

U,D,C 691,328.4

鋼材とセメント系材料の摩擦性状に関する実験的研究 — 鋼材と無収縮モルタルおよびコンクリートの摩擦性状 —

渡邊 高朗*

要約： 鋼材とセメント系材料を圧着接合し、摩擦抵抗でせん断力を伝達させるためには、鋼材とセメント系材料間の摩擦性状を把握する必要がある。その際、鋼材およびセメント系材料のそれぞれの表面性状により、摩擦性状が異なると考えられる。本研究では摩擦面の状態に注目し、鋼材表面処理方法を2種類、コンクリート面の状態を3種類設定し、これらを組み合わせた場合の摩擦性状について検討を行った。その結果、それぞれの材料の仕様を変えることにより摩擦性状に差があることが確認された。

キーワード： 摩擦、摩擦係数、鋼材、無収縮モルタル、コンクリート

<p>目次：</p> <p>1. はじめに</p> <p>2. 試験体概要</p>	<p>3. 試験結果および考察</p> <p>4. まとめ</p>
--	-----------------------------------

1. はじめに

鋼材とセメント系材料をPC鋼棒で圧着する手法は、耐震補強のブレース圧着や、ブラケット材を躯体に圧着し仮設構造物を支持する工法で使用されており、様々な研究¹⁾²⁾もなされている。

鋼材とセメント系材料を圧着接合し、摩擦抵抗でせん断力を伝達させるためには、鋼材とセメント材料間の摩擦性状を把握する必要がある。その際、鋼材およびセメント系材料のそれぞれの表面性状により摩擦性状が異なることが考えられるが、鋼材やコンクリートの表面性状の違いによる摩擦性状の検討はあまり行われていない。

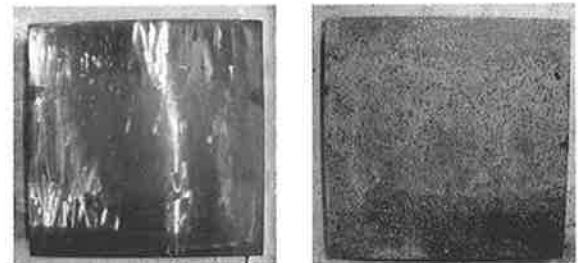
本研究では、2種類の表面処理方法を用いた鋼材と、鋼材とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合、2種類の型枠を用いて作製したコンクリート面に鋼材を直接圧着させた場合の摩擦性状について検討を行った。

2. 試験概要

2.1 試験体形状 表1に試験体一覧、写真1に鋼材（以下、鋼製耐圧板）の表面処理状況を示す。摩擦面の表面処理は、鋼製耐圧板およびセメント系材料のそれぞれについて行った。

鋼製耐圧板の仕様は、鋼材の黒皮をグラインダー（120#）で完全に除去したものを、グラインダー処理後に表面に赤錆を発生させた場合の2種類である。

セメント系材料の仕様は、鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合、化粧合板型枠あるいは鋼製型枠を用いて作製したコンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた場合の3種



(a) グラインダー処理 (b) 赤錆処理
写真1 鋼材（鋼製耐圧板）の表面処理状況

表1 試験体一覧

記号	鋼製耐圧板の仕様	セメント系材料の仕様	セメント系材料試験結果	
			圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
G-M64	グラインダー処理	無収縮モルタル充填	64.4	25.2
G-M86	グラインダー処理	無収縮モルタル充填	86.0	28.3
R-M72	赤錆処理	無収縮モルタル充填	71.5	27.3
G-W	グラインダー処理	化粧合板型枠仕様コンクリート	29.9	22.9
G-S	グラインダー処理	鋼製型枠仕様コンクリート	29.7	19.2
R-W	赤錆処理	化粧合板型枠仕様コンクリート	29.7	19.2
R-S	赤錆処理	鋼製型枠仕様コンクリート	31.0	23.1

* 建築本部 建築技術部

類である。鋼製耐圧板をグラインダー処理し、セメント系材料を無収縮モルタルとした試験体は、モルタル強度を 2 種類とし検討を行った。尚、コンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた試験体作製に使用した型枠に、剥離剤の塗布はしなかった。

