

薄層モルタルを有するプレキャスト PC 床版に用いる
ねじ付きスタッドのせん断耐力に関する実験的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○石田健人
西日本高速道路株式会社 正 会 員 豊田雄介

西日本高速道路株式会社 正会員 浅野貴弘
大阪公立大学大学院 正会員 山口隆司
株式会社 建設技術研究所 正会員 松本崇志

1. 背景および目的

プレキャスト PC 床版 (PCaPC 床版) では、高さ調整用の薄層のモルタル (薄層モルタル) が設けられる。この薄層モルタルにひび割れが発生し、スタッド 1 本あたりのせん断耐力が低下することが既往研究で示されている¹⁾。実際の床版取替えでは取替え後の床版厚を現況床版から増厚する事例も多くある。床版厚が厚くなると、床版コンクリートのせん断破壊面の確保の観点から、スタッドの埋め込み長さを長くする必要がある。また、近年では輸送上の制約、現場作業の効率化および品質確保への配慮から、長尺なねじ付きスタッドが使用されることが多くなっている。しかし、薄層モルタルとねじ付きスタッドで構成されたスタッド 1 本あたりのせん断耐力を定量的に評価した研究は、著者らの知る限り存在しない。

本研究では、薄層モルタルを有する PCaPC 床版を模擬した試験体を用いた押抜き試験により、ねじ付きスタッドのせん断耐力を定量的に明らかにし、現行の各種技術基準式との比較検討を行った。

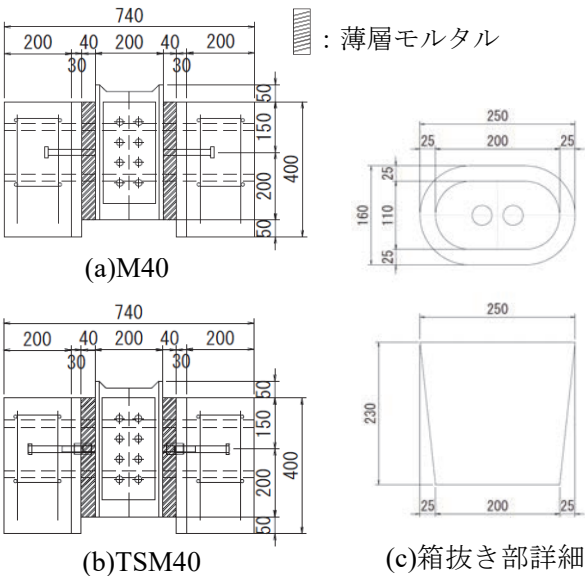


図 1 試験体の形状(単位:mm)

2. 試験概要

試験体の形状を図 1 に示す。本研究では、薄層モルタルを有し、図 2 のような JIS B 1198 に示される $\phi 19$ のスタッド (標準スタッド) を使用したケース (M40) と、M24 のねじ付きスタッドを使用したケース (TSM40) それぞれ 3 体ずつの計 6 体の押抜き試験体を製作した。押抜き試験体の薄層モルタル厚さは 40mm、設計圧縮強度は 50N/mm^2 とした。橋軸直角方向のスタッド間隔は、道路橋示方書II(鋼橋・鋼部材編)²⁾を参考に標準スタッドでは 50mm、ねじ付きスタッドでは 55mm とした。スタッド配列は、全てのケースで 2 行 1 列とした。

本研究ではねじ付きスタッドのせん断耐力および変形性能に着目していることから、押抜き断試験は全ての試験体で単調載荷とした。表 1 に、コンクリートおよびモルタルの圧縮試験、割裂試験結果を示す。

3. 試験結果と考察

本研究では薄層モルタルにひび割れが生じ、一時的にせん断力が低下する時点のスタッド 1 本あたりのせ

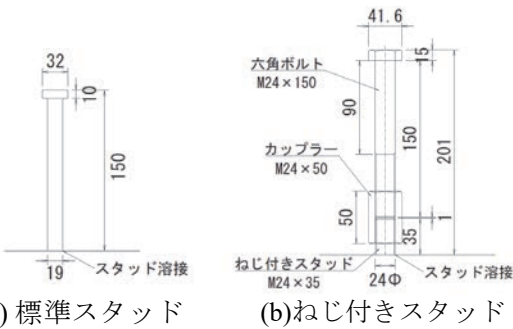


図 2 スタッド詳細図 (単位:mm)

表 1 材料試験結果

試験体		平均圧縮強度 (N/mm^2)	設計引張強度 (N/mm^2)	平均静弾性係数 (N/mm^2)	平均ポアソン比
M40	コンクリート	56.5	4.3	3.12×10^4	0.17
	モルタル	39.0	3.0	4.24×10^4	0.18
TSM40	コンクリート	63.3	5.1	3.81×10^4	0.19
	モルタル	82.9	4.4	3.19×10^4	0.25

キーワード 押抜き試験, プレキャスト PC 床版, ねじ付きスタッド, 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

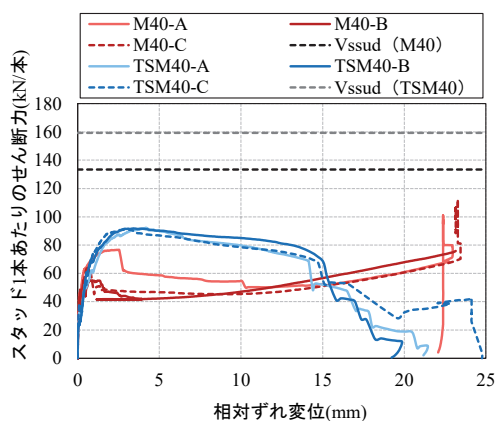


図3 セン断力-相対ずれ変位関係

せん断力 V_{fsh} (1次せん断力) を使用限界状態とし、押抜き試験におけるスタッド1本あたりの最大せん断力 V_{su} を終局限界状態と定義することとした。

