

混和材の異なるコンクリートのヤング係数に関する一考察

The Study on Young's Modulus of Concrete with Different Admixture

○大林賢人¹, 中田善久², 大塚秀三³, 梶田佳寛², 宮田敦典²

Kento Obayashi¹, Yoshihisa Nakata², Shuzo Otsuka³, Yoshihiro Masuda², Atsunori Miyata²

Abstract : In Order to Show the Possibility of Help to the Improvement of the Young's Modulus Estimation of Concrete with Limestone to Coarse Aggregate, This Study, The Estimated Value of Young's Modulus by New RC Formula of Concrete Using a Binder of Seven the Authors Observed the Relationship of the Experimental Value.

1. はじめに

近年の温室効果ガスの削減および産業廃棄物の有効利用といった環境配慮の観点から、建設業界では、日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の環境配慮施工指針(案)・同解説」に代表されるように指針類の整備が進み、今後、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどといった混和材を大量使用したコンクリートの適用が増えることが予想される。しかし、混和材としてセメントとは別計量によって製造されたコンクリートは、計量誤差による品質のばらつきが大きいことやデータの蓄積があまりないなどの理由から、一般建築物への適用実績はまだ少ない。そのため、混和材を大量使用したコンクリートの品質を管理する上でヤング係数の推定は重要な意味があると考えられる。

本研究は、粗骨材に石灰石砕石を使用したコンクリートのヤング係数推定の向上に役立つ可能性を示すために、普通ポルトランドセメントに混和材の高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを内割で置換した高炉セメント B, C 種相当, フライアッシュセメント B, C 種相当を含む結合材 7 種類を使用した普通コンクリートから高強度コンクリートの日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」^[2]の(3.1)式(以下, NewRC 式という)により求めたヤング係数推定値と実験値の関係について実験的検討を行った。

2. 実験概要

実験の要因と水準を **Table 1** に示し、コンクリートの使用材料を **Table 2** に示し、コンクリートの調合を **Table 3** に示す。本実験は、高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを混和材として生コンプラントが受け入れ、コンクリートを製造する際に使用した。コンクリートの調合にスランプの目標値は、W/B=47% および 60% の場合に $18 \pm 2.5\text{cm}$ とした。また、スランプフローの目標値は、W/B=37% の場合に $50 \pm 7.5\text{cm}$ とした。空気量は、目標値を $4.5 \pm 1.5\%$ とした。試験体

Table 1. Experimental Level and Factor

Factor	Level
Type of Binder Symbol in []	Normal Portland Cement [N]
	Moderate-Heat Portland Cement[M]
	Low-Heat Portland Cement [L]
	N+ Ground Granulated Blast Furnace Slag Replacement Ratio 45%[N+BS(45)]
	N+ Ground Granulated Blast Furnace Slag : Replacement Ratio 70%[N+BS(70)]
	N+ Fly Ash : Replacement Ratio 20%[N+FA(20)] N+ Fly Ash : Replacement Ratio 30%[N+FA(30)]
W/B	37%,47%,60%
Age	2days,7days,28days
Curing	Standard Curing,Site Underwater Curing, Site Sealed Curing

Table 2. Materials of Concrete

Materials	Symbol	Type	Properties
Cement	C	Normal Portland Cement	Density : 3.16g/cm ³ , Blaine : 3,320cm ² /g
		Moderate-Heat Portland Cement	Density : 3.21g/cm ³ , Blaine : 3,170cm ² /g
		Low-Heat Portland Cement	Density : 3.22g/cm ³ , Blaine : 3,420cm ² /g
Admixture	BS	Ground Granulated Blast Furnace Slag 4000	Density : 2.90g/cm ³ , Blaine : 4,310cm ² /g
	FA	Fly Ash	Density : 2.28g/cm ³ , Blaine : 4,150cm ² /g
Water	W	Groundwater	-
Fine Aggregate	S	Pit Sand	Density : 2.61g/cm ³ Adsorption : 2.14%
Coarse Aggregate	G	Limestone Aggregate	Density : 2.70g/cm ³ Adsorption : 0.64%
Chemical Admixture	Ad1	Air-Entraining and High-Range Water-Reducing Admixture	Polycarboxylate
	Ad2	Air-Entraining and Water Reducing Admixture	Lignin sulfonate Type

Table 3. Mix Proportion of Concrete

Symbol	Binder	W/B (%)	Quantity of Material Per Unit Volume of Concrete(kg/m ³)						
			B			W	S	G	Ad1 (Ad2)
			C	BS	FA				
N37	N	37	460	-	-	170	846	851	6.67
N47		47	362	-	-	170	856	923	3.98
N60		60	307	-	-	184	867	923	(3.68)
M37	M	37	460	-	-	170	853	851	6.44
M47		47	362	-	-	170	861	923	3.62
L37		L	37	446	-	-	165	877	851
L47	47		362	-	-	170	864	923	3.80
N+BS(45)47	N+BS		47	199	163	-	170	846	923
N+BS(45)60		60	167	137	-	182	864	923	(3.80)
N+BS(70)47		47	109	253	-	170	840	923	3.81
N+FA(20)47	N+FA	47	290	-	72	170	835	923	3.44
N+FA(20)60		60	244	-	61	183	853	923	(3.66)
N+FA(30)47		47	253	-	109	170	825	923	3.44

1 : 日本大学・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築 3 : ものつくり大学・教員・建設