試験体は鉄筋コンクリート造躯体を想定したコンクリート部分 (800×800×350mm) と、摩擦面として鋼製耐圧板とセメント系材料で構成される。鋼製耐圧板の材質は SS400、寸法は 250×250×40mm とした。セメント系材料部分の寸法は 250×250×20mm とした。無収縮モルタルを充填する試験体は、コンクリート面に鋼製耐圧板を固定し、無収縮モルタルを充填した。鋼製耐圧板を直接圧着する試験体は、躯体部分と一体化して作製した。

2.2 試験方法

図 1 に荷重フレームおよび試験体形状を示す。圧着力は鉛直方向の 1000kN 串形ジャッキを用い、変動のないように制御、荷重した。摩擦力は水平方向の 1000kN 串形ジャッキを用い、正負方向に荷重した。荷重の計測は 1000kN ロードセルで行い、鋼製耐圧板と鉄筋コンクリート造躯体部分との相対変位 (以下、すべり量) をストローク 25mm の変位計で計測した。なお、水平方向の荷重はすべり量±2mm を目標に行った。

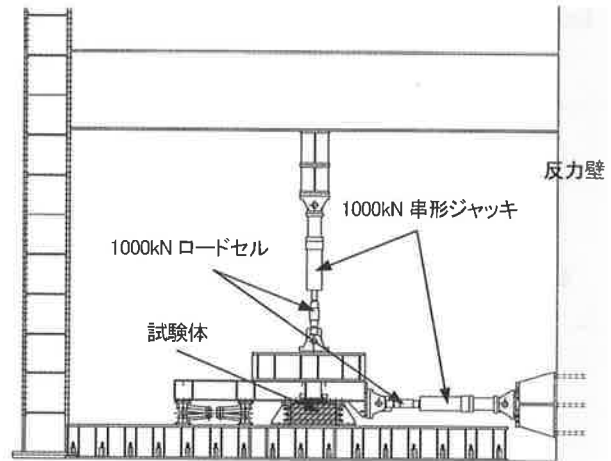
図 2 に荷重履歴を示す。圧着力は 75kN、225kN、450kN、675kN の 4 段階とした。これは、既存躯体のコンクリート圧縮強度を 18N/mm² とした場合の許容支圧応力度 (10.8N/mm²)³⁾ に、試験に用いた鋼製耐圧板の断面積を乗じて算出した最大圧着力 (675kN) を基準とし、最大圧着力の 1/9、1/3、2/3、最大圧着力としたものである。

荷重は、G-M64、G-M86 が圧着力を 75kN、225kN、450kN、675kN と変化させ、その他の試験体は 675kN とした。G-M64、G-M86 は正方向 3 回、負方向 2 回の正負交番荷重とし、R-M72、R-W、R-S は正方向 5 回、負方向 4 回の正負交番荷重、G-W、G-S は正方向 4 回、負方向 3 回の正負交番荷重とした。

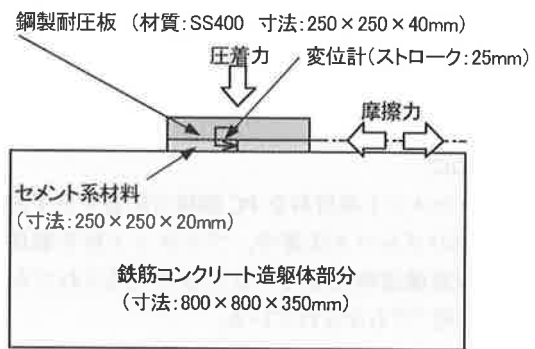
3. 試験結果および考察

3.1 試験性状および摩擦面表面性状

図 3 に摩擦力とすべり量の関係を示す。圧着力を 75kN、225kN、450kN、675kN と変化させた試験体 (図 3 (a)、(b)) は、各圧着力時とも、初期はすべり量の増加に伴い摩擦力も直線的に増加し、その後は、摩擦力がほぼ一定となる傾向が見られた。これは、初期の直線部分が静止摩擦力の状態、摩擦力が



