

論文 コンクリート打継部の付着性状に及ぼす打継部処理の影響に関する実験研究

高 英雄*1・清水憲一*2・能町 宏*3・宮崎祐三*4

要旨：打継ぎ部の付着性状に及ぼす打継ぎ処理の影響を検討するため、打継ぎ面の処理と湿潤状態及び養生の程度を変え、鉛直および水平打継ぎ部を持つ供試体の曲げ強度、中性化、超音波伝播速度などを試験し、打継ぎ面の骨材露出処理は付着強度を改善し中性化を抑制すること、打継ぎ面の散水の効果は少なく打継ぎ直前の散水は付着を低下させること、超音波試験による打継ぎ部の付着性状を評価できることを明らかにした。

キーワード：打継ぎ部, 付着, 曲げ強度, 非破壊試験, 中性化

1. まえがき

コンクリートの打継ぎ部の付着性状に関しては、国分^[1]、木沢^[2]ほか多くの研究があり、無処理の打継ぎ部の付着強度は一体打ちの1/2程度であり、脆弱部を取り除きペースト・モルタル等を塗布して打継いだ場合は大幅に改善されることが報告されている。打継ぎ部の耐久性に関しては浜田、岸谷^[3]が打継ぎ部の中性化の増加を報告し、高^[4]らは経年建築物の打継ぎ部の中性化と鉄筋の腐食を明らかにした。JASS 5でも打継ぎ面の脆弱部の除去と散水の規定があるが、断面が小さく鉄筋量の多い建築物ではペースト塗布等の処理は困難である。

2. 実験の目的及び概要

打継ぎ部の付着性状に及ぼす打継ぎ部の洗い出し処理と散水の効果を明らかにすることを目的として、無筋の曲げ供試体を用いて2シリーズの実験を行った。実験Ⅰでは打継ぎ部の処理方法と湿潤状態を要因とし、鉛直打継ぎ部及び水平打継ぎ部の曲げ強度と中性化を試験した。実験Ⅱでは打継ぎ処理、湿潤状態および養生を要因として曲げ強度と超音波伝播速度について試験した。

3. 使用材料および割合

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、実験Ⅰでは3銘柄を等量混合し、実験Ⅱでは1銘柄のみを使用した。骨材は表1に示す普通骨材を表乾状態で使用した。化学混和剤はリ

表1 骨材の試験結果

| 区分 | 種類 | 最大寸法 (mm) | 絶対比重 | 乾吸水率 (%) | 洗い損失量 (%) | 有機不純物 (%) | 粘土塊 (%) | 安定性損失量 (%) | 単位容積質量 (kg/ℓ) | 実積率 (%) | 粗粒率 (%) |
|-----|----|-----------|------|----------|-----------|-----------|---------|------------|---------------|---------|---------|
| 細骨材 | 砂 | 5 | 2.54 | 1.98 | 1.20 | 合格 | 0.1 | 0.9 | 1.74 | 68.2 | 2.74 |
| 粗骨材 | 碎石 | 20 | 2.63 | 0.72 | 0.10 | — | 0.0 | 2.4 | 1.56 | 59.3 | 6.63 |

表2 コンクリートの割合

| スランブ (cm) | 空気量 (%) | 水セメント比 (%) | 細骨材率 (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | 混和剤 (g/m ³) |
|-----------|---------|------------|----------|--------------------------|------|-----|-----|-------------------------|
| | | | | 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材 | |
| 18 | 4.5 | 60 | 48 | 180 | 300 | 848 | 938 | 3000 |

グニン系のAE減水剤標準形を使用した。コンクリートの割合は実験Ⅰ、Ⅱとも表2に示すようにスランブ 18 cm, 水セメント比 60%のAEコンクリートとした。

- *1 工学院大学教授 建築学科、博士(工学) (正会員)
- *2 工学院大学大学院 工学研究科建築学専攻 (正会員)
- *3 八洋コンクリートコンサルタント(株)技術センター 所長 (正会員)
- *4 八洋コンクリートコンサルタント(株)技術センター 課長

