

가열 및 재하에 의한 콘크리트의 압축거동

Compressive Behavior of Concrete with Loading and Heating

김 규 용¹⁾ 정 상 화^{2)*} 이 태 규³⁾ 김 영 선⁴⁾ 남 정 수⁵⁾
Kim, Gyu Yong Jung, Sang Hwa Lee, Tae Gyu Kim, Young Sun Nam, Jeong Soo

Abstract

The performance deformation of concrete can be caused by many factors such as load, thermal strain and creep at high temperature. Japan, Europe and America have been doing various experimental studies to solve these problems about thermal properties of concrete at high temperature, each study has generated different results due to a heating methods, heating hours, size of specimens and performance of a the loading, heating method, size of specimen and heating machine. There has been no unified experimental method so far. Therefore, this study reviewed experimental studies on the strength performance of concrete subject to heating and loading method. As a result, compressive strength of specimen prestressed increase in the temperature range of between 100°C and about 400°C. Also, results can be analyzed as compare equation of compressive strength at elevated temperature with CEN and CEB code.

Keywords : Performance deformation, Thermal properties, Strength performance of concrete, CEN code

1. 서 론

초고층구조물의 건설 증대로 인하여 사용량이 증가되고 있는 고강도 콘크리트는 내부조직이 치밀하여 화재시 폭발(explosive spalling), 크리프변형, 열팽창 변형, 압축강도 및 탄성계수의 저하 등의 요인에 따라 콘크리트의 구조내력을 저하시켜 내화구조로서 문제가 될 수 있다. (김규용 등, 2008; 김홍렬, 2003; 박찬규 등, 2006)

이에 국·내외에서는 구조부재에 대한 내화시험들이 많이 행해지고 있으며 규정된 내화기준에 따라 실부재를 사용하여 내화성능을 확인하고 있다.

한편 구조부재의 변형에 영향을 주는 하중, 열팽창 및 크리프 등과 같은 요인은 온도가 변화함에 따라 변화양상이 상이하기 때문에 콘크리트구조물의 화재에 대한 거동의 예측과 내화성능 설계를 위해서는 재료적 관점에서 충분한 검토가 필요하다. 선진 외국에서는 1950년대부터 고온을 받은 콘크리트의 역학적 특성에 관하여 연구가 행해지고 있지만 연구자들의 독자적인 방법에 의하여 평가가 이루어지고 있으며, 국내의 경우에 있어서는 연구사례가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 가열온도, 재하방법에 따른 고강도콘크리트의 고온특성을 분석하기 위하여 시험방법이 유사한 일본 및 국내의 연구를 바탕으로 연구방법에 대한 체계적인 정립을 실시하고자 하였다. 또한 온도변화에 따른 고강도 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수 등 역학적 특성의 경향을 CEB 및 CEN code와 비교·분석함으로써 콘크리트구조물의 화재에 대한 거동의 해석과 목표로 하는 내화성능설계의 자유도를 향상시키기 위한 데이터베이스를 확보하고자 한다.

2. 콘크리트의 가열 및 재하방법

2.1 가열방법

Fig. 1은 가열방식에 따른 모식도를 나타낸 것으로 가열 방법은 직접가열과 간접가열로 분류 된다. 직접가열은 가열로에서 방사되는 열에 의해 시험체를 직접 가열하는 방식이고, 간접가열은 시험체 상하면에 접하고 있는 가압지그를 가열하고 전달되는 열에 의해 시험체를 가열하는 방식이다. 직접가열방식은 온도상승은 빠르지만 전달면이

1) 정회원, 충남대학교 교수·공박
2) 정회원, 한국건설생활환경시험연구원, 책임연구원, 공박
3) 정회원, 충남대학교 건축공학과 박사과정
4) 정회원, 동경이과대학 종합연구기구 화재과학연구소, PD연구원

5) 정회원, 충남대학교 건축공학과 박사과정
* Corresponding author : jsh2593@kcl.re.kr 02-3415-8808
• 본 논문에 대한 토의를 2010년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2010년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

