

論文

[2033] 鉛直・水平打継目をもつRCはりの力学的性状

正会員 辻 幸和 (群馬大学工学部)
 正会員○田中浩一 (群馬大学大学院)
 正会員 古澤政夫 (小野田セメント(株))
 正会員 森脇貴志 (日本化成(株)中央研究所)

1 まえがき

新旧コンクリートの打継目の施工において、レイトランスの除去や打込み前の給水が義務付けられているほか、セメントペースト、モルタルあるいはエポキシ樹脂が、打継ぎ用材料として用いられてきた。特に鉛直打継目は、これらいずれかの打継ぎ用材料を用いて施工することが、土木学会コンクリート標準示方書「施工編」に規定されている。しかしながら、旧コンクリートの打継面にこれらいずれかを塗布した後、直ちに新コンクリートを打込む必要があり、鉄筋工や型枠工などの施工上の制約となっている。

本研究では、打継ぎ用材料として、ポリマーセメントモルタルを従来の材料に加えて用い、鉛直打継目あるいは水平打継目をもつRCはりを作製し、その曲げ性状およびせん断性状を、打継ぎ用材料の種類ごとに打継目のないはりと比較、検討した結果を報告する。

2 実験の概要

コンクリートの配合は、単位水量を 164kg/m^3 と一定とし、水セメント比を65%と45%の2種類とした。セメントは普通ポルトランドセメントを、骨材は群馬県渡良瀬川産の川砂および川砂利を用いた。また、打継ぎ用材料のセメントペーストの水セメント比は30%、ポリマーセメントモルタルの水結合材比は28%であった。

供試体は図-1に示すような、幅×高さ×長さが $10 \times 20 \times 110\text{ cm}$ のRCはりである。有効高さは 17 cm と一定にとり、スパンが 90 cm の3等分点荷重により載荷した。

鉛直打継目を有するはりでは、引張鉄筋としてD10を2本使用し、はりの中央に打継目ができるように作製した。水平打継目をもつはりでは、予め、幅×高さ×長さが $10 \times 6 \times 110\text{ cm}$ の引張鉄筋 (D16, 2本)を含む下部を作製して旧コンクリートとした。

これらRCはりとともに、幅×高さ×長さが $10 \times 10 \times 40\text{ cm}$ の角柱供試体により、その中央断面に鉛直および水平打継目を作ったものを作製した。そして、スパン中央に打継目ができるように、スパンが 30 cm の3等分点荷重により曲げ強度試験を行った。

旧コンクリートの材令がそれぞれ24時間および48時間に達した段階で、ワイヤーブラシにより打継面を粗にし、材令14日まで湿布養生した後、打継ぎ用材料を塗布した。セメン

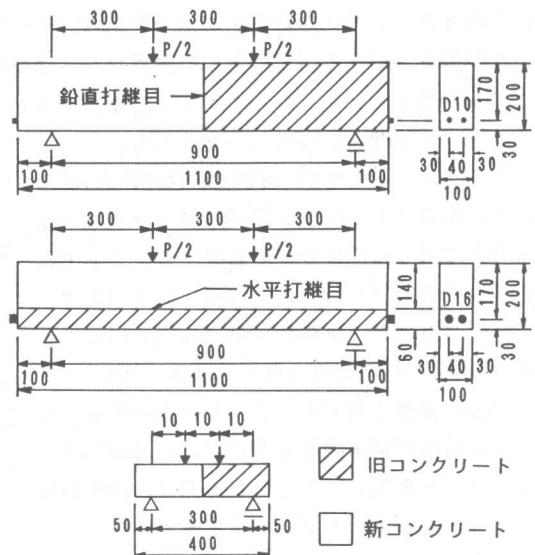


図-1 供試体の形状寸法および載荷方法

トペーストとエポキシ樹脂を用いた場合には直ちに、またポリマーセメントモルタルを用いた場合は、塗布してから新コンクリートを打継ぐまでの時間（以下、オープンタイムと称する）を全くとらないものから、7日、14日と変化させて新コンクリートを打継いだ。そして、新コンクリートの材令が28日まで湿布養生した後、強度試験を行った。