(a) 荷重フレーム



(b) 試験体形状

図 1 荷重フレームおよび試験体形状

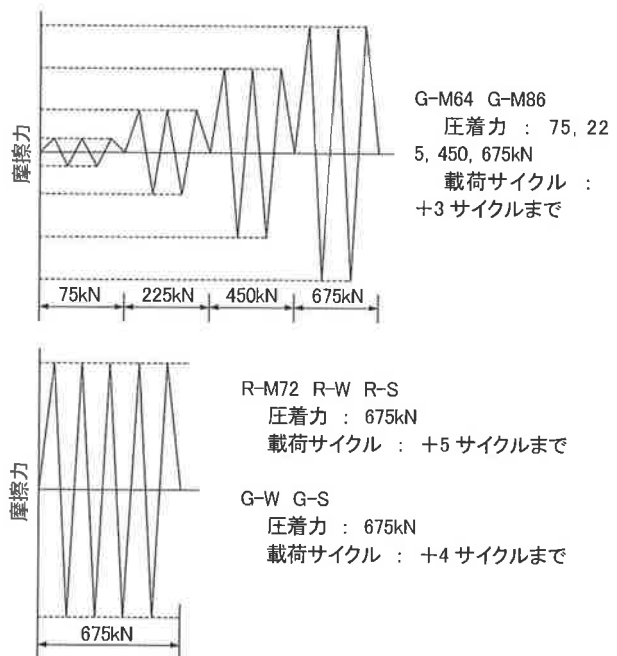


図 2 荷重履歴

ほぼ一定となっている部分が動摩擦力の状態であると判断できる。しかし、明確な最大静止摩擦力が判断できないグラフ形状である。

圧着力を 675kN 一定にした場合 (図 3 (c) ~ (g)) も、圧着力を変化させたときと同様の傾向が見られた。

写真 2 に鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合 (R-M72)、写真 3 にコンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた場合 (R-S) の試験後の表面性状を示す。

無収縮モルタルを充填した場合、ほぼ全面にわたり無収縮モルタルの磨耗が見られ、磨耗した無収縮モルタルは粉体状になっていた。また、鋼製耐圧板の赤錆の移着が見られた。しかし、赤錆のない地金部分の移着は見られなかった。鋼製耐圧板面には、無収縮モルタルの移着が見られた。赤錆部分の磨耗も見られたが、地金部分の磨耗は見られなかった。摩擦は無収縮モルタル部分と鋼製耐圧板の圧着面のほぼ全体で生じていた。この性状は、無収縮モルタルを使用した G-M64, G-M86, R-M72 の全ての試験体で確認された。無収縮モルタルは、鋼製耐圧板とコンクリートの間に充填され、圧着面全面で鋼製耐圧板と無収縮モルタルが接していたと考えられる。

コンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた

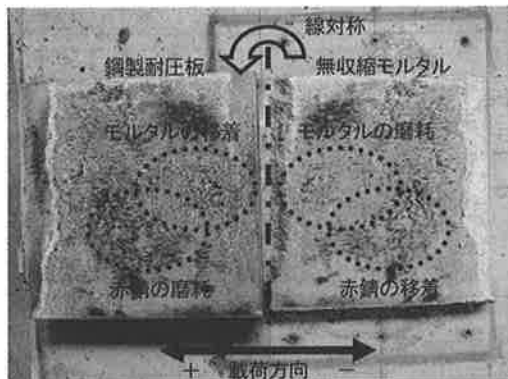


写真2 試験後の性状 (R-M72: 赤錆・無収縮モルタル)

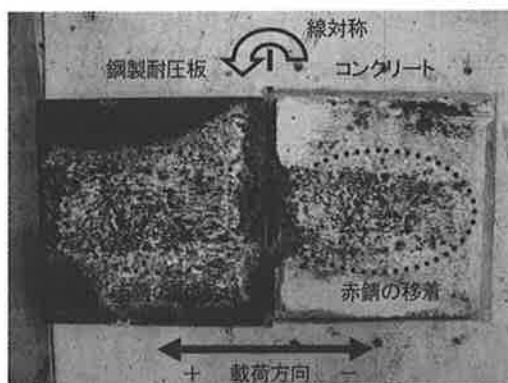


写真3 試験後の性状 (R-S: 赤錆・鋼製型枠)