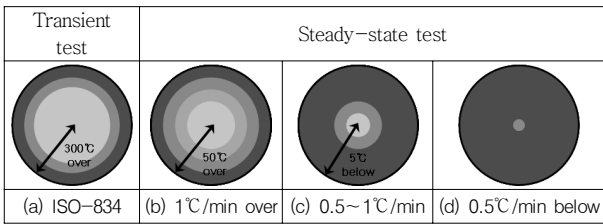
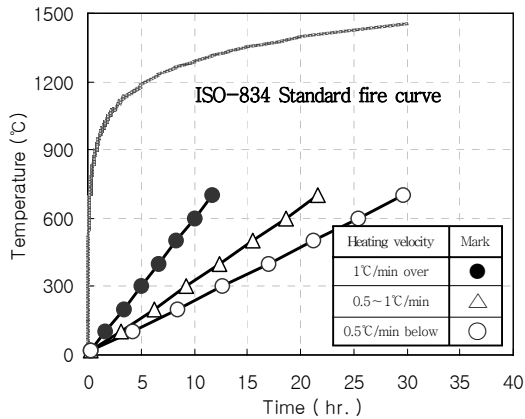
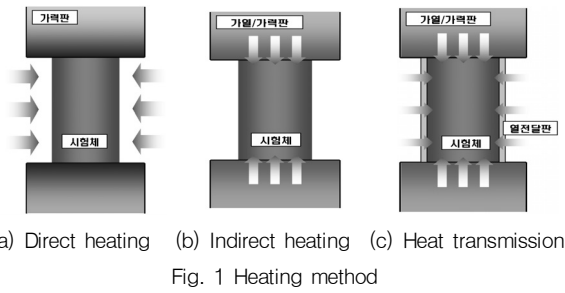


Fig. 2 Temperature distribution with heating velocity

열에 노출되어 시험체의 표면이 상하거나 온도가 균질하게 가열되지 않을 수 있으며 간접가열방식은 균질한 온도 분포가 가능하지만 시간이 오래 소요된다. 열전달방식은 직접가열방식과 간접가열방식을 보완한 것으로 가열은 간접가열방식으로 실시하고 상부와 하부의 열은 열전달판을 사용하여 공시체 전면에 전달할 수 있다.(김규용 등, 2008)

2.2 가열속도

가열속도에 따라 일시상태시험(Transient test)과 정적상태시험(Steady-state test)으로 분류되며 Fig. 2(a)에 나타난 바와 같이 일시상태시험은 실제화재조건을 상정한 가열방식으로서 시험체를 목표온도까지 빠르게 가열하는 방법으로 실제 화재시에 발생하는 상황에 대한 거동을 파악하는데 유리하다. 이 시험방법은 타 시험방법에 비하여 시간단축이 가능하지만 시험체 내·외의 온도차가 크게 발생한다.

정적상태시험은 Fig. 2(b)~(d)에 나타난 바와 같이

Table 1 Procedure for steady-state test

Step	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4
Test method	Under Loading (fck·△%)	Heating	Natural cooling (24 hr.)	Failure loading
Unstressed Test	-		-	
Unstressed residual Test	-			
Stressed Test	under loading (fck·△%) 	under loading (fck·△%) 	-	Failure loading

시험체를 목표온도까지 가열하는 도중 온도유지구간을 설정하여 시험체 외부와 내부의 온도가 균등하게 분포하도록 서서히 가열하는 방법이다. 이 시험방법은 가열 속도에 따라서 차이가 발생할 수 있어 유지시간을 길게 하는 경우도 있다. 또한 가열속도에 관해서는 규정화되어 있지는 않지만 가열속도는 1°C/min의 이하로 권장되고 있다.

2.3 재하방법

건축물에는 고정하중, 적재하중, 풍하중, 동하중 등과 같은 많은 외력들이 작용하고 있으며, 이에 따라 콘크리트 설계기준강도를 규정하고 있다. 또한 내력을 받는 부재는 하중이 고정적으로 상시 재하되고 있으므로 이에 대한 고려가 필요하며, 재하에 따라 Table 1에 나타난 바와 같이 비재하시험(unstressed test), 비재하 잔존강도 시험(unstressed residual strength test), 설계하중 사전재하시험(stressed test)으로 분류된다.(김규용 등, 2008; 김홍렬, 2003; 박찬규 등, 2006; Eurocode 4, 1994; CEB/FIP Model Code 90, 1991; M. Potha Raju et al, 2007)

비재하시험은 사전재하 없이 시험체를 목표온도까지 가열하는 방법으로 고온특성 연구의 대부분을 차지하고 있으며, 비내력벽, 보 등과 같이 구조재료의 열내력이 다소 적은 곳에 필요한 콘크리트 또는 열적특성 및 구조적

거동을 평가하는데 적용되는 시험방법이다.

비재하 잔존강도 시험은 시험체에 사전 재하 없이 목표 온도까지 가열한 후 시험체의 온도가 균일한 상태에 이르면 시험체를 상온까지 냉각시키는 방법으로 화재 발생 후 콘크리트가 보유한 잔존강도를 평가하는 시험방법이다.

설계하중 사전 재하시험은 가열전 시험체에 상온압축 강도의 20~40% 범위의 하중을 사전 재하하고 가열하는 동안 하중을 일정하게 유지하는 방법으로 기둥, CFT와 같은 합성구조 등과 같은 주요 내력부재로서 압축력을 받는 콘크리트의 온도상승에 따른 내화성능을 평가하는데 주로 적용되고 있는 시험방법이다.

