

공동주택 이중관 공법의 현안 분석 및 개선 연구

김 명 석, 김 영 일^{*†}, 정 광 섭

서울과학기술대학교 주택대학원, *서울과학기술대학교 건축학부

A Study on the Status and Improvement of Double Pipe System in Apartment Buildings

Myoung-Seok Kim, Youngil Kim^{*†}, Kwang-Seop Chung

Graduate School of Housing, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

^{*}School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea

(Received August 20, 2012; revision received December 3, 2012)

ABSTRACT: Double pipe system in which PB pipe is inserted in CD pipe buried in the concrete slab is widely used for cold and hot water supplies in apartment housings. The system, however becomes complicated and the overlaying pipes in the concrete slab weaken the compressive strength of the slab. Also, insufficient insulation increases energy loss. In this work, the problems of the double pipe system are studied and plans A, B, and C are suggested for improvement. In terms of compressive strength of the concrete slab, plan A(total pipe length 73 m) was the weakest and plan B(2 m) was the strongest. Energy loss of plan A was the largest with 558.9 W and plan B was the lowest with 220.7 W. However, considering the combined effect of strength and heat loss, plan C becomes the best choice, which retains the advantage of the double pipe system.

Key words: Double pipe system(이중관 시스템), PB(폴리브틸렌), CD(전선), Apartment(공동주택), Concrete compressive strength(콘크리트 압축강도), Heat loss(열손실)

기 호 설 명

하첨자

A	: 배관 표면적 [m^2]
d	: 지름 [m]
h	: 열전달계수 [$W/(m^2\text{ }^\circ\text{C})$]
k	: 열전도율 [$W/(m\text{ }^\circ\text{C})$]
L	: 배관 길이 [m]
q	: 단위 길이 당 열손실을 [W/m]
\dot{Q}	: 열손실을 [W]
R	: 열저항 [$^\circ\text{C}/W$]
T	: 온도 [$^\circ\text{C}$]

i	: 내부
o	: 외부

1. 서 론

오늘날 공동주택 단위세대의 급수·급탕배관은 대부분 이중관 공법을 사용하고 있다. 이중관 공법은 이중관(CD관)을 슬래브의 콘크리트 타설 전에 철근 사이로 매설하고, 그 안으로 이음매 없는 PB 배관을 삽입한다. 이 공법은 공기가 짧고 타 공종과의 간섭이 없으며 하자 발생시 PB 배관만 쉽게 교체할 수 있어 편리하다.^(1,2) 그러나 이중관의 수가 많아 복잡하게 매설되며, 교차 구간에서는 콘크리

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-970-6557; fax: +82-2-974-1480

E-mail address: yikim@seoultech.ac.kr

트 슬래브의 압축강도를 약화시키며, 단열이 어려워 급탕배관의 열손실이 증가하는 문제점도 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 콘크리트 압축강도 시험과 급탕배관의 열손실량 및 열손실비를 계산하고 이에 따른 개선안을 연구하였다.

2. 이중관 공법에 대한 이론적 고찰

2.1 이중관 공법의 개요^(1, 2)

이중관 시스템은 콘크리트 슬래브 속에 CD관을 매설하고 그 속에 PB관을 삽입한 이중관을 급수, 급탕 분배기를 통해 각 수전 및 위생기구에 공급하는 공법이다. 분배기로부터 PB관을 별도 부속류 없이 각 수전에 직접 연결 배관하는 방식으로, 부속류에 의한 누수 발생률이 적고, 배관의 노후화로 갱신을 필요로 하는 경우 건축물의 훼손 없이 교체가 간단하며, 건축공정과의 간섭이 적고, 전체공사 기간이 현저히 짧은 배관 방식이다.

2.2 이중관 공법의 도입 배경⁽¹⁾

이중관 공법은 기존의 급수, 급탕 배관 방식에서의 누수, 수압 불균형, 하자보수로 인한 경제적 손실, 인력낭비 등 시공사에 미치는 영향이 크고, 특히 누수 하자로 인한 보수 및 노후배관 교체 시 어려움이 많아 이를 근본적으로 해결할 수 있는 새로운 공법으로 도입되었다.