4. 実験Ⅰ 打継ぎ処理が打継ぎ部の付着と中性化に及ぼす影響に関する実験

4.1 実験の要因及び概要

実験の要因と水準を表3に示す。打継ぎ方向を鉛直打継ぎと水平打継ぎの2水準とし、鉛直打継ぎ部の処理方法5水準、水平打継ぎ部の処理方法4水準、打継ぎ部の湿潤状態3水準とし、打継ぎ部を持つ曲げ供試体の曲げ強度と促進試験による中性化を試験し、第2層と同時成形の一体打ちの供試体と比較した。

表3 実験の要因と水準(実験Ⅰ)

| 要因 | 水準数 | 水準 |
|-----------|-------|--|
| 打継ぎ方向 | 2 | ①鉛直打継ぎ ②水平打継ぎ |
| 打継ぎ面処理方法 | 鉛直打継ぎ | ①合板・無処理 ②オーバーレイ・無処理 ③合板・砂露出処理(遅延剤) ④合板・砂利露出処理(遅延剤) ⑤メタルラス・無処理 |
| | 水平打継ぎ | ①無処理 ②ワイヤブラシ処理 ③砂露出処理(遅延剤) ④砂利露出処理(遅延剤) |
| 打継ぎ部の湿潤状態 | 3 | ①無散水 ②散水後乾燥 ③散水湿潤 |

4.2 コンクリートの練混ぜおよび試験

練混ぜは、100ℓの強制練りミキサ、実験Ⅱでは60ℓの傾胴形ミキサを使用し、温度20℃に調整した材料を用いて行った。コンクリートの試験は、スランプ、空気量と温度20℃で水中養生及び湿空養生したφ10×20cm円柱供試体の材齢7日と28日の圧縮強度について行った。

4.3 平打ち鉛直打継ぎ供試体の試験

図1に示すように15×15×53cmの鋼製曲げ供試体型枠の中央部を合板、オーバーレイ合板とメタルラスの打継ぎ型枠で仕切り、打継ぎ面を処理するものはグルコン酸ナトリウム系の凝結遅延剤を含浸した不織布を仕切り合板に貼付した。含浸量は100g/m²と400g/m²の2段階とした。

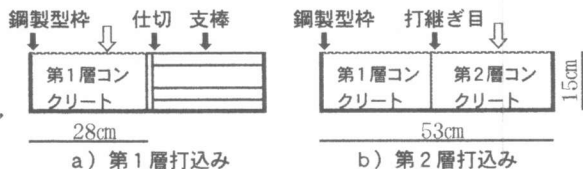


図1 鉛直打継ぎ供試体の作成方法

表4 鉛直打継ぎ面の処理と湿潤状態

| 記号 | 打継ぎ処理 | 処理方法 | 湿潤状態 | 吸水量 ¹⁾ |
|----|--|-----------------|-------|-------------------|
| V1 | 合板・無処理 | 表面無処理 | 散水後乾燥 | 0.027 |
| V2 | オーバーレイ・無処理 | 表面無処理 | 散水後乾燥 | 0.027 |
| V3 | 合板・砂露出処理 遅延剤(100g/m ²) | ブラシと水で2mm 削る | 散水後乾燥 | 0.018 |
| V4 | 合板・砂利露出処理 遅延剤(400g/m ²) | ブラシと水で6mm 削る | 散水後乾燥 | 0.018 |
| V5 | メタルラス・無処理 | 表面無処理 | 散水後乾燥 | 0.013 |

1) 散水直後の吸水量(g/cm²)

コンクリートは1層打ちとし、棒型振動機で5秒間締固めて第1層供試体を成形し、材齢1日脱型して打継ぎ面を表4の方法で処理した。無処理は型枠を取り外した状態のままとし、遅延剤処理はブラシと水で表面を約2mm(砂露出)と6mm(砂利露出)

を洗い出し処理した。第1層供試体は材齢14日まで20℃で湿空養生後、鋼製型枠に入れて第2層コンクリートを打設した。供試体数は一体成形は各3本、打継ぎ供試体は各2本とした。

