

大成建設(株) 正会員 ○内蔵 清司
正会員 山田 邦光
中西 章

1. まえがき

フリーフレーム工法は、斜面安定工法の一つで、フリーフォームと呼ぶ金網でできた型枠内に鉄筋を配置し、コンクリートまたはモルタルを吹付け、鉄筋コンクリートのはりを作成する工法である。斜面の崩壊防止工事は年間を通じて施工されており、特に12~3月の冬期間に施工されることが多い。しかし、低温時においては、強度の発現が遅れたり、凍結の影響を受けやすい。そこで、寒中施工を目的として、低温下で吹付けによって打設したコンクリートまたはモルタルの強度、はりの曲げ耐力、および構造物の大きさが強度の発現性に貢献する度合について検討を行なった。

2. 配合試験

湿式吹付機を使用して、養生温度が5℃ のとき3日強度が300 kg/cm²以上となり、しかも、吹付けの作業性が良い配合を求めた。ここで、3日強度としたのは、安定工事全体の工程に影響を及ぼさないようにしたからであり、養生温度を5℃ としたのは、外気温が氷点下となっても、保温シートをかぶせて電球をつけておけば、この程度の温度を確保できるからである。

表-1に配合試験の結果の一覧を示す。

表-1 配合試験一覧表

配合 No.	セメントの種類	モルタル コンクリート	混和剤	セメント量 (kg/m ³)	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 S/A (%)	セメント砂比 (C:S)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)			判 定	
										抜令	5℃	20℃	強度	作業性
1	早強セメント	コンクリート	NL-4000	600	35	60	—	1.2	2.0	3 7 28	385 520 586	553 717 779	良	悪
2	同 上	〃	〃	500	37	〃	—	1.5	2.4	3 7 28	323 502 541	—	良	悪
3	同 上	〃	〃	450	47	〃	—	5.0	—	—	—	—	可	悪
4	普通セメント	〃	〃	600	35	〃	—	5.3	3.1	3 7 28	290 426 488	—	不可	やや悪
5	同 上	モルタル	〃	540	46	—	1:3	10.0	2.8	3 7 28	304 360 399	450 555 605	可	良
6	同 上	〃	〃	500	46	—	〃	12.0	3.0	3 7 47	347 478	471 516	良	
7	同 上	〃	なし	500	46	—	〃	3.5	3.2	3 7	328 454	430 471	良	
8	同 上	〃	〃	490	50	—	〃	7.0	3.1	3 7	309 422	403 454	可	

この結果、普通セメントを使用した配合では、早期強度が得られず、早強セメントを使用し、高性能減水剤を添加した No.6 の配合が先の条件を満たしている。コンクリートの吹付けを行なうには、作業性に問題が残った。
(多少)

3. 曲げ載荷試験

8. で得られた配合により、実物大のはりを作成し、5℃、20℃で養生して曲げ載荷試験を行なった。はりの断面の大きさは、50cm×50cmと30cm×30cmとの2種類で、スパンはいずれも2.5mである。荷重は、中央1点載荷とした。

結果を表-2に示すが、最大曲げモーメントは、引張鉄筋降伏後のコンクリートの圧縮破壊により決定されている。断面が50cm×50cmの場合、養生温度が5℃であっても計算値を超えているが、30cm×30cmの場合、5℃では計算値よりやや小さくなった。しかし、いずれの場合も20℃で養生したものとそれ程大きな差異はなく、

また、曲げ破壊にも達しているので、十分曲げ耐力を有していると言える。また、曲げ載荷試験後、試験体からコアを採取し圧縮試験をした所、いずれも300kg/cm²以上であった。

4. モルタルの低温養生試験

コンクリートは、0℃以下になると凍結し、所定強度の発現が難しくなる。これ

に対して、セメントの水和熱によるそれ自身のセルフキュアリングによって、多少でも凍結を防止し、硬化促進をすることが期待できる。1辺が、10、20、30 cmの立方体試験体の養生温度を20℃、5℃、-5℃として、硬化発熱の分布を調べると共に、圧縮強度を求めた。モルタルの配合は、先の試験と同じである。