2.3 주요 사용 자재⁽¹⁾

Fig. 1은 급수, 급탕 배관용 PB(Polybutylene) 관의 롤(roll)관 및 직관이며 Butene-1을 합성하여 만든 고분자 중합체로 높은 결정체와 특수한 밀도를 가



Fig. 1 Roll and straight PB pipe.

Table 1 Basic physical data of PB pipe

	Item	Unit	Property
Physical	Specific gravity		0.937
	Hardness	D scale	D 60
	Absorb water ratio	mg/cm ²	below 0.01
Mechanical	Strain yield stress	kgf/cm ²	170
	Strain ultimate stress	kgf/cm ²	340
	Elasticity ratio	kgf/cm ²	2700
	Impact stress	kgf/cm ²	45
Thermal	Longitudinal extension ratio	°C ⁻¹	1.3×10 ⁻⁴
	Specific heat	cal/g °C	0.5
	Thermal conductivity	kcal/mhr °C	0.33
	Melting point	°C	124~126
Electrical	Brittle temperature	°C	-18
	Resistance	Ω cm	over 10 ¹⁷
	Internal voltage	kV/mm	38

Table 2 Dimension of PB pipe

Pipe diameter	ID	O.D	Mass	
ASTM Nominal dia. (mm)	(mm)	(mm)	(g/m)	
3/8"	10	9.53	12.73	54.78
1/2"	12	12.68	15.88	70.43
3/4"	18	18.16	22.22	126
1"	20	22.80	28.00	200

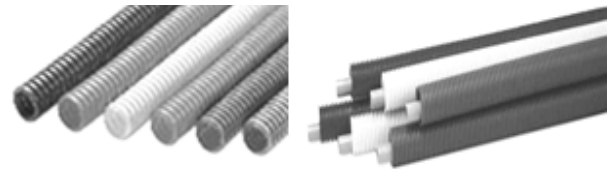


Fig. 2 CD pipe and double pipe.

진 반 연결배관으로 경량, 내식성, 유연성, 시공성이 우수하며 수명이 길다. 기본 물성치와 규격은 Table 1 및 Table 2와 같다.

Fig. 2는 CD(Synthetic resin flexible conduit)관 및 이중관이며 합성 수지계 가요 전선관으로 유연성이 좋아 이중관의 급수, 급탕 배관(PB관) 매설용으로 사용된다. 규격은 Table 3과 같다.

Fig. 3의 분배기로부터 급수, 급탕 배관이 여러

Table 3 Dimension of CD pipe

Nominal size	ID(mm)	OD(mm)
14 c	14	19
16 c	16	21
22 c	22	28
28 c	28	34

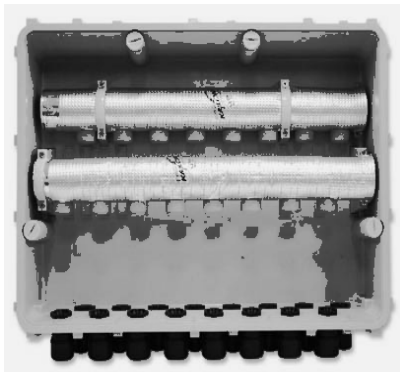


Fig. 3 Distribution box.



Fig. 4 Faucet connector.

개소의 수전에 개별적으로 연결되며 각 수전개소 별로 유량 및 압력의 상태 등을 제어할 수 있다.

Fig. 4는 수전구이며 Fig. 5는 개방수전함으로 콘크리트 또는 조적 벽체에 매립하여 수전 부분을 벽체에 고정하며 하자보수 및 배관 갱신시 수전 및 CD관으로 부터 PB관을 쉽게 분리하여 점검 및 갱신을 용이하게 하기 위해 설치한다.

3. 이중관 공법의 현안 분석

3.1 콘크리트 슬라브에 미치는 영향

1) 콘크리트 압축강도 시험용 공시체 제작

공시체 제1호 : 표준공시체 KS F 2403⁽³⁾ 규정의 D150×300 mm로 Fig. 6(a)와 같이 3개 제작.

공시체 제2호 : 이중관 1열 매립하여 Fig. 6(b)와 같이 3개 제작.

