

円柱鋼管によるプレキャスト床版の薄層モルタルひび割れ対策がスタッドせん断力に与える影響と基準式適用性評価

西日本高速道路株式会社 正会員 ○浅野貴弘
株式会社 建設技術研究所 正会員 松本崇志

大阪市立大学大学院 学生会員 石田健人
宮地エンジニアリング株式会社 正会員 浅野文佳
大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司

1. 背景および目的

著者らは、既設鋼橋 RC 床版をプレキャスト PC 床版（以下、PCaPC 床版）に取替える際、主桁と PCaPC 床版間に施工される高さ調整用の薄層モルタル（以下、薄層モルタル）がスタッド 1 本当たりのせん断力（以下、スタッドせん断力）に与える影響について、押抜き試験により検討を進めている¹⁾。既往の押抜き試験結果より、薄層モルタルに生じるひび割れ等により、薄層モルタルを有さない場合のスタッドのせん断力とずれ変位の関係を示さないことを確認している。さらに、スタッド基部周辺の拘束力が低下することで、スタッドせん断力が低下することも報告されており、これは、薄層モルタル厚とその強度の影響を受けることが明らかになっている¹⁾。

本報は、スタッドせん断力の低下を抑制することを目的に、薄層モルタルのひび割れ対策としてスタッド周りに円柱鋼管を設置した試験体による押抜き試験²⁾を行い、円柱鋼管がスタッドせん断力に与える効果の評価と、各基準式への適用性検討を行った。

2. 試験概要

図 1 に円柱鋼管をスタッド周りに設置した押抜き試験

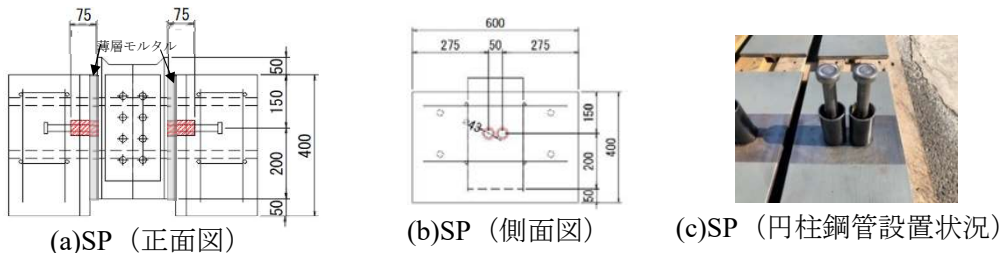


図 1 試験体の概要図と荷重方向（単位：mm）

表 1 コンクリートおよびモルタルの材料特性

| 試験体 | 載荷法 | コンクリート | | | | | 材齢 (日) | 無収縮モルタル | | | | | 材齢 (日) |
|--------------|-------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|---------|-----------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|---------|-----------------------------|--------|
| | | 平均圧縮強度 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | 平均弾塑性係数 (N/mm ²) | 平均ポアソン比 | 設計圧縮強度 (N/mm ²) | | 平均圧縮強度 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | 平均弾塑性係数 (N/mm ²) | 平均ポアソン比 | 設計圧縮強度 (N/mm ²) | |
| M20 M40 | 単調増加 | 53.4 | 4.1 | 30.3 | 0.52 | 50 | 147 | 32.8 | 3.0 | 32.8 | 0.18 | 50 | 118 |
| | 漸増繰返し | 57.4 | 4.4 | 31.1 | 0.35 | | | 44.7 | 3.6 | 44.7 | 0.18 | | |
| | 単調増加 | 58.7 | 4.4 | 32.1 | 0.41 | | | 39.6 | 2.4 | 49.6 | 0.19 | | |
| | 平均 | 56.5 | 4.3 | 31.2 | 0.4 | | | 39.0 | 3.0 | 42.4 | 0.2 | | |
| SP20 SP40 | 単調増加 | 63.0 | 4.4 | 30.1 | 0.43 | 50 | 176 | 65.6 | 2.8 | 27.8 | 0.47 | 50 | 76 |
| | 漸増繰返し | 63.7 | 3.8 | 31.6 | 0.42 | | | 71.1 | 3.1 | 28.0 | 0.40 | | |
| | 単調増加 | 63.0 | 4.8 | 31.1 | 0.38 | | | 69.5 | 3.4 | 27.8 | 0.49 | | |
| | 平均 | 63.2 | 4.3 | 30.9 | 0.40 | | | 68.7 | 3.1 | 27.9 | 0.50 | | |

