

新旧コンクリートの打継目に関する研究

正員 工学博士 國分 正胤*

TESTS ON CONSTRUCTION JOINTS OF CONCRETE

By Dr. Eng. Masatane Kokubu, C.E. Member

Synopsis This paper describes the results of series of tension and flexural strength tests of horizontal and vertical construction joints in concrete works. The relative efficiencies of the various methods are discussed. It is concluded that hundred per cent efficiency will certainly be obtained when the old concrete is made free from segregation and cured satisfactory, and the new concrete is revibrated suitably after placed.

概要 本文は、各種の方法で施工した新旧コンクリートの水平ならびに鉛直打継目の引張強さ係数および曲げ強度を求め、これ等を打継目を有しない供試体の引張強さ係数および曲げ強度と比較した実験結果を述べ、この実験結果に基づいて打継目の施工法を論じ、打継目を構造物の弱点とならぬように施工するためには、まず、材料の分離ができるだけ少いように旧コンクリートを造つて十分に養生し、在来の方法で入念に打継いたのち、適当な時期に振動を与えて再び締固めることが必要であること、等を結論としたものである。

目 次

第1章 緒 論	2
第2章 使用材料	3
第3章 コンクリート	3
第4章 供試体の製造および養生	4
第5章 試験方法について	5
第6章 水平打継目の曲げ強度に関する実験およびその結果	9
第7章 水平打継目の引張強さ係数に関する実験およびその結果	11
第8章 鉛直打継目の曲げ強度に関する実験およびその結果	14
第9章 鉛直打継目の引張強さ係数に関する実験およびその結果	15
第10章 打継ぎ面における旧コンクリートの品質ならびに養生方法と打継目の強度との関係	17
第11章 打継ぎ面を処理する時期、打継ぐ時期、および打継ぎ面の処理方法、と打継目の強度との関係	17
第12章 打継ぎの方法ならびに新コンクリートの締固め方法と打継目の強度との関係	18
第13章 新コンクリートの打込み高さ、と打継目の強度との関係	21
第14章 結 論	21

* 東京大学教授、第一工学部土木工学科教室

第1章 緒 論

コンクリート構造物を造る際、コンクリートは通常連続して打つ様につとめるが、大きい構造物の場合に全体のコンクリートを連続して打終ることは経済的でないのみならず、コンクリートの容積変化、および温度上昇を最小にする必要から、連続して打つことを禁ずる場合もある。通常の工事に於ても、材料の準備および型枠の都合、混合施設的能力、降雨、等のため、やむを得ずコンクリート打ちを中止する場合もある。従つて、コンクリート打ちを適当な箇所で中止し、打つたコンクリートが硬化した後、新しいコンクリートを打継ぐことがしばしば必要である。

この新旧コンクリートの打継目は構造物の弱点となるもので、施工法が余程良くないと、構造物の強度、耐久性、水密性および外観を著しく損ずるのである。弱い打継目ができて居れば、構造物が設計荷重のみを受ける場合でも打継目から構造物が破壊することが起り得るし、構造物の不等沈下や、コンクリートの容積変化等によつて打継目が容易に破壊することも考えられる。また、打継ぎ部が水密でなければ、そこから水が浸入して、コンクリート構造物の耐久性を減じたり、鉄筋をさびさせたりする。これは海水や特殊の塩類を含む水に接した構造物に於て重大なことである。なお、打継ぎ部に燻花を生じて、構造物を極めて見苦しくする場合もある。従來の例によると、地震、爆撃、洪水等のために倒れた橋脚、橋台等は殆んど常に打継目から破壊して居り、また貯水槽壁その他からの漏水の大部分は打継目から起つて居るが、これは打継目の施工が極めて重要であることを示すものである。

打継目の強度、水密性および耐久性に関しては、従來各国の学者によつて研究が積まれて來た。即ち、吉田徳次郎⁽¹⁾、G. Robinson⁽²⁾、N. Davey⁽³⁾、H. Brandt⁽⁴⁾、K. Hager⁽⁵⁾、R. E. Davis⁽⁶⁾、C. E. Wuerpel⁽⁷⁾、B. W. Steele⁽⁸⁾、の諸氏は打継目に関し有益な論文を発表して居る。

これらの研究および諸現場に於ける経験に基づいて、各国共に、打継目の設計法並びに施工法を規定し、これを嚴守すれば、大体に於て安全に構造物を造り得る域に達して居る。然し通常の場合は、入念に施工した打継目でも、その強度、水密性および耐久性が、一般に、打継目のないものよりも劣ることは事實である。

従來の諸研究の大部分は水平打継目に関するもので、鉛直打継目に関する研究は極めて少い。また諸研究に於て対象とした強度は圧縮強度および曲げ強度であつて、引張強度に就て研究したものは殆んどない。なお、打継目の各種施工法が、打継目の強度に及ぼす影響についても、未だ不明の点が多い。

本論文は、昭和21年夏から昭和23年末に至る間に東京大学第一工学部土木教室に於て、打継目の強度を研究した成果をとりまとめたもので、打継目の引張強度と密接な關係を有する引張強さ係数を試験して、打継目の強度を論ずると共に、打継目の曲げ強度に就ても研究した。

また、水平打継目のみならず、鉛直打継目に就ても研究し、或る施工條件の下に造られた打継目の強度が、打継目のないものの強度より弱くなる割合を実験によつて求めると共に、その弱くなる理由を明らかにした。そしてこれらの結果に基づき、打継目の施工法に関する一提案を行つたものである。

本研究の実施に當つては、文部省より科学研究費交付金を受け、吉田徳次郎先生よりは終始御懇篤なる御指導、御鞭撻を賜つた。茲に謹んで厚く御礼申上げる。

-
- (1) 吉田徳次郎、「新旧混凝土の接合に就て。」、大正12年6月、土木学会誌
吉田徳次郎、「再び新旧コンクリートの接合に就て。」、昭和5年3月、土木学会誌
 - (2) Hector St. George Robinson, "Experiments on the Adhesion of Old and New Concrete." Concrete & Const. Eng. Mar. 1913.
 - (3) Norman Davey, "Bonding New Concrete to Old." Building Research Bul. No. 9, 1930,
 - (4) H. Brandt, „Beitrag zum Problem der Arbeitsfugen im Beton.“ Der Bauing., 1931 Heft 36.
 - (5) K. Hager und E. Nanning, „Versuche zur Feststellung der Scherfestigkeit und der Wasserdichtigkeit des Betons in den Arbeitsfugen bei verschiedener Fugenbehandlung.“ Deut. Ausschuss für Eisenbeton, Heft 69, 1931.
 - (6) R. E. Davis and H. E. Davis, "Bonding of New Concrete to Old at Horizontal Construction Joints." Journal Amer. Concrete Inst., May-June 1934.
 - (7) C. E. Wuerpel, "Tests of the Potential Durability of Horizontal Construction Joints." Journal Amer. Concrete Inst., Jan. 1939.
 - (8) Byram W. Steele, "Construction Joints." Proc. Amer. Soc. Civil Engrs., May 1940.

第2章 使用材料

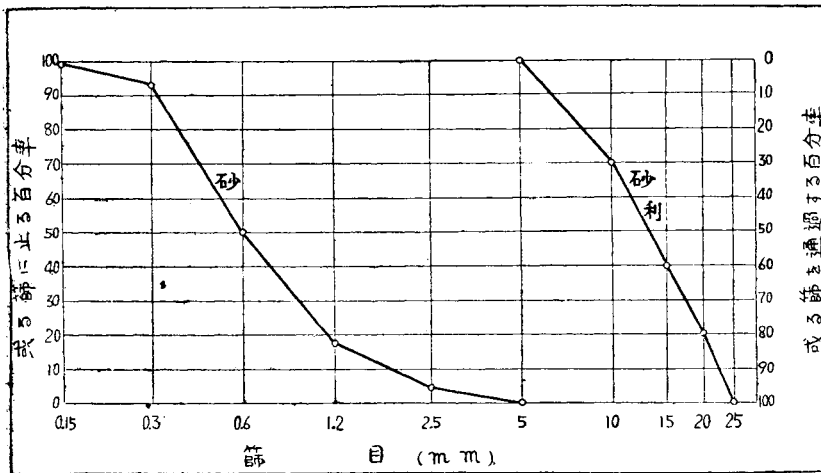
実験に用いたセメントは秩父ポルトランドセメントで、その試験成績は表-1の如くであり、材令28日の圧縮強度は319kg/cm²であつた。

砂は荒川(秋ヶ瀬附近)産のものである。石質は、硬砂岩であるが、一部石英質のものが混じて居た。その比重は2.62、吸水量は1.9%、粗粒率は2.6、単位容積重量は1.620kg/m³であり、篩分け試験結果は図-1の如くである。砂の使用に当つては、室内乾燥状態のものへ、これが表面乾燥飽和状態となるに必要な吸水量に相当する水を加えて約15分間放置し、表面乾燥飽和状態として用いた。

砂利は富士川上流(身延附近)産

であつて、その大部分は硬砂岩及び珪岩より成り、一部に風化した石英粗面岩および軽石が混じていた。この使用に当つては、風化した石英粗面岩および軽石は取り除いた。なお、粒度を一定にするため、予め篩分けたものを一定の割合に配合して用いた。その粒度はA. S. T. M.⁽¹⁾に規定する範囲の中央のものとした。即ち図-1の如くである。最大寸法は、用いた型枠の形状および寸法を考慮して25mmと定めたのであるが、実験の対象を通常のコンクリート工事に置いたから、この大きさのもので十分に目的を達成し得ると思

図-1 用いた砂および砂利の篩分け曲線



う。砂利の比重は2.62、吸水量は1.2%、粗粒率は6.9、単位容積重量は1.700kg/m³であつて、十分に吸水した粒の表面を布でふき、表面乾燥飽和状態として用いた。

水は東京大学第一工学部土木教室の井戸水を用いた。実験期間中の井戸水の温度は16.5~18.5°Cであつた。

第3章 コンクリート

実験に用いたコンクリートの品質は、中庸の気候の土地に造られる通常の構造物に於けるものをめやすとした。ただし、一部の試験に於ては、従来広く用いられた、容積調合比1:2:4のコンクリートを用いた。

水セメント重量比は構造物の耐久性から要求される普通の値とし、0.53および0.60とした。スランプは比較

表-1 用いた秩父ポルトランドセメントの試験成績

比重	3.10								
粉末度	1.0%								
凝結	気温	湿度	水温	水量	始発	終結			
	19°C	80%	18°C	28%	1時5分	4時25分			
膨脹ひわれ	煮沸法による。異状なし。								
強度	フロー	平均養生温度 (°C)		曲げ強度 (kg/cm ²)			圧縮強度 (kg/cm ²)		
		3日	7日	3日	7日	28日	3日	7日	28日
	202	3日 22.1 7日 21.6 28日 21.2	31.6	46.2	56.9	117	208	319	
化学成分 (%)	酸化石灰	珪酸	アルミナ	酸化鉄	無水硫酸	マグネシア	強熱減量	不溶解残渣	合計
	62.04	20.60	4.50	3.83	2.45	1.01	3.50	1.42	99.35
備考	標準砂は九味浦砂を用いた。								

を一定の割合に配合して用いた。その粒度はA. S. T. M.⁽¹⁾に規定する範囲の中央のものとした。即ち図-1の如くである。最大寸法は、用いた型枠の形状および寸法を考慮して25mmと定めたのであるが、実験の対象を通常のコンクリート工事に置いたから、この大きさのもので十分に目的を達成し得ると思

(1) American Society for Testing Materials.