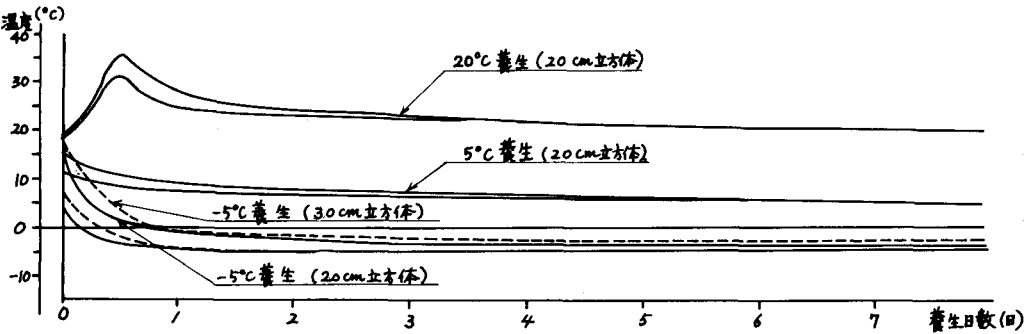


図-1 試験体内部温度の変化

図-1は、試験体内部温度の変化状況で、中心点においては、20℃の場合、打設時に16℃であったものが、打設後13時間でピークに達し、その後は徐々に低下して、約7日後20℃となった。5℃、-5℃の場合には温度の上昇はなく、前者は約7日で、後者は約1日でそれぞれの温度となった。-5℃の場合、試験体が大きい程、温度の低下の割合が少なく、セルフキュアリングの効果が認められる。表-3は、圧縮試験の結果で、20 cm立方体とφ50×100のテストピースとを比較すると、20℃においては、後者の方が強度が大きいものに対して、-5℃では前者の方が大きくなっている。枚数による強度変化をみると後者はほとんど増加が認められないが、前者はかなりの増加があった。また、どの位の大きさからセルフキュアリングの認められるかをみると、10 cm立方体ではほとんど強度の増加がなく、20 cm~30 cmと試験体が大きくなっていくに従い、強度も増加している。混和剤(NL-4000)を使用したものとししないものとは、圧縮強度にはっきりとした違いが現われている。

5. まとめ
一連のテストの結果、冬期間においてフリーフレーム工法を施工する場合のモルタルの配合をNO.6程度にフリーフレームの断面が20 cm以上の部材であり、更に養生については、保温シートで覆い、ヒーターを差し込んでやれば、外気温が-5℃程度であっても、十分300 kg/cm²以上の強度が得られることを確認できた。

表-2 曲げ載荷試験結果()内は実験値/計算値

断面の大きさ	養生温度	最大曲げモーメント(tm) (計算値)	最大曲げモーメント(tm) (実験値:385kg)	最大曲げモーメント(tm) (実験値:785kg)
50 cm×50 cm	5℃	31.5	35.6 (1.13)	36.3 (1.15)
	20℃	〃	37.5 (1.19)	38.8 (1.23)
30 cm×30 cm	5℃	8.5	7.5 (0.88)	8.0 (0.94)
	20℃	〃	9.3 (1.09)	10.1 (1.19)

表-3 圧縮試験結果()内は混和剤がない場合

養生温度(℃)	φ50×100 mm		30 cm立方体		20 cm立方体		10 cm立方体	
	σ _{ca} (MPa)	σ _{ca} (kg/cm ²)	σ _{ca} (MPa)	σ _{ca} (kg/cm ²)	σ _{ca} (MPa)	σ _{ca} (kg/cm ²)	σ _{ca} (MPa)	σ _{ca} (kg/cm ²)
20	333 (238)	429 (347)	—	—	316 (—)	382 (—)	—	—
5	155 (121)	355 (297)	—	—	229 (—)	333 (—)	—	—
-5	37 (28)	50 (46)	165 (—)	280 (—)	91 (72)	152 (95)	36 (—)	55 (—)