고온특성의 평가는 Fig. 3에 나타난 바와 같은 형태로 목표온도까지 가열한 후 평가를 실시한다.

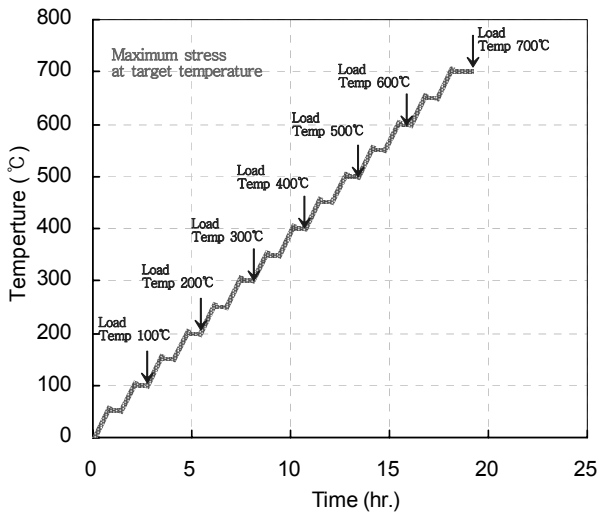


Fig. 3 Examples of schematic temperature and load histories for test

3. 콘크리트의 역학적 특성 평가방법

고강도 콘크리트의 고온특성에 대한 연구는 수 십년간 많은 연구자들에 의하여 연구되어 왔으며, 이를 정리하면 Table 2와 같다. Table 3은 일본 및 국내에서 각 시험방법에 따른 대표적인 연구들의 데이터베이스를 바탕으로 분석하였으며, 요약·정리하면 다음과 같다.

3.1 비재하시험 (Unstressed test)

宮本 圭一 등(2003)은 설계기준강도 60, 80, 100MPa의 고강도 콘크리트 대상으로 내화시험을 수행하였다. 가열방식은 직접 가열 방식으로 가열속도 1.0°C/min으로 가열하고, 목표온도 도달 후 1시간 ~ 1.5시간의 온도유지구간을 설정 후 콘크리트의 역학적 특성을 평가하였다.

上杉 英樹 등(2003)은 설계기준강도 60, 80MPa 이상의 고강도 콘크리트를 대상으로 간접가열방식의 전기로를 사용하여 내화시험을 실시하였다.

가열속도는 1°C/min로 설정하고, 공시체 내부까지 균일한 온도를 유지시키기 위하여 100°C마다 180분간의 온도유지구간을 설정하였다. 고온특성 평가는 상온, 100, 200, 300, 400, 500, 600 및 700°C의 온도범위에서 압축강도, 크리프, 온도상승 및 하강과정에서 발생하는 변형을 평가하였다.

3.2 비재하 잔존강도 시험 (Residual test)

河辺 伸二 등(2003)은 W/C 25, 30, 40 및 50% 4수준의 콘크리트를 대상으로 직접가열방식을 사용하여 내화시험을 실시하였다. 콘크리트의 가열은 1.67°C/min의 속도로 가열하였으며, 목표 가열온도 도달 후에는 공시체 내부온도가 균일하게 되도록 목표 가열온도를 24시간 유

Table 2 Existing research results regarding loading condition

Researcher	Contents					
	Compressive strength (MPa)	Test method	Temperature (°C)	Heating velocity (°C/min.)	Concrete	Specimen size (mm)
Kim	40~80MPa	Stressed	20~700°C	0.77°C/min	HSC	∅ 100×200
宮本 圭一	60~100MPa	Unstressed	20~800°C	1°C/min		∅ 100×200
上杉 英樹	35~110MPa	Unstressed	20~700°C	1°C/min		∅ 75×150
河辺 伸二	35~90MPa	Residual	20~600°C	1.67°C/min		∅ 100×200

Table 3 Design of experiments

Test item	Test content
Temperature	Room condition(20°C), 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700°C
Loading method	Stressed(S), Unstressed(U), Residual(R)
Compressive strength	30~50 MPa, 50~80 MPa, 80~110 MPa

지하였다. 가열된 콘크리트는 상온까지 냉각하였으며, 상온(20°C), 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700°C의 온도범위에서 콘크리트의 고온특성을 연구하였다.