の大きい断面を有する構造物に於ける代表的のコンクリートとして、手突きで締固める場合にたいし 10 cm とし、振動機で締固める場合にたいし 3 cm とした。比較的小さい断面を有する構造物に於ける代表的のコンクリートにたいし其のスランプを 15cm とした。

粗細骨材重量比、およびコンクリート 1m³ に用いる水量は、以上の様なスランプを得る場合に、夫々セ

メント ベーストの使用量が最小となる様に、試的方法によつて定めた。即ち表-2の如くである。なお、このほかに水セメント重量比 0.67, 容積調合比 1:2:4 のコンクリートを用いた。

これらのコンクリートのセメント水重量比と、材令 28 日の圧縮強度 (σ_{28}) との関係は、次の式で表わされる。

$$\sigma_{28} = -377 + 377 \frac{c}{w} \text{ kg/cm}^2 \quad \left(\text{こゝに、} \frac{c}{w} \text{ はセメント水重量比である。} \right)$$

第 4 章 供試体の製造および養生

第 1 節 概 説

供試体の形状、寸法は次に述べる 4 種で、旧コンクリートの打継ぎ面を所定の方法で処理した後に、型枠を組んで新コンクリートを打継いで造つた。

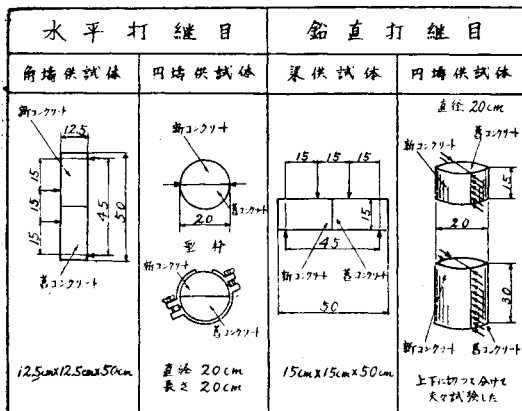
打継目を有する供試体の新コンクリートと、打継目を有しない供試体のコンクリートとを同じ日に打込み、これらの供試体は全く同様にこれを養生した。これは、打継目を有する供試体の強度と、打継目を有しない供試体の強度との比を求めて研究しようと考えたからである。

第 2 節 水平打継目の供試体の製造

水平打継目の試験に用いた供試体は、高さの中央に打継目を有する 12.5 cm × 12.5 cm × 50 cm の角隅供試体および、直径と軸とを含む面を打継ぎ面とする直径 20 cm, 長さ 20 cm の円筒供試体である (図-2 参照)。

角隅供試体の製造に用いた型枠は、内面寸法 12.5 cm × 12.5 cm × 50 cm の鋼製の箱であつて、高さの中央から上下に 2 分し得るものである。供試体の製造に当つては、下半部の型枠へコンクリートを詰めて 12.5 cm × 12.5 cm × 25 cm の旧コンクリートを造つたのち上半部の型枠を組んで新コンクリートを打継いだ。この型枠は、あり合せの山形鋼に加工して製作したものであるが、用いた砂利の最大寸法が 25 mm であるから、この寸法のもので十分に試験の目的を達成し得た。

図-2 供試体の形状、寸法および載荷方法



の型枠は、あり合せの山形鋼に加工して製作したものであるが、用いた砂利の最大寸法が 25 mm であるから、この寸法のもので十分に試験の目的を達成し得た。

水平打継目の試験に用いた、円筒供試体用の型枠は、直径 20 cm, 高さ 40 cm の圧縮強度試験用型枠の上面に蓋を付け、側面を巾約 6 cm 切り取つたもので、これを横にすえ、切り開いた隙間からコンクリートを詰める様にしたものである。なお、この型枠を分解するとき、その側面が 1 箇の半円断面の部分、および 2 箇の小円弧断面の部分にわかれるように加工したのである。供試体の製造に当つては、

表-2 実験に用いたコンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	水セメント重量比	コンクリート 1m ³ に用いるセメント量 (kg)	コンクリート 1m ³ に用いる水量 (kg)	粗細骨材重量比	重量調合比	容積調合比
25	10	0.53	330	175	1.60	1:2.19:3.50	1:2.03:3.09
25	10	0.60	292	175	1.60	1:2.52:4.04	1:2.33:3.56
25	15	0.60	313	188	1.50	1:2.38:3.57	1:2.20:3.15
25	3	0.60	277	166	1.60	1:2.72:4.35	1:2.52:3.84
25	*	0.67	282	189	2.10	1:2.17:4.55	1:2:4

備考

* このコンクリートは、スランプコーンを引き上げたときに、コンクリートが崩れた。

円断面の型枠にコンクリートを詰めて、半円嚮形の旧コンクリートを造り、旧コンクリートの打継ぎ面を所定の方法で処理した後に、上半部の型枠を組み、旧コンクリート面を水平にして、新コンクリートを打継いだ。供試体の長さを 20 cm としたから、供試体の製造に当つては、型枠内部に予め仕切りをしておいて、コンクリートを詰めた。新旧コンクリートは共に半円嚮形であるので、その隅の厚さは小となる。従つて実験上から、供試体の直径は大きいのが望ましい。そこで直径を 20 cm に選んだのである。供試体の長さを 20 cm に選んだのは、試験機の加圧板の大きさに合せたのである。

第3節 鉛直打継目の供試体の製造

鉛直打継目の実験に用いた供試体は、長さの中央に打継目を有する 15 cm×15 cm×50 cm の梁供試体、および、直径および円嚮の軸を打継ぎ面とする直径 20 cm、高さ 15 cm 或いは 30 cm の円嚮供試体である(図-2 参照)。

梁供試体の製造に用いた型枠は 15 cm×15 cm×50 cm の曲げ強度試験用型枠であつて、その中央に予め仕切りをしておいて、15 cm×15 cm×25 cm の旧コンクリートを造つた。旧コンクリートを打込んでから 24 時間後に、新コンクリートを打継いだ。

鉛直打継目の試験に用いる梁供試体の横断面は 15 cm×15 cm であるのに、水平打継目の試験に用いる角嚮供試体の断面は 12.5 cm×12.5 cm であつて、断面寸法が違つているが、打継目の強度を論ずる場合には、常に打継目の曲げ強度と、打継目を有しない梁供試体又は角嚮供試体の曲げ強度との比によつたから、梁供試体の試験結果と、角嚮供試体の試験結果とを比較する場合に、両者に於ける断面寸法の差異は考慮しないことにした。

鉛直打継目の試験に用いた円嚮供試体の型枠は、直径 20 cm、高さ 40 cm の圧縮強度試験用型枠である。型枠の中に、直径と軸とを含む面に仕切りを入れておいて、15 cm 或いは 30 cm の高さにコンクリートを打込んだ。旧コンクリートを打込んでから 24 時間後に、残り半分の新コンクリートを打継いだ。供試体の直径を 20 cm としたのは、第2節に述べたと同じ理由によるものであり、高さを 15 cm としたのは、コンクリートの打込み高さを、梁供試体と同じくする爲である。高さ 30 cm の円嚮供試体は、これをワイヤーソーで中央から切断し、高さ 15 cm づきの 2 個の供試体として夫々試験した。円嚮供試体の高さを 15 cm としても、用いた粗骨材の最大寸法が 25 mm であるから第5章に述べる如く、その試験結果は十分に信頼し得るものである。

また、円嚮供試体の軸方向の長さは、水平打継目の場合は 20 cm であり、鉛直打継目の場合には 15 cm である。供試体の寸法にこの程度の差があつても、正しい円嚮供試体を正確に試験機へ据えれば、試験結果に及ぼす寸法の差は極めて小さい。なお、試験結果は常に、打継目を有する場合の強度と打継目を有しない場合の強度との比で論じたから、水平打継目の試験結果と鉛直打継目の試験結果とを比較する場合に、供試体寸法の差は考慮しなかつた。

第4節 供試体の養生

製造した供試体は、1～3日間空気に置き、脱枠に支障ない程度にコンクリートが硬化した後、丁寧に型枠をはずして直ちに水槽へ入れ、試験の時期まで養生した。供試体を造つてから脱枠するまでの日数は、コンクリートの配合、打継ぎの方法、室温、型枠分解の易さの程度等、を考慮して、十分安全に脱枠し得る様に定めたのである。

実験した期間内において、用いた水の温度は 16.5～18.5°C、室温は 15.5～26.5°C、養生水温は 19.9～22.1°C であつた。養生水槽に入れる水は、水道の水を用いると盛夏には 26°C にもなり、養生温度を 21°C 附近に保つことが出来なくなるので、井戸水を用いた。

第5章 試験方法について

第1節 試験方法

新コンクリートの材令 28 日に於て、供試体を養生水槽から取り出して直ちに試験した。

試験は東京大学第一工学部土木教室備付の、アムスラー会社製 30 ton 万能材料試験機である。

供試体 4 個の試験値の平均値を試験値とした。

水平打継目の試験をする角嚮供試体、および、鉛直打継目の試験をする梁供試体は、そのスパンを 45 cm とし、スパンの 3 等分点の 2 点に、毎分 9 kg/cm² の割合で載荷して、曲げ強度を求めた。

角嚮供試体は、地震、土圧、水圧等の横荷重を受ける構造物に於ける、水平打継目の曲げ強度を知る爲の供試体

であり、梁供試体は前同様の横荷重を受ける構造物に於ける、鉛直打継目の曲げ強度を知る爲の供試体である。

3等分点載荷法を用いたのは、打継目附近に於て曲げ強度が最小となる断面を求めると共に、その最小曲げ強度を求めようと考えたからである。

打継目を有する供試体の曲げ強度と、打継目を有しない供試体の曲げ強度との比に基いて各種打継目の強度を比較検討した。

水平および鉛直打継目の試験に用いた円筒供試体は、赤沢氏の方法⁽¹⁾によつて試験した。即ち、打継目を中央にして、**図-3**の様に荷重を加えて破壊荷重を求め、次の式から引張強さ係数を算出した。

$$\sigma = \frac{2P}{\pi DL}$$

ここに σ =引張強さ係数、 D =供試体の直径、 L =供試体の長さ、 P =破壊荷重

荷重速度は、これを角筒供試体および梁供試体の場合の荷重速度毎分 9 kg/cm² に対応させれば、毎分約 5 kg/cm² とすべきであるが、この試験方法は荷重速度が大となると誤差が大きくなるように思われるので、角筒供試体および梁供試体の場合の約 2/3 とし、毎分 3.6 kg/cm² で試験した。

打継目を有する円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しない円筒供試体の引張強さ係数との比を求め、この比に基いて各種打継目の強度を比較検討した。

角筒および梁供試体と円筒供試体とでは、その形状寸法、試験方法共に異つているが、何れの場合にも、打継目を有する供試体の強度と打継目を有しないものゝ強度との比を基にすれば、角筒および梁供試体で示される強度と円筒供試体で示される強度とを比較検討することができるわけである。

実験期間中に養生温度は第4章第4節に述べた如く変化した。然し、供試体の製造に当つては、第4章第1節に述べた如く、常に、打継目を有する供試体の新コンクリートと打継目を有しない供試体のコンクリートとを同じ日に打込み全く同様に養生したのち、試験して、それらの強度の比について論じたから、本実験の範囲内では、養生温度の変化や貯蔵中におけるセメントの若干の品質低下等に対して各試験値の補正を行う必要は無いと思われる。

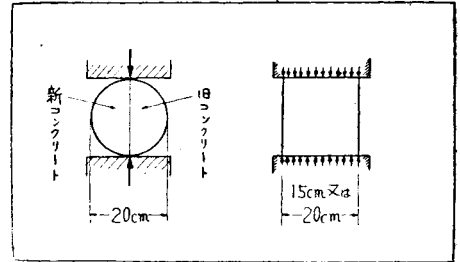
第2節 引張強さ係数の試験方法の信頼度

相当な注意を拂つて施工した打継目を有するコンクリート構造物に於て、これが打継ぎ面に対して垂直な圧縮力を受ける場合には、打継目がその構造物の強さに及ぼす影響は極めて小さい。この事は吉田徳次郎先生の研究⁽²⁾によつても明らかである。従つて、打継目の強度は、その引張強度について論ずるのが適当であることは明白である。

打継目の引張強度を求めるためには、打継目を有する角筒或は梁を引張つて試験すべきであるが、その試験は非常に困難である。諸学者の従來の研究を調べてみても、コンクリートの引張強度に関する研究は極めて少く、コンクリートの打継目の引張強度に関する研究は全然見当らない。これはその困難さを物語るものである。この困難な引張強度試験を実施する代りに、赤沢氏の方法を応用したのである。

弾性体の円筒の側面を**図-3**の如くに上下から圧縮する場合、荷重が直線荷重として作用すれば、円筒の鉛直断面の大部分には、齊等な引張応力が作用し、その引張応力度は第1節に記した計算式によつて与えられる。コンクリートは完全な弾性体ではないから、コンクリートの円筒供試体を上下から圧縮する場合、コンクリートが破壊するまで荷重が直線荷重として作用したと仮定しても、この計算式から求めた応力度が、コンクリート内に生ずる応力度を正確にあらはすとは言えない。また、コンクリートの円筒を上下から圧縮すれば、加圧板に接するコンクリートは変形し、荷重は或る巾の間に分布する。荷重が或る巾に分布するときには、中央鉛直断面に於て引張応力の作用する区域は、直線荷重の場合より狭くなり、引張応力度はもはや一定の値とはならないで、中心部で大きく、上下両端に近づくに従つて減少する。故に理論的には、第1節に記した計算式でコンクリートの引張