打継ぎ面の湿潤状態は表4に示す通り、散水後乾燥は打継ぎ2時間前に打継ぎ面を深さ5cmまで5分間水に浸漬後自然乾燥した。

打継ぎ供試体は、材齢2日で脱型後、温度20℃で湿空養生し、同時に成形した打継ぎ無しの一体打ち供試体と共に材齢28日で3等分点法により曲げ強度を試験した。

4.4 縦打ち水平打継ぎ供試体の試験

図2に示すように、15×15×53cmの鋼製曲げ供試体型枠の端部を外し、長手面を合板で塞いで縦打ちで使用し、下半分まで第1層コンクリートを打設し、鉛直打継ぎ供試体と同様の方法で締固めて表面を木こてで均し、遅延剤処理のものは前記の凝結遅延剤を同じ2段階の量で表面に散布した。第1

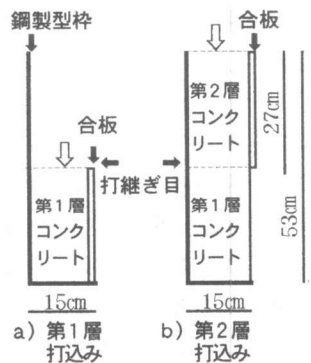


図2 水平打継ぎ供試体

層は1日で脱型し、ワイヤブラシ処理は表面約1mmを削り取って砂を露出させ、遅延剤処理は鉛直打継ぎと同様に洗い出した。

第1層供試体は前記と同様に20℃で湿空養生し、材齢14日で打継ぎ面を吸水させた後、再び鋼製型枠に入れて第2層を打設した。打継ぎ面の湿潤方法は表5に示す通りで、散水後湿潤については第2層の打込み直前の打継ぎ面に水を噴霧して再度湿潤化させた。第2層の打込み・締固めは第1層と同じ方法で行った。供試体の数、脱型・養生は鉛直打継ぎ供試体と同様である。

表5 鉛直打継ぎ面の処理と湿潤状態

| 記号 | 打継ぎ処理 | 処理方法 | 湿潤状態 | 吸水量 ¹⁾ |
|----|---------------------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| H1 | 無処理 | 表面無処理 | 無散水・散水後乾燥 | 0.027 |
| H2 | ワイヤブラシ処理 | ブラシで1mm削る | 散水湿潤 | 0.013 |
| H3 | 砂露出処理 遅延剤 (100g/cm ²) | ブラシと水で2mm削る | 散水後乾燥 | 0.017 |
| H4 | 砂利露出処理 遅延剤 (400g/cm ²) | ブラシと水で6mm削る | 散水後乾燥 | 0.017 |

1) 散水直後の吸水量 (g/cm²)

4.5 縦打ち水平打継ぎ供試体の試験

15×15×15cmのASTM付着強度試験用の鋼製型枠を使用し、半分に第1層を打設し、水平打継ぎ供試体と同様の方法で打継ぎ部を設けて第2層を打設した。打継ぎ後の供試体は、材齢14日まで20℃の湿空養生後直ちに、温度20℃、湿度60%R.H.、炭酸ガス濃度5%で28日間の促進中性化を行った後、割裂して打継ぎ部を露出し、フェノールフタレイン法で中性化深さを測定した。

4.6 試験結果

(1) コンクリートの試験結果

第1層と第2層に使用したコンクリートの試験結果を表6に示す。スランブは目標値より1.5cm程度大きく、空気量は目標通りであった。圧縮強度は標準水中養生・湿空養生ともに約300kgf/cm²で養生による差はなかった。

表6 使用したコンクリートの試験結果 (実験1)

| 層 | バッチNo. | スランブ (cm) | 空気量 (%) | コンクリート温度 (°C) | 圧縮強度 (kgf/cm ²) | | | |
|----|--------|-----------|---------|---------------|-----------------------------|------------|---------|----------|
| | | | | | 標準水中養生 7日 | 標準水中養生 28日 | 湿空養生 7日 | 湿空養生 28日 |
| 第1 | 1 | 18.5 | 4.5 | 21.0 | — | — | — | — |
| | 2 | 19.0 | 4.4 | 21.0 | 253 | 375 | 264 | 374 |
| | 3 | 18.5 | 4.5 | 21.0 | — | — | — | — |
| 第2 | 1 | 19.5 | 4.5 | 20.5 | — | — | — | — |
| | 2 | 19.5 | 4.5 | 20.0 | 249 | 359 | 258 | 355 |
| | 3 | 19.0 | 4.6 | 20.5 | — | — | — | — |