공시체 제3호 : 이중관 2열(x열) 매립하여 Fig. 6(c)와 같이 3개 제작.

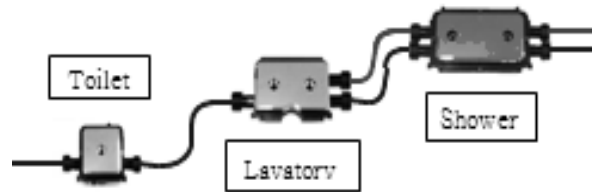


Fig. 5 Assembly and arrangement of open faucet box.



(a)



(b)



(c)

Fig. 6 Concrete compressive strength mold.

이중관 규격은 Fig. 2의 22c×150 mm로 하였으며 공시체의 재령은 8일 강도로 하였다.

2) 콘크리트 압축강도시험은 공시체 제1호, 제2호, 제3호 각 3개를 KS F 2405⁽⁴⁾의 규정대로 Fig. 7와 같이 시험하여 평균값으로 판정하였다.

3) 시험결과 공시체 제1호의 압축강도와 대비하



Fig. 7 Concrete compressive strength test.

Table 4 Concrete compressive strength test

Project name : Concrete compressive strength test					
Test date		2010. 9. 15			
Sample picking date		2010. 9. 4			
Test number		B1, B2, B3			
Sort of sample		Ready-mixed-concrete			
Sample picking place		A-site			
Sample no.	Size	Age	Compressive strength (Unit : MPa)		
			Design	Test	Avg.
1-1	15×30	11	24	15.9	23.5
1-2	15×30	11	24	27.1	
1-3	15×30	11	24	27.4	
2-1	15×30	11	24	16.5	18.5
2-2	15×30	11	24	19.2	
2-3	15×30	11	24	19.7	
3-1	15×30	11	24	13.7	13.6
3-2	15×30	11	24	13.1	
3-3	15×30	11	24	13.9	

Table 5 Double pipe length comparison

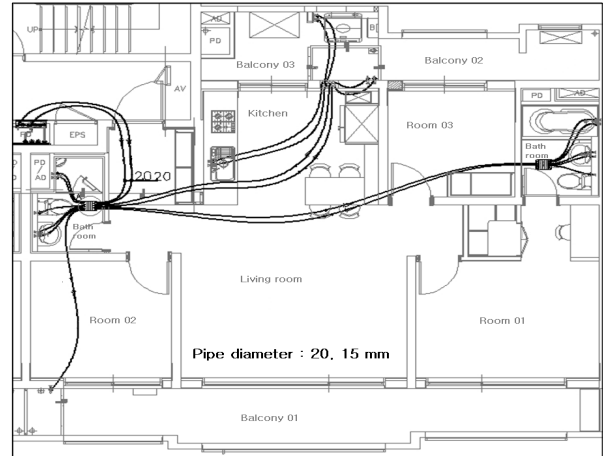
Plan	A	B	C
Double pipe length(m)	73	2	23

여 제2호는 77%, 제3호는 57%임을 알았으며 그 값은 Table 4와 같다.

