

早稲田大学大学院 学生員 山田 潤
 早稲田大学大学院 学生員 長澤 徹
 早稲田大学理工学部 学生員 山田 慎宜
 早稲田大学理工学部 正員 依田 照彦

三菱重工業株式会社 正員 河合 良彦
 三菱重工業株式会社 正員 鈴木 俊光
 三菱重工業株式会社 正員 幕田 宏
 三菱重工業株式会社 正員 森 直樹

1. はじめに

近年、経済性に優れた橋梁形式として、複合橋梁が注目されている。この複合橋梁の異種部材間の結合には、施工の容易さからスタッドが多く用いられている。しかしながら、橋梁の大型化・合理化に伴い、このスタッドに大きなせん断力が作用し、現在の道路橋示方書において規定されている直径 22(mm)のスタッドだけを用いて設計したのでは使用スタッドの本数が多くなりすぎるきらいがある。そこで、本研究では、直径 25(mm)のスタッドについて、押し抜きせん断試験を実施し、その耐荷力特性を明らかにするとともに、現行の設計基準と比較し、既往の設計式が直径 25(mm)のスタッドについても適用できるかどうか検討した。また、数値計算結果から設計法に関しても検討を行った。

2. 実験方法

実験は日本鋼構造協会のテクニカルレポート「頭付きスタッドの押し抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状」¹⁾に準拠し、合計 3 体の供試体について実施した。実験に用いた供試体の概要を図 1 に示す。スタッドには SS400 材を使用し、接合面での付着の影響を最小にするため、H 形鋼のフランジ面にグリースを塗付した。各供試体の載荷方法を以下に示す。

供試体 1 : 単調載荷

供試体 2,3 : 漸増繰り返し載荷 No.1,2

ここで、漸増繰り返し載荷は 5 (tf) ピッチで行い、相対ずれが 5 (mm) を超えた時点で単調載荷に切り替えた。

3. 解析方法

図 2 に示すモデルについて 3 次元有限要素解析を行った。解析には汎用プログラム ABAQUS を用い、図中の方向に横力を静的に載荷させている。モデルには実験で用いたスタッドと同じもの{直径 25(mm), 高さ 180(mm)}を用い、軸対称性を利用してハーフモデルとした。

4. 実験および解析結果に対する考察

(a) 荷重-相対ずれ関係

実験で得られた荷重-相対ずれの関係を図 3 に示す。図 3 より、載荷方法の差が変位に及ぼす影響は少ないことがわかる。実際の橋梁においては活荷重および地震力によって漸増繰り返し履歴を受けることから、繰り返し載荷法は既往の研究において多く実施されている載荷法である。この方法により負荷・除荷を繰り返すことで、スタッドが破壊するまでの作用せん断力と残留ずれとの関係に明確な限界状態{残留ずれの急変点}を見出すことができる。図 3 を見ると残留ずれが 2 (mm) までは残留ずれの増加は微少だが、その後は徐々に大きくなっていること

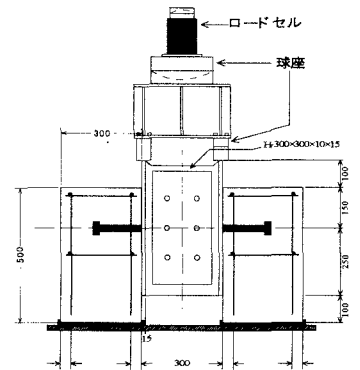


図1 供試体の概要図:単位(mm)

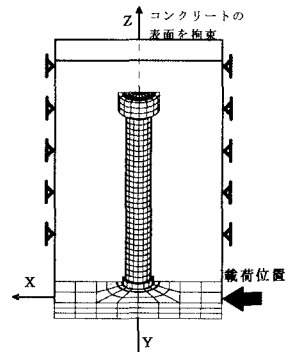


図2 解析モデル図

キーワード: 頭付きスタッド, せん断耐力, 設計法

連絡先 : 早稲田大学理工学部 〒169-8555 新宿区大久保 3-4-1 tel&fax : 03(5286)3399

がわかる。また、単調載荷時と繰り返し載荷時の挙動が似ていることから、変位が5 (mm)以降の残留ずれの増加の仕方も予想ができる。

(b) 既往の押し抜きせん断試験結果との比較

現在広く使用されているスタッドである直径 19(mm)のものを比較の対象とした。比較する項目は、それぞれの挙動に違いが見られるかどうかである。相対比較を行うため、各供試体のデータをそれぞれの最大荷重およびそのときの変位で除すことでそれぞれの供試体データを無次元化する。この無次元化したデータを用いて両者を比較した結果を図4に示す。図4から両供試体の挙動に大きな変化は見られないことがわかる。したがって、直径 25(mm)のスタッドは従来使用されてきたものと同様の静力学的挙動を示すと考えてよいと思われる。