(2) 鉛直打継ぎ供試体の曲げ強度

供試体はすべて打継ぎ部で破断した。平打ち一体成形供試体の曲げ強度44.1kgf/cm²に対する鉛直打継ぎ供試体の曲げ強度の百分比を図3に示す。

曲げ強度比は、無処理打継ぎは14~20%で最も小さく、メタルラス打継ぎが57%で最も強度比が大きかった。

遅延剤による骨材の洗い出し処理により強度比は増大するが、6mm洗い出した粗骨材露出の場合でも強度比は約40%に過ぎず、洗い出し厚さ2mmとの差も少ない。

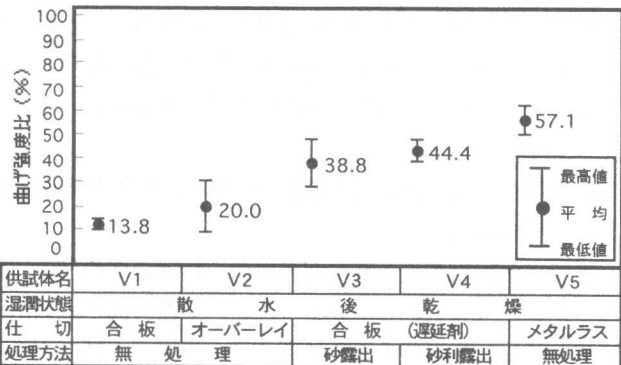


図3 鉛直打継ぎ供試体の曲げ強度比 (実験1)

(3) 水平打継ぎ供試体の曲げ強度

鉛直打継ぎと同様に供試体は、すべて打継ぎ部で破断した。縦打ち一体成形供試体の曲げ強度39.0kgf/cm²に対する水平打継ぎ供試体の曲げ強度比を図4に示す。無処理の打継ぎの場合の強度比は36~63%で鉛直打継ぎより大きい。打継ぎ面の処理により更に20%程度増大する。ワイヤブラシと遅延剤による骨材洗い出しとの差及び砂露出と砂利露出の差は認められなかった。

打継ぎ面の湿潤の効果は、無処理打継ぎではかなり大きいですが、表面処理したものは乾燥と湿潤の差はなく、特に打継ぎ直前の水の噴霧で再湿潤させたものはかえって強度が低下した。

(4) 中性化の試験結果

水平打継ぎ供試体の打継ぎ部と標準部の中性化深さを図5に示す。打継ぎ部の中性化は標準部より極めて大きく、既往の報告^{[3] [4]}と一致している。曲げ強度と傾向が異なり、打継ぎ処理の効果は大きく、打継ぎ部の中性化は無処理打継ぎに比較して打継ぎ処理の効果大きい。打継ぎ面の乾燥と湿潤の差は少ない。

4.7 実験結果のまとめ

曲げ強度による打継ぎ部の付着性状の比較では、打継ぎ部の強度低下は大きく、特に鉛直打継ぎで著しい。鉛直打継ぎでは打継ぎ方法による差が大きく、メタルスが最も優れており、合板型枠を用いて無処理の打継ぎでは付着が期待できず、遅延剤による洗い出し処理の効果も少ない。水平打継ぎでは打継ぎ面の処理の効果があるが、砂露出と砂利露出の差はない。打継ぎ面の湿潤の効果は少なく、打継ぎ直前に散水した場合には却って付着が低下した。中性化は打継ぎ部で著しく増大するが、打継ぎ面処理による改善効果は大きい。