図-3 打継目の引張強さ係数の試験方法



(1) 赤沢常雄、「コンクリートの圧縮による内部応力を求める新試験法(圧裂強度試験法に就て)(其の一)」昭和18年11月、土木学会誌

(2) 吉田徳次郎、「再び新旧コンクリートの接合に就て」、昭和5年3月、土木学会誌

応力度を求めることはできない。よつて、破壊荷重に基いてこの計算式から求めた応力度を、「コンクリートの引張強度」とは言わずに「コンクリートの引張強さ係数」と称したのである。

赤沢氏の方法によつて求めたコンクリートの引張強さ係数が、そのコンクリートの引張強度と極めて相似した値であることは、内山実氏の研究⁽¹⁾によつて実験上明らかになつている。

内山氏の研究は、直径 15 cm、高さ 30 cm の円筒に就て試験した引張強さ係数と、円筒を引張つて試験した引張強度とを比較したものである。引張強度試験に用いた供試体は、表-3 に示す 2 種で、第 1 種は中央部に直径 15 cm の円断面を有し、両端に向つて膨径した梯形円筒であり、第 2 種は中央部が直径 15 cm、高さ 30 cm の円筒であつてその両端が膨径してあるものである。これに用いたコンクリートは、重量調合比 1:2.16:4.31、スランプ 9 cm であり、材令 28 日で試験した結果は表-3 の如くであつた。表-3 によれば、引張強度は 18.5 kg/cm² および 16.0 kg/cm²、引張強さ係数は 18.4 kg/cm² であり、この 3 個の試験値は、相互に試験誤差の範囲内にあつて、非常によく似ている。更に、之等の試験値の偏差率(Coefficient of variation に相当するものであつて、平均値に対する標準偏差(Standard deviation)の割合である)をみると、引張強度試験では 24% および 11% の如く大きい、引張強さ係数試験では 9% にすぎない。

コンクリートの引張強度試験が誤差を伴い易い事は、従来から知られている事で、諸学者の実験に於ても偏差率が 10% に達するものは珍らしくない。

筆者が、水セメント重量比 0.53, 0.60, 0.67, スランプ 5, 12, 20 cm のプラスチックなコンクリートに就いて、直径 15 cm、高さ 15 cm の円筒供試体の引張強さ係数を試験した結果は表-4 の如くであり、試験の誤差は極めて少く、偏差率は僅かに 2~5% であつた。

また、コンクリートの引張強さ係数と圧縮強度との比を求めてみると、図-4 の如く圧縮強度 180~320 kg/cm² の範囲内で約 1/10~1/13 となつていて、従来言われてきた関係と全く一致している。

表-3 内山實氏の研究による、コンクリートの引張強さ係数と引張強度との関係

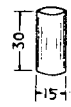
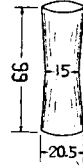
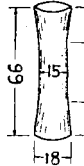
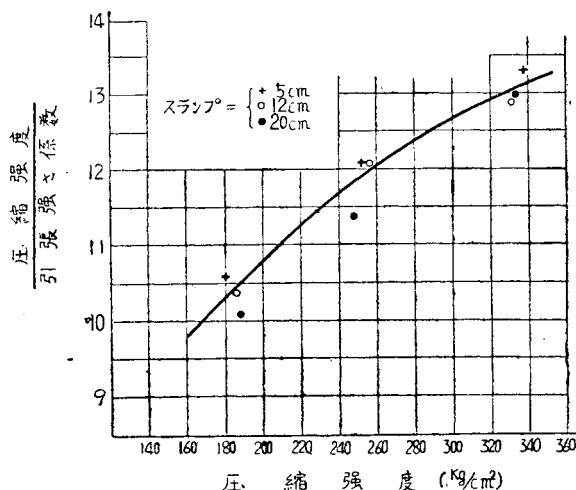
供試体の寸法 cm	第1種供試体		第2種供試体			
						
区 分	引張強さ係数		引張強度			
試 験 値 kg/cm ²	19.9	16.3	18.0	20.5	16.9	16.6
	17.7	16.5	23.4	21.0	14.0	4.3*
	20.7	20.1	21.2	22.8	16.8	18.2
	20.9	18.2	11.4	17.7	16.4	13.0
	17.5	18.7	12.8	20.0	15.4	19.1
	17.4	16.4	10.5	23.2	14.5	15.1
平均 値 kg/cm ²	18.4		18.5		16.0	
標準 偏差 kg/cm ²	1.6		4.4		1.7	
偏差 率 %	8.7		23.8		10.6	
備 考	* の結果は除いて平均値を求めた。					

図-4 コンクリートの圧縮強度と引張強さ係数の関係

粗骨材の最大寸法=25 mm、供試体の材令=28 日、圧縮強度は直径 15 cm、高さ 30 cm の円筒で試験し、引張強さ係数は直径 15 cm、高さ 15 cm の円筒で試験した



(1) 内山実、「コンクリートの引張強度とその試験方法に就いて」昭和 19 年 5 月、鉄道技術研究所彙報、第 3 卷、第 5 号

表-4 コンクリートの引張強さ係数の試験値

水セメント重量比	スランブ (cm)			水セメント重量比	スランブ (cm)				
	5	12	20		5	12	20		
0.53	引張強さ係数 (kg/cm ²)	26.3	25.0	25.9	0.60	引張強さ係数 (kg/cm ²)	21.3	22.4	22.8
		23.4	26.4	26.2			20.9	21.3	22.2
		26.2	25.3	24.3			20.6	19.7	20.6
		*	26.1	26.4			20.3	21.5	21.2
	平均値 (kg/cm ²)	25.3	25.7	25.7	平均値 (kg/cm ²)	20.8	21.2	21.7	
偏差率 (%)	5.3	2.2	3.2	偏差率 (%)	1.8	4.6	3.9		
0.67	引張強さ係数 (kg/cm ²)	17.6	17.9	18.0	備考	1. 粗骨材の最大寸法は 25 mm である。 2. 供試体は直径 15 cm, 高さ 15 cm の円筒である。 3. 各組の 4 個の実験値は同一の日に造った供試体ではない。 4. 材令 28 日に於て試験した。 5. * 供試体の形状が悪くて局部的に破壊した。			
		16.8	17.1	19.1					
		17.1	17.8	18.3					
		16.8	16.5	19.4					
	平均値 (kg/cm ²)	17.1	17.3	18.7					
偏差率 (%)	1.9	3.3	3.0						

以上により、実用的には、コンクリートの引張強さ係数を、コンクリートの引張強度を測る尺度として利用して差支えない事が判るし、試験誤差の小さい事を併せ考えれば、その試験値には十分な信頼度を置いてよい事が判る。

なお、粗骨材の最大寸法、供試体の形状ならびに寸法、試験の際の供試体の含水量、試験の際の荷重速度等、が引張強さ係数の試験値に及ぼす影響に就いて夫々実験し⁽¹⁾、引張強さ係数試験方法の信頼度を吟味した。

表-5 コンクリート及びモルタルの、圧縮応力に対する弾性係数

材	令 (日)	28	35	56
圧縮応力度 68kg/cm ² に於ける、弾性係数(全歪を考慮している) (kg/cm ²)	水セメント重量比=0.60 スランブ=10 cm のコンクリート	248 000	266 000	303 000
	水セメント重量比=0.53 スランブ=10 cm のコンクリート	346 000		
	水セメント重量比=0.60 セメント砂重量比=1:2.5 のモルタル	173 000		

最も大きい場合は、新コンクリートの材令 28 日、旧コンクリート材令 56 日の供試体であるが、表-5 によれば、材令 56 日のコンクリートの弾性係数は、材令 28 日のものに比べて約 20 %増加しているに過ぎない。新旧、両コンクリートの弾性係数が相当に相違する場合の実験として、次に述べるものを実施した。

水セメント重量比0.53の旧コンクリートに、材令1日に於て、新モルタルを打継いで水平打継目の円筒供試体を造り、これと同時に、旧モルタルに、材令1日に於て、新モルタルを打継いで水平打継目の円筒供試体を造つた。この時、モルタルの配合はすべて同一とし、水セメント重量比は 0.60、セメント砂重量比は 1:2.5 としたのである。この2種の供試体は全く同様に標準養生したのち、新モルタルの材令 28 日に於て試験し、破壊荷重を求めた。試験の結果は表-6 に示す如くである。

このモルタルの弾性係数は、表-5 に示す如く、このコンクリートの弾性係数の約 50 %であつて、両者の弾性係数には相当な差がある。然るに、表-6 に示された2種の打継目の破壊荷重、従つて引張強さ係数は殆んど一致している。

この実験から、新旧、両コンクリート間の弾性的性質が相当に相違している場合でも、その供試体の破壊荷重従つて引張強さ係数は、弾性的性質が殆んど相等しい場合のもの、ほぼ一致することが明らかになつた。第6章

(1) 國分正胤、「コンクリートの引張強さ係数に関する研究」、昭和 25 年 5 月、土木学会第 6 回年次学術講演会に於て発表

表—6 コンクリートにモルタルを打継いだ水平打継目の引張強さ係数試験破壊荷重と、
モルタルにモルタルを打継いだ水平打継目の引張強さ係数試験破壊荷重との比較

コンクリートの配合は { 水セメント重量比=0.53 } であり、モルタルの配合は { 水セメント重量比=0.60 } である
スランブ=10cm } { セメント砂重量比=1:2.5 } である

区 分	コンクリートにモルタルを打継いだもの	モルタルにモルタルを打継いだもの
打 継 ぎ の 方 法	旧コンクリートの材令1日に、打継ぎ面をワイヤー ブラッシュで削つてレイタンスを取り除き、面に水セメント重量比0.34のセメント ベーストを塗りつけたのち、モルタルを打継ぐ	旧モルタルの材令1日に、打継ぎ面をワイヤー ブラッシュで削つてレイタンスを取り除き、面に水セメント重量比0.34のセメントベーストを塗りつけたのち、モルタルを打継ぐ
直径 20 cm, 長さ 20 cm の円筒供試体の破壊荷重 (ton)	No. 1 13.4 No. 2 13.7 No. 3 16.1 No. 4 14.7 } 平均 14.5	No. 1 14.0 No. 2 12.6 No. 3 16.6 No. 4 15.8 } 平均 14.8
平均破壊荷重の比較	0.98	1.00
備 考	1. 両種の供試体に於て、同じ番号の供試体は、夫々同じ日に造つた。 2. 締固めは手突きで行つた。 3. 試験は新モルタルの材令 28 日に行つた。 4. 供試体は、何れも、打継目に於て新モルタルが切れて破壊した。	

以下に述べる打継目の実験に於ける、新旧、両コンクリート間の弾性係数の差は、前記のコンクリートとモルタルとの弾性係数の差より小さい。故に、本実験の範囲内に於て、新旧コンクリート間の弾性係数を同一とみなして、打継目の引張強さ係数を算定しても、実用上には何等差支え無いことが判る。

以上に述べた事項から、赤沢氏の試験方法は、実用的には、極めて信頼度の高い優秀な方法であることを信じたので、この方法によつて打継目の引張強さ係数を試験することにしたのである。

なお、本実験における打継目の引張強さ係数試験値の偏差率をみると、実験数の $71/100$ が偏差率 5% 以内であり、 $20/100$ が 5~8% であり、 $9/100$ が 8~13% であつて、実験全体を通じての平均偏差率は 4.8% に過ぎなかつた。

第 6 章 水平打継目の曲げ強度に関する実験およびその結果

第 1 節 新旧コンクリートの打込み時間差と曲げ強度との関係に就ての実験およびその結果

第 3 章に述べたコンクリートの内、水セメント重量比 0.53、スランブ 10 cm のコンクリートを用い、通常のコンクリート工事に於て起り得る場合を考へて、次の 5 種の打継目に就て実験した。

- 旧コンクリートの打継ぎ面を、打込んでから 6 時間後に約 2 mm 削つて品質の悪くなつた部分を取り除き、水セメント重量比 0.34 のセメント ベーストを塗つて打継ぐもの
- 旧コンクリートを打込んでから 12 時間後に A と全く同様に打継ぐもの
- 旧コンクリートを打込んでから 24 時間後に A と全く同様に打継ぐもの
- 旧コンクリートを打込んでから 3 日後に A と全く同様に打継ぐもの
- 旧コンクリートを打込んでから 7 日後に A と全く同様に打継ぐもの