(c) 従来の設計法との適合性

現在、スタッドの静的強度評価式は、国内外含めていくつかの式がある。中でも平城らの静的強度評価式²⁾が最も一般的であることから、今回はこの評価式に対する直径 25(mm)スタッドの適合性を考察する。表1に今回の実験における静的終局強度の実験値を示す。また、式(1)の平城らの静的評価式を用いて、今回使用した直径 25(mm)スタッドの終局強度を算出する。

$$Q_u = 100 \times A_s \sqrt{(k_s / d_s)} \times f_{cu} + 1000 \cdots (1)$$
$$= 25991(\text{kgf} / \text{本}) = 26(\text{tf} / \text{本})$$

ただし、 Q_u : スタッド1本の終局強度(kgf)

A_s : スタッド軸部の断面積(cm^2)

f_{cu} : コンクリートの圧縮強度(kgf/cm^2)

前述した表1と平城らの評価式の数値計算結果を比較すると、両者はほぼ一致している。このことから、式(1)の静的評価式は直径 25(mm)のスタッドにおいても有効であると考えられる。

(d) 解析結果および補強鉄筋の提案

今回示す解析結果はせん断力のみを載荷し

た場合についてである。数値計算によれば、スタッドの変形によってコンクリートにはスタッドの側面にかんりの引張ひずみが出る(図5参照)。したがってこの位置からひび割れの発生が予想される。さらに、スタッドの引き抜きを考慮した場合、コーン状破壊に至るようなひび割れの発生も予想されることから、補強鉄筋を配筋する場合には、図6に示すような鉄筋形状および配筋位置が有効であると考えられる。

5. 結論

- 1) 直径 25(mm)のスタッドは道路橋示方書に規定されている直径 25(mm)以下のスタッドと同様の静力学的挙動を示し、既往の設計式にも適合することより、既往の設計法を用いて設計することができる。ただし、今回の実験では疲労に関する考察は行っていないので、疲労については別途考慮する必要がある。
- 2) スタッドの強度はコンクリートの強度にも影響されるので(スタッド高さが低いとき供試体はコンクリートの支圧破壊により終局に至る)、補強鉄筋を配筋することの意義は大きい。

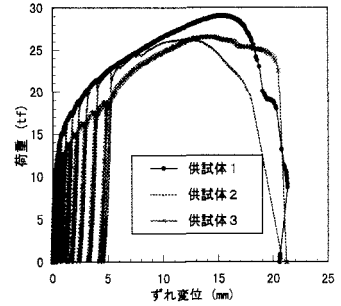


図3 荷重-相対ずれ関係

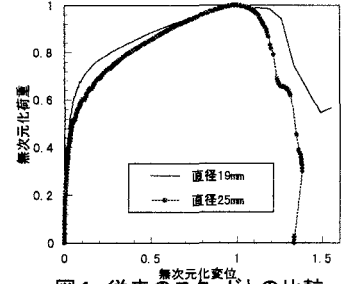


図4 従来のスタッドとの比較

表1 各供試体の終局強度			
	供試体1	供試体2	供試体3
終局強度 (tf)	29.04	26.35	26.53

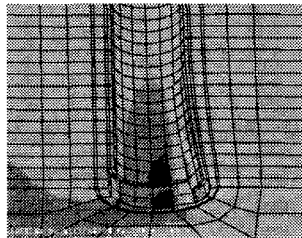


図5 スタッド根本部分の
コンクリートのひずみ図

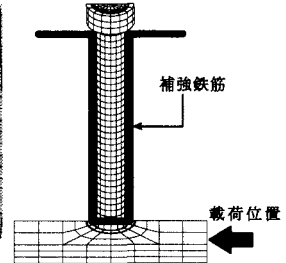


図6 補強鉄筋の提案

参考文献: 1) 日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押し抜きせん断試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, 平成8年11月

2) 平城 弘一: 頭付きスタッドの静的及び疲労強度と設計法に関する研究, 大阪大学博士論文, 平成2年2月