図3にスタッド1本あたりのせん断力と相対ずれ変位の関係を示す。図中の破線は、複合構造標準示方書³⁾の設計せん断耐力 V_{ssud} である。図3より、M40では最大せん断力 V_{su} 到達後、相対ずれ変位が約23mm程度までせん断力は増加傾向にあるのに対し、TSM40では相対ずれ変位が15mm付近でカップラー基部にてスタッドが破断し、その後せん断力が低下している。これは図4に示すように、M40では薄層モルタルのひび割れによりスタッド基部の拘束力が低下し、せん断力に加えて曲げモーメントが作用したことで、スタッドに曲げ変形が生じているのに対して、TSM40ではカップラー部で曲げ変形が抑制され、カップラー基部のスタッドのねじ部に応力集中が生じたことでスタッドのねじ部がせん断破壊したと考えられる。

また表1より、押抜き試験体の材料特性にばらつきが見られるため、文献4)を参考に、表2に示す V_{fsh} と V_{su} を下記に示す式(1)、(2)で無次元化した。

$$\bar{V}_{fsh} = V_{fsh} / d^2 \cdot \sqrt{\sigma_{ck} \cdot E_{cm}} \quad (1)$$

$$\bar{V}_{su} = V_{su} / d^2 \cdot \sqrt{\sigma_{ck} \cdot E_{cm}} \quad (2)$$

ここに、 $\bar{V}_{fsh}$ ：無次元化された1次せん断力 (kN/本)、 $\bar{V}_{su}$ ：無次元化された最大せん断力 (kN/本)、 d ：スタッド径 (mm)、 σ_{ck} ：薄層モルタルの平均圧縮強度 (N/mm²)、 E_{cm} ：薄層モルタルの平均静弾性係数 (N/mm²) である。

図5に使用限界状態、終局限界状態それぞれにおける、無次元化した押抜き試験結果と道路橋示方書・同解説II鋼橋編⁵⁾の許容せん断力 (Q_{aD})、設計要領第二集 橋梁保全編⁶⁾の許容せん断力 (Q_{aN})、 V_{ssud} に対する割合を示す。図中の値は各ケースそれぞれ3体の平

表2 試験結果と各種技術基準の値

試験ケース	各種技術基準			試験結果	
	Q_{aD} (kN)	Q_{aN} (kN)	V_{ssud} (kN)	V_{fsh} (kN)	V_{su} (kN)
M40	21.2	27.1	133.3	46.1	89.4
TSM40	39.2	50.0	159.3	31.9	91.7



図4 破壊状況

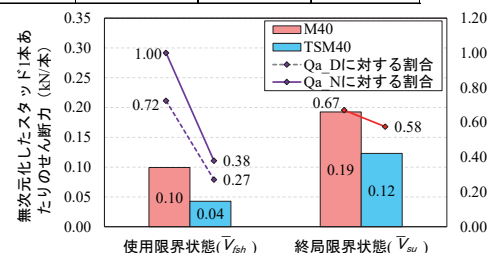


図5 試験結果と各種技術基準式の比較

均値とした。なお、 Q_{aD} は降伏に対して3以上の安全率を設定されているため、無次元化した値を3倍し、 Q_{aN} は、降伏に対して1.7以上の安全率をもつと考えられることから、無次元化した値を1.7倍し、比較した。

図5より、M40では使用限界状態が Q_{aN} と同程度、 Q_{aD} に対して7割程度となっているのに対し、TSM40では Q_{aN} に対して4割程度、 Q_{aD} に対して3割程度となっており、TSM40の方が1次せん断力は小さくなった。これは、標準スタッドの軸径19mmに対してねじ付きスタッドではカップラーの外径が36mmであり剛性が高く、またカップラー位置の薄層モルタルのかぶり厚も薄いため、薄層モルタルに早期にひび割れが生じたと考えられる。終局限界状態についてはM40では V_{ssud} に対して7割程度、TSM40では6割程度となっている。これは上述するようにM40ではスタッドにせん断力に加えて曲げモーメントが作用したことにより、TSM40ではカップラー基部のスタッドのねじ部に応力が集中するためと考えられる。

4. まとめ

薄層モルタル内部にカップラーを有するねじ付きスタッドでは、カップラーの剛性が高く、曲げ変形は抑制されるが、薄層モルタルに早期にひび割れが生じるため、せん断耐力は現行の各種技術基準式に比べて6割程度となった。今後はカップラーの外径等にも着目し、引き続き実験や解析により検討を重ねていく。

参考文献

- 1) 浅野貴弘, 浅野文佳, 松本崇志, 石田健人, 山口隆司: 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, pp.813-824, 2022.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説II鋼橋・鋼部材編, 2017.
- 3) 土木学会: 2014年制定複合構造標準示方書, 原則編・設計編, 2015.
- 4) European Committee for Standardization: Eurocode 4, Design of composite steel and concrete structures, 1994.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説II鋼橋編, 2012.
- 6) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社: 設計要領 第二集 橋梁保全編, 2021.