旧コンクリートの製造に當つては、第 4 章に述べた型枠にコンクリートを 3 層に分けて詰め、各層は直径 16 mm、長さ 50 cm の突き棒で 22 回平等に突き固め、型枠に沿ひナイフでスパーディングした。コンクリートを詰めたのち、上面を木鋸で軽くならしたから、旧コンクリートの打継ぎ面は平らで、砂利は突出してゐなかつた。コンクリートを詰めたのち、直ちに硝子板の蓋をして 17°C の空气中で養生した。所定の打継ぎ時期に、ワイヤー ブラッシュを用いて旧コンクリートの打継ぎ面を約 2 mm 入念に削つて水で洗い、表面のゆるんだ粒をすべて取り除いたのち、打継ぎ面が表面のみ乾いた時期に面にセメント ベーストを塗つて新コンクリートを打継いだ。新旧コンクリートの打込み時間差 3 日および 7 日のものは、旧コンクリートを造つた翌日に脱枠して水槽に入れ、打継ぎの時期まで養生し、所定の日に水槽から取り出し、打継ぎ面をワイヤー ブラッシュで約 2 mm 削り、面に水を注ぎながら、約 4 kg/cm² の圧力の圧縮空気で乾砂を 2 分間吹きつけて、ゆるんだ粒をすべて取り去り、更に水で洗つてから上に述べた方法で打継いだ。削つた後の旧コンクリート打継ぎ面は「写真—1

如くである。これらの打継ぎ方法を選んだ理由は、比較的丁寧な現場の作業を対象としたからであり、濕砂吹きつけを行わずに、乾砂吹きつけを行ったのは高圧の水を得ることが困難であつた爲である。

新コンクリートは旧コンクリートと同様の方法で打込んだ。製造した供試体は約 17°C の空気中で 3 日間養生したのち、十分に注意して型枠をはずし、水槽へ入れて試験の時まで養生した。

打継目を有しない供試体は、旧コンクリートと同様の方法で高さ 25 cm までコンクリートを詰めたのち、直ちに上半部の型枠を組んで、更にコンクリートを打足し、打継目の供試体と全く同様に養生した。

これらの供試体は第 5 章に述べた方法によつて試験した。試験の結果は表-7 の如くであり、供試体の大部分は打継目に於て新コンクリートが切れて破壊したが、一部分は打継目に於て新旧、両コンクリートが半分位づゝ切れて破壊した。写真-2 は破壊状況の 1 例を示すものである。

表-7 新旧コンクリートの打込み時間差と、水平打継目の曲げ強度との関係

打継ぎの方法：旧コンクリート打継ぎ面を約 2 mm 削つて、品質の悪くなつた部分を取り除いたのち、水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐ

コンクリートの配合	打継目を有しないものの曲げ強度	新旧コンクリートの打込み時間差					
		区 分	6時間	12時間	24時間	3日	7日
水セメント重量比=0.53 スランプ =10 cm	37.9 kg/cm ²	打継目の曲げ強度 (kg/cm ²)	35.5	32.6	35.7	35.3	32.6
		打継目の曲げ強度	94	86	94	93	86
		打継目を有しないものの曲げ強度 (%)	平均 91				

備 考 試験値は、供試体 4 個の試験値の平均である。

表-7 から次の事が認められる。

材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ打継げば、新旧コンクリートの打込み時間差を相違せしめても、打継目の曲げ強度は殆んど変化せず、何れも打継目を有しないものゝ曲げ強度の約 91 %となる。

第 2 節 各種の打継ぎ方法と、曲げ強度との関係に就ての実験および其の結果

水セメント重量比 0.53、スランプ 10 cm のコンクリートを用い、次の 4 種の打継目に就て実験した。

- 旧コンクリートの打継ぎ面を、打込んだ翌日にワイヤー ブラッシュを用いて約 2 mm 削り品質の悪くなつた部分を取り除き、水で洗い、面が表面のみ乾いた時期に打継ぐもの
- 打継ぎ面を A と全く同様に処理したのち、面に水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの
- 打継ぎ面を A と全く同様に処理したのち、面にコンクリート中のモルタルと同じ配合のモルタルを厚さ約 1 cm 敷いて打継ぐもの
- 打継ぎ面を、旧コンクリートを打込んだ翌日にワイヤー ブラッシュを用いて平均約 6 mm 削つて凸凹にし、水で洗いゆるんだ粒をすべて取り除いたのち、B と同様にして打継ぐもの

これらの打継ぎ方法を選んだ理由は、現場で普通に行はれる方法と、極めて入念に施工する場合の方法とが、打継目の強度に及ぼす影響を比較しようとしたからである。

コンクリートの打込み、養生、ならびに供試体の試験は第 1 節に述べたと同様の方法で行つた。

試験の結果は表-8 の如くである。供試体の破壊状況は、旧コンクリート打継ぎ面を水で洗つて打継いだものと、面にセメントペーストを塗つて打継いだものとは、大部分が打継目に於て新コンクリートが切れたが、面にモルタルを敷いて打継いだものと、面を凸凹に削つて打継いだものとは、約半数が打継目に於て旧コンクリートが切れた。

表-8 から次の事が認められる。

材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ打継ぐ場合には、打継ぎ面を削る深さを相違せしめても、打継ぐ方法を相違せしめても、打継目の曲げ強度は余り変化せず、何れも打継目を有しないものゝ曲げ強度の約 93 %となる。然し、供試体の破壊状況は、モルタルを敷く方法がセメントペーストを塗る方法よりも、打継目の強度を増加する爲に有効な方法であることを示していると思われる。

表一 打継ぎの方法と、水平打継目の曲げ強度並びに引張強さ係数との関係

試験の区分	コンクリートの配合	打継目を有しないものゝ強度	打継ぎの方法 区分	ウワイヤーブラッシュで旧コンクリート面を削り、品質の悪くなつた部分を取り除く					旧コンクリート面を平均約6mm削つて凸凹にし、セメントペーストを塗つて打継ぐ
				打継ぎ面を水で洗つて打継ぐ (1)	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぐ (2)	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぐ (3)	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぐ (4)	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぐ (5)	
曲げ強度試験	水セメント重量比=0.53 スランプ=10cm (手突き)	39.0kg/cm ²	打継目の曲げ強度 打継目を有しないものゝ曲げ強度		34.4 kg/cm ² (88%)	35.9 kg/cm ² (92%)		36.5 kg/cm ² (94%)	37.6 kg/cm ² (96%)
引張強さ係数試験	水セメント重量比=0.53 スランプ=10cm (手突き)	(1)~(3) 25.1kg/cm ² (4)(5) 25.7kg/cm ²	打継目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数	11.8 kg/cm ² (47%)	19.2 kg/cm ² (77%)	22.5 kg/cm ² (90%)	24.7 kg/cm ² (96%)	23.9 kg/cm ² (93%)	
	水セメント重量比=0.60 スランプ=10cm (手突き)	(1)~(3) 19.5kg/cm ² (4)(5) 22.1kg/cm ²		8.4 kg/cm ² (43%)	14.8 kg/cm ² (76%)	18.3 kg/cm ² (94%)	22.8 kg/cm ² (103%)	21.8 kg/cm ² (99%)	
	水セメント重量比=0.60 スランプ=15cm (手突き)	20.8kg/cm ²				19.3 kg/cm ² (93%)			
	水セメント重量比=0.60 スランプ=3cm (振動機)	20.5kg/cm ²				19.1 kg/cm ² (93%)	20.8 kg/cm ² (101%)	21.3 kg/cm ² (104%)	
	水セメント重量比=0.67 容積調合比=1:2:4 (手突き)	17.6kg/cm ²				16.9 kg/cm ² (96%)			

備考

1. 旧コンクリートの材令1日に、新コンクリートを打継いだ。
2. 打継ぎ面の処理に用いたセメントペーストは、水セメント重量比 0.34 のものであり、モルタルは用いたコンクリート中のモルタルと同じ配合のものである。
3. 試験値は、供試体4個の試験値の平均である。

第7章 水平打継目の引張強さ係数に関する実験およびその結果

第1節 各種の打継ぎ方法と引張強さ係数との関係に就ての実験およびその結果

第3章に述べた5種のコンクリートを用い、次の5種の打継目に就て実験した。

- A. 旧コンクリートを打込んだ翌日に、打継ぎ面のレイタンスを取り除かずに、そのまま打継ぐもの
- B. 旧コンクリートを打込んだ翌日に、打継ぎ面のレイタンスを取り除いて打継ぐもの
- C. 打継ぎ面をBと全く同様に処理したのち、面に水セメント重量比0.34のセメントペーストを塗つて打継ぐもの
- D. Cと全く同様にして打継ぎ、約3時間後に振動を與えて再び締固めるもの
- E. 打継ぎ面をBと全く同様に処理したのち、面にコンクリート中のモルタルを厚さ約1cm敷いて打継ぐもの

これらの打継ぎ方法を選んだ理由は、最も粗雑な方法と、現場で普通に行われる方法と、極めて入念に施工する場合の方法とが、打継目の強度に及ぼす影響を比較検討しようとしたからである。

旧コンクリートの製造に当つては、第4章に述べた型枠にコンクリートを2層に分けて詰め、各層は、手突き

の場合には突き棒(直径 16 mm, 長さ 50 cm)で 30 回平等に突き固め、振動機を用いる場合には振動台で 20 秒間締固めた。コンクリートを詰めたのち、上面を木鏡で軽くならしたから、旧コンクリートの打継ぎ面は平らで砂利は突出してはなかつた。旧コンクリートを詰めたのち、湿布で覆い約 22°C の空気中に 24 時間置いてから、打継ぎ面を所定の方法で処理した。旧コンクリート打継ぎ面のレイタンスを取り除くものは、ワイヤーブラッシュで表面を約 1 mm 削つて水で洗い、ゆるんだ粒をすべて取り除き、面が表面のみ乾いた時期に所定の方法で新コンクリートを打継いだ。

これらの実験において、旧コンクリートの打継ぎ面を約 1 mm 削つた場合だけを実験し、更に深く削つた場合を実験しない理由は、用いたコンクリートがプラスチックでその打込み高さは低いから、打継ぎ面を約 1 mm 削れば、旧コンクリート上部の品質の悪くなつた部分を十分に取り去り得るからである。

旧コンクリート打継ぎ面のレイタンスの上に打継ぐものは、打継ぎ面に水をかけてごみを洗い流し、面が表面のみ乾いた時期に新コンクリートを打継いだ。

新コンクリートは、第 4 章に述べた様に型枠を組んで、旧コンクリートと同様の方法で打込み、締固めたのち型枠の壁に沿ひナイフでスベージングして表面を平滑にするのにつとめた。新コンクリートを詰めたのち、約 3 時間を経て再び締固める場合には、手突きで突固めた供試体では外径 16 mm の棒型振動機を 2 箇所へ挿し込み夫々 20 秒づゝ締固め、振動機で締固めた供試体では振動台で 45 秒間締固めた。打継目を有しない供試体は、第 4 章に示す如く型枠を組んだのち、手突きの場合では上部の隙間からコンクリートを 3 層に分けて詰めた。この時、第 1 層および第 3 層は $1/4$ 量のコンクリートを詰めたのち突き棒で 30 回突き、第 2 層は $1/2$ 量のコンクリートを詰めたのち突き棒で 60 回突いて突固めた。振動機を用いる場合には、5 層に分けてコンクリートを詰め、各層は振動台で 15 秒づゝ締固めた。

製造した供試体は、湿布で覆い約 22°C の空気中に 24 時間置いたのち、丁寧に型枠をはずして水槽へ入れ試験の時まで養生した。

試験は第 5 章に述べた方法によつて行つた。

試験の結果は表-8 の如くであり、供試体の破壊状況は次の如くであつた。

- A. 旧コンクリート面のレイタンスの上に打継いだものは、レイタンスの下側で切れて破壊した。
- B. 水セメント重量比 0.60 のコンクリートを用い、打継ぎ後 3 時間を経て振動し再び締固めたものゝ大部分は、打継目に於て旧コンクリートが切れて破壊した。
- C. モルタルを敷いて打継いだものは、打継目に於て、新旧両コンクリートが約 7:3 の割合で切れて破壊した。
- D. その他の供試体は、すべて打継目に於て新コンクリートが切れて破壊した。

