

薄層モルタルを有する高強度スタッドで接合されたプレキャスト PC 床版接合部のせん断耐力に関する実験的検討

大阪市立大学大学院 学生会員 ○石田健人
 (株)建設技術研究所 正会員 松本崇志
 西日本高速道路(株) 正会員 豊田雄介
 (株)富士技建 正会員 水内將司

西日本高速道路(株) 正会員 浅野貴弘
 宮地エンジニアリング(株) 正会員 浅野文佳
 大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司
 NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 伊川嘉昭

1. 背景および目的

近年、既設橋梁の床版取替え工事が増加しており、その際の取替床版としてプレキャスト PC 床版(以下、PCaPC床版)が多用されている。PCaPC床版床版下面と既設鋼桁の上フランジ面にある添接板やボルト頭部が干渉しないように、高さ調整用の薄層モルタルが設けられる。既往研究^{1,2)}では、薄層モルタルを考慮した押抜き試験を行い、薄層モルタルにひび割れが発生し、スタッドにせん断耐力に加えて曲げが作用する影響で、スタッドのせん断耐力が低下することが明らかとなっている。また薄層モルタル厚が厚いほど、その影響は大きいことも報告されているが、近年使用される高強度スタッドを用いた場合の検討は少なく、接合部のせん断耐力に及ぼす影響について検討する必要がある。

本研究では、高強度スタッドを用いた押抜き試験を行い、薄層モルタルを考慮した PCaPC 床版接合部のせん断耐力について明らかにした。

2. 試験概要

図 1 に押抜き試験体の概要図を示す。試験体ケース

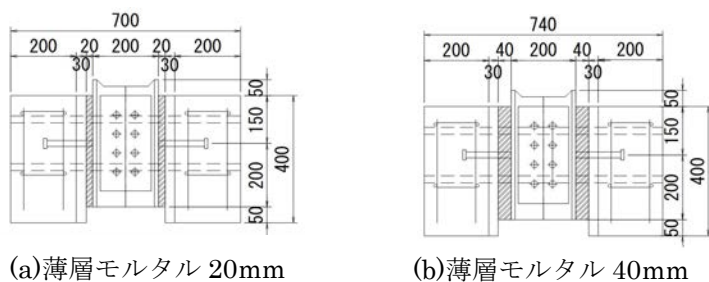


図 1 試験体概要

表 2 コンクリートおよびモルタルの材料特性

試験ケース	コンクリート				無収縮モルタル			
	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
M20-19 M40-19	56.5	4.3	31.2	0.43	39.0	3.0	20.1	0.18
M20-25 M40-25	65.4	3.5	34.3	0.46	60.6	3.6	27.9	0.22

は表 1 に示すように、Φ19mm の普通スタッドと Φ25mm の高強度スタッドの 2 ケースに対し、薄層モルタル厚 20mm、40mm の計 4 ケースの押抜き試験を実施した。全てのケースでスタッド配置は片側 2 本の 1 列とし、橋軸直角方向のスタッド中心間隔は普通スタッドで 50mm、高強度スタッドでは 55mm とした。

押抜き試験は各ケースの 2 体を単調載荷、1 体を漸増載荷とした。漸増載荷は、スタッド位置における H 形鋼とコンクリートブロックあるいは薄層モルタルの相対ずれ変位が 1.0mm に達するまでは 0.2mm ずつ、4.0mm に達するまでは 0.5mm ずつ載荷と除荷を繰返して変位を漸増させることで荷重を漸増させた。相対ずれ変位が 4.0mm 以降は単調載荷とした。表 2 に、コンクリートおよびモルタルの圧縮試験、割裂試験の結果、表 3 にはスタッドの公称値を示す。

3. 試験結果と考察

図 2 には、各ケースにおける最大荷重と、複合構造標準示方書の設計式(式(1),(2))より得られるスタッド 1 本あたりの設計せん断耐力との比較を示す。なお、

表 1 試験ケース

ケース名	試験体名	薄層モルタル (mm)	スタッド種類	載荷方法
M20-19	M20-19-A	20	普通スタッド	単調
	M20-19-B			漸増
	M20-19-C			単調
M40-19	M40-19-A	40	普通スタッド	単調
	M40-19-B			漸増
	M40-19-C			単調
M20-25	M20-25-A	20	高強度スタッド	単調
	M20-25-B			漸増
	M20-25-C			単調
M40-25	M40-25-A	40	高強度スタッド	単調
	M40-25-B			漸増
	M40-25-C			単調