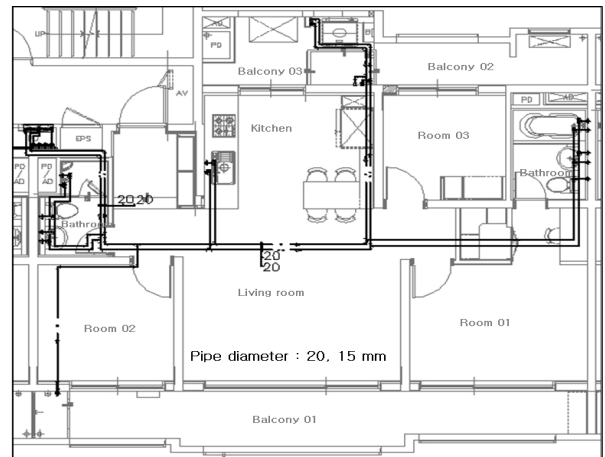
4. 개선에 관한 연구

4.1 이중관 공법별 설계모델

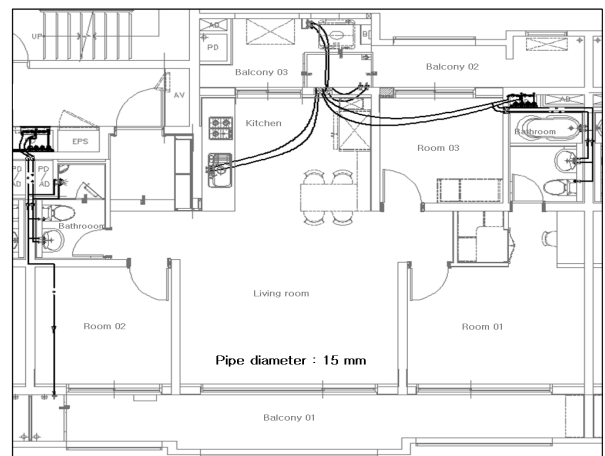
이중관의 공법별 설계모델 A, B, C안은 지역난방 방식으로 Fig. 8(a)~Fig. 8(c)와 같이 설계하였다.



(a) Conventional



(b) Ceiling installation



(c) Two riser piping

Fig. 8 Piping system.

4.2 개선안 시공 개요 설명

1) A안(기존방식)은 도면 Fig. 8(a)와 같으며 주 배관 샤프트 1개소에서 입상배관을 분기하여 바닥

배관을 거쳐 수전구 및 수전에 연결하였다.

2) B안(개선안) 천장배관 방식은 도면 Fig. 8(b)와 같으며 공동주택 세대별 슬래브와 천장 사이의 공간 약 200 mm 정도를 급수, 급탕의 천장배관 설치 공간으로 활용하였다.

3) C안(개선안) 2-입상배관방식은 도면 Fig. 8(c)와 같으며 A안과 차별하여 공용화장실과 부부욕실 2개소의 배관 샤프트에서 입상배관을 분기하여 계량기를 거쳐 벽체매립으로 Fig. 5와 같이 샤워기, 세면기, 양변기의 각 개방수전함 및 수전에 연결하였으며 싱크, 세탁기, 손빨래 수전은 부부욕실 계량기에서 분기하여 Fig. 3의 분배기를 거쳐 연결하고 계량기는 원격검침용으로 하였다.

4.3 콘크리트 슬라브 압축강도 비교 분석

Table 5는 배관방식별 이중관의 총길이이며, 압축강도 측면에서는 A안이 73 m로 가장 길고 취약하며, B안이 2 m로 가장 짧고 안전하나 B안은 이중관 방식이 아니므로 이중관 방식 중에서는 C안이 23 m로 가장 짧고 안전하다.

4.4 급탕배관의 열손실량 비교 분석

다음은 방식별 급탕배관의 열손실량을 계산한다.

1) 급탕배관 거리 산출 및 계산

급탕미터기 → 분배기 → 각 수전 7개소 거리의 합

A안 : D20×6 m+D15×30 m

B안 : D20×12 m+D15×20 m

C안 : D15×20 m (1개 배관에 기구수 3개 이하)⁽⁵⁾

다음은 안별 열손실을 계산한다.

가정

D20의 ID = 0.01816 m, OD = 0.02222 m

D15의 ID = 0.01268 m, OD = 0.01588 m

주변 공기의 온도(T_{air}) = 20℃(편의상 일관 적용)

관내 물의 온도(T_{water}) = 60℃⁽⁵⁾

단열재 두께(t_{insul}) = 0.01 m

단열재 열전도도(k_{insul}) = 0.03 W/(m℃)

PB관의 열전도도(k_{pipe}) = 0.4 W/(m℃)

물의 열전도도(k_{water}) = 0.6360 W/(m℃)

물의 대류 열전달계수, $h_i = Nu_i k_{water} / d_i$

$Nu_i = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.4}$

외부 대류 열전달계수, $h_o = Nu_o k_{air} / d_o$

2) Fig. 9의 단열재 없는 급탕배관 열손실율⁽⁶⁾

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(r/r)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{loss} = \frac{T_{water} - T_{air}}{R_{total}} \quad (2)$$