破壊状況の 1 例は写真-3 および写真-4 である。

表-8 および供試体の破壊状況から次の事が認められる。

(1) 手突きで突固めた供試体における、打継目の引張強さ係数と打継目を有しないものゝ引張強さ係数との比は、実験した 4 種のコンクリートについて、打継ぎ方法が同じ場合には次の如く殆んど同じ値を示している。

旧コンクリート打継ぎ面のレイタンスを取り除かずに打継いだもの	約 45 %
打継ぎ面を約 1 mm 削つて打継いだもの	約 77 %
打継ぎ面を約 1 mm 削り、セメントペーストを塗つて打継いだもの	約 93 %
打継ぎ面を約 1 mm 削り、モルタルを敷いて打継いだもの	約 96 %
打継ぎ面を約 1 mm 削り、セメントペーストを塗つて打継ぎ、約 3 時間後に振動を与えて再び締固めたもの	約 100 %

即ち、打継目の強度は、最も粗雑な打継ぎ方法によれば、打継目を有しないものゝ強度の約 50 % に過ぎないが、最も良い方法によれば、打継目を有しないものと同程度にすることができる。而して、従来現場で行われてきた最も入念な方法によつただけでは、打継目の強度を打継目を有しないものと同程度にすることは出来ないから、コンクリートを打込んだのち、コンクリートが再びプラスチックにならぬ程硬くならぬ範囲で出来るだけ遅い時期に、振動を与えて再び締固める方法が極めて有効であることがわかる。また、上に示した試験値と供試体の破壊状況とからみて、セメントペーストを塗つて打継ぐよりも、適当量のモルタルを敷いて打継ぐ方が有効であることが認められる。

(2) 振動機で締固めた供試体における打継目の引張強さ係数は、打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継いだのち振動を與えたものと、モルタルを敷いて打継いだものとは、共に打継目を有しないものゝ引張強さ係数と同程度になるが、セメントペーストを塗つて打継いだものは、打継目を有しないものより若干小さくなり、その小さくなる割合は手突きで締固めた場合と同じである。即ちこの場合にも、コンクリートを打込んだ後に振動を與えて再び締固める方法が打継目の強度を増加する爲に有効であることが示されている。また、硬練りのコンクリートを用いて振動機で締固める場合には、モルタルを敷いて打継ぐ方法が、特に有効であることも示されている。

(3) 打継目の引張強さ係数と、打継目を有しないものゝ引張強さ係数との比が小さい供試体に於ては、打継目に於て新コンクリートが切れて破壊するが、その比が100%に近い供試体に於ては、打継目に於て新旧、両コンクリートが切れたり、旧コンクリートが切れたりして破壊する。

(4) モルタルを敷きならして打継いだ供試体に於ては、新コンクリート中の砂利の一部はモルタルの中へ沈下し、モルタルとコンクリートとは一体となる。

第2節 打継ぐ時期と引張強さ係数との関係に就ての実験およびその結果

水セメント重量比 0.60, スランプ 10 cm, および水セメント重量比 0.67, 容積調合比 1:2:4, の2種のコンクリートを用い、通常のコンクリート工事に於て起り得る場合を考えて、次の3種の打継目について実験した。

A. 旧コンクリートの打継ぎ面を、打込んだ翌日にワイヤー ブラッシュで約 1 mm 削りレイタンスを取り除いたのち、面に水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの

B. 打継ぎ面をAと同様に削つたのち、旧コンクリートを水槽へ入れて養生し、材令7日に水槽から取り出して、打継ぎ面を再びワイヤー ブラッシュで洗い、表面のゆるんだ粒をすべて取り除いたのち、面に水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの

C. Bと同様の方法で、旧コンクリートの材令 28 日に打継ぐもの

コンクリートの打込みおよび養生は、第1節の振動機を用いない場合の方法と同じ方法で行い、供試体は第5章に述べた方法によつて試験した。

表一9 打継ぐ時期と、水平打継目の引張強さ係数との関係

コンクリートの配合	打継目を有しないものゝ引張強さ係数	打継ぎの区分	旧コンクリートの材令1日に、打継ぎ面のレイタンスを取り除き、セメントペーストを塗つて打継ぐ	旧コンクリートの材令1日に、打継ぎ面のレイタンスを取り除いて養生水中へ入れ、材令7日に於て、セメントペーストを塗つて打継ぐ	旧コンクリートの材令1日に、打継ぎ面のレイタンスを取り除いて養生水中へ入れ、材令28日に於て、セメントペーストを塗つて打継ぐ
			水セメント重量比 = 0.60 スランプ = 10 cm	19.5 kg/cm ²	打継ぎ目の引張強さ係数 (kg/cm ²)
		打継ぎ目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数 (%)	94	96	91
水セメント重量比 = 0.67 容積調合比 = 1:2:4	17.6 kg/cm ²	打継ぎ目の引張強さ係数 (kg/cm ²)	16.9	16.6	16.5
		打継ぎ目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数 (%)	96	94	94

備考
 1. 打継ぎ面の処理に用いたセメントペーストは、水セメント重量比 0.34 のものである。
 2. 全供試体が、打継目に於て新コンクリートが切れて破壊した。
 3. 試験値は、供試体4個の試験値の平均である。

試験の結果は表-9の如くであり、供試体はすべて打継目に於て新コンクリートが切れて破壊した。

表-9によれば、材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ打継いだ供試体の引張強さ係数と、打継目を有しないものゝ引張強さ係数との比は、旧コンクリートの材令には無関係であることがわかる。また、その比は2種のコンクリートに就て殆んど同じ値となることが認められる。

第8章 鉛直打継目の曲げ強度に関する実験およびその結果

第3章に述べたコンクリートの内、水セメント重量比 0.60、スランブ 10 cm のコンクリートを用い、通常のコンクリート工事に於て起り得る場合を考えて、次の5種の打継目に就て実験した。

- A. 旧コンクリートの打継ぎ面へ其のまま打継ぐもの
- B. 打継ぎ面へ水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの
- C. 打継ぎ面へ新コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐもの
- D. 打継ぎ面を約 1 mm 削つて粗にし、水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの
- E. 打継ぎ面を平均約 6 mm 削つて凸凹にし、水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの

旧コンクリートの製造に當つては、第4章に述べた型枠を用い、予め型枠の中央にケント紙をはりつけた仕切りを入れコンクリートを2層に分けて詰め、各層は突き棒(直径 16 mm, 長さ 50 cm)で 21 回突固めたのち、型枠に沿ひナイフでスペーディングし、詰め終つた表面を木鏝で軽くならした。旧コンクリートの打継ぎ面は平らで砂利は突出して居らず、油やごみは附着していなかつた。旧コンクリートは詰めたのち、湿布で覆ひ約 17°C の空気中で打継ぐまで養生した。

旧コンクリートを詰めた翌日に打継ぎ面を処理した。打継ぎ面を削らずにそのまま打継ぐものは、打継ぎ面を水で洗い面が表面のみ乾いた時期に所定の方法で新コンクリートを打継いだ。打継ぎ面を削つて、粗にしたり凸凹にしたりするものは、ワイヤーブラシを用いて入念にこれを行つたのち、水で洗いゆるんだ粒をすべて取り去り、表面のみ乾いた時期に面にセメントペーストを塗りつけたのち直ちに打継いだ。

新コンクリートの打込みは旧コンクリートと同様の方法で行ひ、新コンクリートの締固めに當つては、新コンクリートを旧コンクリートに密着せしめるのにつとめた。なお、型枠と旧コンクリートとの間にはカッブグリーンを入念に塗り込み漏水を防いだ。

製造した供試体は、直ちに湿布で覆ひ約 17°C の空気中で3日間養生したのち、脱枠して水槽へ入れ第4章に述べた如く養生した。

打継目を有しない供試体は、2層に分けてコンクリートを詰め、各層は突き棒で 42 回突いて突固め打継目の供試体と全く同様に養生した。

これらの供試体は第5章に述べた方法で試験した。試験に當つてはコンクリートを詰めた際の側面が上下の面となる様に供試体をすえて載荷した。

試験の結果は表-10の如くであつて、供試体の破壊状況は次の如くであつた。

旧コンクリート面を凸凹に削つて打継いだ供試体では、半数が打継目に於て新旧、両コンクリートが切れ、他の半数は打継ぎ面に沿つて新コンクリートが切れて破壊した。その他の方法で打継いだ打継目では、すべて打継目に於て新コンクリートが切れた。

写真-5 は破壊状況の1例である。

表-10 および供試体の破壊状況から次のことが認められる。

(1) 打継目の曲げ強度と打継目を有しない供試体の曲げ強度との比は、旧コンクリートへそのまま打継いだものは 70 % であり、従来適当とされてきた方法によるものは約 80 % であり、丁寧な方法によるものは約 90 % である。

(2) 旧コンクリートの打継ぎ面を削つて粗にしたり、打継ぎ面にセメントペーストや新コンクリート中のモルタルを塗りつけたりすることは、打継目の強度を強くする爲に有効な手段である。

(3) 旧コンクリート面を削らずに打継いだ打継目は、その上部が特に弱くなる。

(4) 旧コンクリート面を凸凹に削り、セメントペーストを塗つた打継目が曲げ破壊する場合に、凸凹な打継ぎ面に沿つて破壊することがある。

表-10 打継ぎの方法と、鉛直打継目の曲げ強度並びに引張強さ係数との関係

試験の区分	コンクリートの配合	打継目を有しないものゝ強度	打継ぎの方法 区分	旧コンクリート打継ぎ面を、削らずに打継ぐ				旧コンクリート打継ぎ面をワイヤーブラッシュで約1mm削り、セメントペーストを塗って打継ぐ	旧コンクリート打継ぎ面をワイヤーブラッシュで約1mm削り、セメントペーストを塗って打継ぐ
				打継ぎ面に水を洗って打継ぐ	打継ぎ面にセメントペーストを塗って打継ぐ	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぎ再振動を行う	打継ぎ面に、コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐ	打継ぎ面に、コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐ	打継ぎ面に、コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐ
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
曲げ強度試験	水セメント重量比=0.60 スラップ=10cm	(1)(5)(6) 34.8kg/cm ² (2)(4) 36.2kg/cm ²	打継目の曲げ強度 (打継目の曲げ強度) 打継目を有しないものゝ曲げ強度	24.4 kg/cm ² (70%)	30.5 kg/cm ² (84%)		29.5 kg/cm ² (82%)	30.2 kg/cm ² (87%)	32.3 kg/cm ² (93%)
	引張強さ係数試験	水セメント重量比=0.53 スラップ=10cm		25.7kg/cm ²	打継目の引張強さ係数 (打継目の引張強さ係数) 打継目を有しないものゝ引張強さ係数	12.9 kg/cm ² (50%)	19.6 kg/cm ² (76%)		18.2 kg/cm ² (71%)
水セメント重量比=0.60 スラップ=10cm		19.9kg/cm ²	11.6 kg/cm ² (58%)	15.4 kg/cm ² (77%)			14.4 kg/cm ² (72%)	16.3 kg/cm ² (82%)	
水セメント重量比=0.60 スラップ=15cm		(2)(5) 20.6kg/cm ² (3) 21.4kg/cm ²		16.2 kg/cm ² (79%)		21.0 kg/cm ² (98%)		17.0 kg/cm ² (83%)	
水セメント重量比=0.67 容積調合比=1:2:4		18.6kg/cm ²	11.5 kg/cm ² (62%)	14.0 kg/cm ² (75%)			15.9 kg/cm ² (85%)		
備考	1. 旧コンクリートの材令1日に、新コンクリートを打継いだ。 2. 打継ぎ面の処理に用いたセメントペーストは、水セメント重量比 0.34 のものである。 3. 試験値は、供試体4個の試験値の平均である。								

第9章 鉛直打継目の引張強さ係数に関する実験およびその結果

第3章に述べたコンクリートの内、手突きで突固める場合の4種のコンクリートを用い、通常のコンクリート工事に於て起り得る場合を考えて、次の5種の打継目に就て実験した。

- A. 旧コンクリートの打継ぎ面へ其のまま打継ぐもの
- B. 打継ぎ面へ新コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐもの
- C. 打継ぎ面へ水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの
- D. C. と全く同様にして打継ぎ、約3時間後に振動を與えて再び締固めるもの
- E. 打継ぎ面をワイヤーブラッシュを用いて約1mm削り、水セメント重量比 0.34 のセメントペーストを塗つて打継ぐもの