5. 実験II 打継ぎ処理と養生が打継ぎ部の付着と超音波伝播速度に及ぼす影響に関する実験

5.1 実験の目的

実験Iの結果から、無処理の場合の打継ぎ部の付着の低下と中性化の増大、及び打継ぎ面の処理の効果大きいことが分かったが、打継ぎ面への散水による付着性状の改善効果は少なかった。このため、打継ぎ部の表面処理と散水の程度、打継ぎ後の養生を要因として、水平打継ぎ部の付着性状について曲げ強度と超音波伝播速度を特性値として実験を行った。

5.2 実験の要因および概要

実験の要因と水準を表7に示す。打継ぎ処理2水準、湿潤状態3水準及び打継ぎ後の養生方法2水準とし、水平打継ぎ部を持つ曲げ供試体の曲げ強度と超音波伝播速度を試験し、打継ぎ無しの供試体と比較した。

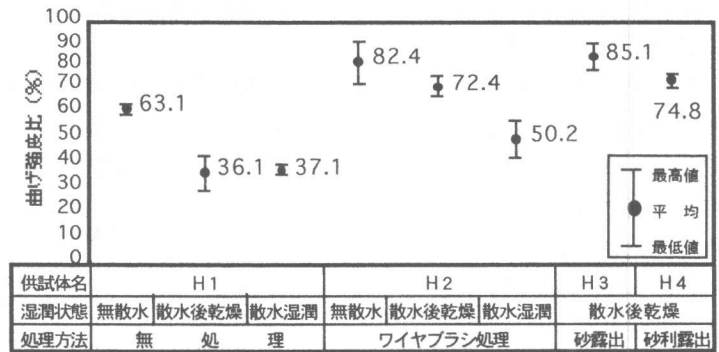


図4 水平打継ぎ供試体の曲げ強度比 (実験I)

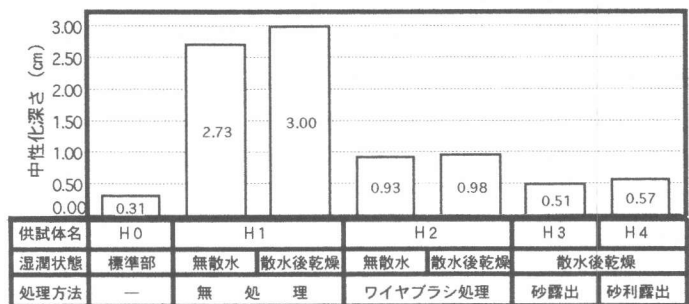


図5 水平打継ぎ供試体の中和化 (実験I)

表7 実験の要因と水準 (実験II)

| 要因 | 水準数 | 水準 |
|-----------|-----|-------------------|
| 打継ぎ方向 | 1 | ①水平打継ぎ |
| 打継ぎ面 | 2 | ①ワイヤブラシ処理 |
| 処理方法 | | ②砂利露出処理 (凝結遅延紙) |
| 打継ぎ部の湿潤状態 | 3 | ①無散水 ②散水後乾燥 ③散水湿潤 |
| 打継ぎ後の養生方法 | 2 | ①乾燥養生 ②水中養生後乾燥養生 |

5.3 コンクリートの練混ぜおよび試験

コンクリートの練混ぜは実験Ⅰと同様の方法で行い、スランプ、空気量及び材齢7日、28日の標準水中養生圧縮強度の試験を行った。

5.4 水平打継ぎ供試体の作成及び養生

型枠、第1・2層の打設及び脱型は実験Ⅰの水平打継ぎと同じ方法とした。実験Ⅰと同様にワイヤブラシの砂露出と遅延剤による粗骨材洗い出し処理を行い、遅延剤による洗い出しは打継ぎ面にオキシカルボン酸系遅延剤を含浸した遅延紙を使用した。打継ぎ処理後の第1層供試体は、材齢14日まで温度20℃、湿度60%R.H.の気中で養生した。打継ぎ面は打継ぎの3時間前から霧吹きで10分毎に水を噴霧し、散水後乾燥では打継ぎ2時間前に散水を打ち切り、散水湿潤は打継ぎ直前まで散水を継続して湿潤状態を保った。打継ぎ後の養生は7日間20℃水中養生後に20℃気中養生と脱型直後から気中養生の2水準とした。表8に水平打継部の処理と湿潤状態を示す。打継ぎ面の吸水量は実験Ⅰより多くなっている。