3 鉛直打継目をもつRCはりの力学的性状

3-1 打継ぎ強度

鉛直あるいは水平の打継目をもつ角柱供試体の曲げ強度を図-2に示す。ポリマーセメントモルタルを塗布したものの曲げ強度は、オープンタイムを14日まで延ばすと大きくなる場合が多いが、オープンタイムの影響はそれほど大きくないようである。また、ポリマーセメントモルタルを用いたものに比べ、セメントペーストやエポキシ樹脂を用いると、打継ぎ強度は一般に大きくなるものの、小さい場合もある。また、コンクリート自体の曲げ強度は、W/Cが小さいほうが大きい。これとは逆に、打継ぎ強度は、W/Cが小さい方が、打継目の処理が同じでも少し小さくなる場合が多い。このことは、コンクリートの強度が増すと、打継目が相対的に弱点となるためであると考えられる。

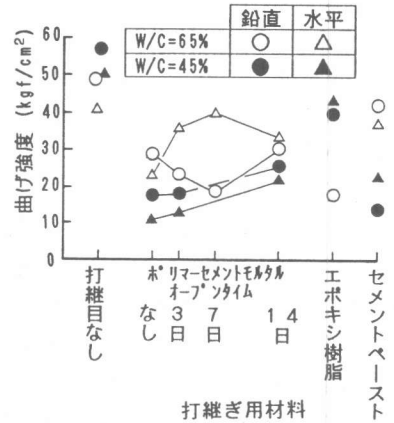


図-2 打継目をもつ角柱供試体の曲げ強度

3-2 引張縁のひずみ

鉛直打継目をもつRCはりの引張縁に、打継目を介して貼付したワイヤストレインゲージにより測定した値を引張縁のひずみと称し、これと曲げモーメントの関係を図-3に示す。

コンクリートのW/Cが65%の場合、図-3(a)に示すように、ポリマーセメントモルタルの塗布直後、および塗布7日後に打継いだRCはりは、他のものに比べて小さな荷重段階から引張縁のひずみが大きくなっている。これは、新コンクリートの打込みから3日後に脱型して湿布養生したために、供試体の自重等により載荷試験前に微細なひびわれが打継目に沿って発生してしまったためであると考えられる。しかしながら、オープンタイムを14日とって打継いだはりは、同様な脱型および養生方法でも、打継目から曲げひびわれが発生せず、ゲージより離れた新コンクリート側から発生した。エポキシ樹脂とセメントペーストを用いたはりは、ほぼ同程度の曲げモーメントで曲げひびわれが発生した。

コンクリートのW/Cが45%の場合を図-3(b)に示す。エポキシ樹脂およびポリマーセメント塗布直後のはりの曲げひびわれ発生モーメントは、他の打継目処理を行ったはりに比べて少し小さいが、コンクリートのW/Cが65%の場合に比べると、打継目の処理方法の違いは顕著ではない。

鉛直打継目を有するRCはりにおいても、角柱供試体の打継ぎ強度と同様に、W/Cが45%のコンクリートを用いたことによる曲げひびわれ発生モーメントの低下が、ポリマーセメントモルタル塗布14日後、エポキシ樹脂、セメントペーストを用いて打継いだはりにおいて認められた。

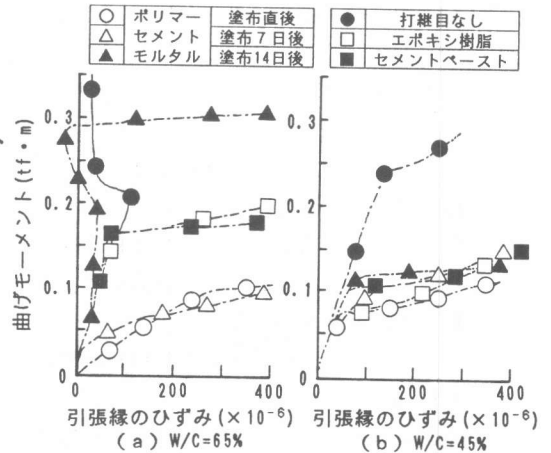


図-3 引張縁のひずみ

3-3 中立軸の推移およびクリアランス量

荷重試験の際に、はり側面に打継目を介してパイゲージを図-4に示すよう配置した。これにより測定された中立軸の位置および引張力が作用している部分には、すべて曲げひびわれが生じているものとし、この部分の間隙の体積（以下、クリアランス量と称する）についても検討した。