C. の打継目に於ては供試体の高さを15cmおよび30cmとしたが、その他の打継目に於ては15cmとした。旧コンクリートの製造に當つては、第4章に述べた型枠の中央にケント紙をはりつけた仕切りを入れ、コンクリートを高さ7.5cmの層に分けて詰め、各層は突き棒で22回突き固めた。旧コンクリートの打継ぎ面は平らで砂利は突出して居らず、油やごみは附着していなかつた。旧コンクリートを詰めたのち、直ちに硝子板の蓋をして約24°Cの空気中で打継ぐまで養生した。

旧コンクリートを打込んだ翌日に、打継ぎ面を処理した。打継ぎ面を削らずにそのまま打継ぐものは、打継ぎ面を水で洗い面が表面のみ乾いた時期に所定の方法で打継いだ。打継ぎ面を削るものは、ワイヤーブラッシュ

をういてこれを行つたのち、水で洗いゆるんだ粒を取り去つてから、表面のみ乾いた時期に面にセメントペーストを塗りつけて打継いだ。

新コンクリートの打込みは、旧コンクリートと同様の方法で行い、新コンクリートの締固めに当つては、新コンクリートを旧コンクリートに密着せしめるのにつとめた。なお、型枠と旧コンクリートとの間には、カブブグリースを入念に塗り込み漏水を防いだ。新コンクリートの打継ぎ後約3時間後に再び振動を與える場合には、直径16mmの棒型振動機を用いて30秒間締固めた。

打継目を有しない供試体は、高さ7.5cmの層に分けてコンクリートを詰め、各層は突き棒で40回突いて突固めた。製造した供試体は、硝子板の蓋をして約24°Cの空氣中に24時間置いたのち脱枠して水槽へ入れ第4章に述べた如く養生した。

試験は第5章に述べた方法によつて行つた。高さ30cmの供試体は試験の日にウイヤーソーを用いて、高さ15cmづきの2個の供試体に切つて分け夫々試験した。

試験の結果は、表-10および表-11の如くであつて、打継ぎ後3時間を経て振動を與えた供試体は打継目に於て旧コンクリートが切れたが、その他の供試体は総べて打継目に於て新コンクリートが切れて破壊した。

写真-6~8は供試体の破壊状況の1例であり、写真-9は旧コンクリート面を水で洗いそのまま打継いで造つた供試体をウイヤーソーで切断した水平断面ならびに鉛直断面を示したものである。

表-11 鉛直打継目の、上半部と下半部とに於ける、引張強さ係数の差異

コンクリートの配合	打継目を有しないものゝ引張強さ係数	打継ぎの方法	旧コンクリートの材令1日に、打継ぎ面を水で洗い、水セメント重量比0.34のセメントペーストを塗つて打継ぐ		
		供試体の高さ	30 cm		15 cm
		試験の区分	ウイヤーソーで、供試体を上下に切つて分けて試験した 供試体の下半部 供試体の上半部		切らずに、そのまま試験した
水セメント重量比 = 0.60 スランプ = 15 cm	1. 高さ30cmの供試体 (上下に切つて分けて試験した。 下半部: 21.1kg/cm ² 上半部: 22.5kg/cm ²)	打継目の引張強さ係数	19.2 kg/cm ²	12.4 kg/cm ²	16.2 kg/cm ²
		打継目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数	91 %	55 %	79 %
		打継目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数の比較	1.00	0.60	0.87
備考	高さ30cmの打継目供試体の試験値は、供試体3個の試験値の平均であり、その他の試験値は4個の平均である。				

表-10, 11, および供試体の破壊状況から次のことが認められる。

(1) 高さ15cmの供試体における、打継目の引張強さ係数と、打継目を有しない供試体の引張強さ係数との比は、実験した4種のコンクリートに就て、打継ぎの方法が同じ場合には、次の如く殆んど同じ値を示している。

- 旧コンクリートの打継ぎ面へ其のまゝ打継いだもの.....約 57 %
- 打継ぎ面へコンクリート中のモルタルを塗りつけて打継いだもの.....約 72 %
- 打継ぎ面へセメントペーストを塗つて打継いだもの.....約 77 %
- 打継ぎ面を約1mm削り、セメントペーストを塗つて打継いだもの.....約 83 %
- 打継ぎ面へセメントペーストを塗つて打継ぎ、約3時間後に振動を與えて再び締固めたもの..... 98 %

即ち、従來行われてきた通常の方法で打継ぐときは約70%となり、入念の方法で打継ぐときは約80%となるが、コンクリートを打継いだのち、振動を與えて再び締固めれば約100%となる。これはコンクリートの打込み後、第7章、第1節(1)で述べた適当な時期に、振動を與えて再び締固める方法が、特に鉛直打継目に於て有効であることを示すものである。

(2) 旧コンクリートの打継ぎ面を削つて粗にしたり、打継ぎ面にセメントペーストやコンクリート中のモルタルを塗りつけたりすることは、打継目の強度を増加する爲に有効な手段である。

(3) 高さ 30 cm の供試体をウワイヤーソーで切り、高さ 15 cm づきの 2 個の供試体とし夫々試験した場合における、打継目の引張強さ係数と、打継目を有しない供試体の引張強さ係数との比は、下半部では 91 % の如く大きい上半部では 55 % となつている。これは、打継目の上半部の強度は、下半部の強度の約 60 % に過ぎないことを示すものである。

(4) 打継ぎ面を削らずに打継いだ打継目は、その上部が特に弱くなる。

第 10 章 打継ぎ面における旧コンクリートの品質ならびに養生方法と打継目の強度との関係

30 cm の高さに打込んで造つた鉛直打継目円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しない供試体の引張強さ係数との比は、第 9 章に述べた如く、その下半部では 91 % であるが上半部では 55 % となつて非常に相違している。これは、打継目に沿つて新コンクリートから分離した水が上昇し、打継目の上部は著しく弱くなることを示すものである。このことは供試体の破壊状況(写真-8 参照)によつても明瞭に示されている。

15 cm の高さに打込んで造つた、鉛直打継目供試体の破壊状況に於ても、(写真-5 および写真-7 参照) 梁供試体、円筒供試体、共に打継目の強度がその上部と下部とに於て相当に相違することが示されている。

これらの事実は、プラスチックなコンクリートを入念に打込んだ場合に於ても、材料の分離が起ることを明瞭に示している。

故に、現場の構造物に於ては、たとえプラスチックなコンクリートを入念に打込んだ場合でも相当な分離を起しているのである。旧コンクリートに材料の分離が起れば、打継ぎ面のコンクリートの品質は著しく悪くなるから、これに新コンクリートを打継いだ場合には、打継目の強度、水密性および耐久性は、旧コンクリート打継ぎ面の品質の悪くなつた部分に支配されてしまい、満足な打継目を造ることは到底出来ない。このことは、水平打継目円筒供試体の実験に於て、材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ入念に打継いで造つた供試体の強度は、打継目を有しないものゝ強度の約 95 % となつているが、ブリーチングによつて品質の悪くなつた旧コンクリート面へ打継いだものゝ強度は約 45 % に過ぎないこと(表-8 および写真-3 参照)、によつても実証されている。

従つて、新旧コンクリートの打継目の施工に當つては、先ず材料の分離が出来るだけ少い様に旧コンクリートを造ることが極めて重要である。

旧コンクリートの打継ぎ面の養生方法と、打継目の強度との関係については実験は行わなかつたが、養生が不十分であれば、打継ぎ部のコンクリートは弱くなるから打継目の強度が弱くなることは当然である。従つて、旧コンクリートの上部は特に十分に養生することが大切であつて、これを乾燥させて龜裂を生じさせる様なことはしてはならないのである。

第 11 章 打継ぎ面を処理する時期、打継ぐ時期、および打継ぎ面の処理方法、と打継目の強度との関係

(1) 旧コンクリートの打継ぎ面を処理する時期を、旧コンクリートの打込み後 6 時間~7 日の間で相違させて造つた、水平打継目角筒供試体の曲げ強度と、打継目を有しない供試体の曲げ強度との比は、第 6 章に述べた如く、打継ぎ面を処理する時期の相違に拘らず殆んど一定であつた。この結果は、実験の範囲内では、打継ぎ面の砂利をゆるませることなく入念に処理すれば、水平打継目の強度は、処理した時期には無関係に、ほぼ同じ値となることを示すものであつて、打継ぎ面の処理を砂利がゆるむ様な時期に行えば打継目の強度は当然弱くなるのである。

打継ぎ面を処理する時期に就ては、従来から色々と研究せられ、旧コンクリートの硬化前に処理する方法は、作業時期が通常夜間になる点と、砂利をゆるめるおそれの少い適当な時期を見出すことが困難である点と、処置作業を 2 度行わねばならなくなるおそれがある点とから考へて、一般に実用的でないと言われてきたのである。

(2) 打継ぐ時期を、旧コンクリートの打込み後 1 日、7 日、28 日と相違させて造つた水平打継目円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しないものゝ引張強さ係数との比は、第 7 章に述べた如く、水セメント重量比 0.60 の場合にも、0.67 の場合にも、打継ぎ時期の相違に拘らず夫々殆んど一定であつた。これらの実験結果から、旧

コンクリートが打継ぎ面を処理しても害を受けぬ程度に硬化してから後に新コンクリートを打継いで造った水平打継目の強度は、打継ぐ時期には殆んど無関係であることが判る。

(3) 水平打継目円筒供試体の試験結果によると、第7章に述べた如く、旧コンクリート打継ぎ面のレイタンスの上に打継いだものより引張強さ係数は、打継目を有しないものより引張強さ係数の約45%であるが、打継ぎ面を約1mm削りレイタンスを取り除き水で洗つて打継いだものでは約80%に達している。なお、その破壊状況をみると、レイタンスの上に打継いだものはレイタンスの下側で切れているが、これを除いて打継いだものは打継目に於て新コンクリートが切れている。

水平打継目角筒供試体の曲げ強度試験結果をみると、第6章の如くであつて、旧コンクリート打継ぎ面を約2mm削り品質が悪くなつた部分を取り除きモルタルを敷いて打継いだ供試体の約半数が打継目に於て旧コンクリートが切れている。水平打継目円筒供試体の試験結果によれば、第7章に述べた如く、打継目の強度が新コンクリートの強度より弱いことは明白であるから、この破壊状況は、旧コンクリート上部の品質が悪くなつた部分を取りきれずに残つていたものが若干あつたことを示すものと思われる。

以上述べた試験結果は、水平打継目の強度と新コンクリートの強度とを同程度にする爲には、先づ旧コンクリート上部の品質の悪くなつた部分を取り去つてから打継ぐことが必要であることを示すものである。

(4) 鉛直打継目梁供試体の曲げ強度試験の結果によると、第8章に述べた如く、旧コンクリートの打継ぎ面へセメントペーストを塗つて打継いだ供試体の曲げ強度は、打継目を有しないものより84%であり、打継ぎ面を約1mm削りセメントペーストを塗つて打継いだ供試体では87%であり、打継ぎ面を平均約6mm削つて凸凹にしてセメントペーストを塗つて打継いだものでは93%となつている。なお、その破壊状況をみると、旧コンクリート面を凸凹にして打継いだ場合は、4個の供試体の内2個は打継目に於て新旧、両コンクリートが半分位づつ切れ、他の2個は打継ぎ面に沿つて新コンクリートが切れたが、その他の処理方法の場合には、何れも打継目に於て新コンクリートが切れている。これは、鉛直打継目に於て、打継ぎ面を削つて粗にすれば、新コンクリートから分離した水が打継ぎ面に沿つて上昇することを妨げると共に、新コンクリートとの附着面積が大となつて、打継目の強度が強くなることを示すものである。また、打継ぎ面が凸凹となる程に削つて打継げば、打継ぎ面における新旧コンクリートの砂利は互に噛み合うことになるから打継目の強度は一層強くなることを示すものである。然し、凸凹に削つた場合でも、凸凹な打継ぎ面に沿ひ新コンクリートが切れた供試体のあることは、打継ぎ面に溜る水の多いことを示すものである。

即ち、鉛直打継目の施工に當つて、打継ぎ面を削つて粗にしたり凸凹にしたりすることは、打継目の強度を強くする爲の有効な手段である。

之に反して、水平打継目角筒供試体の曲げ強度試験結果によると、第6章に述べた如く、旧コンクリートの打継ぎ面を平均約6mm削つて凸凹にして打継いだ場合にも、約2mm削つて打継いだ場合と殆んど同じ強度となつている。これは、水平打継目に於て、打継ぎ面を削つて凸凹にしても打継目の強度を強くするのに余り有効でないことを示すものである。

