

信州大学農学部 ○堀内 照夫
京都府林務課 正田 憲一

1. まえがき

砂防ダムは古くから多数築設され、大小あわせると全国的には10万基以上になっている^{1)・2)}。これら既設の砂防ダムは苛酷な条件にさらされながら外力に対応しており、それぞれの役割を果たしている。しかし、そのなかには摩耗、損壊されているものがあり、近年では土石流の直撃を受け、とくに、砂防ダムの袖部が破壊されているものが多い。最近の例では1984³⁾長野県西部地震による御岳崩れの流動土砂によって鈴ヶ沢に土石流が発生し、木曾郡王滝村九藏地籍（王滝川・鈴ヶ沢合流点より上流 2.5kmの地点）に築設されていた九藏砂防ダム（昭和39年～41年）の左岸袖部が新旧コンクリートの打継目から折損、流失された。九藏砂防ダムはこのとき鈴ヶ沢土石流を扨し、その勢力を減殺したが、袖部の破壊がなかったら下流の橋梁、道路が流失される被害を回避することができたであろう。この時、鈴ヶ沢土石流は九藏砂防ダム下流では泥流となり、鈴ヶ沢流路工への被害はなかった。

土石流の先頭流あるいは流動転石が構造物に衝突するときの衝撃力を推定する方法はいくつか報告されている^{3)・4)・5)}。これらによると、ある速度をもった流動転石がコンクリート構造物に衝突すると非常に大きな衝撃力が作用することになる。一方、袖部はコンクリート施工上新旧コンクリートの打継目となる。この打継目が構造物の弱点になっており、袖部の破壊を多くしていると推察される。本報告は砂防ダム袖部における新旧コンクリートの打継目強度とその補強について実験的に検討を行ったものである。

2. 新旧コンクリートの打継目処理に関する従来の研究

わが国でセメントが製造されるようになったのは明治5年（1872年）で砂防工事にコンクリートが使用されるようになったのは大正7年（1918年）山梨県の芦安砂防堰堤が最初であるといわれている⁶⁾。この間、コンクリートの施工技術は著しく向上した。しかし、マスコンクリートでは同時にコンクリートを打設することはできず旧コンクリートに新しいコンクリートを打継ぐことになる。このとき構造物、施設には当然のことながら新旧コンクリートの打継目ができる。この打継目がコンクリート構造物の弱点となり、橋脚、橋台が倒壊したり、貯水槽壁などからの漏水があって打継目の施工は重要な課題であった。したがって、打継目の強度、水密性および耐久性にかんする研究が進められた。わが国では大正末期から昭和25年代に積極的に行われ⁷⁾、その経過のなかで「土木学会コンクリート標準示方書」に示される打継目施工法が定められた。すなわち「コンクリートを打継ぐ場合には旧コンクリート表面のレイタンス、品質の悪いコンクリート、ゆるんだ骨材粒などを完全に除き十分に吸水させ、……旧コンクリート面にセメントペーストを塗るか、コンクリート中のモルタルと同程度のモルタルを敷いて、直ちにコンクリートを打ち、旧コンクリートと密着するように締固めなければならない」と。この方法によって打継目の強度は打継目をもたない場合の引張り強度の80%あるいは同程度の強度を得ることができるとされている。しかしながら、このことは実験室内における結果で

あって、環境条件の異なる現場のコンクリート施工法においては、気象条件、立地条件に基因する施工法、養生方法の影響を受けるので新旧コンクリートの打継目は矢張りコンクリート構造物の弱点になっている。

3. 新旧コンクリートの打継目強度と鉄筋補強に関する実験

新旧コンクリートの打継目強度を求めるとき、粗骨材の影響を少なくし、より大きい破壊強度を発揮させるためモルタル供試体を使用することにした。

3.1 供試体の作製 普通ポルトランドセメントを用い、細骨材は天竜川産の川砂を使用した。細骨材の比重は2.630、吸水率1.39%、粗粒率は2.90であった。供試体は圧縮試験用の型枠を用い、配合比1:2、水セメント比0.4のモルタル供試体とした。フロー値80~90mmのモルタルを型枠の下方1/2まで打込み、旧モルタル供試体を同時に60個作製した。打継ぎ用の新モルタルは必要量つつ手練りとした。打継ぎの終わった供試体は所定の時間室内に静置し、湿布で被覆して翌日型枠を脱し、その後は打継ぎの時間で4週間21℃の水中にて標準養生を行った。打継ぎの条件は(1):1層のリフト(1作業区内)における打継ぎを想定し、旧モルタル打込後、2,4,6,8,10,12時間ごとの短い時間間隔で打継いだ。(2):リフトアップの連続打設の過程における打継ぎを想定し、1,2,3,4,5日後の間隔で打継ぎを行った。(3):多年度施工を想定し1,3,6,(12)ヶ月後の間隔で打継いだ。(4):旧モルタル供試体作製時に図-1のように鉄筋を配し、その直後あるいは1日後に新モルタルを打継ぎ、鉄筋による補強効果を検討した。