コンクリートのW/Cが65%の場合の中立軸の位置と曲げモーメントとの関係を図-5(a)に示す。ポリマーセメントモルタルを塗布したはりの中で、オープンタイムなしのはりおよび7日間オープンタイムをとったはりの中立軸は、作用する曲げモーメントが小さな段階から、コンクリートの引張力を無視した弾性計算による中立軸の位置に近い値となっている。これに対して、ポリマーセメント塗布14日後に打継いだりは、中立軸が徐々に圧縮縁に近づいていき、打継目のないはりと同様な推移を示した。このことから、ポリマーセメント塗布14日後に打継いだりにおいては、コンクリート側の受け持つ引張力が打継目のないはりと同様に、徐々に失われていくと考えられる。

また、エポキシ樹脂を用いたはりも、中立軸は徐々に上昇した。しかしながら、セメントペーストを用いたはりでは、曲げひびわれ発生後、中立軸が急激に上昇し、その後計算値に収束した。このことから、セメントペーストを用いた打継目はぜい性的な破壊をし、曲げひびわれが打継目に沿って一気に断面上部にまで生じたと考えられる。

コンクリートのW/Cが45%の場合の中立軸の位置と曲げモーメントとの関係を図-5(b)に示す。打継ぎ用材料の違いにかかわらず、中立軸は曲げモーメントの増加にともない、徐々に計算値に収束した。また、中立軸が収束するのは、コンクリートのW/Cが65%の場合と同様に、曲げモーメントが0.60tf・mあたりであった。

ポリマーセメントモルタル塗布14日後のりは、コンクリートのW/Cが65%の場合とは異なり、作用する曲げモーメントが小さな段階から、中立軸が収束してしまった。また、ポリマーセメントモルタル塗布7日後のりの中立軸は、エポキシ樹脂やセメントペーストを用いたはりのものよりも下にある。このことから、オープンタイムを7日間とって打継いだりは、コンクリート側の受け持つ引張力の失われる割合が、エポキシ樹脂やセメントペーストを用いた場合よりも小さいと考えられる。

コンクリートのW/Cが65%の場合のクリアランス量を、曲げモーメントをパラメータにとり、図-6(a)に示す。作用する曲げモーメントが小さな段階の0.15tf・m程度では、曲げひびわれが発生していない打継目をもつはりのクリアランス量は、打継目のないはりの場合と同程度となった。また、曲げひびわれが充分発達した大きな曲げモーメントが作用すると、打継目の処理による違いは、ポリマーセメントモルタル塗布直後を除いて、それほど顕著には現れない。ポリマーセメントモルタルの塗布直後に打継いだりのみがこのように大きなクリアランス量となったのは、新コンクリート打込みの際にポリマーセメントモルタル中に水分等が混合したためと思われる。

