

欧州のセメントを使用したコンクリートの基礎物性に関する検討

(社)セメント協会 研究所 正会員 島崎 泰
 同上 正会員 村田芳樹
 同上 正会員 吉本 徹

1. はじめに

現在、セメントに関する欧州規格（以下、EN197-1）は、将来、ISO規格として整合化される可能性があり、国内においては日本工業規格（以下、JIS）とISO規格との整合化の検討が行われている。

欧州で製造・流通されているセメントは、日本国内で製造されているセメントよりも強さレベルが低い¹⁾。また、最近、国内でセメントの過剰強度を排して配合の改善をすることが耐久性の観点から良策であるとするとの考えのもと、強さレベルの低いセメントが注目されつつある²⁾。

本報告は、強さレベルの低いセメントを使用したコンクリート物性を把握することを目的として、欧州のセメントおよび国内で製造した各種セメントを使用したコンクリートの基礎的物性に関する実験を行った結果について述べたものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び実験項目

セメントの種類と主な物性および実験項目はそれぞれ表-1、2に示す通りである。

欧州のセメント（以下、欧州品）はポルトランドセメント2種類（記号E1,E2）、混合セメント4種類（記号:G,F1,F2,F3）とし、国内のセメント（以下、国内品）は普通および低熱ポルトランドセメント（記号:N, L）、高炉セメントA種（記号:BA）の3種類である。

骨材は、粗骨材が青梅産砂岩碎石（Gmax20mm）、細骨材が浜岡産陸砂である。混和剤は、AE減水剤（リグニル）³⁾、酸化合物とポリオール複合体）およびAE助剤、消泡剤（ポリリアルキルグリコール誘導体）である。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合は、水セメント比（以下、W/C）を45%および65%の2水準、目標スランプを18±1.5cm（圧縮強度及び促進中性化）及び8±1.5cm（凍結融解）とした。また、両スランプとも目標空気量を4.5±1%とした。なお、E1は練混ぜ時に空気が過剰に混入した為、消泡剤を用いた。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度

Nを用いたコンクリートの圧縮強度を100とした圧縮強度比を図-1、表-1からNを用いたJISモルタル圧縮強さを100とした材齢28日のJISモルタル圧縮強さ比と材齢28日のコンクリート圧縮強度比の関係を図-2に示す。図-1より、Nに対する欧州品の圧縮強度比は、W/C=45%よりも65%の方が大きくなり、材齢28日のNに対する欧州品の圧縮強度比は、石灰石フィラーを混合したF1,F2が約80%、他のセメントG,E1,E2,F3が90~110%となった。

キーワード：欧州セメント、国内セメント、圧縮強度、中性化、凍結融解抵抗性

連絡先：〒114-0003 東京都北区豊島4-17-33 TEL:03-3914-2695 FAX:03-3914-2690

表-1 セメントの種類と主な物性

略称	記号	産地国	EN197-1におけるセメントの区分	混合材の種類(割合%)	密度(g/cm ³)	比表面積(cm ² /g)	JIS 5014外圧縮強さ(N/mm ²)		
							3日	7日	28日
欧州品	G	独英	CEM II/B-S/32.5R	高炉スラグ*(21~35)	3.05	3080	24.2	32.5	47.0
	E1		CEM I/32.5R	- (0~5)	3.13	3650	19.9	26.5	32.9
	E2		CEM I/42.5R	- (0~5)	3.14	3730	34.7	44.2	56.4
	F1	仏	CEM II/A-L/32.5R	石灰石フィラー(6~20)	3.07	3940	32.0	37.9	45.6
	F2		CEM II/B-M/32.5R	高炉スラグ*, 石灰石フィラー(21~35)	3.01	4270	22.6	32.9	42.8
	F3		CEM III/A/32.5R	高炉スラグ*(36~65)	3.05	3350	25.1	34.6	49.2
国内品	N	日本	-	- (0~5)	3.16	3270	28.3	43.6	59.7
	BA		-	高炉スラグ*(6~30)	3.06	3930	24.5	36.2	64.0
	L		-	- (0)	3.20	3290	15.4	22.5	57.1

表-2 実験項目

項目	方法
圧縮強度	JIS A 1108 (材齢:7, 28, 91日)
促進中性化	日本建築学会高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)付録1
凍結融解	JSCE-G 501-1986 (耐久性指数評価: ASTM C 666)

図-2より、Nに対する欧州品の圧縮強度（強さ）の発現性はJISモルタルよりコンクリートの方が高くなった。

今回の実験結果の範囲から、セメントの強さレベルと同等に、コンクリートの圧縮強度が発現するとは一概には判断できないと考えられる。

3.2 中性化

中性化深さと材齢、炭酸ガス濃度から(1)式を用いて中性化速度係数を算出した。

$$C = A\sqrt{CO_2/5} \times \sqrt{t} \quad (1)$$

【C:中性化深さ(mm)

A:中性化速度係数 CO₂:炭酸ガス濃度(%) t:材齢(週)】

材齢28日の圧縮強度と中性化速度係数の関係を図-3に示す。各セメント毎にW/C45%と65%の中性化速度係数を直線で補間し、設計基準強度24N/mm²、かぶり厚さ30mm、屋外の炭酸ガス濃度0.03%と想定した場合の鉄筋表面まで中性化が進行する期間を推定した結果を表-3に示す。