PB관 D20, D15를 식(1), 식(2)에 의거하여 계산하면

D20 : $q = 18.87$ W/m

D15 : $q = 14.86$ W/m

3) 단열재 있는 급탕배관 열손실율 식⁽⁶⁾ (Fig. 9)

$$R_i = \frac{1}{2\pi r_1 L h_i} \quad (3)$$

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k_1} \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L k_{insul}} \quad (5)$$

$$R_o = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi r_3 L h_o} \quad (6)$$

$$R_{total} = R_i + R_1 + R_2 + R_o \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{loss} = \frac{T_{water} - T_{air}}{R_{total}} \quad (8)$$

PB관 D20, D15를 식(3)~식(8)에 의거 계산하면

D20 : $q = 7.81$ W/m

D15 : $q = 6.35$ W/m

4) 배관 전체의 열손실량

위는 단위 길이당의 열손실량이고 전체 배관의

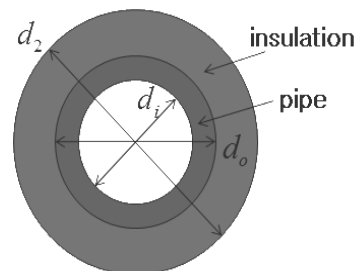


Fig. 9 Section of PB pipe with insulation.

Table 6 Energy loss comparison

Plan	A	B	C
Energy loss rate (W)	558.9	220.7	297.1
Energy loss (kWh/Month)	402.4	158.9	213.9
Energy loss cost (Won/Month)	22,840	9,019	12,141

열손실량 계산은 다음과 같다.

A안(Fig. 9) : D20×6 m+D15×30 m

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{Q}_{loss,D20} + \dot{Q}_{loss,D15} \\ &= 113.2 \text{ W} + 445.7 \text{ W} = 558.9 \text{ W} \end{aligned}$$

B안(Fig. 10) : D20×12 m+D15×20 m

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{Q}_{loss,D20} + \dot{Q}_{loss,D15} \\ &= 93.7 \text{ W} + 127.0 \text{ W} = 220.7 \text{ W} \end{aligned}$$

C안(Fig. 9) : D15×20 m

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{loss} &= \dot{Q}_{loss,D15} \\ &= 297.1 \text{ W} \end{aligned}$$

5) 월간 열손실량 및 비용 계산

Table 6에 월간 열손실량 및 비용을 계산하여 제시하였다. 배관 열손실에 의한 비용은 A안 22,840원, B안 9,019원, C안 12,141원이다. 열 비용은 한국 지역난방공사 열요금표(2011. 3. 1시행)의 단가 66원/Mcal을 적용한다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 이중관 1열 매립 콘크리트 압축강도는 설계 강도 24 MPa 대비 77%, 2(x)열 매립은 57%이다.
- (2) 압축강도는 이중관 매설 총길이로 추정되었으

며 A안이 73 m로 가장 길고 취약하며 B안이 2 m, C안이 23 m로 이중관방식 중 가장 짧고 안전하다.

(3) 월간 열손실량은 A안 402.4 kWh로 가장 많고 C안 213.9 kWh, B안 153.9 kWh로 가장 적다.

(4) 월간 열손실비는 A안 22,840원으로 가장 많고 C안 12,141원, B안 9,019원으로 가장 적다.

(5) 종합적으로 이중관 방식 중, 이중관 매설 총길이, 콘크리트 압축강도, 급탕배관의 열손실량 및 열손실량을 비교할 때, C안의 2-입상배관방식이 가장 우수하다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kwon, Y., 2004, Study on the improvement of pipe in pipe system in apartment Buildings, MS thesis, Jungang University, Seoul, Korea.
2. Chung, Y. K., 2005. Study on a double piping engineering method for apartment houses in consideration of their maintenance and replacement, Younsei University, Seoul Korea.
3. KS F 2403, The manufacture method of the concrete compressive strength mold for concrete compressive strength test.
4. KS F 2405, The concrete compressive strength testing method of the concrete compressive strength mold.
5. Kim, Y. I., Chung, K. S., and Kim, S. B., 2009, Water Supply and Drainage System, Seongandang.
6. Cengel, Y. A., Turner, R. H., and Cimbala, J. M., 2008, Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences, 3rd ed., McGraw-Hill.