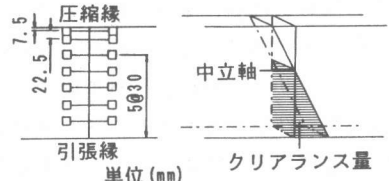


図-4 パイゲージの配置

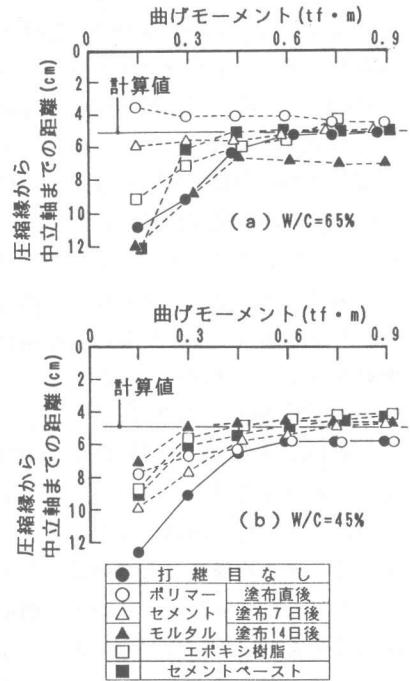


図-5 中立軸と曲げモーメントの関係

る。なお、打継目をもつはりのクリアランス量は、打継目のないはりよりも小さくなることはない。

コンクリートのW/Cが45%の場合を、図-6(b)に示す。作用する曲げモーメントが小さな段階では、処理の違いによる差はほとんどない。このことは、曲げひびわれ発生モーメントが打継ぎ用材料の違いによらず、ほぼ一定であったためであると考えられる。しかしながら、曲げモーメントが大きくなると、ポリマーセメントモルタルの塗布7日後、エポキシ樹脂塗布直後に打継いだりいは、打継目のない場合と同程度となった。これは曲げひびわれが打継目以外に発生し、曲げモーメントが $0.45tf \cdot m$ 程度で分散したためであると考えられる。また、ポリマーセメントモルタルを塗布したものは、オープンタイムが7日のものを除き、セメントペーストを用いたはりの場合とほぼ同程度のクリアランス量となった。

3-4 引張鉄筋のひずみ

打継目部分の引張鉄筋のひずみが 1000×10^{-6} となったときの曲げモーメントを図-7に示す。コンクリートのW/Cが65%の場合には、ポリマーセメントモルタルを塗布したものは、オープンタイムをとるにつれ、曲げモーメントは増加していく傾向を示すものの、W/Cが45%の場合には、オープンタイムの影響をほとんど受けない。また、塗布直後のはりの中では、コンクリートのW/Cにかかわらず、エポキシ樹脂を用いたものが最も大きな曲げモーメントとなったものの、その傾向は著しくない。また、小さな曲げモーメントを示したものは、ポリマーセメントモルタル塗布直後のものおよびW/Cが45%のオープンタイムを14日としたものである。これらは、コンクリートの引張力を無視した計算値に近い値となった。

以上のように、打継ぎ用材料の種類、コンクリートの水セメント比およびオープンタイムが異なると、外力モーメントによる引張鉄筋のひずみは少し変化するが、これらの要因の及ぼす影響は大きくないと考えられる。

3-5 はりのたわみ

はりのたわみが0.5mmに達したときの曲げモーメントを図-8に示す。コンクリートのW/Cが大きいはりの曲げモーメントは、打継目を有すると小さかった。しかしながら、W/Cが45%となると、打継目を有するはりも打継目のないは

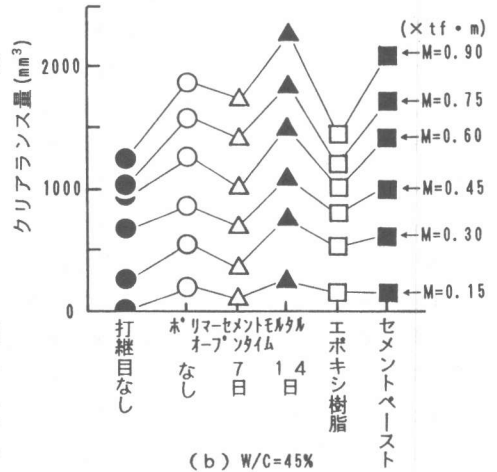
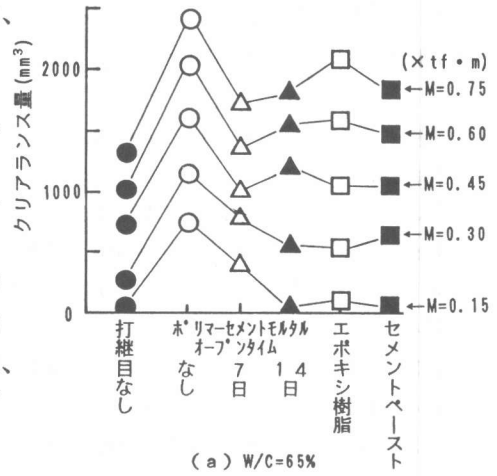