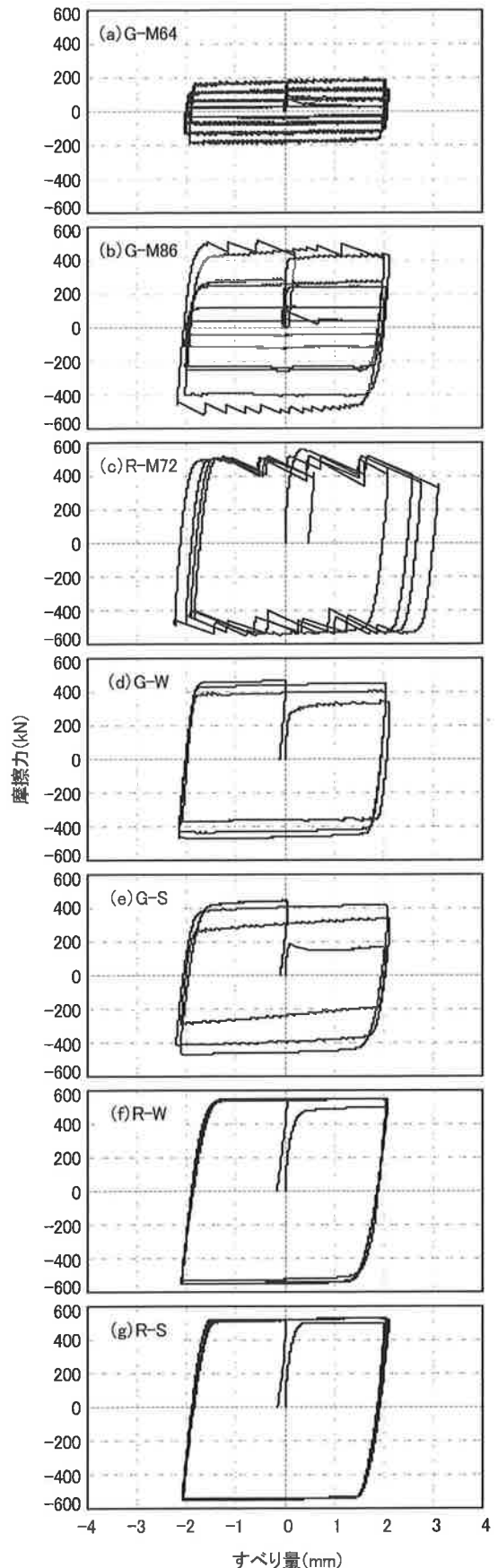


図3 摩擦力とすべり量の関係

場合、コンクリート面には、コンクリートの磨耗と赤錆の移着が見られた。無収縮モルタルと同様に地金部分の移着は見られなかった。鋼製耐圧板面には、コンクリートの移着が見られ、赤錆部分の磨耗が見られるものの、地金部分の磨耗は見られなかった。摩擦は無収縮モルタルを使用した場合と異なり、局所的であった。この性状は、コンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた G-W, G-S, R-W, R-S の全ての試験体で確認された。

3.2 摩擦力とすべり量の関係

図4に G-M64 と G-M86 の圧着力=75kN における摩擦力とすべり量の関係（摩擦力=0kN となるときのすべり量を原点とした）、図-5 に全ての試験体の圧着力=675kN における圧着力とすべり量の関係（摩擦力=0kN となるときのすべり量を原点とした）を示す。グラフの形状から最大静止摩擦力が明確に判断できないものは、試験時にすべり量が急激に増加する（グラフ上で勾配がほぼ無くなる時点）直前の値を最大静止摩擦力とした。

グラインダー処理の鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合、1 回目の載荷（圧着力=75kN の+1 サイクル）（図4）の摩擦力が同圧着力のほかの載荷サイクルの摩擦力と比較して大きくなった。これは、無収縮モルタルの鋼製耐圧板への固着によるものと考えられる。この傾向は、今回、赤錆処理した鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した試験体（R-M72）には見られなかった。