表 3 スタッドの機械的特性

種類	スタッド径 (mm)	平均引張強度 (N/mm ²)
普通スタッド	Φ19	470
高強度スタッド	Φ25	625

キーワード 押抜き試験, プレキャスト PC 床版, 高強度スタッド, 薄層モルタル

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL 06-6605-2765

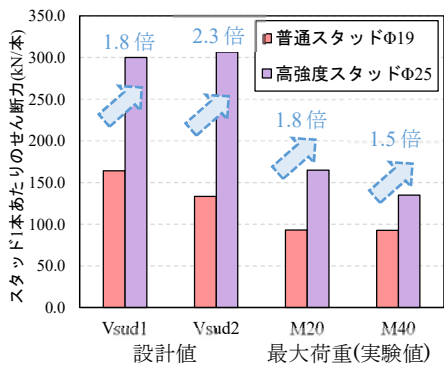


図2 スタッド強度の違いによる比較

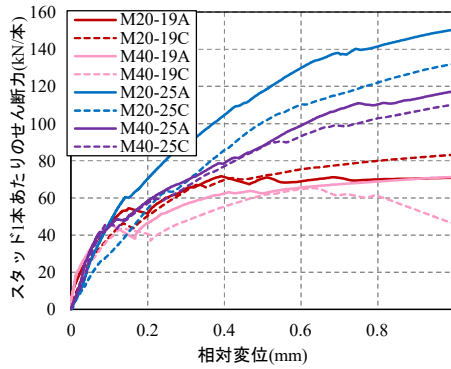


図3 せん断力 - 相対変位関係

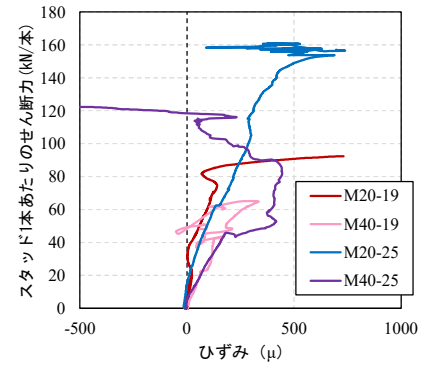


図4 スタッドの軸方向ひずみ



(a)M40-19

(b)M40-25

(c)M40-19

(d)M40-25

写真1 試験後の破壊状況

複合構造標準示方書に規定されている設計せん断耐力式は、式(1)または式(2)のうち小さい方の値である。

$$V_{sud1} = \left(31 \cdot A_{ss} \sqrt{(h_{ss}/d_{ss}) f_{cd}' + 10,000} \right) / \gamma_b \quad (1)$$

$$V_{sud2} = A_{ss} f_{ssud}' / \gamma_b \quad (2)$$

ここで、 V_{sud} は設計せん断耐力、 A_{ss} はスタッドの断面積、 h_{ss} はスタッドの高さ、 d_{ss} はスタッドの軸径、 f_{cd}' はコンクリートの設計圧縮強度、 f_{ssud}' はスタッドの設計引張強度、 γ_b は部分係数であり、本研究では1.0とした。なお、試験体のスタッドは無収縮モルタルで周囲を充填されていることから、圧縮強度 f_{cd}' は、表2に示す無収縮モルタルの材料試験結果の値を用いた。

図2より、高強度スタッドを用いると普通スタッドに比べ、 V_{sud1} では1.8倍、 V_{sud2} では2.3倍、スタッド1本あたりのせん断耐力が大きくなるが、試験結果からは薄層モルタル20mmの場合で1.8倍となり、 V_{sud2} に比べて低い値となった。このことからスタッド強度が高い場合、スタッドのせん断耐力は、周辺コンクリートやモルタルの強度に影響されることが確認できる。また、薄層モルタル40mmの場合では、それが1.5倍となり、 V_{sud1}, V_{sud2} のどちらに比べても低い値となった。

これは写真1に示すように薄層モルタルにひび割れが生じ、スタッドにせん断力に加えて曲げが作用したことが要因と考えられる。またM40-19とは異なり、高強度スタッドを使用したM40-25では箱抜き部からコンクリートにひび割れが生じており、周辺のモルタルやコンクリートの破壊がスタッドのせん断耐力の低

下に影響している。

図3には、試験から得られたスタッド1本あたりのせん断力と相対変位の関係を、図4にはスタッド基部から15mm位置の軸方向ひずみを示す。普通スタッドと同様、高強度スタッドにおいても薄層モルタルにひび割れが生じる40~60kNあたりで相対変位が増加し、スタッドのひずみも大きくなっていることがわかる。

以上のことから、普通スタッドに対する高強度スタッドのせん断耐力の増加率が複合構造標準示方書の設計せん断耐力の増加率に比べて低くなったのは、薄層モルタルや箱抜き部の無収縮モルタルのひび割れにより、スタッド周辺の拘束力が低下し、スタッドの変形が大きくなったためと考えられる。

4. まとめ

高強度スタッドを用いると普通スタッドに比べ、1.5~1.8倍程度スタッドのせん断耐力は増加した。しかし、薄層モルタルや箱抜き部からひび割れが生じ、スタッド周辺の拘束力が低下するため、複合構造標準示方書の設計せん断耐力に対して、高強度スタッドのせん断耐力は下回る結果となった。今後は、高強度スタッドに対応した設計式の提案に向けて、引き続き、実験等を重ねていく予定である。

参考文献

- 1) 浅野ら：薄層モルタル厚さおよびモルタル強度が頭付きスタッドのせん断耐力に及ぼす影響に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.68A，2022.3
- 2) 松本ら：PCa床版における薄層モルタル厚およびひび割れ対策がスタッド耐力に与える影響，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，CS6-10，2021.9