3.2 圧裂試験方法 新旧コンクリートの打継目における強度は一般的には付着強度であるが、引張り、曲げ試験方法によって求められる。この実験ではJISA 1113の引張試験方法に準じ、図-2に示す方法によって圧裂破壊強度を求めた。一般にコンクリートの引張強度は、圧縮強度の1/10~1/13程度であることが知られている^{9),9)}。予備実験の結果、打継

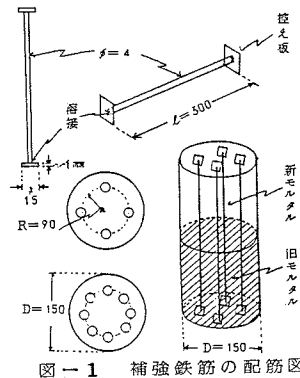


図-1 補強鉄筋の配筋図

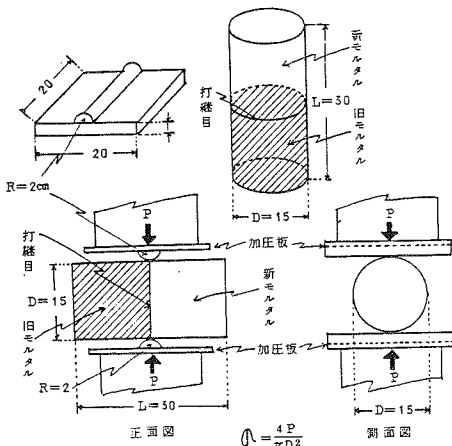


図-2 試作した引張強度試験方法

ぎをもたないモルタル供試体の圧縮強度 (σ_c)と図-2の方法によって求めた圧裂強度 (σ_t)との関係が、 $\sigma_t = (1/10 \sim 1/12) \sigma_c$ の範囲におさまった(表-1)。そこで、本実験では以降、この試験方法で求めた圧裂強度がほぼ打継目の引張強度に相当すると考え、この試験方法を採用した。

表-1 圧縮強度と引張強度の関係

供試体 (供試体作製月日)	1(6/20)	2(9/28)	3(11/21)
圧縮強度 (kg/cm ²)	506.9 (4.60)	505.2 (7.54)	542.7 (0)
引張強度 (kg/cm ²)	47.39 (3.94)	48.81 (4.13)	47.33 (10.8)
圧縮強度を100とした 場合の引張強度比 (%)	9.35	9.66	8.73
(分数表示)	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{12}$

4. 実験の結果と考察

(1) 1層のリフト打設時における新旧モルタルの打継目強度
 コンクリートの練り混ぜから打ち終わりまでの時間は温暖で乾燥している場合1時間、低温で湿潤な場合でも2時間を越えてはならないとされている¹⁾。一方、1リフト打ちの高さは1.0~1.5m程度が要求される。したがって、これらのことを考慮すると工事現場の立地条件によっては新旧コンクリートの打設時間間隔が2~3時間、場合によっては数時間後になる場合がある。図-3は旧モルタルの材令を2時間間隔で打継いだ場合の打継目強度を示したものである。これによると、旧モルタルの材令が2時間後であっても打継目の強度が低下すること、12時間後の打継目強度は2時間後の強度とほぼ同じで、打継目をもたない強度の50~60%であることが知られた。1リフトの打設時には打継目をつくらないように連続して打設することが必要である。

(2) 連続打設における打継目強度 1リフトの打設終了後、次のリフト打設との間隔は一般的には2~3日間隔が多い。図-4は1日間隔で5日後までの打継ぎを行った場合の打継目強度を示したものである。2時間間隔後の打継目強度とほぼ同程度の値を示した。

(3) 多年度施工を想定した場合の打継目強度 従来考えてきた新旧コンクリートの打継目に相当するが、当然のことながら打継目の強度は打継目をもたない場合の強度より低下している。強度低下の割合は2時間後から6ヶ月後であってもほぼ同じで、打継目をもたない引張強度に対し50~60%の強度であることを示した。図-6は図-3,4,5を一括して示したものである。(4) 鉄筋による打継目強度の補強 新旧モルタルの打継目強度はかなり丁寧な実験においても打継目をもたない場合の50~60%、あるいは70~80%の強度が期待できるととまった。しかも、これらは実験室内の結果であって現場的には強度低下の割合はより大きいことが憂慮