5.5 非破壊試験および曲げ強度試験

(1) 超音波伝播速度の測定

超音波パルス速度式の非破壊試験機を使用し、材齢28日で曲げ強度試験前に、図6に示すように供試体の両端で測定する直接法^[5]と打継ぎ部をはさんで測定する間接法^[5]の2種類の方法で超音波伝播速度を測定した。間接法の測定距離(伝播距離)は10~45cmとした。

(2) 曲げ強度試験

超音波伝播速度の試験後、材齢28日で3等分点法で曲げ強度を試験した。

5.6 試験結果及び考察

(1) 使用したコンクリートの試験結果

第1層と第2層に使用したコンクリートの試験結果を表9に示す。

(2) 打継ぎ部の曲げ強度の試験結果

一体成形供試体の曲げ強度38.2kgf/cm²に対する打継ぎ供試体の曲げ強度比を図7に示す。打継ぎ後気中で乾燥養生した場合の強度比はやや低いが、ワイヤブラシ処理と遅延剤による骨材洗い出し処理の関係はほぼ同様であった。散水による打継ぎ部の付着強度の増加は少なく、特に散水・乾燥後に再び散水した場合の強度比が最も小さい。打継ぎ後の水中養生による強度比の増加は顕著であり、特に散水後乾燥状態で打継ぎ、以後水中養生した場合の強度比が最も大きい。

(3) 打継ぎ供試体の超音波伝播速度

超音波伝播速度から求めた一体打ち供試体の音速に対する打継ぎ供試体の音速の百分比と曲げ強度比の関係を図8に示す。間接法では曲げ強度比との相関性が最も高かった伝播距離45cm(打継ぎ部からの距離22.5cm)の音速比を示した。ばらつきが大きく、相関係数は一般の圧縮強度と音速の関係式^[5]より小さいが、打継ぎ部の付着性状の評価に用いることが可能と考えられる。

表8 水平打継部の処理と湿潤状態(実験Ⅱ)

| 記号 | 打継ぎ処理 | 処理方法 | 湿潤状態 | 吸水量 ¹⁾ |
|----|----------|-----------------|-------|-------------------|
| h1 | ワイヤブラシ処理 | ワイヤブラシで1mm | 散水後乾燥 | 0.13 |
| | | 削る | 散水湿潤 | 0.24 |
| h2 | 砂露出処理 | 遅延紙とブラシと水で5mm削る | 散水後乾燥 | 0.09 |
| | | | 散水湿潤 | 0.16 |

1) 散水直後の吸水量 (g/cm²)

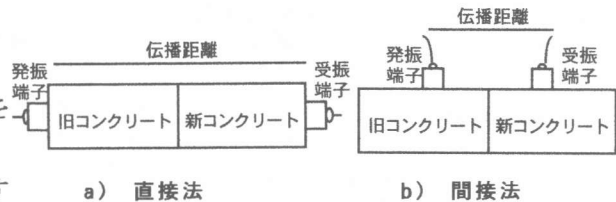


図6 超音波法の非破壊試験方法

表9 コンクリートの試験結果(実験Ⅱ)

| 種類 | 層 | スランプ (cm) | 空気量 (%) | コンクリート 温度(℃) | 圧縮強度 (kg f/cm ²) | |
|--------|----|--------------|------------|-----------------|------------------------------|-----|
| | | | | | 7日 | 28日 |
| ワイヤブラシ | 第1 | 19.0 | 3.5 | 18.5 | 239 | 292 |
| | 第2 | 18.0 | 4.1 | 15.0 | 223 | 345 |
| 凝結遅延紙 | 第1 | 18.5 | 4.1 | 15.0 | 239 | 359 |
| | 第2 | 18.0 | 4.1 | 14.0 | 255 | 371 |