図-6 クリアランス量と曲げモーメントの関係

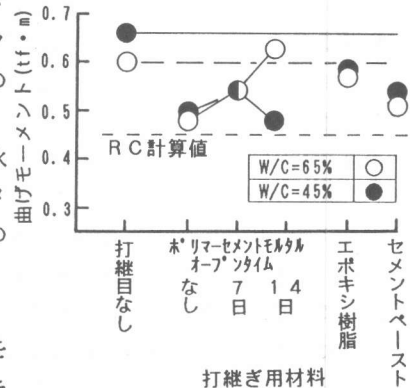


図-7 引張鉄筋のひずみが 1000μ となった曲げモーメント

りの曲げモーメントと同程度となったものがあった。それらは、ポリマーセメントモルタル塗布7日後、エポキシ樹脂およびセメントペーストを用いたはりであった。また、ポリマーセメントモルタルを用いたはりの中では、コンクリートのW/Cにかかわらず、オープンタイムを7日間とったはりが最も曲げモーメントが大きくなった。

3-6 破壊曲げモーメント

破壊時の曲げモーメントを図-9に示す。打継目をもつはりの中で曲げ引張破壊したものは、打継目のないはりと同程度の値となった。これは、鉄筋等の断面諸元が打継目のないものと同じであること、および、圧縮力を負担する打継目が十分な強度をもっていたことのためと考えられる。

曲げ引張破壊時よりも小さな荷重でせん断破壊したはりがあり、破壊形式に違いが生じた。原因は今のところ不明であるが、他のはりにおいても斜めひびわれが生じていたため、打継目施工時に旧コンクリートと新コンクリートの間にわずかなねじれが生じて、斜めひびわれの発達が卓越したことも一因と考えられる。

4 水平打継目をもつRCはりの力学的性状

水平打継目を有するはりの斜めひびわれ発生時および破壊時の公称せん断応力度を図-10に示す。

水平打継目をもつRCはりの斜めひびわれは、わずかながら、コンクリートのW/Cが45%の方が65%に比べて大きなせん断応力度で発生し、打継目のないはりとの差が緩和されている。このことから、水平打継目をもつRCはりは、富配合コンクリートを用いた方がはりの剛性が改善されるものと予想される。また、ポリマーセメントモルタルを用いたはりでは、オープンタイムが長くなるに従って、斜めひびわれ発生時のせん断応力度が若干大きくなる傾向が認められた。

水平打継目をもつRCはりの破壊時のせん断応力度は、打継目のないものよりも20~30%程度小さいはりが多かった。しかしながら、打継目なしのはりと同程度のものもあり、それらはコンクリートのW/Cが65%のときのポリマーセメントモルタルの塗布7日後、ならびにW/Cが45%のときのポリマーセメントモルタルの塗布直後とセメントペーストの打継目処理を行った場合であった。打継目で破壊しなかったはりは、斜めひびわれが水平打継目を横切り、新旧コンクリートが一体となってせん断圧縮破壊した。

ポリマーセメントモルタル塗布直後のはりは、コンクリートのW/Cにかかわらず、打継目で水平せん断破壊した。しかしながら、水平せん断破壊したときのせん断応力度は、打継目のないはりに比べて、コンクリートのW/Cが65%のときには約50%に対し、W/Cが45%のときにはほぼ100%となった。このことから、水平打継目で破壊したはりの最大せん断応力度は、せん断圧縮破壊したはりに比べて、必ずしも小さいとは限らないということが認められた。また、水平打継目で破壊し