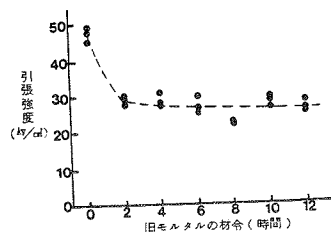


図-3 1リフト打設時における新旧モルタルの打継目強度

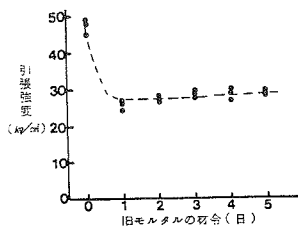


図-4 連続リフト打設を想定した新旧モルタルの打継目強度

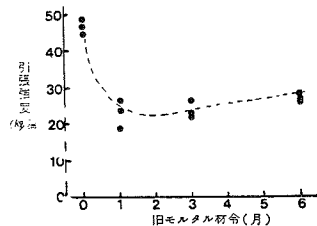


図-5 多年度施工における新旧モルタルの打継目強度

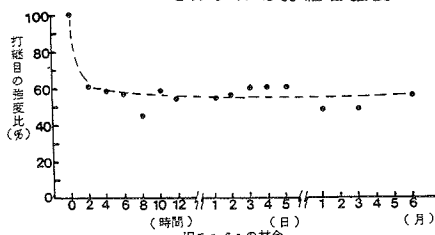


図-6 旧モルタルの材令と打継目の強度比

表-2 新旧モルタルの打継目に鉄筋を補強した場合の引張強度

供試体	引張強度 (kg/cm ²)	変動係数 (%)	打継目のない場合を100としたときの強度比 (%)	最大引張強度 (kg/cm ²)	変動係数 (%)	打継目のない場合を100としたときの強度比 (%)
(圧縮強度)	542.7	0				
打継目なし	47.38	10.89	100			100
1日後に打継ぎ	31.34	18.51	66			66
φ = 4mm 鉄筋4本 ℓ = 30cm	29.36	7.75	62	35.63	2.34	75
φ = 4mm 鉄筋4本 ℓ = 10cm	28.42	6.33	60	32.85	5.90	69
同上 レイタンス取除かず	22.61	6.04	48	30.93	8.49	65
φ = 4mm 鉄筋3本 ℓ = 30cm	29.17	5.57	62	51.83	0.61	109
φ = 4mm 鉄筋3本 ℓ = 10cm	26.85	8.81	57	50.28	5.81	106
同上 レイタンス取除かず	23.04	14.74	49	48.69	2.67	103
D10 異形鉄筋1本	26.32	5.50	56	40.21	3.37	85
同上 レイタンス取除かず	16.87	8.70	36	38.10	2.35	80

される。そこで打継目であっても打継目のないモルタルの引張強度と同程度の強度を保持すること、つまり、新旧モルタルの打継目に亀裂が生じてでも分離しないことを目標にして鉄筋で補強することを考え若干の実験を行った。表-2はその結果である。ここに最大引張強度とは、打継目に亀裂が生じた（引張強度）後急速荷重をかけ亀裂が増大したとき、つまり、亀裂が拡大しても荷重が増加しない状態での最大値を示した。表-2をみると、新旧モルタルの打継目による強度低下を補う量の鉄筋を補強することにより、打継目に亀裂は生ずるものの分離することはなく打継目のない場合の引張り強度に相当する結果を期待することが示されている。

5. 要約

土石流の衝撃力によって砂防ダムの袖部が新旧コンクリートの打継目から折損、破壊され、砂防ダムの機能を低下している事例の多い点に注目し、新旧コンクリート打継目の強度とその補強についてモルタルを用いて実験的に検討を行った。その結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 「土コ示」に規定されているコンクリートの引張強度試験法(JISA 1113)に準じ、より簡易な実験方法(図-2)を採用したところ比較的良好な結果が得られた。
- (2) 新旧コンクリート打継目の引張強度は旧コンクリートの材令には関係のないことが示された。
- (3) したがって、1層のリフト打設時においてはできるかぎり連続して打設することおよび連続打設のリフトアップの過程では打継目として処理することが必要である。
- (4) 新旧コンクリートの打継目強度は旧コンクリート面の処理、打継方法の相違による影響が大きく、旧コンクリート面ヘセメントをすり込んだ後に打継ぐ方法がもっとも良い。
- (5) 打継目の引張強度は旧コンクリート面の処理、方法の相違によるよりも打継ぎ後の養生方法が重大に影響することが示された。
- (6) したがって、現場的には新旧コンクリートの打継目はコンクリート構造物の弱点になることを前提条件において対処することが必要である。
- (7) 打継目強度と打継目をもたないコンクリートの引張強度との強度差を補う鉄筋量の補強により、打継目に亀裂は生ずるものの打継目をもたない場合の破壊荷重を加えても折損、分離することなくその補強効果が認められた。

今後はより現場的な実験によって打継目の補強工法を確立させなければならないと考えている。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部(1980): 砂防便覧
- 2) 林業土木施設研究所(1976): 治山施設の被害原因に関する調査研究報告書
- 3) 奥田節夫(1973): 巨大礫の衝撃力—焼岳の実測例を参考にして—, 松本砂防技術資料No.9
- 4) 水山高久(1974): 砂防ダムに対する土石流衝撃力算定と問題点, 新砂防112
- 5) 堀内照夫(1982): 治山堰堤にかかる転石の衝撃力について, 昭和55,56年度科学研究費補助金研究成果報告書
- 6) 木村正昭(1962): 砂防ダム, 日本セメント技術協会パンフレット66
- 7) 吉田徳次郎(1923): 新旧混凝土の接合について, 土木学会誌ほか
- 8) 土木学会(1977): コンクリート標準示方書
- 9) 国分正胤(1950): 新旧コンクリートの打継目に関する研究, 土木学会論文集