キーワード 押抜き試験, プレキャスト PC 床版, 頭付きスタッド, 薄層モルタル, ひび割れ対策

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13 西日本高速道路株式会社関西支社 TEL 06-6344-8247

表2 押抜き試験結果と無次元化係数

| | 薄層モルタル 圧縮強度 σ_{ck} (N/mm ²) | スタッド径 d (mm) | 最大せん断力 V_{MAX} (kN) | 降伏せん断力 V_y (kN) | C_{MAX} | C_y | 道路橋示方書 比較値※1 | | NEXCO設計要領 比較値※2 | |
|------|--|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------|-------|-----------------|---------------|--------------------|--|
| | | | | | | | $V_y/3$ | $V_{MAX}/3.4$ | | |
| M20 | A | 39.0 | 19 | 89.4 | 54.4 | 39.7 | 24.1 | 8.0 | 11.7 | |
| | B | 39.0 | 19 | 97.8 | 59.9 | 43.4 | 26.6 | 8.9 | 12.8 | |
| | C | 39.0 | 19 | 92.4 | 46.4 | 41.0 | 20.6 | 6.9 | 12.1 | |
| | 平均 | | | 93.2 | 53.6 | 41.4 | 23.8 | 7.9 | 12.2 | |
| M40 | A | 39.0 | 19 | 86.0 | 46.0 | 38.1 | 20.4 | 6.8 | 11.2 | |
| | B | 39.0 | 19 | 90.0 | 48.6 | 39.9 | 21.6 | 7.2 | 11.7 | |
| | C | 39.0 | 19 | 92.2 | 43.7 | 40.9 | 19.4 | 6.5 | 12.0 | |
| | 平均 | | | 89.4 | 46.1 | 39.6 | 20.5 | 6.8 | 11.6 | |
| SP20 | A | 68.7 | 19 | 111.2 | 72.0 | 37.2 | 24.1 | 8.0 | 10.9 | |
| | B | 68.7 | 19 | 114.6 | 88.1 | 38.3 | 29.4 | 9.8 | 11.3 | |
| | C | 68.7 | 19 | 157.7 | 68.4 | 52.7 | 22.9 | 7.6 | 15.5 | |
| | 平均 | | | 127.8 | 76.2 | 42.7 | 25.5 | 8.5 | 12.6 | |
| SP40 | A | 68.7 | 19 | 88.1 | 66.0 | 29.4 | 22.1 | 7.4 | 8.6 | |
| | B | 68.7 | 19 | 111.8 | 52.8 | 37.4 | 17.6 | 5.9 | 11.0 | |
| | C | 68.7 | 19 | 103.1 | 79.2 | 34.5 | 26.5 | 8.8 | 10.1 | |
| | 平均 | | | 101.0 | 66.0 | 33.8 | 22.1 | 7.4 | 9.9 | |

※1：道路橋示方書式との比較のため、降伏せん断力 (V_y) に安全率 (3) を除いて比較値を算定
 ※2：NEXCO設計要領式との比較のため、最大荷重 (V_{MAX}) に安全率 (3.4) を除いて比較値を算定

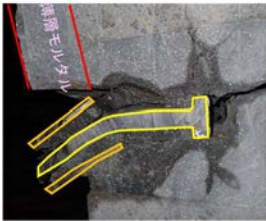


図3 破壊状況(SP40)

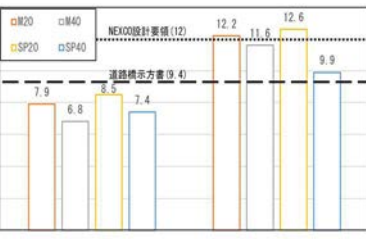


図4 各基準式比較 (平均)