3.3 설계하중 사전 재하시험 (Stressed test)

김규용 등(2006; 2008)은 설계기준강도 40, 60, 80MPa 3수준의 고강도콘크리트를 대상으로 상온(20°C), 100, 200, 300, 400, 500, 600 및 700°C의 온도별 압축강도와 탄성계수를 측정하였다. 가열방식은 열전달 가열방식을 사용하였으며 시험방식은 설계하중 사전재하시험으로써 초기가열 전 0.25 f_{ck} 의 설계하중을 재하한 후, 0.77°C/min의 가열속도로 매 50°C 상승시 마다 30분간 온도유지구간을 설정하였다. 또한, 각 시험에서 설정한 목표온도에 도달후 30분유지 및 압축강도 실험 전 1시간 유지를 실시하여 총 1시간 30분 동안 목표온도를 유지한 후 변위제어 방식으로 실험을 실시하였다.

4. 고온가열을 받은 고강도 콘크리트의 역학적 특성

4.1 재하 및 가열방법에 따른 압축강도

Fig. 4는 가열 및 재하방법에 따른 온도별 압축강도비의 변화를 나타낸 것으로 강도 범위를 30~50, 50~80, 80~110MPa의 3수준으로 설정 하였다. 고온가열을 받은 콘크리트는 강도에 관계없이 가열온도 100°C에서의 강도 저하가 나타났으며, 가열온도 200°C에서의 강도 상승 이후, 시험체에 있어 약간의 차이는 나타내고 있으나 300°C 이후 온도가 증가할수록 강도가 저하하는 경향을 나타내고 있다.

또한, 콘크리트의 강도가 높아짐에 따라 고온에서의 강도저하율이 커지는 경향이 나타났다. 가열온도 500°C 이

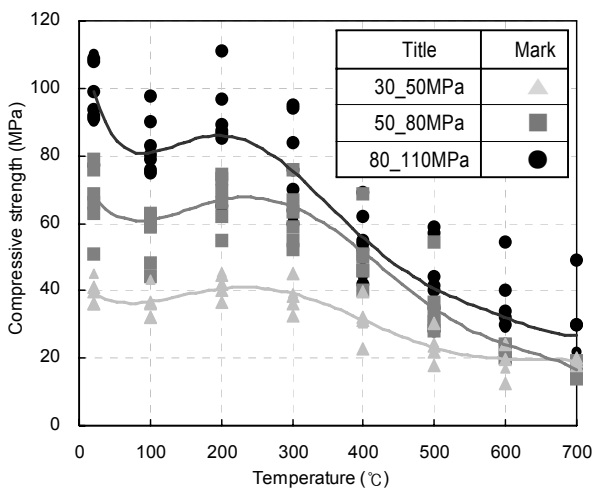
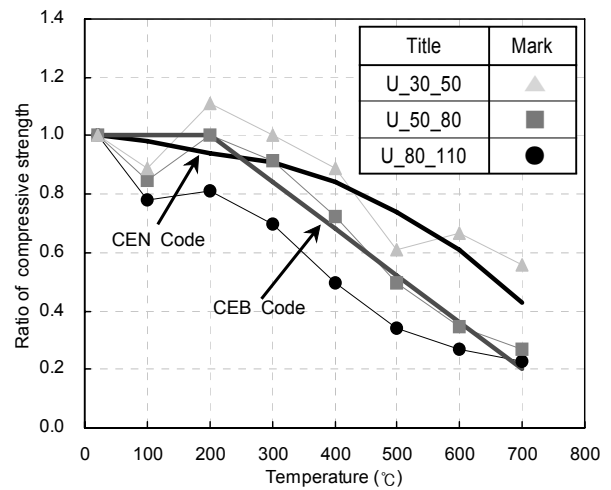
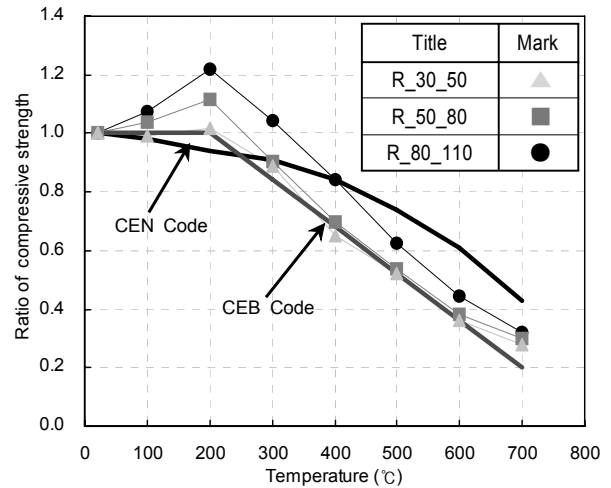


