

V-173 温泉水(中ノ湯、平湯)の浸食に対するコンクリートの長期耐久性に関する研究

名古屋工業大学 正会員 ○上原 匠
 名古屋工業大学 正会員 梅原秀哲
 名古屋工業大学 正会員 吉田弥智

1. まえがき

現在、岐阜長野県境で工事が進められている安房トンネル付近は温泉地帯である。温泉地帯に造られるコンクリート構造物は温泉水による浸食を受ける場合が多い。そこで、温泉水の浸食に対して各種セメントを用いたコンクリートの耐久性試験が、長野県中ノ湯温泉水に対して昭和54年から5年間¹⁾、また岐阜県平湯温泉水に対して昭和60年から5年間行われた。本研究は、中ノ湯温泉水及び平湯

2. 中ノ湯温泉水及び平湯温泉水の特質

表1に、中ノ湯温泉水及び平湯温泉水の成分の比較を示す。中ノ湯温泉水及び平湯温泉水とも中性の単純泉である。両温泉水とも陰イオンの分類から重碳酸塩泉、陽イオンの分類から重曹泉であるが、平湯温泉水は中ノ湯温泉水に比べ、炭酸水素イオンを1.5倍、ナトリウムイオンを1.6倍多く含んでいることから、平湯温泉水のほうが中ノ湯温泉水に比べその特質が強いと言える。

表1 温泉水の成分等比較

	中ノ湯	平湯
泉質	単純泉	単純泉
pH	6.6	7.4
水温(℃)	50 ※	60
塩素イオン Cl ⁻ (ppm)	—	160.0
硫酸イオン SO ₄ ²⁻ (ppm)	—	12.0
炭酸水素イオン HCO ₃ ⁻ (ppm)	446.1	690.0
ナトリウムイオン Na ⁺ (ppm)	85.0	140.0

※ 供試体の現地養生は60℃を採用した

3. 耐久性試験の概要

中ノ湯温泉水に対する耐久性試験では、中庸熱セメント+フライアッシュ、高炉セメントB種(混合粉砕)及び普通セメントの3種類、平湯温泉水に対する耐久性試験ではこれに高炉セメントB種(分離粉砕)を加えた4種類を採用し、外観状況、重量変化、中性化深さ及び圧縮強度を調べた。なお、比較のため標準養生での試験も同時に行った。表2にコンクリートの配合の比較を示す。中ノ湯温泉水及び平湯温泉水で養生した各供試体の水セメント比

表2 コンクリートの配合の比較

セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)					
			W	C	F.A. S	G		
中ノ湯	普通セメント	55	42	188	342	—	749	1069
	中庸熱セメント+F.A. ※	55	41	165	210	90	759	1128
	高炉セメントB種(混合粉砕)	55	42	183	333	—	745	1057
平湯	普通セメント	56	46	167	297	—	829	1001
	中庸熱セメント+F.A. ※	55	46	156	200	86	842	1001
	高炉セメントB種(混合粉砕)	55	46	167	305	—	822	993
高炉セメントB種(分離粉砕)	55	43	167	298	—	775	1057	

※ F.A. : フライアッシュ

はほとんど同じであるが、平湯温泉水に比べ中ノ湯温泉水で養生した供試体の方が、単位水量が約20kg/m³、単位セメント量が30kg/m³以上大きい。水セメント比が同じであることから単位水量、単位セメント量がコンクリートの水密性、強度及び中性化に与える影響が大きいので、耐久性比較においては泉質及び配合を考慮して行った。

4. 耐久性試験結果

表3に5年間の外観状況の変遷を示す。いずれの供試体にも表面に温泉垢が付着している。この垢は材令が進むにつれて茶色から黒色に変化していくが、垢は容易にとれ、これを洗浄した

表3 外観状況の変遷

セメントの種類	種目	材令	1年	2年	3年	4年	5年
			表面	茶色	茶色から黒色へ	黒色が増す	黒色
中ノ湯	普通セメント	浸食状況(粗骨材の露出)	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現
	中庸熱セメント+フライアッシュ	浸食状況(粗骨材の露出)	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	・表面のモルタルが浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現
	高炉セメントB種(混合粉砕)	表面	うすすらと茶色	全体的に茶色	茶色から黒色へ	全体的に黒色	黒色
平湯	普通セメント	浸食状況(粗骨材の露出)	・表面のモルタルが浸食	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落
	中庸熱セメント+フライアッシュ	表面	茶色	茶色から黒色へ	全体的に黒色	——	黒色
	高炉セメントB種(混合粉砕)	浸食状況(粗骨材の露出)	・表面のモルタルが浸食	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落	・表面のモルタルが浸食、剥落
平湯	高炉セメントB種(分離粉砕)	表面	うすすらと茶色	うすすらと茶色	全体的に茶色	——	茶色から黒色へ
	浸食状況(粗骨材の露出)	・なし	・なし	・なし	——	・表面のモルタルがうすすらと浸食、剥落 ・骨材に粗骨材の出現	