注) スランプ、空気量、コンクリート温度は、3バッチの平均とする。

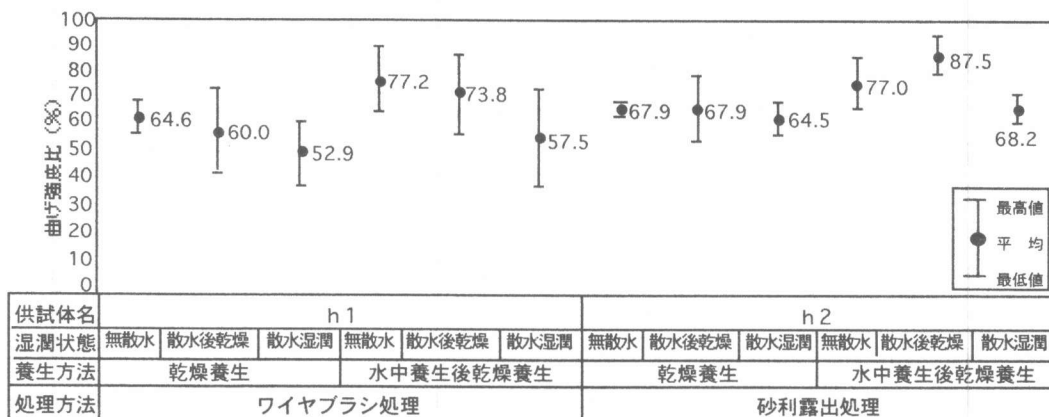


図7 打継ぎ供試体の曲げ強度験結果（実験II）

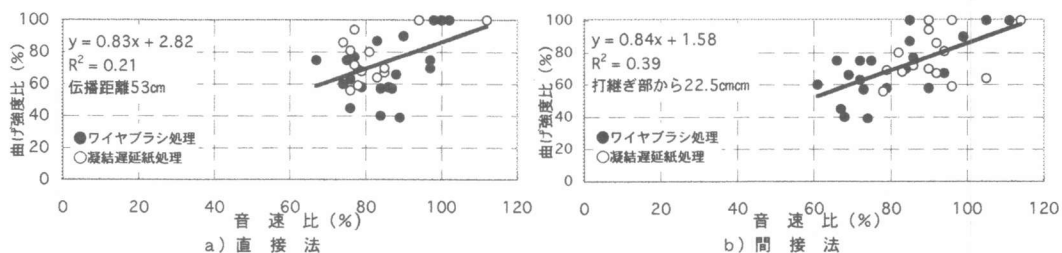


図8 打継ぎ部の超音波伝播速度比と曲げ強度比の関係（実験II）

5.7 実験結果のまとめ

水平打継ぎ部の曲げ強度は、打継ぎ面を散水により湿潤状態とした場合が最も小さく、また打継ぎ後の湿潤養生が不十分な方が小さかった。散水による付着が低下する現象については、さらに研究を続けて、次の機会に報告したい。

6. まとめ

打継ぎ部の付着性状に及ぼす打継ぎ面の処理の影響に関する実験から以下のことがわかった。

- (1) 無処理の打継ぎの場合の打継ぎ部の付着の低下は大きく、特に鉛直打継ぎの低下が大きい。
- (2) 打継ぎ面の骨材露出などの打継ぎ部処理により打継ぎ部の曲げ強度は改善される。
- (3) 散水による打継ぎ部の付着の改善効果は少なく、打継ぎ直前の散水は付着の低下が大きい。
- (4) 打継ぎ部の中性化は極めて大きい、打継ぎ部の表面処理により大きく改善される。
- (5) 打継ぎ部の超音波伝播速度と曲げ強度の間の相関係数は小さいが、測定の精度を高めれば非破壊試験による打継ぎ部の付着性状の評価に用いることができると考えられる。

〔参考文献〕

- [1] 国分：新旧コンクリート打継目に関する研究，土木学会論文集第8号，1941.12
- [2] 木沢，清水：コンクリートの打継部における強度，建築学会論文報告集，No.60,1958.10
- [3] 岸谷：鉄筋コンクリートの耐久性，鹿島建設技術研究所出版部，1963年
- [4] 福士，友沢，高，和泉：RC構造物の耐久性，セメント・コンクリート，No.422,1982.4
- [5] コンクリートの非破壊試験法研究委員会報告書，日本コンクリート工学協会，1992.3