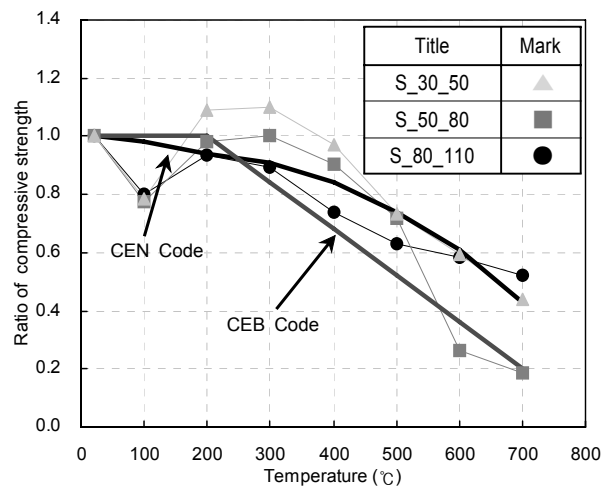
Fig. 4 Variation of compressive strength with temperature



(a) Ratio of compressive strength at each temperature



(b) Ratio of residual compressive strength after heating and 24 hours natural cooling



(c) Ratio of compressive strength under loading at each temperature.

Fig. 5 Ratio of compressive strength subjected to loading and heating at each temperature

상에서의 콘크리트 압축강도는 80~110MPa 콘크리트의 경우 상온강도의 60%, 50~80MPa 콘크리트의 경우 상온강도의 50%의 강도로 저하되었으며 가열온도 700°C에서는 유사한 강도범위까지 저하하는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 재하 및 가열방법에 따른 압축강도별 강도저감계수를 나타낸 것으로 CEN 및 CEB code(1991; 1992; 1993; 1994)와 비교한 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 5(a)는 비재하시험에 의한 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 전반적으로 CEB code 및 CEN code에 수렴하는 것으로 나타났지만 초고강도 영역인 80MPa이상의 콘크리트에 있어서는 크게 하회하는 경향이 나타났다. 이는 초고강도영역의 콘크리트의 경우에는 시멘트페이스트의 경향이 강하여 골재의 열팽창계수의 차이에 의한 계면사이에 균열발생이 증가하여 강도저하가 발생한 것으로 판단된다.(Kalifa P. et al, 2000)

압축강도에 따른 온도별 잔존압축강도 시험의 결과는 Fig. 5(b)에 나타낸 바와 같이 30~50MPa범위의 콘크리트의 경우 CEB code 및 CEN code에 근접한 값을 나타내고 있지만 그 이상의 강도인 50~80MPa, 80~100MPa의 경우에는 100~400°C 사이에서 상회하였다. 상온(20°C)~200°C의 구간에서 강도가 상온압축강도에 비하여 크게 상승되는 경향을 나타냈으며, 200°C에서의 압축강도 상승율은 80~110 MPa(22%) > 50~80MPa(12%) > 30~50 MPa(1%)의 범위로 콘크리트 강도가 증가될수록 상승폭이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 200~300°C에서는 100°C 이상에서 발생한 고온·고압의 증기가 콘크리트 내부의 미수화물과 반응하여 수화반응을 진행함에 따른 현상으로 콘크리트강도가 증가될수록 분체량의 증가로 인하여 그 경향은 크게 나타난 것으로 판단된다.(安部武雄 등, 2007; ACI 363R-92, 1992)

400°C 이후에서는 CEB code 및 CEN code에서 제시한 값에 수렴하였다.

Fig. 5(b)는 설계하중 사전재하에 따른 온도별 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 100°C에서는 비재하 시험방법과 유사하게 상온압축강도에 비하여 20% 강도가 저감하였으며, 200°C에서 상승하는 경향이 나타나고 있다. 또한 비재하시험 시 300°C에서 강도가 저감하는 것에 비하여 상승하는 경향을 나타내고 있으며, 80MPa 이하에서 그 경향이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 강도의 저감은 400°C 이하에서는 80%이상의 높은 잔존율을 나타내고 있지만 하중구속으로 인한 압축강도변화는 700°C에 이르는 시점에서는 유사하게 나타나고 있어 장기적으로 고온을 받을 시에는 콘크리트의 고온특성은 재하 유·무에 따라서는 차이가 없을 것으로 판단된다.

Fig. 6은 시험방법에 따른 온도별 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 각 압축강도 영역으로 구분하여 분석한 결과이다. 비재하시험에 의한 압축강도저감율은 CEB code 및 CEN code와 유사한 경향을 나타내고 있기 때문에 비교군으로 설정하였다. 비재하시험에 대한 잔존강도 시험 및 재하시험의 비교결과 고강도로 될수록 그 차이가 증대되는 것을 확인할 수 있었으며, 잔존강도 시험체의 경우에는 그 경향이 더 크게 나타났다. 80~110MPa의 범위에서 크게 증대되고 있으며 100~200°C의 범위에서 비재하시험체에 비하여 40% 정도의 차이가 나타났다. 200°C 이후에서는 그 차이가 서서히 감소하였다.