第12章 打継ぎの方法ならびに新コンクリートの締固め方法と打継目の強度との関係

第1節 打継ぎの方法と打継目の強度との関係

(1) 第7章の実験結果によると、旧コンクリートの打継ぎ面を約1mm削り、レイタンスを取り除いて打継いだ水平打継目円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しない供試体の引張強さ係数との比は、コンクリートの水セメント重量比の変化や、コンシステンシーの少しの変化には関係無く、殆んど同じ値を示している。即ち、手突きで締固めた場合、打継ぎ面を水で洗つて打継いだものでは約77%であり、セメントペーストを塗つて打継いだものでは約93%であり、モルタルを敷きならして打継いだものでは約96%となつている。

打継目が弱くなる理由は次の如くである。この供試体の打継ぎ面は平らである爲に、打継ぎ面における新コンクリート中の砂利の縁は1平面に揃ひ、砂利の下側にはモルタルから分離した水の薄層があるから、打継目の強度が弱くなるものと思われる。砂利の下側に水の薄層ができる状況は、この実験の範囲に於ては、コンクリートの水セメント重量比が0.53から0.67に変わつても、コンクリートのコンシステンシーが若干変わつても、殆んど同じ割合であると思われるから、打継目の弱くなる程度が、水セメント重量比やコンシステンシーが変わつても殆

んど同じになるのは当然である。打継目の弱くなる割合が、削つた打継ぎ面を水で洗つて打継いだ場合は 77 % であるのに、セメントペーストを塗つて打継いだ場合には 93 %となるのは、新コンクリート中にセメントペーストが溶け込み、打継目附近の新コンクリートが富になる爲と思われる。また、モルタルを敷いて打継いだ場合に 96 %となるのは、モルタル層の中に砂利の一部分が入り込むから、打継ぎ部における新コンクリート中の砂利の縁が揃はなくなる爲と思われる。このことは、写真-4 にも示されている。従つて、打継ぎ面にセメントペーストを塗つたり、コンクリート中のモルタルを敷いたりして打継ぐことは打継目の強度を強くする爲に有効である。

打継目の強度を強くする爲に、セメントペーストを用いるのは、用いるコンクリートの粗骨材が小さい場合に適当な方法であつて、粗骨材が大きい場合とか、新コンクリートが硬練りの場合には当然モルタルを敷いて打継がねばならないのであるが、この実験結果に於ても之が証明されている。また、打継目におけるコンクリートの容積変化を考えれば、セメントペーストを用いるよりも、コンクリートの水セメント重量比と同じ水セメント重量比を有するモルタルを適当量用いる方が望ましい場合もある。

(2) 第6章および第7章の実験結果から、打継目供試体の強度と打継目を有しないものゝ強度との比を、同じ方法で打継いだものによつて、曲げ強度試験の場合と引張強さ係数試験の場合とで比較すると、表-12 に示す如く、打継ぎ面にセメントペーストやモルタルを施して打継いだものでは全く一致しているが、打継ぎ面を水

で洗つて打継いだものでは、曲げ強度試験の場合の強度の比の方が若干大きい。これは、曲げ強度試験の方が、新コンクリートの打込み高さが大きいので新コンクリートが旧コンクリート打継ぎ面へよく密着することによるものと思われる。この結果は、水平打継目を施工する場合に、新コンクリートに於ける材料の分離が著しくならぬ範囲で、新コンクリートの打込み高さを増大すれば打継目の強度を増加するのに有効であることを示すものである。

(3) 第9章の実験結果によると、各種の方法で打継いだ鉛直打継目円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しない供試体の引張強さ係数との比は、コンクリートの水セメント重量比の変化やコンシステンシーの少しの変化には無関係であつて、打継ぎ面を水で洗つて打継いだ場合は

表-12 水平打継目における、引張強さ係数の試験値と曲げ強度試験値との関係 (表-8 参照)

コンクリート		水セメント重量比=0.53, スランプ=10 cm		
区分	打継ぎの方法	旧コンクリートを打込んだ翌日に、打継ぎ面を削り、品質の悪くなつた部分を取り除く		
		打継ぎ面を水で洗つて打継ぐ	打継ぎ面にセメントペーストを塗つて打継ぐ	打継ぎ面にモルタルを約1cmの厚さに敷いて打継ぐ
$\gamma_t =$	打継目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ引張強さ係数	77 %	90 %	93 %
$\gamma_b =$	打継目の曲げ強度 打継目を有しないものゝ曲げ強度	88 %	92 %	94 %
	$\frac{\gamma_t}{\gamma_b}$	0.88	0.98	0.99

備考
1. 旧コンクリートの材令1日に、新コンクリートを打継いだ
2. 打継ぎ面の処理に用いたセメントペーストは、水セメント重量比 0.34 のものであり、モルタルは用いたコンクリート中のモルタルと同じ配合のものである。

約 57 %、新コンクリート中のモルタルを塗つて打継いだ場合は約 72 %、セメントペーストを塗つて打継いだ場合には約 77 %となつている。

打継目が弱くなる理由は、新コンクリートから分離した水は打継ぎ面に沿つて上昇し易いので打継ぎ面に水が溜ること、旧コンクリートの打継ぎ面が平らであることによるとと思われる。また、その弱くなる割合が、コンクリートの水セメント重量比やコンシステンシーが變つても殆んど一定となる理由は、コンクリートがプラスチックでその打込み高さが低い爲に、打継ぎ面に沿う水の上昇の割合が、水セメント重量比やコンシステンシーが變つても殆んど変らぬことによるとと思われる。

故に、強い鉛直打継目を造る爲には、旧コンクリートの打継ぎ面を粗にしたり打継ぎ面へコンクリート中のモルタルを塗りつけたりして、打継ぎ面に沿う水の上昇を妨げると共に新コンクリートとの附着面積を増すとか、打継ぎ面へセメントペーストを塗つて打継ぎ部における新コンクリートを富にするとか、の手段を講じたのち、

上方打継ぎ面に溜つた水を適当な時期に排除することが必要となる。

(4) 第8章の実験結果によると、鉛直打継目梁供試体の曲げ強度と、打継目を有しない供試体の曲げ強度との比は、旧コンクリートの打継ぎ面を水で洗つて打継いだ場合は70%、コンクリート中のモルタルを塗りつけて打継いだ場合は82%、セメントペーストを塗つて打継いだ場合は84%となつている。打継目が弱くなる理由は(3)で述べた如くである。

鉛直打継目供試体の強度と打継目を有しないものゝ強度との比を、曲げ強度試験の場合と引張強さ係数試験の場合とについて比較すると、表-13に示す如く、打継ぎ方法が同じでも、引張強さ係数試験の場合の方が若干小さくなることがある。即ち、打継ぎ面を粗にしセメントペーストを塗つて打継いだものでは両者の比は殆んど同じであるが、打継ぎ面を水で洗つて打継いだものでは或る程度の差が認められる。

表-13 鉛直打継目における、引張強さ係数試験値と曲げ強度試験値との関係 (表-10参照)

コンクリート		水セメント重量比=0.60, スランプ=10 cm			
区分	打継ぎの方法	打継ぎ面を水で洗つて打継ぐ	打継ぎ面を水で洗い、コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐ	打継ぎ面を水で洗い、セメントペーストを塗つて打継ぐ	打継ぎ面を約1mm削つて粗にし、セメントペーストを塗つて打継ぐ
	$\gamma_t =$	打継目の引張強さ係数 打継目を有しないものゝ 引張強さ係数	58%	72%	77%
$\gamma_b =$	打継目の曲げ強度 打継目を有しないものゝ 曲げ強度	70%	82%	84%	87%
	$\frac{\gamma_t}{\gamma_b}$	0.83	0.88	0.92	0.94

備考

1. 旧コンクリートの材令1日に、新コンクリートを打継いだ。
2. 打継ぎ面の処理に用いたセメントペーストは、水セメント重量比0.34のものである。

この理由は、主として、円筒供試体の新コンクリートは半円筒形であつて隅の部分薄いので、隅の小部分は新コンクリートと旧コンクリート打継ぎ面との附着が若干悪くなること、および隅の部分にコンクリートを打込み難いので隅の小部分が幾分品質の悪いコンクリートとなること、等によるものと思われる。

第2節 新コンクリートの締固め方法と、打継目の強度との関係

(1) コンクリートを振動機で締固めた場合における、水平打継目円筒供試体の引張強さ係数と、打継目を有しないものゝ引張強さ係数との比は、第7章に述べた如く、旧コンクリートの打継ぎ面を約1mm削り、セメントペーストを塗つて打継いだ場合には93%であり、モルタルを敷いて打継いだ場合には104%となつていて、この比を手突きで突固めた場合の実験結果と比較すれば、セメントペーストを塗つたものは殆んど同じであるがモルタルを敷いたものは若干大となつている。

比較的硬練りの新コンクリートを用いて打継ぐ場合には、打継ぎ部に於ける新コンクリートが多孔になり易いから、打継ぎ面に新コンクリートが密着する様に施工することが重要であつて、このような場合には予め適量のモルタルを敷いて打継ぐことが、打継目の強度、耐久性および水密性を増加する爲に特に有効であるが、この実験結果は之を実証している。

(2) 新コンクリートを打継いだのち適当な時期に振動を与えて新コンクリートを再び締固めた、円筒供試体の試験によれば、第7章および第9章に述べた如く、水平打継目に於ても、鉛直打継目に於ても打継目の強度は強くなり、何れも新コンクリートの強度と同じ値を示している。

この実験結果は、新コンクリートを打継いでからのち、コンクリートが再びプラスチックにならぬ程硬くならぬ範囲で出来るだけ遅い時期に、振動を与えて再び締固める方法が極めて有効であることを示すものであつて、従来行われてきた方法によれば、打継目の強度は如何に入念に打継いでも、新コンクリートの強度より小となるのであるが、この方法によれば、新コンクリートの強度と同じ程度にすることが出来ることを示すものである。この締固め方法は、打継目を確実に強くする手段として、通常の工事現場に於て容易に実施することの出来る唯一のものであつて、鉛直打継目に之を応用すれば特に有利である。

この方法を応用する場合には、振動機をコンクリートの中へ挿し込んで締めても良いし、型枠の外側から振動を与えても良いと思われる。

第13章 新コンクリートの打込み高さと打継目の強度との関係

(1) 旧コンクリートの打継ぎ面へセメントペーストを塗つて打継いだ、高さ30cmの鉛直打継目円筒供試体の、上部と下部とに於ける引張強さ係数と、同じ高さに打込んだ打継目を有しない供試体の上部と下部とに於ける引張強さ係数との比は、第9章に述べた如く、上部に於ては55%であり、下部に於ては91%となっている。打継目の弱くなる理由は第12章第1節に述べた如く、新コンクリートに於ける材料の分離によるものである。

この試験結果は、プラスチックなコンクリートを入念に打込んで造つた鉛直打継目に於て、打継ぎの高さが30cmに過ぎない場合でも、その下部と上部とに於ける打継目の平均強度の比は1:0.6となり、上部が弱くなることを示すものである。

故に実際の構造物の鉛直打継目に於て、その上部の強度が著しく弱くなることは明白である。従つてこの試験結果から、鉛直打継目の打継ぎは材料の分離が出来るだけ少い様に施工しなければならないことが判る。

また、この試験と同様の方法で試験した、高さ15cmの鉛直打継目の引張強さ係数と打継目を有しないものの引張強さ係数との比は79%となつたから、高さ30cmの打継目の下半部は、高さ15cmの打継目より強いことが示されている。

従つて、鉛直打継目の施工に当り、打継目の上部へ集つた水を何等かの方法で除去すれば、相当に強い打継目を造ることが出来る。この際、第12章に述べた如く、新コンクリートを打継いだのち適当な時期に振動を与えて締固めれば極めて有効である。

(2) 水平打継目の強度を、角筒供試体の場合と円筒供試体の場合とで比較すると、第12章第1節(2)に述べた如く、新コンクリートの打込み高さが大きいときは打継目の強度が強くなることが認められる。従つて水平打継目の施工に当り、材料の分離が著しくならぬ程度で新コンクリートの打込み高さを大とすることは、打継目の強度を強くする爲に有効な手段であることがわかる。