圧着力=675kN における鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合を比較する

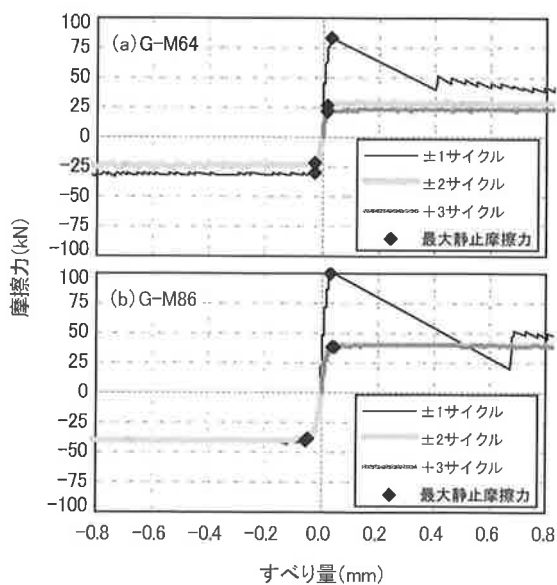


図4 摩擦力とすべり量の関係（圧着力=75kN）

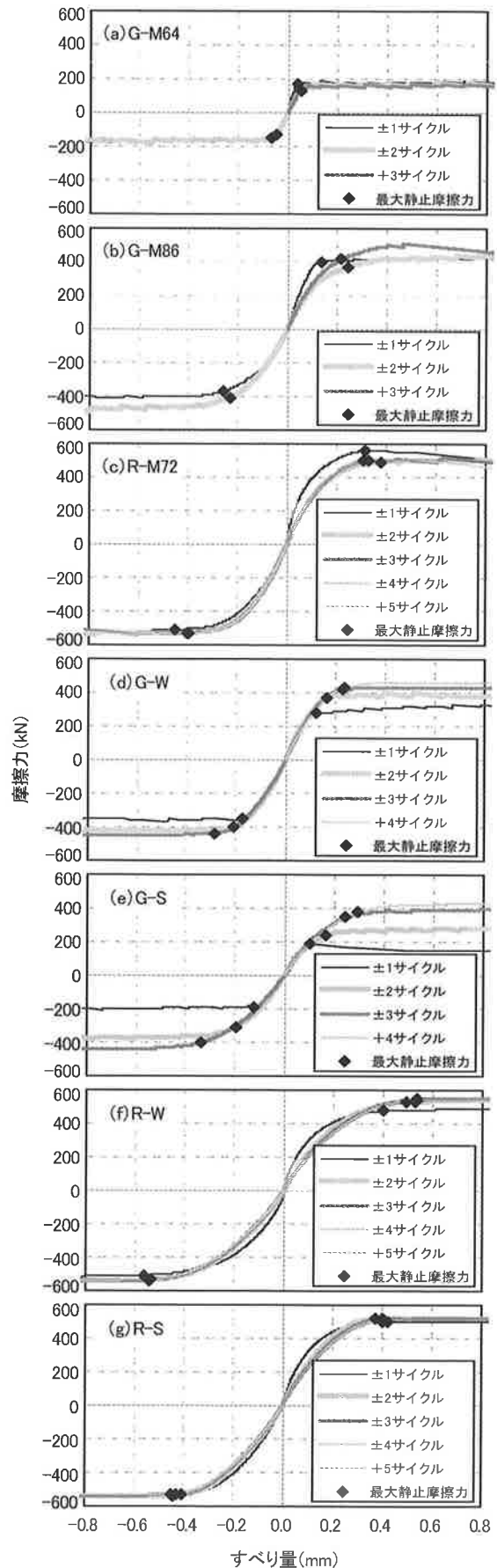


図5 摩擦力とすべり量の関係（圧着力=675kN）

と、モルタル強度が 64.4MPa (図 5 (a)) に対し、86.0MPa (図 5 (b)) の方が、最大静止摩擦力が増加した。また、鋼製耐圧板に赤錆処理 (図 5 (c)) することで最大静止摩擦力は増加した。

コンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた試験体 (図 5 (d) ~ 図 5 (g)) を比較すると、+1 サイクル時の摩擦力がほかのサイクルの摩擦力より若干低く、載荷サイクル数が増えると同等になる傾向にある。これは、サイクル数を重ねることで、コンクリートが局部的に磨耗し鋼製耐圧板に移着し、履歴が同一のものに近づいていくように思われる。グラインダー処理した試験体 (図 5 (d), (e)) は、サイクル数の増加に伴う摩擦力の増加が顕著で、赤錆処理した試験体と (図 5 (f), (g)) 比較すると、+1 サイクル後に履歴が同一になる傾向にある。化粧合板型枠を使用した試験体 (図 5 (d), (f)) と鋼製型枠を使用した試験体 (図 5 (e), (g)) を比較すると、差はほとんど無かった。グラインダー処理した試験体 (図 5 (d), (e)) と赤錆処理した試験体 (図 5 (f), (g)) を比較すると、赤錆処理することで摩擦力が 100kN 程度大きくなった。赤錆処理することで摩擦力が増加する傾向は、鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合の結果と同じである。3.3 摩擦係数の検討

図 6 に鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合の摩擦係数と載荷サイクルの関係を示す。摩擦係数は図 5 中の最大静止摩擦力から算出した。各圧着力時とも+1 サイクルの摩擦係数が同圧着力のほかのサイクルの摩擦係数と比較して若干大きく、載荷サイクルを重ねると履歴が同一になるように思われる。

グラインダー処理した鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した試験体 (G-M64, G-M86), 1 回目の載荷 (圧着力=75kN の+1 サイクル) 時の摩擦係数がほかの摩擦係数と比較して 2 倍以上となった。無収縮モルタルの鋼製耐圧板への固着があると思われる。この傾向は、今回、赤錆処理した鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した試験体 (R-M72) には見られなかった。

図 7 に最大静止摩擦力と圧着力の関係 (固着の影響と思われる G-M64, G-M86 の圧着力=75kN の+1 サイクルを除く) を示す。ここから、圧着力の増加に伴い最大静止摩擦力も比例して増加していると判断できる。

鋼製耐圧板とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合の摩擦係数は、G-M64 < G-M86 < R-

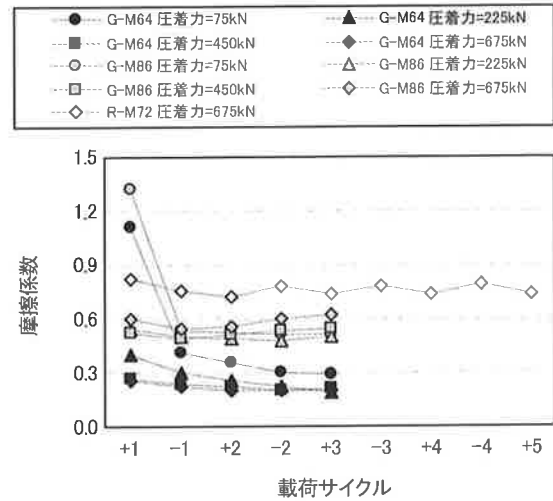


図 6 摩擦係数と載荷サイクルの関係 (無収縮モルタル充填)

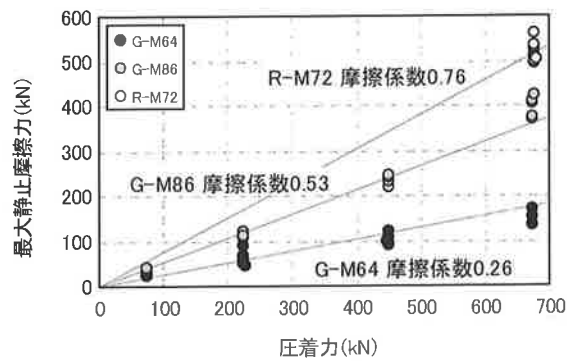


図 7 最大静止摩擦力と圧着力の関係 (無収縮モルタル充填)