한편 사전재하시험에 의한 시험체의 경우에는 100°C에서는 유사한 경향을 나타내고 있지만 강도수준이 높아짐에 따라 증대되고, 80~110MPa의 범위에서 그 경향이 더 커지는 것으로 나타났다. 80MPa 이하의 범위에서는 500°C 이후에서는 강도의 차이가 크게 감소하는 경향

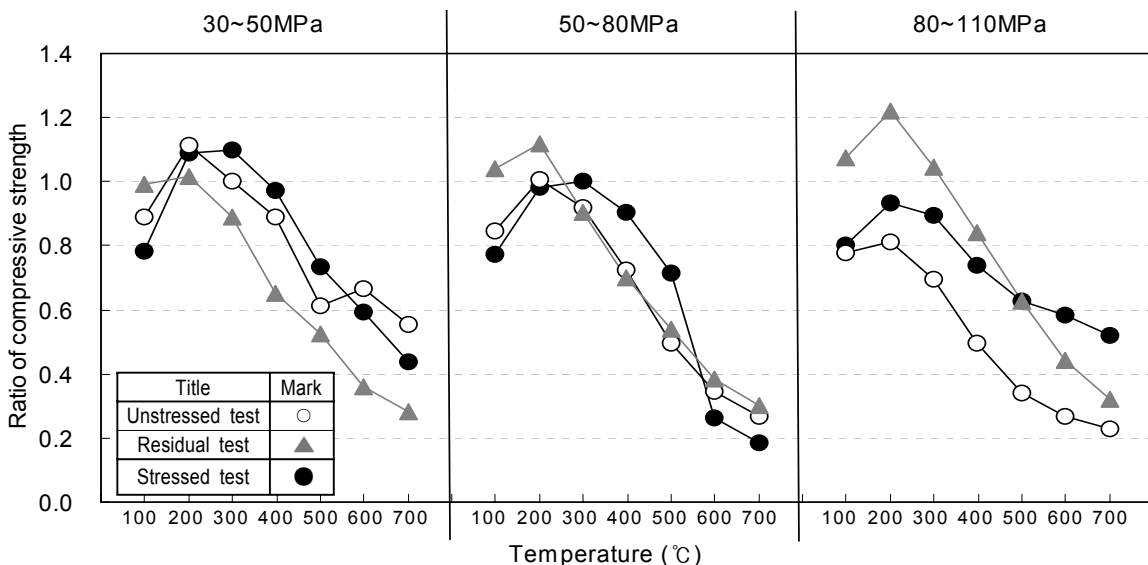


Fig. 6 Comparison of test results with temperature

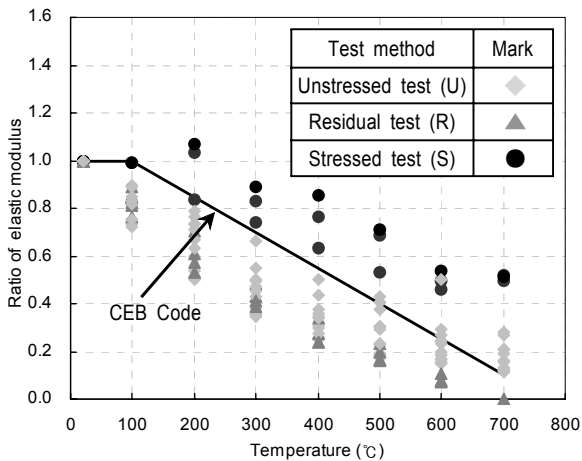


Fig. 7 Variation of elastic modulus with temperature

을 나타내고 있다.

이는 500°C의 온도영역을 기점으로 콘크리트의 상태 변화에 영향을 크게 받는 것으로 사료되며, 사전재하조건에 따른 콘크리트 조직의 붕괴속도에 따른 검토가 필요할 것으로 판단된다. 비재하잔존강도 시험의 경우 강도영역에 따라서 그 편차가 크게 나타났지만 재하수준에 따라서는 일정수준을 수렴하는 경향을 확인할 수 있어 비재하시험방법과 사전재하시험방법의 상관관계 분석이 유효성이 클 것으로 판단된다.