第14章 結 論

本実験の範囲内で次の事が言えると思われる。

(1) 新旧コンクリートの打継目が構造物の弱点となる第一の原因は、旧コンクリートに於ける材料の分離或はブリーチングによつて、旧コンクリートの打継ぎ面附近が品質の悪いコンクリートとなることである。故に、十分な強度、耐久性および水密性を有する打継目を造る爲には、先づ材料の分離が出来るだけ少い様に旧コンクリートを造ることが必要である。然し、如何に入念な施工をしても、水平打継目に於ける旧コンクリートの上部が下部よりも品質の悪いコンクリートとなることは避けられないから、完全な打継目を造る爲には、旧コンクリート上部の品質の悪くなつた部分を取り去つてから打継ぐことが必要となるのである。

(2) (1)に述べた様に、水平打継目の施工に当つては、旧コンクリートの打継ぎ部が品質の悪いコンクリートとならない様に施工することが重要である。故に、打込んだ旧コンクリートの打継ぎ面を完全に養生することが是非必要である。

(3) 材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ、在來の方法で入念に打継いで造つた打継目の強度は新コンクリートの強度より弱くなる。而してその弱くなる割合は、鉛直打継目の上部に於て特に甚だしい。

(4) 材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面に於て、旧コンクリートの打継ぎ面を削つて粗にすることは、水平打継目に於ては効果が少いが、鉛直打継目に於ては打継目を強くする爲に有効な手段である。

(5) 材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ、旧コンクリートが打継ぎ面の処理作業によつて害を受けない程度に硬化したのち、新コンクリートを打継いで造つた水平打継目の強度は、旧コンクリート面を処理する時期および打継ぎの時期には殆んど無関係である。この水平打継目の強度と新コンクリートの強度との比は、コンクリートがプラスチックでウォーカブルの範囲内では、コンクリートの水セメント比およびコンシステンシーには概ね無関係であつて、処理した旧コンクリート面へセメントペーストを塗るか、適当な厚さのモルタルを敷きならして打継ぎ、コンクリートが再びプラスチックにならぬ程硬くならない範囲で出来るだけ

遅い時期に、振動を与えて再び締固めれば100%とすることが出来るが、此の締固め方法を用いない場合には約95%となり、旧コンクリート面へ直接打継ぐ場合には約80%となる。

再振動の締固め方法は、材料の分離がひどくないと考えられる旧コンクリート面へ打継いだ打継目の強度を、新コンクリートの強度と同じくする為の最も確実な方法である。

(6) 水平打継目の旧コンクリート面へ新コンクリートを打継ぐ場合に、従来は、セメントペーストを塗るか又はモルタルを敷きならす様に指示されるのが普通であつたが、本実験によれば、粗骨材の最大寸法25mmで通常のコンクリート工事に用いられるコンシステンシーのコンクリートに於ても、両者の効果の差は認められ、モルタルを敷く方が有効である。従つて、粗骨材の最大寸法が更に大きい場合や硬練りのコンクリートの場合には、適当な厚さのモルタルを敷いて打継ぐことが必要である。

(7) 鉛直打継目の強度は、打継目の下部に於ては比較的に強くなるが、新コンクリートに於ける材料の分離によつて、その上部に於ては著しく弱くなり、プラスチックでウオーカブルなコンクリートを30cmの高さに打込んで造つた鉛直打継目に於てすらも、その下半部と上半部とに於ける強度の比は概ね1:0.6となるから、実際の構造物の打継目に於ては其の上部の強度は極めて弱くなる。従つて、鉛直打継目の施工に当つては、材料の分離が出来るだけ少い様に新コンクリートを打継ぐことが特に重要であり、新コンクリートの締固めに際しては、上部の打継目に於ける新コンクリートの品質を改良する手段を講ずることが必要である。この為には、新コンクリートを打継いだのち、(5)で述べた適当な時期に、振動を与えて再び締固めることが極めて有効である。

(8) プラスチックでウオーカブルなコンクリートを高さ15cmに打込み入念に造つた鉛直打継目の強度と、新コンクリートの強度との比は、コンクリートの水セメント比やコンシステンシーには概ね無関係であつて、旧コンクリート面へセメントペーストやモルタルを塗つて打継ぎ、(7)で述べた時期に振動を与えて再び締固めれば約100%とすることが出来るが、この締固め方法を用いない場合には約80%、旧コンクリート面へそのまま打継ぐ場合には約60%となる。なお、この場合に、旧コンクリート打継ぎ面を約1mm削りセメントペーストを塗つて打継げば約85%、打継ぎ面を凸凹に削りセメントペーストを塗つて打継げば約90%とすることが出来る。従つて、旧コンクリート面へセメントペーストや新コンクリート中のモルタルを塗つて打継ぐ方法は、鉛直打継目の強度を強くする為の有効な手段である。

(9) 水平打継目の施工に当つては、新コンクリートに於ける材料の分離が著しくならぬ程度で、新コンクリートの打込み高さを大とすることは、打継目の強度を強くする為の有効である。

(10) 打継目の引張強度を試験するには、赤沢氏の引張強さ係数試験方法によるのが便利である。

之を要するに、新旧コンクリートの打継目を構造物の弱点とならぬ様に施工する為には、先ず、材料の分離が出来るだけ少い様に旧コンクリートを造り十分に養生し、この旧コンクリートへ在来の方法によつて入念に打継いだのち、適当な時期に振動を与えて再び締固めることが必要である。

昭和25年11月25日 初版発行
昭和27年2月20日 訂正再版
昭和27年2月20日 発行

土木学会論文集
第 8 号

著 者 國 分 正 胤
編集兼発行者 中 川 一 美 東京都千代田区大手町2丁目4番地
印 刷 者 大 沼 正 吉 東京都港区溜池町5番地
印 刷 所 株式会社 技 報 堂 東京都港区溜池町5番地

東京都中央郵便局区内千代田区大手町2丁目4番地 電話和田倉(20) 3945 番
発 行 所 社 団法人 土 木 学 会 振替東京16828 番

写真-1 水平打継目角塙供試体における旧コンクリートの打継ぎ面の1例

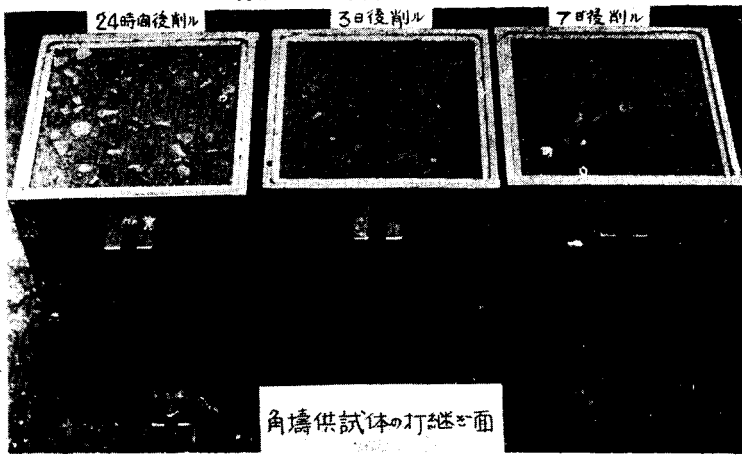


写真-2 水平打継目角塙供試体(12.5cm×12.5cm×50cm)の破壊状況の1例

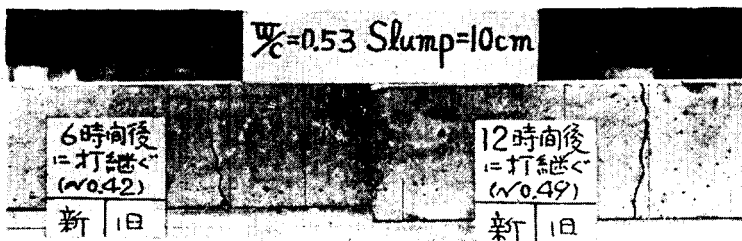


写真-3 水平打継目円塙供試体(直径20cm, 長さ20cm)の破壊状況の1例

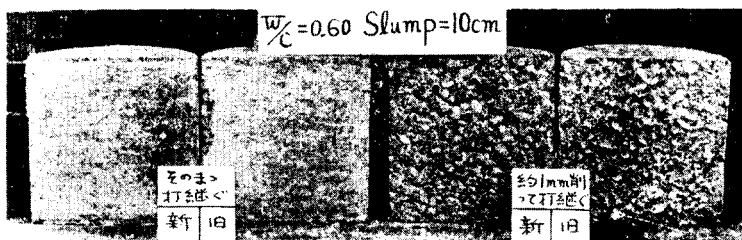
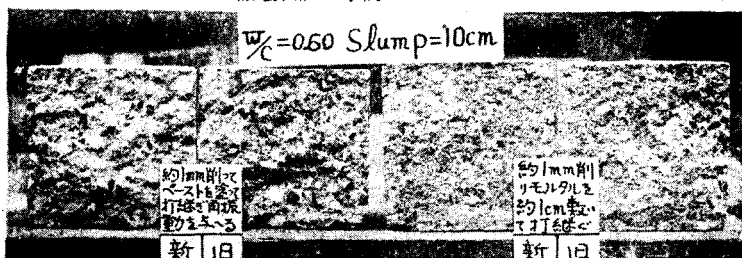
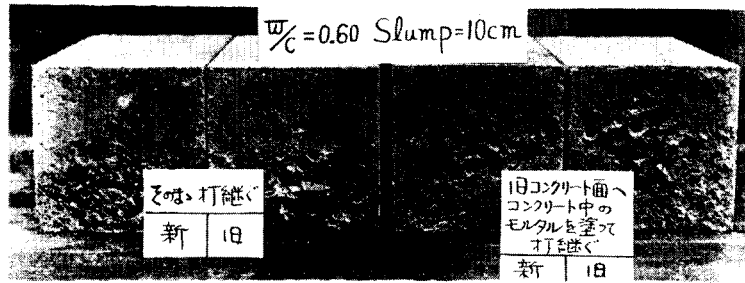


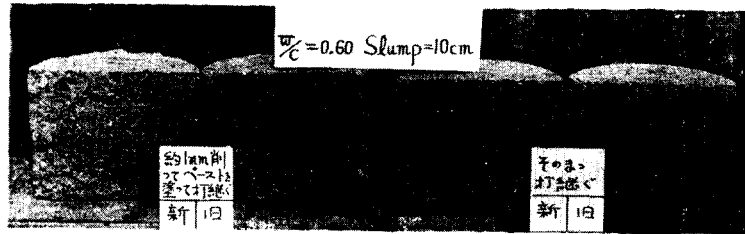
写真-4 水平打継目円塙供試体(直径20cm, 長さ20cm)の破壊状況の1例



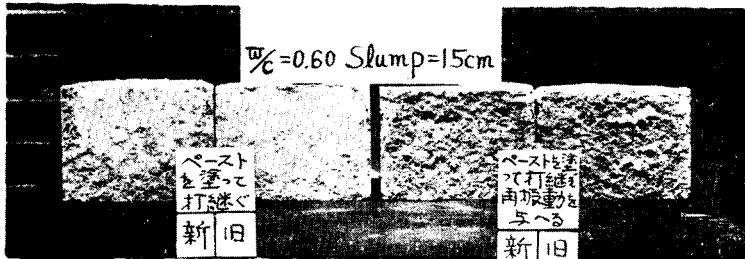
写真一5 鉛直打継目梁供試体(15cm×15cm×50cm)の破壊状況の1例



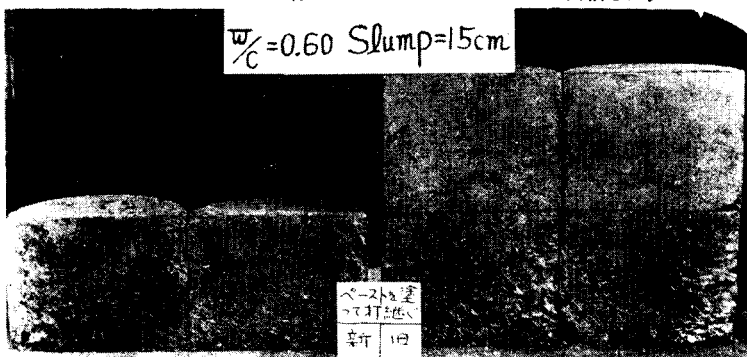
写真一6 鉛直打継目円筒供試体(直径20cm, 高さ15cm)の破壊状況の1例



写真一7 鉛直打継目円筒供試体(直径20cm, 高さ15cm)の破壊状況の1例



写真一8 鉛直打継目円筒供試体(直径20cm, 高さ^{有30cm}15cm)の破壊状況の1例
(高さ30cmの供試体は上下に切つて分けて夫々試験した)



写真一9 鉛直打継目円筒供試体(直径20cm高さ15cm)をワイヤソーで切つた断面の1例