の強度に影響されるりことから、道路橋示方書式やNEXCO設計要領式を参考に、以下の式にてスタッドせん断力を無次元化し、円柱鋼管がスタッドせん断力に及ぼす影響を定量的に評価することとした。

$$C_{MAX} = V_{MAX} / d^2 \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (1)$$

$$C_y = V_y / d^2 \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (2)$$

ここに、 C_{MAX} ：スタッド1本当当たりの最大せん断力の無次元化係数、 V_{MAX} ：スタッド1本当当たりの最大せん断力 (kN)、 d ：スタッド径 (mm)、 σ_{ck} ：薄層モルタルの圧縮強度 (N/mm²)、 C_y ：スタッド1本当当たりの降伏せん断力の無次元化係数、 V_y ：スタッド1本当当たりの降伏せん断力 (kN) である。ここで、Mケースの降伏せん断力は、文献2)に示す1次せん断力、SPケースの降伏せん断力は、0.2mm オフセット値とした。

表2および図2に押抜き試験結果と式(1)(2)で算出した無次元化係数の比較を示す。SP20は、 C_{MAX} 、 C_y ともにM20ケースよりも大きな値となった。SP40は、 C_y はM40より大きな値となったが、 C_{MAX} はM40よりも小さな値となった。SP40の破壊状況を図3示す。SP40は円柱鋼管とスタッド全体が曲げの作用を受けた状態となっている。これは、薄層モルタルが厚くなったことで、早期に薄層モルタルにひび割れが生じ、円柱鋼管とスタッド周りの拘束力が低下し、さらに円柱鋼管のコンクリートブロックへの埋込み長が短かったことでコンクリートブロックとH鋼との開きやずれによる引抜き力がスタッド頭部および軸部に作用した影響で

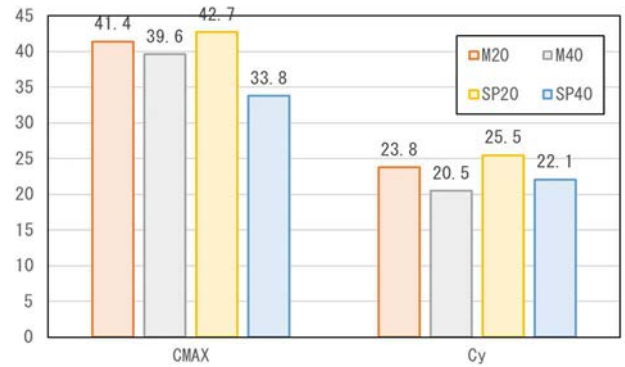


図2 無次元化係数比較 (平均)

スタッドと円柱鋼管が一体として曲げの影響を受け、SP40の C_{MAX} がM40のそれよりも小さくなったと考えられる。SP20では、 C_{MAX} 、 C_y ともにM20よりも大きな値となっていることから、薄層モルタルが厚くなる場合は、円柱鋼管長さを長くし、コンクリートブロックへの埋込み長を長くするなど、構造細目による影響を明らかにすることで、円柱鋼管による対策がスタッドせん断力向上に寄与できると考えられる。

図4に各基準式との比較を示す。各基準式との比較を行うため、文献1)を参考に表2に示す安全率を用いて比較値を算定した。図4より、SP20、SP40ともに道路橋示方書式の無次元化係数よりも小さくなった。また、SP20はNEXCO設計要領式よりも大きくなったが、SP40は小さくなった。これらの基準式が想定している破壊メカニズムは、スタッド基部にせん断力が卓越する破壊メカニズムである。SPケースでは、薄層モルタルにひび割れが生じることで、スタッドと円柱鋼管周辺の拘束力が低下し、せん断力に加えて曲げモーメントが作用しているため、各基準式が想定している破壊メカニズムと相違がある。よって、円柱鋼管による対策時の各基準式の適用可否については、押抜き試験や解析による定式化等が引続き必要である。

4. 今後の課題

今後、スタッドせん断力低下抑制を目的とした円柱鋼管による薄層モルタルひび割れ対策の確立に向けて、円柱鋼管の埋め込み長等の構造細目等に着目した実験および解析的検討を行い、定式化を図っていく。

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