4.2 재하 및 가열방법에 따른 탄성계수

Fig. 7은 가열 및 재하방법에 따른 고강도 콘크리트의 온도별 탄성계수를 나타낸 것으로, 전반적으로 가열 및 재하방법에 관계없이 탄성계수가 저하하는 것으로 나타났다. 비재하가열시험의 경우 온도가 증가함에 따라 유사한 수준으로 탄성계수가 감소하는 경향을 나타냈으며, 잔존강도 시험방법은 다른 시험방법들에 비하여 크게 하회하여 700°C에서는 탄성력이 매우 낮은 값을 보였다. 또한 사전재하를 가한 경우 상온탄성계수에 비하여 51%의 잔존탄성계수율을 나타내고 있으며, 비재하가열시험에 따른 탄성계수저감율과 비교하여 2배 이상의 값을 나타내고 있다. 이는 탄성계수는 온도에 따른 압축강도 변화보다는 재하에 따른 변형적 요인이 더 큰 비중을 차지하는 것으로 판단된다.

한편 비재하시험 및 잔존강도시험은 CEB에 명시되어 있는 값 이하의 값을 나타내고 있지만 사전재하시험 방법에 의한 시험체는 CEB 값을 크게 상회하고 있다. 이는 CEB code 식은 비재하 시험방법에 의하여 수행된 결과를 바탕으로 제안이 되어 재하에 관한 요인이 결여된 결과로 추정할 수 있고, 재하에 따른 열팽창변형의 제어가 탄성계수의 잔존율에 큰 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되며, 재하조건에 따른 수정된 제안식의 제시가 필요할

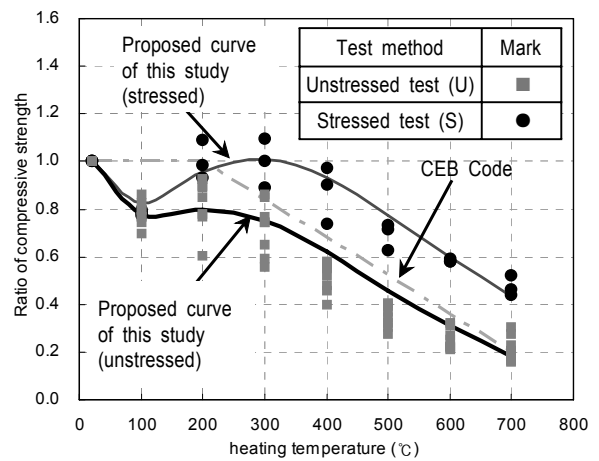


Fig. 8 Comparison of code and test result for compressive strength

것으로 판단된다.

4.3 고온에서의 콘크리트 압축강도 추정

고온에 노출된 콘크리트의 거동을 예측하기 위해서는 탄성계수, 크리프, 변형특성, 잔존압축강도 등과 같은 많은 데이터를 필요로 하며, 그중 콘크리트 압축강도의 추정은 화재시 콘크리트부재의 내력산정을 위하여 비중이 가장 큰 항목 중의 하나이다. 따라서 비재하 및 재하를 받은 콘크리트의 온도별 압축강도 분석을 바탕으로 콘크리트의 화재시 거동예측을 위한 압축강도 추정곡선을 제안하고자 하였으며, CEB의 추정곡선과 비교·평가를 실시하였다.(Eurocode 2, 1993)

재하 및 가열을 받은 콘크리트의 압축강도 추정곡선은 Fig. 8에 나타난 바와 같이 비재하와 재하시험에 따라 분류하여 나타났다. 비재하시험의 경우는 100~200°C의 범위에 있어 압축강도 저하의 고려 유·무에 따라 다소차이는 나타났지만 CEB 곡선과 유사한 경향을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

반면 재하시험의 경우에 있어서는 본 연구에서 제안한 곡선에 있어서는 100~200°C의 범위에서 저하하였지만 200°C 이후의 온도에서는 CEB 기준곡선에 비하여 압축강도가 상회하는 경향을 확인할 수 있었다. 이는 재하 여부에 따라 기준식의 활용에 있어 충분한 고려가 필요하다고 판단된다.

5. 결론

가열 및 재하방법에 따른 고강도 콘크리트의 고온특성 분석에 관한 연구를 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 콘크리트의 압축강도에 따른 고온압축강도를 분석

한 결과, 콘크리트의 강도가 높아짐에 따라 고온에서의 강도저하율이 커지는 경향이 나타났으며, 가열온도 700°C에서는 유사한 강도범위까지 저하하는 것으로 나타났다.

2) 시험방법에 따른 온도별 압축강도의 변화는 잔존강도 및 재하시험방법이 100~400°C 범위에서는 CEN 및 CEB곡선에 비하여 상회하는 것으로 나타났으며, 재하시험방법의 경우 80%이상의 높은 잔존율을 보였다.