図-3より、材齢28日の圧縮強度と中性化速度係数の関係が認められ、材齢28日の圧縮強度が中性化速度に与える影響は大きい。表-3より、セメント種類別に見るとポルトランドセメントN,L,E1およびE2の中性化の進行期間は50~83年、混合セメントG,F1,F2,F3およびBAは31~43年となった。すなわち、同一強度における中性化速度係数はセメントの種類による相違が認められ、中性化対策には混合セメントよりポルトランドセメントの方が有効であると考えられる。

3.3 凍結融解抵抗性

各セメント毎に材齢7、28、91日における圧縮強度結果から(2)式を用い、凍結融解試験開始時の強度に相当する材齢14日の圧縮強度を推定した。

$$\sigma = A + B \times \ln(t) \quad (2) \quad 【\sigma:圧縮強度(N/mm^2) \quad t:材齢(日) \quad A, B:係数】$$

材齢14日の圧縮強度と耐久性指数の関係を図-4に示す。耐久性指数と圧縮強度の相関関係は認められず、強度が同等であってもセメントによって耐久性指数は大きく異なる結果となった。また、セメントの圧縮強さ、混合材の有無等からの関係も認められなかった。

4. まとめ

- (1) Nに対する欧州品の圧縮強度（強さ）の発現性はJISモルタルよりコンクリートの方が高くなり、セメントの強さレベルと同等に、コンクリートの圧縮強度が発現するとは一概には判断できないとの結果が得られた。
- (2) 同一強度における中性化速度係数はセメントの種類による相違が認められ、中性化対策には混合セメントよりポルトランドセメントの方が有効であるとの結果が得られた。
- (3) 凍結融解抵抗性の指標である耐久性指数と圧縮強度の相関関係は認められず、強度が同等でもセメントによって耐久性指数は大きく異なった。また、セメントの圧縮強さレベル、混合材の有無等からの関係も認められず、今後、検討する必要がある。

【参考文献】 1) CEMBUREAU, European Annual Review Cement Industry & Market Data, 1997.7
 2) 社団法人日本コンクリート工学協会、コンクリートの長期耐久性に関する研究委員会報告書、pp.223-263、2000.5

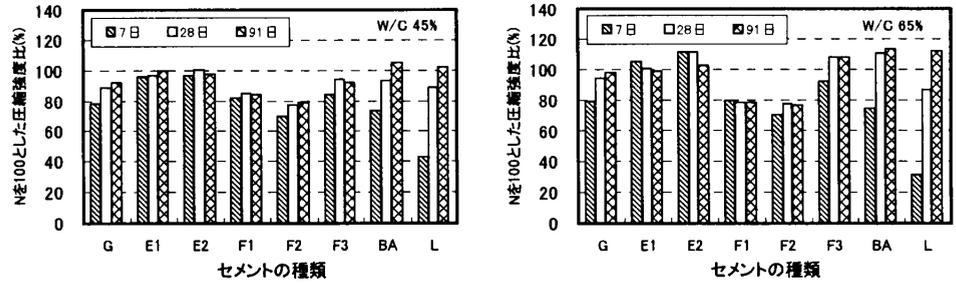


図-1 Nを100とした圧縮強度比

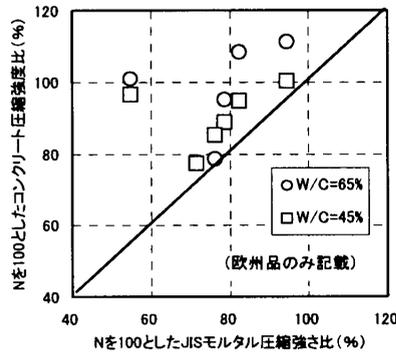


図-2 Nを100としたJISモルタル圧縮強さ比とコンクリート圧縮強度比の関係

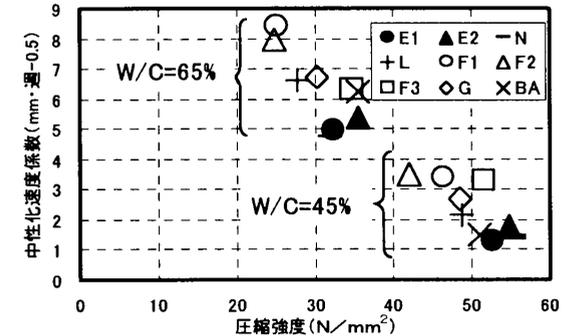


図-3 材齢28日圧縮強度と中性化速度係数の関係

表-3 鉄筋表面まで中性化が進行する期間(年)

記号	期間(年)
G	43
E1	69
E2	50
F1	38
F2	43
F3	43
N	83
BA	31
L	52

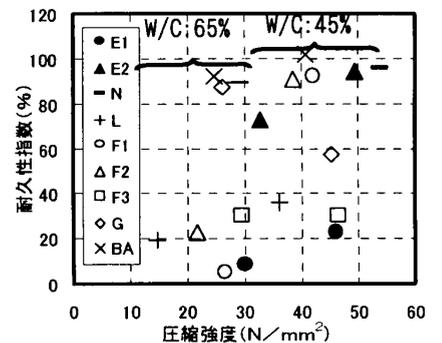


図-4 材齢14日圧縮強度と耐久性指数の関係