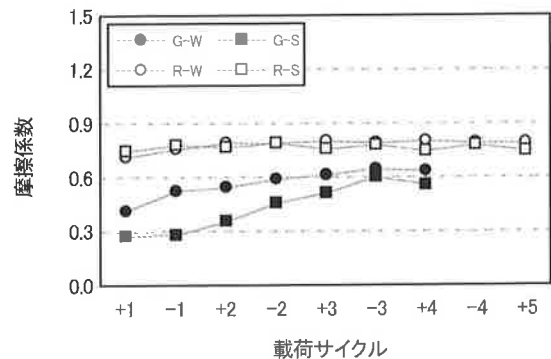


図 8 摩擦係数と載荷サイクルの関係 (鋼製耐圧板をコンクリートに圧着)

M72 となった。鋼製耐圧板はグラインダー処理よりも赤錆処理することで摩擦係数は上がり、充填する無収縮モルタルは、モルタル強度を上げることで摩擦係数が上がる。

図 8 にコンクリート表面に鋼製耐圧板を直接圧着させた場合の摩擦係数と載荷サイクルの関係を示す。グラインダー処理した試験体 (G-W, G-S) は、載荷

サイクル数の増加に伴い摩擦係数が上がり、同一履歴に近づく傾向にある。赤錆処理した試験体（R-W, R-S）もグラインダー処理した試験体と同様の傾向を示すが、グラインダー処理した試験体よりも少ない載荷サイクル数で同一に近づくと思われる。

摩擦係数は、 $G-S < G-W < R-W = R-S$ となった。鋼製耐圧板はグラインダー処理よりも赤錆処理の方が摩擦係数は上がった。型枠による摩擦係数の差は見られなかった。

グラインダー処理の試験体（G-M64, G-M86, G-W, G-S）と赤錆処理の試験体（R-M72, R-W, R-S）を比較すると、赤錆処理の試験体の方は摩擦係数が高くなり、履歴による影響が少ない。

4. まとめ

2種類の表面処理方法を用いた鋼材と、鋼材とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填した場合、2種

類の型枠を用いて作製したコンクリートに鋼材を圧着させた場合の摩擦性状について検討を行った結果、本研究の範囲内で以下のことが明らかとなった。

- (1) 鋼材と無収縮モルタルとの最大静止摩擦力と圧着力は、比例関係にある。
- (2) 鋼材とコンクリートの間に無収縮モルタルを充填する場合、鋼材の表面は、グラインダー処理より赤錆処理の方が摩擦係数が上がる。無収縮モルタルは、モルタル強度が高い方が摩擦係数が上がる。
- (3) 鋼材をコンクリートに直接圧着する場合、鋼材の表面は、グラインダー処理より赤錆処理の方が摩擦係数が上がる。型枠は、化粧合板型枠および鋼製型枠のどちらを使用しても摩擦係数に差は無い。
- (4) 鋼材の表面は、グラインダー処理に対し赤錆処理は、摩擦係数が高く履歴による影響が少ない。

参考文献

- 1) 石井智章ほか：圧着接合された鉄骨柱と RC 部材との接合面におけるせん断伝達に関する実験的研究，建築学会大会梗概集 C, pp.1061-1062, 1993.9
- 2) 太田義弘ほか：鋼管コンクリート柱とプレキャストプレスとレストコンクリート梁との圧着接合に関する研究（鋼板とコンクリートの圧着接合面におけるせん断力伝達），建築学会大会梗概集 C-2, pp.897-898, 1996.9
- 3) 松沢晃一ほか：鋼材とセメント系材料の摩擦性状に関する実験的研究，日本コンクリート工学協会コンクリート工学年次論文集 Vol.30

AN EXPERIMENTAL STUDY ON FRICTION PROPERTIES BETWEEN STEEL AND MORTAR

T.Watanabe

The bonding material bonding the steel and cement, in order to transmit shear friction resistance, it is necessary to understand the properties of friction between steel and cement materials. In doing so, the shape of each surface of the steel and cement materials, friction properties considered different. In this study, using two types of surface-treated steel to decorated, if filled with non-shrink mortar between the steel and concrete, if made directly to the bonding of steel to concrete formwork fabricated using different Characteristics of friction were studied. As a result, it was confirmed that there is a difference in frictional properties of materials by changing the specifications of each.