3) 시험방법에 따른 탄성계수의 변화는 비재하시험 및 잔존강도시험의 경우, CEB code 이하의 값을 나타내고 있지만 재하시험의 결과는 CEB code값을 크게 상회하고 있어 재하에 따른 열팽창변형의 역제가 탄성계수의 잔존율에 영향을 미칠수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-314-D00271)

※논문에 참여한 연구자(의 일부)는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김규용, 김영선, 이태규, 윤문기, “설계하중 사전재하 및 비재하 방식에 의한 고강도콘크리트의 고온특성 평가”, 콘크리트학회 논문집, Vol. 20 No. 5, 2008. 10, pp.583-592.
2. 김홍열, 고온 영역에서 고강도 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험적 연구, 건국대학교 박사학위논문, 2003.
3. 박찬규, 김규용, 이승훈, 박주현, 김영선, “고온에서의 콘크리트 비정상상태 변형율”, 한국콘크리트학회 가을학술발표회, 2006, pp.865-868.
4. 소양섭, “고성능 콘크리트의 내화성능”, 콘크리트학회지, 14권, 2호, 2002, pp.37-44.
5. 윤현도, 김규용, 한병찬, “고온을 받은 고강도 콘크리트의 강도특성”, 한국콘크리트학회논문집, Vol. 14, No. 5, 2002, pp.698-707.
6. 平島岳夫, 常世田昌壽, 豊田康二, 山下平祐, 篠原幸一, 上杉英樹,

- “高温加熱を受けるコンクリートの力学的特性に関する実験結果の比較, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2003, pp.135-137.
7. 宮本圭一 外, “高温度における高强度コンクリートの力学的特性に関する研究”, 日本建築學會構造系論文集第 574號, 2003, pp.227-234.
 8. 豊田康二, 平島岳夫, 上杉英樹, “超高强度コンクリートの高温下における力学的特性に関する実験的研究(その 1, 2)”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, 2003, pp.169-172.
 9. 河辺伸二 外, “高温加熱を受けた高强度コンクリートの強度特性に関する研究, コンクリート工學年次論文集, Vol. 25, No. 1, 2003, pp.377-382.
 10. 安部武雄, 大塚貴弘, 小林 裕, 道越 真太郎, “高温度における普通強度コンクリートの力学的特性”, 日本建築學會構造系論文集, 第 615號, 2007, pp.7-13.
 11. American Concrete Institute, “State-of-the Art Report on High-Strength Concrete”, ACI 363R-92, 1992.
 12. Comite Europeen de Normalisation (CEN), prENV 1992-1-2: Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1-2: Structural Fire Design, CEN/TC 250/SC 2, 1993.
 13. Comite Europeen de Normalisation (CEN), Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures. Part 1-2: General Rules-Structural Fire Design, CEN ENV 1994.
 14. Comites Euro-International Du Beton, Fire Design of Concrete Structures-in accordance with CEB/FIP Model Code 90 (Final Draft), CEB Bulletin D'Information No. 208, July, 1991, Lausanne, Switzerland.
 15. M. Potha Raju, K. Srinicasa Rao, P. S. N. Raju, “Compressive Strength of Heated High-strength Concrete”, Magazine of Concrete Research, Vol. 59, No. 2, 2007, pp.79-85.
 16. Carlos Castillo, A. J. Durrani, “Effect of Transient High Temperature on High Strength Concrete”, ACI Material Journal, Vol. 87, No. 1, 1990, pp.47-53.
 17. Kalifa P. et. al., “Spalling and Pore Pressure in HPC at High Temperatures”, Cement and Concrete Research, No. 30, 2000, pp.1915-1927.

(접수일자 : 2010년 2월 9일)

(심사완료일자 : 2010년 3월 29일)

요 지

화재시 콘크리트의 성능저하는 재하조건, 열팽창 및 크리프 등과 같은 여러 가지 요인에 대하여 영향을 받을 수 있다. 1950년대부터 일본, 유럽, 미국과 같은 선진외국에서는 고온을 받은 콘크리트의 특성에 관하여 많은 연구들이 행해지고 있으나 재하조건, 가열방법, 시험체의 크기 및 가열장치의 성능 등과 같은 다양한 요인들이 연구자들의 독자적인 방법에 의해 실험이 진행되고 있다. 이에 본 연구에서는 시험체 크기, 가열속도, 시험방법이 유사한 일본 및 국내의 연구를 바탕으로 가열 및 재하를 받은 콘크리트의 역학적 성능에 대하여 분석하였으며, 상온 및 고온에서의 상관관계분석, 압축강도 추정곡선을 산출하여 CEN 및 CEB code와 비교·평가하였다. 그 결과 재하가열을 받은 콘크리트는 100°C~400°C의 범위에서 역학적 특성에 대한 재평가의 필요성을 확인하였다.

핵심 용어 : 성능저하, 열적특성, 압축강도, 콘크리트의 강도특성, CEN code