状態を外観状況の比較を行った。浸食はセメント中のカルシウム化合物に炭酸水素イオンが反応することで生じる²⁾。カルシウム化合物の量が少ない高炉セメントB種は、炭酸水素イオンの影響を受けにくいいため、中ノ湯側供試体及び平湯側供試体とも外観状況の変遷がほとんどないことがわかる。普通セメント及び中庸熱セメント+フライアッシュを用いた場合には、平湯温泉水に比べ中ノ湯温泉水で養生した供試体の方が浸食が激しい結果となった。これは、平湯側供試体に比べ中ノ湯側供試体の方が単位セメント量が多いため、中ノ湯側供試体の表面の浸食が大きく現れた結果となったと考えられる。

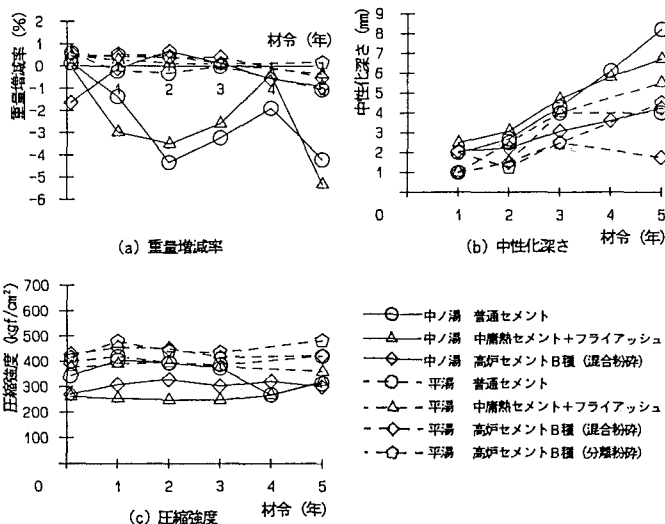


図1 中ノ湯と平湯の耐久性試験結果の比較

すなわち、炭酸水素イオンの影響を受けいずれの温泉水で養生した供試体も浸食されるが、ここでは供試体中の水酸化カルシウムの量による違いが、表面の浸食状況の違いとして現れたと言えよう。図1に、重量変化等の耐久性試験結果を示す。図1(a)に示す各供試体の重量増減率の比較から、普通セメント及び中庸熱セメント+フライアッシュを用いた中ノ湯側供試体を除く他の供試体の重量増減の傾向がほとんど同じであり、前に述べた外観状況に対応していると言えよう。すなわち、重量増減は供試体中の水酸化カルシウム量の影響を受けていると考えられる。図1(b)に示す材令5年目までの中性化深さの比較から、平湯温泉水で養生した高炉セメントB種を用いた供試体が最も中性化深さの程度が小さいことがわかる。これは、供試体に含まれる水酸化カルシウム量の違いによる外観状況の浸食程度が影響したものと考えられる。材令5年目の標準養生における中ノ湯側供試体と平湯側供試体の圧縮強度に100kgf/cm²以上の差が生じているため、現地養生した供試体の圧縮強度の比較は、標準養生での圧縮強度試験結果を考慮して行った。図1(c)に示すように現地養生での圧縮強度は、各供試体とも泉温の影響を受けてそれぞれ初期強度は大きくなる傾向が見られるが、材令による強度増進は見られない。標準養生からの強度低下は、中ノ湯温泉水で養生した場合が100~130 kgf/cm²、平湯温泉水で養生した場合が50~290 kgf/cm²であり、各セメントとも平湯温泉水で養生した供試体の方が大きい結果が得られた。この原因としては、温泉水中の炭酸水素イオンの含有量の違い及び塩素イオン、硫酸イオンの有無が考えられる。しかし、高炉セメントB種を用いたコンクリート供試体の圧縮強度は、いずれの温泉水で養生した場合も強度的には十分であると言えよう。

5. まとめ

- (1) 単位セメント量が多い中ノ湯側供試体の方が、炭酸水素イオンが多く含まれる平湯温泉水で養生した供試体に比べ表面の浸食程度が大きく現れ、重量の減少及び中性化深さも顕著であった。
- (2) 中ノ湯温泉水で養生した供試体に対し、炭酸水素イオンが多く含まれる平湯温泉水で養生した供試体の方が、標準養生と比べた現地養生における強度低下は大きく現れた。
- (3) 中ノ湯温泉水及び平湯温泉水で養生した各供試体とも高炉セメントB種を用いた方が、外観上の変化もほとんどなく、浸食による重量の減少及び中性化の進行もそれほど大きくなく、圧縮強度も強度的に十分であり、他のセメントに比べ、長期耐久性において最も優れていることが明らかとなった。

〔参考文献〕

- 1) 吉田弥智、梅原秀哲、赤井登：高温温泉水に対するコンクリートの長期耐久性に関する研究—中ノ湯温泉水の場合—、セメント技術年報、第39巻 1985、pp.296~299
- 2) 和泉、喜多、前田、コンクリートの耐久性シリーズ 中性化、技報堂出版、1986