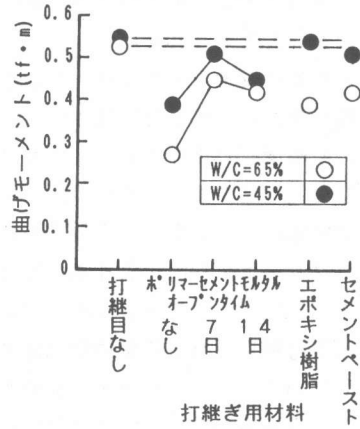


図-8 はりのたわみが0.5mmとなった曲げモーメント

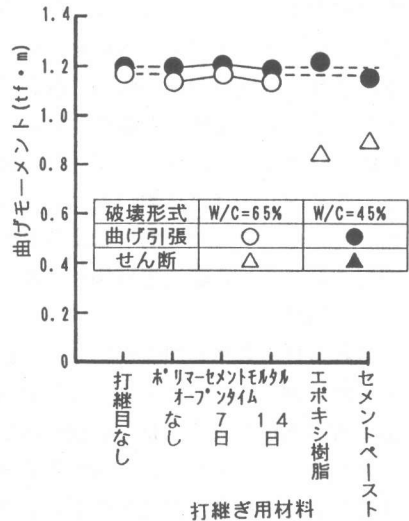


図-9 破壊時の曲げモーメント

たときの最大せん断応力度は、富配合コンクリートの方が大きいと考えられる。

ポリマーセメントモルタルを塗布したはりのせん断圧縮破壊耐力は、水平打継目で小さなせん断応力度で水平せん断破壊した場合を除くと、エポキシ樹脂を塗布したはりと同程度あるいはそれ以上となった。また、せん断圧縮破壊耐力が最も大きくなる時のオープンタイムは、コンクリートのW/Cにより異なり、W/Cが65%および45%のとき、それぞれ7日およびオープンタイムなしであった。

水平打継目を有する角柱供試体の曲げ強度は図-2に示している。ポリマーセメントモルタルを塗布したコンクリート自体の打継ぎ強度とRCはりごとを比較すると、コンクリートのW/Cが65%のときのもは、オープンタイムが7日のものが最も曲げ強度が大きく、はりのせん断破壊耐力と対応した。しかしながら、W/Cが45%となると、曲げ強度はオープンタイムが長くなるに従って大きくなり、はりの破壊時のせん断応力度とは異なった。またセメントペーストを用いた場合においても、コンクリートのW/Cが小さい方がコンクリート自体の打継ぎ強度は小さいのに対し、はりにおいては、せん断圧縮破壊耐力は大きい。このことは、曲げ強度を求めた時の作用応力の方向とはりのせん断圧縮破壊時における応力の方向が異なることも一因と考えられる。

5 結論

各種の打継ぎ用材料を用いて、鉛直打継目あるいは水平打継目をもつRCはりを作製し、それらの曲げ試験を行った。本実験の範囲内で、次のことがいえると思われる。

- ①鉛直打継目を有するはりの曲げひびわれ発生モーメントは、ポリマーセメントモルタルを塗布した場合に、オープンタイムを長くするほど大きくなる場合が多い。また、鉛直打継目を有する角柱供試体の打継ぎ強度の低下が、高強度コンクリートを用いた方が大きくなる傾向は、はりの曲げひびわれ発生モーメントにおいても認められた。
- ②鉛直打継目に曲げひびわれが卓越するために、打継目部分の引張鉄筋のひずみ、クリアランス量およびたわみは、打継目のないRCはりより大きくなる。このような品質低下は、打継ぎ用材料の種類と施工方法を適切に選定することにより改善できた。
- ③曲げ引張破壊モーメントは、鉛直打継目の有無および打継目の処理方法とは無関係にほぼ同程度となった。
- ④水平打継目を有するはりの多くは、新旧コンクリートが一体となったせん断圧縮破壊を生じた。そのときのせん断応力度は、打継目のないはりに比べ20~30%程度低下した。また、ポリマーセメントモルタルの塗布直後に打継いだりは水平打継目で破壊したが、打継目のないはりに比べて必ずしも小さいせん断応力度で破壊するとは限らなかった。

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金総合研究(A) (課題番号6330244 研究代表者 岡村 甫 東京大学教授) の分担研究として行った。

	W/C=65%	W/C=45%
斜めひびわれ発生時	△	▲
最大せん断応力度	○	●
設計せん断耐力	棒が'ラ白	棒が'ラ黒

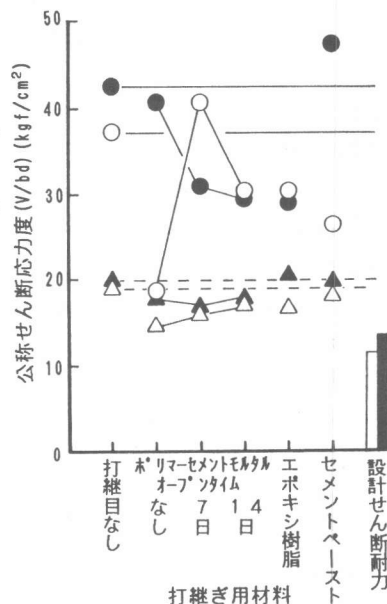


図-10 斜めひびわれ発生時および破壊時の公称せん断応力度