は、φ100×H200mmの供試体とし、コンプレッサーによるひずみの測定と圧縮強度試験を各材齢で行った。

3. 結果および考察

コンクリートのヤング係数の実験値とNewRC式により求めたコンクリートのヤング係数の推定値の関係を **Figure 1** に示す。高炉セメントを除き、石灰石碎石を用いたコンクリートのヤング係数の実験値は、NewRC式により求めたコンクリートのヤング係数の推定値より小さくなる傾向を示した。結合材にN, MおよびLを用いたコンクリートのヤング係数の回帰直線の傾きは、それぞれ1.11, 1.15, および1.20となり、その傾向は筆者らの既往の研究^[3]と同様にL, M, Nの順で見受けられた。これから、西田らの研究^[4]と同様に粗骨材の補正係数 $k_1=1.1$ とすることで精度よく推定できる

可能性が示唆された。また、若材齢において過大に推定される傾向を示した。これは、NewRC式を作製するに当たって用いられたデータの圧縮強度試験時のコンクリートの材齢が7日から365日で検討しているため、7日より若材齢において成立しないと考えられる。そのため、コンクリートの材齢による補正係数を設けることでコンクリートのヤング係数を精度よく推定できる可能性が示唆された。結合材にN+BSを用いたコンクリートのヤング係数の回帰直線の傾きは、0.98となり、置換率およびW/Bによる差異は見られなかった。これより、材齢2日を除き、実験値と概ね同等のヤング係数を推定できることが示唆された。結合材にN+FAを用いたコンクリートのヤング係数の回帰直線の傾きは、1.23となり、N+FA(20)47とN+FA(30)47による差異は見られなかった。また、材齢に関わらず過大に推定される傾向を示した。これらのことから、本実験においてN+FA(20)7, N+FA(20)60およびN+FA(30)の粗骨材量が同一のため、結合材にN+FAを使用したコンクリートの場合の k_1 を見直す必要があることが示唆された。

4. まとめ

得られた知見を以下に示す。

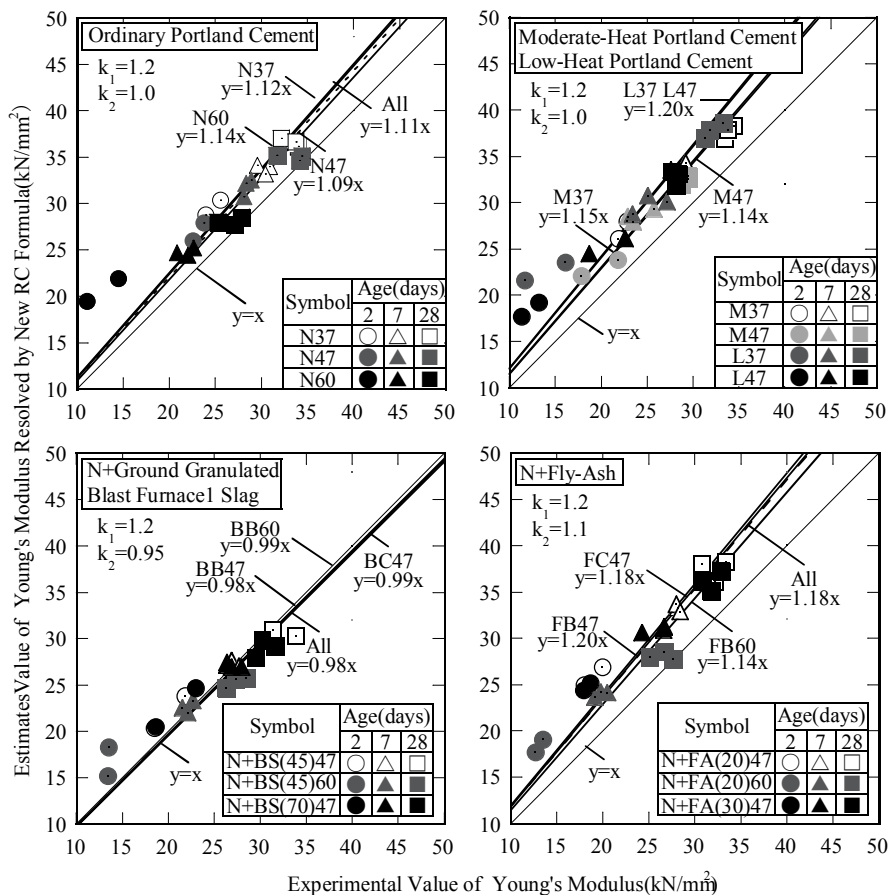


Figure 1 Relationship between Experimental and Estimates Value of Young's Modulus

- (1) 石灰石碎石を用いたコンクリートのヤング係数の実験値は、推定値より小さくなる傾向を示した。
- (2) 結合材の種類に関わらず材齢により過大に推定される可能性があることが示唆された。
- (3) コンクリートのヤング係数の実験値と推定値の関係は、混和材の置換率の違いによる差異は見られなかった。

5. 参考文献

- [1] 日本建築学会：「鉄筋コンクリート造建築物の環境配慮施工指針(案)・同解説」, 2008
- [2] 日本建築学会：「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2009」, 2009
- [3] 中田善久, 澤本武博, 大塚秀三, 春山信人：「各種セメントを用いた高強度コンクリートの強度発現性が静弾性係数に及ぼす影響に関する一考察」, 日本建築学会構造系論文集, No.622, pp. 17-23, 2007.12
- [4] 西田朗, 山崎庸行, 名和豊春：「高強度コンクリートのヤング係数評価に関する一考察」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工2007, pp. 81-82, 2007.8

【謝辞】本研究は、平成 26 年度国土交通省建築基準整備促進事業(S-14)の一環として実施したものである。ここで改めて本研究に関わった方々に深謝致します。