし偏心載荷では荷重が増加するに従い偏心側に大きな負担がかかり鉄筋の発生軸力では、偏心載荷側が反対側の倍以上の応力が発生した。

4) 偏心載荷試験の考察 設計荷重の3倍の90 tonfでは、中心載荷・偏心載荷とも変位や結合部鉄筋の発生応力は左右ほぼ同様の挙動を示している。これより、設計において偏心載荷の場合でも結合部鉄筋の発生応力の割増しをする必要はなく、現設計方法でのモーメント異形鉄筋、せん断鉄筋の設計方法で問題ないといえる。しかし、最大荷重時では、中心載荷と偏心載荷ではコンクリートの破壊形式がことなり、また偏心載荷では偏心側の結合部鉄筋に反対側の倍の応力が発生することから限界状態設計法ではこれらを考慮する必要があることが分かった。

### 3. 結合部せん断鉄筋の設計

①設計でとくに問題となるせん断耐力は（その2）で述べたように結合部鉄筋の発生応力が台形分布になっていることから、一律に抵抗すると考えてよい。

②異形鉄筋スタッドのせん断耐力は、表-2に示す中心載荷・偏心載荷の模型実験とコンクリート構造物としての押し抜きせん断試験結果（\*1）より、許容せん断応力度を1100 kg/cm<sup>2</sup>と設定した。実験結果の評価は安全を考え、モーメント鉄筋とせん断鉄筋の全断面で抵抗するとして算定した。また、安全率については、熱間圧延異形棒鋼SD35の引張応力度に対する評価と同一とし、降伏点および引っ張り強さに1.75と2.5の安全率を考慮して設定した。

5. まとめ 頂版結合工に関して、今回初めて実施した実構造物の荷重状態を考えた偏心載荷試験でも、中心載荷の95%の最大耐力を示した。従って地震時等の水平力が作用した場合でも異形鉄筋スタッド方式は、従来の設計方法を適用して問題ないと言えよう。また、偏心載荷では最大荷重レベルで結合部の左右の挙動が異なり、また偏心載荷と中心載荷とではコンクリートの破壊形式が異なることも解明できた。なお、末筆ながら本検討に当たって終始御指導いただいた、藤井、小柳、小林各先生に深甚なる謝意を表します。参考文献1）土木学会論文集に投稿中

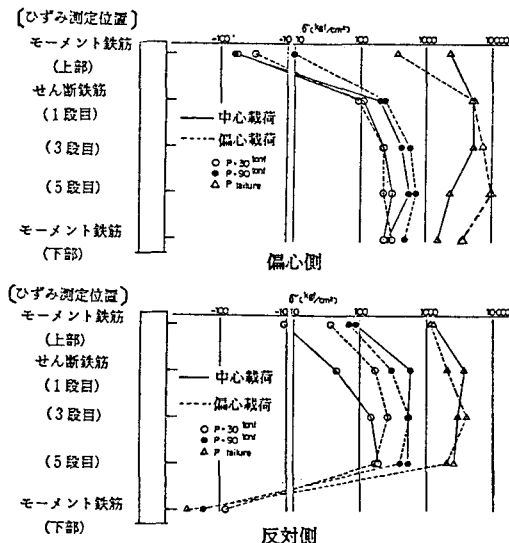


図-5 結合部の発生応力

表-2 各種試験による許容せん断応力度の評価 (kgf/cm<sup>2</sup>)

| 実験項目         | 実験結果                   |                        | 許容応力度の設定       |                |
|--------------|------------------------|------------------------|----------------|----------------|
|              | 降伏荷重 (P <sub>y</sub> ) | 破壊荷重 (P <sub>t</sub> ) | P <sub>y</sub> | P <sub>t</sub> |
| ①模型実験 (中心載荷) | 2,103                  | 2,961                  | 1,201          | 1,184          |
| ②模型実験 (偏心載荷) | 2,103                  | 2,799                  | 1,201          | 1,119          |
| ③押し抜きせん断試験   | 2,908                  | 4,508                  | 1,661          | 1,803          |